



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL**

**CARRERA DE INGENIERIA EN ELECTRÓNICA Y
COMUNICACIONES**

Tema:

“DISEÑO DE UNA RED DE TELEFONIA CELULAR PARA LA CIUDAD DE
AMBATO UTILIZANDO TEGNOLOGIA 3G

DIRECTOR: ING. EDWIN MORALES

ASESOR: ING MARCO JURADO

AUTOR: CESAR GEOVANNY GAIBOR

Ambato – Ecuador

2005

PROLOGO

La rápida aceptación de la telefonía celular por parte de los usuarios es un punto clave que ha permitido el desarrollo apresurado de una nueva tecnología que permite mayor capacidad de servicios; los organismos internacionales en su afán de lograr una globalización total de las comunicaciones basados en un solo estándar han realizado todos los esfuerzos necesarios para desarrollar un marco técnico que permita lograr este anhelo, de todo esto ha surgido el sistema UMTS basado en la interfaz aérea WCDMA.

Es por esto que el presente trabajo se ha enfocado en el estudio de esta nueva tecnología, complementando dicho estudio con una propuesta de diseño de una red celular, pero partiendo de un punto básico como son los fundamentos teóricos que rigen la mayor parte de las comunicaciones móviles.

El presente documento se encuentra dividido en 5 Capítulos, en el cual se añade además, Bibliografía y Anexos.

El primer capítulo contiene la introducción con respecto a los sistemas de comunicaciones móviles; también se incluye la justificación del presente trabajo, objetivos tanto generales como específicos.

El capítulo 2 hace referencia a todos aspectos que forman parte de una red móvil: fundamentos teóricos, evolución de las comunicaciones celulares, características fundamentales de los principales sistemas desarrollados.

El capítulo 3 se realiza el estudio del sistema de tercera generación, principalmente el sistema UMTS, pero iniciando con una reseña bastante completa de los fundamentos de la técnica de acceso CDMA la cual es la base para el sistema WCDMA.

En el capítulo 4 se realiza el diseño de la red celular para la ciudad de Ambato, para lo cual se estudia aspectos que influyen directamente sobre el diseño; tales como tráfico telefónico, propagación, bandas de frecuencia, presupuesto de enlace, etc.

En el capítulo final tenemos conclusiones y recomendaciones las cuales son obtenidas a través de todo el proceso de estudio y diseño, estas ayudaran a determinar los alcances y limitaciones del presente trabajo.

PRESENTACION

Dentro del entorno de las telecomunicaciones, una de las tecnologías que presenta mayor difusión es la de telefonía celular. En un principio este sistema estaba basado en tecnología analógica, surgiendo posteriormente la digital la cual vino a revolucionar el mundo de la comunicación móvil,

Una de las principales razones de la evolución de la telefonía celular, se debe a la capacidad de permitir una gran cantidad de abonados, lo que ha dado lugar a que este tipo de servicio alcance índices de crecimiento increíble, movidos en gran parte por la nueva variedad de prestaciones a las cuales se puede acceder.

Continuando con esta evolución latente se ha llegado a uno de los sistemas más modernos, WCDMA el cual es la base de esta investigación, mismo que no solo reúne las características de sus antecesores sino que además presenta una mayor cantidad de servicios de mejor calidad obviamente y que al ser acogido por la mayoría de países que forman parte de la comunidad europea y oriental ha motivado el presente estudio para lo cual se ha planteado como objetivo principal, la propuesta de diseño de una red de telefonía celular para la ciudad de Ambato, utilizando esta nueva tecnología, ya que es esta la que será estandarizada para permitir el intercomunicación a nivel mundial.

CONTENIDO

PROLOGO.....	i
PRESENTACION.....	iii
CONTENIDO.....	iv
INDICE DE FIGURAS.....	xvi
INDICE DE TABLAS.....	xxii

CAPITULO 1

1 GENERALIDADES.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	5
1.3 OBJETIVOS.....	8
1.3.1 GENERAL.....	8
1.3.2 ESPECÍFICOS.....	8

CAPITULO 2

FUNDAMENTO TEÓRICO DE LAS TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIÓN

CELULAR.....	10
2.1 REDES DE TELECOMUNICACIONES.....	10
2.2 TIPOS DE REDES.....	10

2.2.1 REDES FIJAS.....	10
2.2.2 REDES MÓVILES.....	11
2.3 CONCEPTOS GENERALES Y ELEMENTOS DE LA DE TELEFONÍA CELULAR.....	11
2.3.1 CELDA O CÉLULA.....	11
2.3.1.1 TIPOS DE CELULAS.....	12
2.3.2 CLUSTER O RACIMO.....	14
2.3.3 COBERTURA CELULAR.....	15
2.3.4 CAPACIDAD CELULAR.....	16
2.3.5 REUTILIZACIÓN DE FRECUENCIAS.....	16
2.3.6 SEÑALIZACIÓN.....	17
2.3.7 ELEMENTOS DE UNA RED CELULAR.....	18
2.3.7.1 CENTRO DE CONMUTACION MOVIL.....	19
2.3.7.2 HLR (Registro de Localización de Abonados Locales).....	19
2.3.7.3 VLR (Registro de Localización de Abonados Visitantes).....	20
2.3.7.4 ESTACIÓN BASE CENTRAL (BSC).....	20
2.3.7.5 ESTACIÓN BASE TRANSEPTORA (BTS).....	21
2.3.7.6 RED TELEFONICA PÚBLICA CONMUTADA (PSTN).....	21
2.3.8 HAND-OVER O "TRASPASO".....	21
2.3.9 ÁREA DE LOCALIZACIÓN.....	24
2.3.10 REGISTRO.....	25
2.3.11 ROAMING O "ITINERANCIA".....	25

2.4 EXPANSIÓN DEL SISTEMA CELULAR.....	25
2.4.1 DIVISIÓN DE CELDA (CELL SPLITTING).....	26
2.4.2 CELDAS UNDERLAY-OVERLAY.....	26
2.4.3 SECTORIZACIÓN DE CÉLULAS.....	27
2.4.4 PRÉSTAMO DE FRECUENCIAS.....	28
2.5 TÉCNICAS DE ACCESO AL MEDIO.....	28
2.5.1 FDMA (FREQUENCY DIVISION MULTIPLE ACCESS).....	29
2.5.2 TDMA (TIME DIVISION MULTIPLE ACCESS)	30
2.5.3 CDMA (CODE DIVISION MULTIPLE ACCESS).....	31
2.6 TECNICAS DE DUPLEXIÓN.	33
2.6.1 FREQUENCY DIVISION DÚPLEX (FDD).....	33
2.6.2 TIME DIVISION DÚPLEX (TDD).....	35
2.7 SISTEMA DE COMUNICACIÓN PUNTO-MULTIPUNTO.....	36
2.7.1 BROADCAST	36
2.7.2 NARROWCAST.....	37
2.7.3 LMDS (Local Multipoint Distribution Service).....	37
2.7.4 MMDS (Multichannel Multipoint Distribution Service).....	38
2.8 TECNICAS DE CONMUTACION.....	39
2.8.1 CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS.....	39
2.8.2 CONMUTACIÓN DE PAQUETES.....	40
2.9 EVOLUCION DE LOS SISTEMAS CELULARES.....	41
2.9.1 PRIMERA GENERACIÓN DE SISTEMAS CELULARES.....	41

2.9.2 SEGUNDA GENERACIÓN DE SISTEMAS CELULARES.....	43
2.9.3 GENERACIÓN 2.5 G.....	44
2.9.4 TERCERA GENERACIÓN DE SISTEMAS CELULARES.....	44
2.9.5 CUADRO COMPARATIVO DE LAS 3 GENERACIONES.....	46
2.10 ANALISIS DE LOS PRINCIPALES SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES.....	47
2.10.1 SISTEMAS DE PRIMERA GENERACION.....	47
2.10.1.2 AMPS (ADVANCED MOBILE PHONE SYSTEM).....	47
2.10.1.3 TACS (TOTAL ACCES COMMUNICATIONS SYSTEMS).....	48
2.10.1.4 CUADRO COMPARATIVO ENTRE AMPS Y TACS.....	49
2.10.2 SISTEMAS DE SEGUNDA GENERACION.....	50
2.10.2.1 D-AMPS o IS- 54 (Digital Advanced Mobile Phone Systems).....	50
2.10.2.2 PCS (PERSONAL COMMUNICATIONS SERVICES).....	51
2.10.2.3 GSM (GLOBAL SYSTEM FOR MOBILE COMMUNICATIONS).....	53
2.10.2.4 CDMA IS-95 (CODE DIVISION MULTIPLE ACCESS).....	59
2.10.2.5 CDMA 2000 o IS-136.....	64
2.10.3 SISTEMAS DE GENERACION 2,5.....	68
2.10.3.1 GPRS (GENERAL PACKET RADIO SYSTEM).....	69
2.10.3.2 HSCSD (HIGH SPEED CIRCUIT SWITCHED DATA).....	73

2.10.3.3 EDGE (ENHANCED DATA-RATES FOR GSM EVOLUTION).....	73
2.10.4 SISTEMAS DE TERCERA GENERACIÓN.....	75
2.10.4.1 UMTS (UNIVERSAL MOBILE TELEPHONE SYSTEM).....	75
2.10.4.2 WCDMA.....	78

CAPITULO 3

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE TECNOLOGÍA DE TERCERA GENERACIÓN EN TELEFONÍA CELULAR.

3.1 INTRODUCCION.....	83
3.2 PRINCIPIOS DE ESPECTRO ESPARCIDO (SS).....	84
3.2.1 SECUENCIA DIRECTA.....	87
3.2.2 FREQUENCY HOPPING (FH).....	89
3.3 FUNDAMENTOS DE LA TÉCNICA DE ACCESO DS-CDMA.....	91
3.3.1 SECUENCIA DIRECTA DS-CDMA.....	91
3.3.2 CDMA (CODE DIVISION MULTIPLE ACCESS).....	95
3.4 DISTINCIÓN ENTRE CANALES DE CODIGO HACIA DELANTE.....	100
3.4.1 FUNCIÓN DE LOS CANALES HACIA DELANTE CDMA.....	100
3.4.2 PROCESO DE CODIFICACION EN LOS CANALES HACIA DELANTE.....	101

3.5	DISTINCION ENTRE ESTACIONES BASE.....	101
3.5.1	SECUENCIA PN CORTA.....	102
3.5.2	DISTINCION ENTRE CANALES DE CODIGO INVERSO.....	102
3.5.3	SECUENCIA PN LARGA.....	103
3.5.4	FUNCIONES DE LOS CANALES INVERSOS.....	103
3.5.5	CODIGOS WALSH.....	103
3.6	FACTORES PARA UN NUEVO SISTEMA DE COMUNICACIÓN CELULAR.....	106
3.7	DESCRIPCIÓN DE UMTS.....	107
3.7.1	CARACTERISTICAS DE UMTS.....	110
3.7.2	SERVICIOS Y APLICACIONES DE UMTS.....	112
3.8	ARQUITECTURA PARA UMTS.....	113
3.8.1	RED CENTRAL (CN).....	114
3.8.2	MSC (MOBILE SWITCH CENTER).....	115
3.8.3	SGSN (NODO DE SOPORTE DEL SISTEMA GPRS).....	116
3.8.4	GGSN (NODO DE SOPORTE DE COMPUERTA GPRS).....	117
3.8.5	INTERFAZ Iu.....	117
3.8.6	SUBSISTEMA RED DE RADIO (RNS).....	118
3.8.7	INTERFAZ Iur.....	119
3.8.8	RNC (CONTROLADOR DE RED DE RADIO).....	119
3.8.9	INTERFAZ Uu.....	120
3.8.10	NODO B.....	121

3.8.10.1 ELEMENTOS AUXILIARES.....	122
3.9 INTERFAZ AÉREA WCDMA.....	124
3.9.1 ESPECIFICACIONES WCDMA.....	126
3.9.2 ARQUITECTURA DE PROTOCOLO.....	127
3.9.2.1 CAPA MAC (CONTROL ACCES MEDIUN).....	129
3.9.2.2 CAPA RLC (RADIO LINK CONTROL).....	130
3.9.2.3 CAPA BMC (CONTROL BROADCAST/MULTICAST).....	131
3.9.2.4 CAPA PDPC (PACKET DATA CONVERGENCE PROTOCOL)...	132
3.9.2.5 CAPA RRC (CONTROL DE RECURSOS DE RADIO).....	132
3.9.3 CANALES LÓGICOS.....	134
3.9.4 CANALES DE TRANSPORTE.....	136
3.9.4.1 CANALES COMUNES DE TRASPORTE.....	137
3.9.5 MAPEO ENTRE CANALES LÓGICOS Y CANALES DE TRANSPORTE.....	138
3.9.6 CANALES FÍSICOS.....	139
3.9.6.1 CANALES FÍSICOS UPLINK.....	140
3.9.6.2 CANALES FÍSICOS DOWNLINK.....	143
3.9.7 DIVERSIDAD DE TRANSMISIÓN.....	147
3.9.8 PROCEDIMIENTOS DE INTERFAZ AEREA.....	137
3.9.8.1 BÚSQUEDA DE CÉLULAS.....	149
3.9.8.2 HANDOVER.....	150
3.9.8.3 CONTROL DE POTENCIA.....	154

CAPITULO 4

DISEÑO DE UNA RED CELULAR PARA LA CIUDAD DE AMBATO UTILIZANDO TECNOLOGÍA 3G.

4.1 PROPAGACION.....	157
4.2 RADIOENLACE.....	157
4.3 FRECUENCIA DE PROPAGACIÓN.....	159
4.3.1 RELACION ENTRE FRECUENCIA Y LONGITUD DE ONDA.....	160
4.4 MODOS BASICOS DE PROPAGACION EN TELEFONIA MOVIL.....	161
4.4.1 PROPAGACIÓN EN ESPACIO LIBRE.....	161
4.4.2 REFLEXION	162
4.4.3 DIFRACCION FILO DE CUCHILLO.....	164
4.5 PROPAGACION.....	165
4.5.1 PROPAGACIÓN EN LA VIDA PRÁCTICA.....	166
4.6 DESVANECIMIENTO DE RAYLEIGH.....	167
4.6.1 DIVERSIDAD ESPACIAL.....	168
4.6.2 DIVERSIDAD DE POLARIDAD.....	169
4.7 PENETRACION EN EDIFICIOS.....	170
4.8 ANTENAS.....	171
4.8.1 RADIACIÓN DE LAS ANTENAS.....	171
4.8.2 POLARIZACIÓN DE LAS ANTENAS.....	172
4.8.3 ESTIMACIÓN DEL AISLAMIENTO ENTRE ANTENAS.....	173

4.8.4 INCLINACIÓN HACIA ABAJO DE LAS ANTENAS.....	174
4.8.5 TIPOS DE INCLINACIÓN HACIA ABAJO.....	175
4.9 LÍNEAS DE TRANSMISIÓN.....	176
4.10 DISEÑO DE RED MOVIL PARA LA CIUDAD DE AMBATO.....	177
4.10.1 BANDAS DE FRECUENCIAS.....	177
4.10.2 PLANIFICACIÓN CELULAR.....	179
4.10.3 DURACIÓN EFECTIVA DE LA LLAMADA Y TENTATIVA DE LLAMADA EN HORA OCUPADOS (BHCA).....	182
4.10.4 TRÁFICO Y DIMENSIONAMIENTO.....	185
4.10.5 GRADO DE SERVICIO.....	189
4.11 TIPOS DE CELDAS.....	190
4.11.1 FORMA GEOMÉTRICA.....	190
4.12 PLANIFICACIÓN RADIO.....	192
4.12.1 DISEÑO DE LA RED RADIO CELULAR.....	193
4.12.2 DISEÑO EN ENTORNOS URBANOS.....	193
4.12.3 MÉTODO OKUMURA-HATA.....	194
4.13 DISEÑO DE LA COBERTURA DE UN SISTEMA CELULAR WCDMA...197	
4.13.1 DESCRIPCION DEL AREA A CUBRIR.....	197
4.13.2 CALCULO DEL NÚMERO DE CELDAS TOTALES.....	198
4.13.3 NÚMERO DE CELDAS POR COBERTURA.....	199
4.13.4 NÚMERO DE CELDAS POR CAPACIDAD.....	200
4.13.5 NUMERO DE CELDAS TOTALES.....	201

4.14 DISTRIBUCIÓN DEL TRÁFICO PARA CADA CELDA.....	202
4.15 CALCULO DE PERDIDAS DE TRAYECTORIA.....	203
4.15.1 CALCULO DE PERDIDAS PARA LA CELDA #1.....	204
4.15.2 CALCULO DE PERDIDAS PARA LA CELDA # 2.....	204
4.15.3 CALCULO DE PERDIDAS PARA LA CELDA # 3.....	205
4.15.4 CALCULO DE PERDIDAS PARA LA CELDA # 4.....	206
4.15.5 CALCULO DE PERDIDAS PARA LA CELDA # 5.....	207
4.15.6 CALCULO DE PERDIDAS PARA LA CELDA # 6.....	207
4.15.7 CALCULO DE PERDIDAS PARA LA CELDA # 7.....	208
4.15.8 CALCULO DE PERDIDAS PARA LA CELDA # 8.....	209
4.16 UBICACIÓN Y CARACTERISTICAS DE CADA CELDA.....	209
4.16.1 CELDA # 1.....	211
4.16.2 CELDA # 2.....	212
4.16.3 CELDA #3.....	213
4.16.4 CELDA # 4.....	214
4.16.5 CELDA # 5.....	215
4.16.6 CELDA # 6.....	217
4.16.7 CELDA #7.....	218
4.16.8 CELDA # 8.....	219
4.17 POTENCIAS DE LOS EQUIPOS	220
4.18 CUADRO DE BALANCE DE POTENCIAS.....	220
4.19 SELECCIÓN DE EQUIPOS.....	226

4.19.1 ANTENAS.....	227
4.19.2 NODOS B o ESTACION BASE TRANCEPTORA (BTS).....	230
4.19.2.1 FAMILIA RBS 3000.....	231
4.19.2.2 RBS 3202.....	232
4.19.2.3 ESTACIÓN BASE TRANSCEPTORA (BTS) DE GRAN	
4.19.3 RNC (RADIO NETWORK CONTROLLER).....	239
4.19.4 ESTACIÓN MÓVIL.....	240
4.19.4.1 POTENCIA DEL TERMINAL.....	242
4.19.4.2 TIPOS DE TERMINALES MOVILES.....	243
4.20 COMUNICACIÓN ENTRE NODOS B Y RADIO NETWORK CONTROLLER.....	244
4.21 CONFIGURACIÓN DE UNA RED WCDMA.....	258
4.22 ESTRUCTURAS FISICAS PARA LOS EQUIPOS.....	258
4.22.1 UBICACIÓN, ALTURA Y TIPO DE LAS TORRES.....	259
4.22.2 TORRES TIPO MONOPOLO.....	259
4.22.3 CONTENEDORES DE EQUIPOS.....	267
4.22.4 TIPO DE CABLE.....	268

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES.....	271
-------------------	-----

RECOMENDACIONES.....274

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

ANEXO 1 WIRELESS APLICATION PROTOCOLO (WAP).

ANEXO 2 MODELO DE TRANSFERENCIA ASINCRONO (ATM).

ANEXO 3 RECOMENDACIONES PARA UBICACIÓN DE ANTENAS.

ANEXO 4 ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS EQUIPOS.

ANEXO 5 INSTALACIÓN Y TENDIDO DE LAS LÍNEAS DE TX.

ANEXO 6 UBICACIÓN GENERAL DE LAS CELDAS.

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO 2

Figura. 2.1 Celda o Célula.....	12
Figura. 2.2 Cluster de células.....	15
Figura. 2.3 Reutilización de frecuencias.....	17
Figura. 2.4. Red Celular.....	18
Figura.2.5. Handover de canales en la misma célula.....	22
Figura. 2.6. Handover de células controladas por la misma BSC.....	22
Figura.2.7. Handover de células pertenecientes al mismo MSC.....	23
Figura.2.8. Handover de células controladas por diferentes MSC.....	23
Figura. 2.9. Área de localización.....	24
Figura.2.10.Células overlay underlay.....	27
Figura.2.11.Sectorización celular.....	27
Figura.2.12. Multiplexación por división de frecuencia.....	29
Figura.2.13. Múltiplexación por división de tiempo.....	31
Figura.2.14. Múltiplexación por división de código.....	33
Figura.2.15. Duplexado FDD.....	34
Figura.2.16. Duplexado TDD.....	36
Figura. 2.17. Arquitectura GSM.....	57
Figura.2.18. Velocidades de transmisión GPRS y GSM.....	71

Figura.2.19. Espectro de UMTS.....	76
Figura.2.20. Arquitectura Básica WCDMA.....	80

CAPITULO 3

Figura.3.1 Esquema del modulador DS BPSK.....	88
Figura.3.2 Esquema del receptor DS BPSK.....	88
Figura.3.3 Transmisor con salto de frecuencia.....	90
Figura.3.4 Receptor con salto de frecuencia.....	90
Figura.3.5. Señales de un sistema CDMA en el dominio del tiempo.....	92
Fig. 3.6. Señales de un sistema CDMA en el dominio de la frecuencia.....	93
Figura.3.7. Proceso de transmisión de la señal.....	93
Figura.3.8. Señal generada en una transmisión CDMA.....	94
Figura.3.9. Ensanchamiento espectral.....	94
Figura.3.10. Recuperación de la señal.....	95
Figura.3.11. Modelo general de un sistema CDMA.....	96
Figura.3.12.Ejemplo de una comunicación CDMA con una señal Tx, un código gold (C1) y una señal desenganchada.....	99
Figura.3.13. Espectro para UMTS.....	110
Figura.3.14.Arquitectura general UMTS.....	114
Figura.3.15. Duplexor.....	123
Fig.3.15. Utilización de frecuencia en WCDMA.....	125

Figura.3.16 Arquitectura de protocolo de la interfaz aérea.....	127
Fig.3.17. Arquitectura MAC.....	129
Figura.3.18. Mapeo entre Canales lógicos y de Transporte.....	139
Figura.3.19. Estructura de una trama.....	140
Figura.3.20. Estructura de la trama para uplink DPDCH/DPCCH.....	141
Figura.3.21. Estructura demensaje de acceso aleatorio de la trama de radio	142
Figura.3.22. Estructura de la trama para el enlace de bajada DPCH.....	144
Figura.3.23. Estructura de la trama de CCPCH secundario.....	146
Figura.3.24. Estructura de una trama PDSCH.....	147
Figura.3.25. Mecanismo de handover.....	153

CAPITULO 4

Figura.4.1 Esquema general de un radio enlace.....	158
Figura.4.2. Relación entre frecuencia y longitud de onda.....	160
Figura.4.3. Zona de Fresnell.....	162
Figura.4.4. Trayecto por reflexión.....	163
Figura. 4.5. Diversidad espacial.....	168
Figura.4.6. Diversidad de polarización.....	170
Figura.4.7. Radiación de una antena.....	173
Figura.4.8.Inclinación antena.....	174
Figura.4.9. Inclinación hacia abajo.....	175

Figura.4.10. Estructura general de una línea TX.....	176
Figura.4.11.Parámetros de banda de frecuencias.....	178
Figura.4.12. Clases y velocidades de tráfico.....	183
Figura.4.13.Estructura de una antena directiva.....	192
Figura.4.14. Ubicación y área de cobertura celda # 1.....	212
Figura.4.15. Ubicación y área de cobertura celda # 2.....	213
Figura.4.16. Ubicación y área de cobertura celda # 3.	214
Figura. 4.17. Ubicación y área de cobertura celda # 4.....	215
Figura. 4.18. Ubicación y área de cobertura celda # 5.....	216
Figura.4.19. Ubicación y área de cobertura celda # 6.....	217
Figura.4.20. Ubicación y área de cobertura celda # 7.....	218
Figura.4.21. Ubicación y área de cobertura celda # 8.....	219
Figura4.22. Lóbulos horizontal y vertical, forma de la antena.....	229
Figura4.23. Lóbulos horizontal y vertical, forma de la antena.....	230
Figura4.24. Estación Base Tranceptora RBS3202.....	233
Figura. 4.25. Estación Base Transceptora (BTS) de gran capacidad.....	234
Figura.4.26. Configuración BTS.....	235
Figura.4.27. Tarjeta BB.....	236
Figura4.28. Configuración de Anaqueles.....	237
Figura.4.29. Radio Networ Controller.....	239
Figura.4.30. Principales conectores de un RNC.....	240
Figura.4.31.Prototipo de Terminales Móviles para UMTS.....	244
Figura.4.32. Antena para el rango de frecuencias 5.250 - 5.850 GHz.....	245

Figura.4.33. Diagrama de radio enlace entre los nodos B de la celda # 1 y 2 con el RNC (Radio Network Controller).....	247
Figura.4.34. Perfil del terreno entre celda #1 y RNC.....	248
Figura.4.35. Perfil del terreno entre celda #2 y RNC.....	249
Figura.4.36. Diagrama de radio enlace entre los nodos B de la celda # 1 y 2 con el RNC (Radio Network Controller).....	250
Figura.4.37. Perfil del terreno entre celda #3 y RNC.....	251
Figura.4.38. Perfil del terreno entre celda #4 y RNC.....	252
Figura.4.39. Diagrama de radio enlace entre los nodos B de la celda # 1 y 2 con el RNC (Radio Network Controller).....	253
Figura.4.40. Perfil del terreno entre celda #6 y RNC.....	254
Figura.4.41. Perfil del terreno entre celda #7 y RNC.....	255
Figura.4.42. Diagrama de radio enlace entre los nodos B de la celda # 1 y 2 con el RNC (Radio Network Controller).....	256
Figura.4.43. Perfil del terreno entre celda #8 y RNC.....	257
Figura.4.44. Configuración red WCDMA.....	258
Figura.4.45. Tipo de torres monopolo.....	261
Figura. 4.46. Puesta a tierra de la torre.....	264
Figura.4.47. Pararayos “marca Pares” y mástil.....	266
Figura.4.48. Contenedor Modelo CG321.....	267
Figura.4.49. Contenedor Modelo VF23.....	268
Figura.4.50. TIPO DE CABLE HELIAX SERIE LDF.....	269

INDICE DE TABLAS

CAPITULO 2

Tabla. 2.1. Características de entorno celular.....	13
Tabla.2.2. Características de las 3 generaciones.....	46
Tabla. 2.3. Características principales entre AMPS Y TACS.....	49
Tabla.2.4. Características de los principales sistemas de 2G.....	63

CAPITULO 3

Tabla 3.1 Tipos de Nodos B.....	124
Tabla 3.2. Características WCDMA.....	126
Tabla. 3.3 Canales de Control.....	135
Tabla. 3.4. Canales de Tráfico.....	136
Tabla. 3.5 Canales Comunes de Transporte.....	138
Tabla.3.6.Tipos de Canales Pilotos Comunes (CPICH).....	145

Capitulo 4

Tabla. 4.1. Perdidas de penetración.....	171
Tabla.4.2 Portadoras WCDMA.....	179

Tabla.4.3. Duración de la llamada eficaz.....	184
Tabla.4.4. Tráfico.....	187
Tabla.4.5. Grado de servicio.....	190
Tabla.4.6. Información general de la ciudad de Ambato.....	197
Tabla.4.7. Distribución de usuarios para cada celda.....	203
Tabla.4.8. Calculo de perdidas celda # 1.....	204
Tabla.4.9. Calculo de perdidas celda # 2.....	205
Tabla.4.10. Calculo de perdidas celda # 3.....	206
Tabla.4.11. Calculo de perdidas celda # 4.....	206
Tabla.4.12. Calculo de perdidas celda #5.....	207
Tabla.4.13. Calculo de perdidas celda # 6.....	208
Tabla.4.14. Calculo de perdidas celda # 7.....	208
Tabla.4.15. Calculo de perdidas celda # 8.....	209
Tabla.4.16. Dimensiones de las células para diferentes ambientes de operación.....	210
Tabla. 4.17. Densidad de usuario por ambiente de operación y tipo de célula correspondiente.....	211
Tabla.4.18. Características de la Celda # 1.....	211
Tabla.4.19. Características de la Celda # 2.....	212
Tabla.4.20. Características de la Celda # 3.....	213
Tabla.4.21. Características de la Celda # 4.....	214
Tabla.4.22. Características de la Celda # 5.....	216

Tabla.4.23. Características de la Celda # 6.....	217
Tabla.4.24. Características de la Celda # 7.....	218
Tabla.4.25. Características de la Celda # 8.....	219
Tabla.4.26. Potencia de los equipos.....	220
Tabla.4.27. Niveles de potencia óptimos.....	223
Tabla.4.28. Cuadro de balance de potencias para entorno urbano.....	224
Tabla.4.29. Cuadro de balance de potencias para entorno urbano.....	225
Tabla.4.30. Valores de potencia de cada celda.....	226
Tabla.4.31. Características técnicas de la antena.....	228
Tabla.4.32. Características mecánicas de la antena.....	228
Tabla.4.33. Características técnicas de la antena 741786.....	229
Tabla.4.34. Características principales (BTS).....	234
Tabla.4.35. Especificaciones Radio Network Controller RNC600.....	239
Tabla.4.36. Características básicas antena 5G A5.8-2-G	246
Tabla.4.37. Características del cable heliax.....	249
Tabla.4.38. Valores de atenuación y energía media de la línea de Tx.....	270

CAPITULO 1

1 GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

Un sistema de comunicación es una infraestructura física la cual permite transportar información de un lugar a otro ofreciendo a sus usuarios diversos servicios tales como: telefonía fija, móvil, transmisión de datos, localización de personas, rooming internacional, etc.

Cada servicio de telecomunicaciones tiene distintas características, puede utilizar diferentes redes de transporte, y por lo tanto, el usuario requiere distintos equipos terminales por ejemplo: para acceder al servicio celular se requiere teléfonos portátiles con receptor y transmisor de radio, etc.

La telefonía móvil surgió con el objetivo de brindarnos un sinnúmero de ventajas que el servicio telefónico convencional no puede facilitarnos.

Actualmente estamos socialmente obligados a cumplir con ciertos requisitos como son el tener disponibilidad de servicios y comunicaciones, pero además, permitiéndonos seguir manteniendo una gran movilidad.

Por lo tanto, es necesario que exista algún servicio que permita estar localizable en cualquier momento, en cualquier lugar; esto no lo permitía un teléfono fijo, pero el poder obtener esa movilidad lo va a proporcionar los teléfonos móviles.

El uso habitual aplicado a la comunicación por radio ha sido el de comunicar un medio con muchos, generalmente separados por grandes distancias – televisión, radio, etc., o para sustituir la comunicación mediante cableado cuando hubiera imposibilidades, generalmente geográficas, en su implantación. Mientras que la telefonía móvil con su aplicación a la Tx de voz permite superar distancias y, sobre todo, recorridos no preestablecido, que, unido a la cada vez mayor disminución en el tamaño de los equipos, ha permitido la creación de un sistema de comunicación flexible, cómodo y directo.

La evolución de las comunicaciones móviles se ha desarrollado desde mediados del siglo XX. Este desarrollo se ha producido tanto en el número de usuarios que lo utilizan como en los equipos utilizados, que permiten cada vez una mayor cobertura y proporcionan un mayor número de servicios.

Como resultado de la evolución lógica de los diferentes sistemas de telecomunicaciones inalámbricas, surge entonces el reto de la convivencia entre ellos y no basta la interacción independiente de los mismos con la Red Telefónica Pública Conmutada. Así que se incrementan las exigencias de aspectos como personalización, globalización, movilidad sin transiciones, cubrimiento interior y exterior, capacidad, flexibilidad, funcionalidad e interoperabilidad, entre otros" surgiendo de esta forma un mayor énfasis en el concepto de "servicios", En el que pierden protagonismo los sistemas y las tecnologías, para dar respuesta a las demandas de los usuarios, cada vez más exigentes en cuanto a soluciones rápidas y nuevos servicios de valor agregado

La telefonía inalámbrica se ha ido convirtiendo desde la década de los 90's en algo cotidiano, en una relación comercial, en donde las empresas que brindan el servicio siempre tratan de traer a nuestros mercados, nuevos y modernos productos que se usan actualmente, y que les permitan ganar más clientes y sobre todo mantenerlos en el mercado.

La telefonía móvil terrestre utiliza estaciones repetidoras terrestres. Estas se encargan de determinar la posición de cada terminal encendido, pasar el control de una llamada en curso a otra estación, enviar una llamada a una estación móvil, etc.

Cada estación tiene una zona de cobertura, zona en la que una comunicación entre un terminal y esta se puede hacer en buenas condiciones. Cada una de estas zonas de cobertura está diseñada como hexágonos regulares llamados celdas, pero en la práctica dichas celdas no presentan una forma perfectamente limitada son más bien de aspecto irregular.

En la práctica, toman muy distintas formas, debido a la presencia de obstáculos, además las zonas de coberturas de celdas contiguas se solapan unas con otras.

Con la llegada de la telefonía móvil digital y la consiguiente interacción con la multitud de dispositivos electrónicos presentes agendas personales, ordenadores portátiles, etc.

Estos son ahora capaces de conectarse vía radio con dispositivos o redes, lo cual permite la integración de las comunicaciones móviles, el Internet, que es una completa revolución tanto para los usuarios y la tecnología.

Son dos elementos, movilidad y entramado, los que proporcionan la telefonía móvil e Internet, los que se han instalado en nuestra vida cotidiana durante los últimos años. Era obvio pensar que el siguiente paso natural fuera su

convergencia. Esa es la tendencia el día de hoy, y para ello nace la idea de “Telefonía Móvil de 3ª Generación” (3G). La Unión Internacional de Telecomunicaciones (International Telecommunication Union, ITU) comenzó en 1985 a especificar los requisitos mínimos que los servicios 3G deberían prestar para ser considerados como tales, y llamó al conjunto de sistemas que cumplían estos requisitos IMT2000 (Internacional Mobile Telecommunications 2000), pues, en un principio, fue el año 2000 el hito señalado para el lanzamiento de los servicios 3G. Durante los últimos años, esta tecnología ha sido objeto de intensa investigación y desarrollo en todo el mundo, donde su lanzamiento fue inminente.

Se entiende como 3G la futura sociedad de las comunicaciones móviles. La diferencia con los anteriores períodos de la telefonía móvil es que la 3G no estará limitada a las comunicaciones de voz y los servicios de valor añadido, como SMS (Short Message Services) o Internet vía WAP (Wíreles Application Protocol). El espectro y los servicios se ampliarán notablemente: Internet, videoconferencia, captación y envío de fotografías electrónicas con mensajes de voz, localización, etcétera. Se podrán realizar varias acciones al mismo tiempo (multitarea), por ejemplo, será posible mantener una conversación mientras se envía un e-mail o se está conectado a Internet.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Mientras que el diseño de la actual generación de sistemas digitales celulares se optimizó para transportar básicamente voz, la 3ª generación requiere una red radio optimizada para un ancho de banda variable constituido por voz y datos.

La consecuencia de un mayor ancho de banda es una mayor capacidad y calidad. WCDMA proporciona capacidad según demanda e incrementa de forma notable la eficiencia del espectro. La mejora de la propagación multi trayecto contribuye a una mejor calidad de conexión y, por tanto, a mayor capacidad, mayor cobertura y menor potencia de transmisión del terminal.

El desarrollo de WCDMA (Wideband Code División Multiple Acces) establece un camino de evolución bien definido desde las tecnologías de segunda generación existentes. La tecnología 2G más desarrolladas es GSM (Global System Mobile) seguido por D-AMPS (Digital-Advanced Mobile Phone system), juntos contabilizan más del 80 % del mercado global. WCDMA fue desarrollado y optimizado para soportar operadoras en ambientes 2G y con la incorporación de los teléfonos de modo dual, permitirá proveer el servicio 3G cuando sea requerido.

El mercado de servicios que pueden ser ofrecidos sobre medios inalámbricos de gran ancho de banda esta en constante cambio, dependiendo entre muchos factores del cambio que ocurra en el desarrollo de nuevas tecnologías.

En adición al mercado de servicios tradicionalmente inalámbricos, se están abriendo nuevas ventanas de oportunidades como lo es el acceso a Internet y la interconexión a redes LAN, para acceso a servidores, correos electrónicos, entre otros, servicios que eran tradicionalmente alámbricos.

Para el año 2004 los abonados al servicio de comunicación móvil serán alrededor de mil millones, de los cuales casi un 40% serán abonados de Internet móvil y puesto que muchos de los usuarios cuentan con cierta experiencia en el manejo de telefonía, e Internet móvil, estos requieren tener nuevas funcionalidades; la misma tendencia se observara a nivel nacional talvez en menor grado pero con la misma necesidad de servicio.

Los servicios de tercera generación serán una extensión de los actuales servicios de valor añadido de las redes de segunda generación, con una gran ventaja como es una mayor velocidad en el envío de información así como una mayor capacidad de abonados con un servicio de mejor calidad.

El acceso a Internet requiere redes conmutadas de paquetes; mientras que el tráfico de voz o videoconferencia tradicionalmente requieren redes conmutadas de circuitos. WCDMA soporta ambas tecnologías. Este soporte permitirá al usuario acceder a una página WEB, mantener una videoconferencia y bajar grandes archivos desde una red corporativa de manera simultánea.

A continuación se dan unos pocos ejemplos de los servicios esperados:

Entretenimiento (audio con calidad de CD, vídeo, gráficos y fotos, juegos), Mensajería, Internet, Intranet, Correo Electrónico interactivo, Videoconferencias, Fax, Comercio Electrónico, Control Remoto, etc.

Al ser estos todos los beneficios que brinda 3G desarrollar un estudio y diseño de esta tecnología permitirá determinar los alcances, necesidades tanto de infraestructura, como de tecnología, mediante el cual se pueda tener una visión clara de cuales son las posibilidades de acceder a este futuro de las telecomunicaciones.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 GENERAL

- Realizar una propuesta de diseño de una red de Telefonía Celular para la ciudad de Ambato utilizando tecnología 3G, tomando como base la infraestructura existente y las ventajas de esta nueva tecnología.

1.3.2 ESPECÍFICOS

- Describir la evolución de las tecnologías inalámbricas para comunicación.
- Determinar los fundamentos teóricos, técnicos, características y aplicaciones de las tecnologías de tercera generación.
- Realizar un análisis comparativo de dichas tecnologías a fin de determinar ventajas, desventajas, de cada una de ellas.
- Describir las redes de telefonía celular existentes; analizando además los espectros de frecuencias y ancho de banda de telefonía celular.

CAPITULO 2

FUNDAMENTO TEÓRICO DE LAS TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIÓN CELULAR

2.1 REDES DE TELECOMUNICACIONES

Se refiere a todo procedimiento que permite a un abonado hacer llegar a uno o varios usuarios determinados o eventuales información de cualquier naturaleza cuya actividad es desarrollada bajo la responsabilidad de determinada empresa o entidad, para ofrecer a sus usuarios una modalidad o tipo de telecomunicaciones, cuya utilización es de interés para los abonados; empleando para dicho procedimiento, cualquier sistema electromagnético para su transmisión y/o recepción.

2.2 TIPOS DE REDES

2.2.1 REDES FIJAS

La red consiste en una sucesión de canales de comunicación, es decir, después de ser transmitida la información a través de un canal, llega a uno

o varios usuarios fijos determinados, la característica principal y que a su vez viene a ser una limitación es que no permite mayor movilidad.

2.2.2 REDES MÓVILES

Una red móvil describe cualquier enlace de radio comunicación entre 2 o mas terminales, de los cuales al menos uno esta en movimiento.

2.3 CONCEPTOS GENERALES Y ELEMENTOS DE LA DE TELEFONÍA CELULAR.

2.3.1 CELDA O CÉLULA

Celda es cada una de las unidades básicas de cobertura en que se divide un sistema celular. Cada célula o celda contiene un transmisor que puede estar en el centro, o en un vértice de la misma.

El tamaño de la celda varia de acuerdo a la potencia del transmisor además de restricciones naturales o artificiales dependiendo del sector a cubrir y, lo más importante, del tamaño de la población y patrones de tráfico.

Las celdas son normalmente diseñadas como hexágonos o círculos (figuras de seis lados), en una gran rejilla de hexágonos. Figura.1.1.

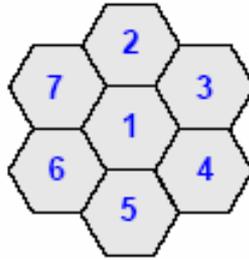


Figura. 2.1 Celda o Célula

Fuente: <http://www.yucatan.com.mx/especiales/celular/>

2.3.1.1 TIPOS DE CELULAS

En un sistema celular se consideran distintos tipos de células, dependiendo de la demanda del servicio y de parámetros físicos propios del área en la cual se brindara el servicio, así se tiene diferentes tipos de celdas:

Macroceldas

Microceldas

Picoceldas

Celdas selectivas

Celda de paraguas.

a) MACROCELDAS

Se entiende como macrocélula aquella celda que proporciona cobertura con un alcance de algunos kilómetros; a saber: zonas rurales, zonas

montañosas, autopistas, zonas residenciales suburbanas, zonas residenciales urbanas.

b) MICROCELDAS

Las microcélulas son, células urbanas cubiertas por estaciones base con antenas transmisoras colocadas por debajo de las alturas medias de los edificios circundantes. El alcance es decir la (cobertura) suele ser inferior a 1 km.

c) PICOCELDAS

Picoceldas estas se logran al reducir mucho más el tamaño de las celdas, (cobrimiento menor a 100 metros). Como se sabe, una reducción en el tamaño de una celda implica un aumento en su capacidad (manejo de tráfico), por lo que las picoceldas se utilizan para brindar cobertura en las zonas de muy alto tráfico, tales como centros de negocios.

	MACRO	MICRO	PICO
RADIO DE CELULAS	1 a 20 Km	0.1 a 1 Km	0.05 a 0.1 Km
POTENCIA DE TRANSMISION	1 a 10 w	0.1 a 1 w	0.05 a 0.1 W

Tabla. 2.1. Características de entorno celular

Fuente: <http://www.forounderground.com/index.php>

d) CELDAS SELECTIVAS

Las celdas selectivas son celdas destinadas a cubrir zonas con una cobertura menor a los 360 grados.

e) CELDA DE PARAGUAS

La celda de paraguas cubre varias microcélulas, se las emplea para disminuir el número de handovers que se producen en estaciones móviles que cambian rápidamente de micro celda y así disminuir el trabajo de la red

2.3.2 CLUSTER O RACIMO

Clusters es un conjunto o grupo de células. Entre todas, agrupan la totalidad de las frecuencias disponibles por la red celular. Sumando varios racimos es como se alcanza la cobertura final del sistema celular, el uso de las frecuencias en los clusters se realiza usando patrones de rehuso de frecuencia.

Ningún canal se vuelve a utilizar dentro de un cluster.

Los clusters se agrupan en 4, 7, 12 o 21 celdas; en la Fig.1.2 se observa un cluster de cuatro células ($N = 4$), un cluster de siete células ($N = 7$).

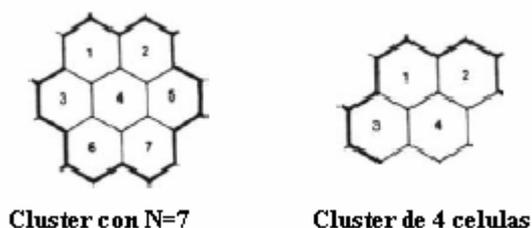


Figura. 2.2. Cluster de células

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos14/celularhist/celularhist>

2.3.3 COBERTURA CELULAR

Se entiende por cobertura celular la zona desde la cual un terminal móvil puede comunicarse con las estaciones base y viceversa. La cobertura o el alcance de la señal de radio de una red es la composición del alcance de la señal de radio de todas sus estaciones base y la unión de las características particulares del trayecto radioeléctrico.

Para diseñar una red de comunicaciones móviles desde el punto de vista de la cobertura debemos tener en cuenta la zona que se desea cubrir o zona de servicio, también es necesario que la señal de la estación móvil, en función de su capacidad de transmisión, pueda llegar hasta la estación de base.

2.3.4 CAPACIDAD CELULAR

Se refiere a la cantidad de usuarios que se pueden atender simultáneamente. Es un factor de mucha importancia, pues del adecuado dimensionamiento de la capacidad del sistema, según la demanda, depende la calidad del servicio que se preste al usuario. Esta capacidad se puede incrementar mediante el uso de técnicas tales como la reutilización de frecuencias, la asignación adaptativa de canal, el control de potencia, saltos de frecuencia, algoritmos de codificación, diversidad de antenas en la estación móvil, etc.

2.3.5 REUTILIZACIÓN DE FRECUENCIAS

La reutilización de frecuencias consiste en utilizar la misma banda de frecuencias varias veces de manera que sea posible aumentar la capacidad del sistema para un determinado ancho de banda B. Puede llevarse a cabo utilizando **polarizaciones ortogonales**¹ o utilizando la misma banda de frecuencias en distintos haces siempre que la **separación angular**² sea suficiente.¹

¹ Polarización ortogonal: Desarrollo circular que se imprime a una onda electromagnética.

² Separación angular: Es el ángulo de apertura con el que se proyecta el haz.

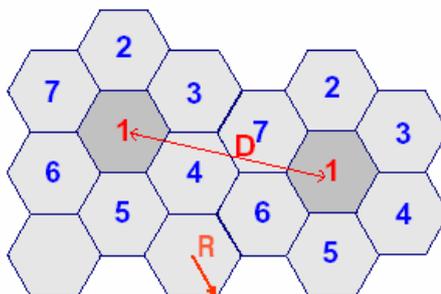


Figura. 2.3 Reutilización de frecuencias.

Fuente: [http://www.viento.us.es/murillo tema telefonía celular](http://www.viento.us.es/murillo_tema_telefonía_celular)

D = Distancia de reutilización entre celdas que utilizan mismas frecuencias.

R = Radio de la célula.

2.3.6 SEÑALIZACIÓN

Señalización es toda comunicación dedicada a gestionar los recursos del sistema para permitir la comunicación. Al hablar de comunicaciones celulares, se va a tratar de forma diferente la señalización asociada a la transmisión de radio y la relativa a la propia estructura de red. Funcionalmente, se podría distinguir entre:

- Señalización destinada a la gestión de los recursos de radio
- Señalización destinada a la gestión de la movilidad; y,
- Señalización destinada al establecimiento de la comunicación

2.3.7 ELEMENTOS DE UNA RED CELULAR

Una red celular contiene cuatro elementos principales, los cuales se enumeran a continuación (Figura. 2.4):

- 1) Centro de Conmutación Móvil (MSC)
- 2) Registro de localización de abonados locales (HLR)
- 3) Registro de localización de abonados visitantes (VLR)
- 4) Estación Base Central (BSC).
- 5) Tranceptor de Estación Base (BTS)
- 6) Red telefónica publica conmutada (PSTN)

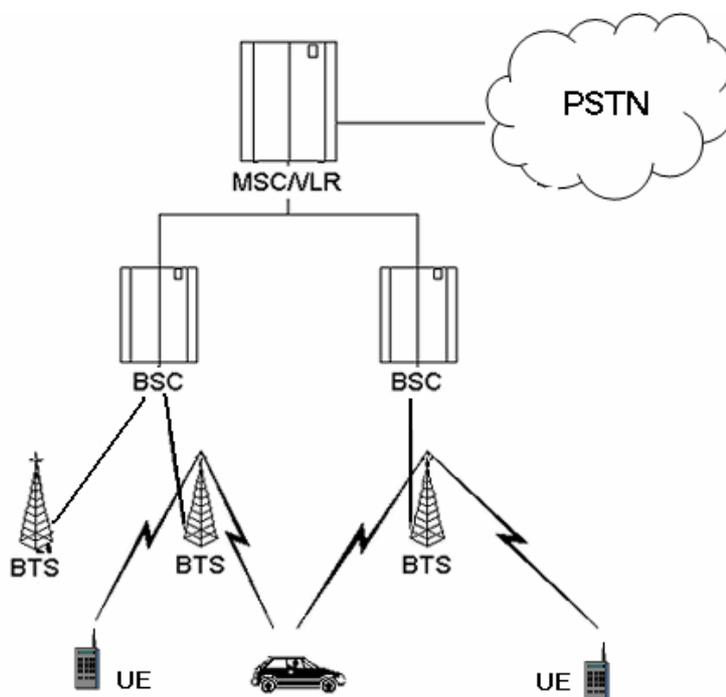


Figura. 2.4. Red Celular.

Fuente: <http://www.movistar.com/particulares/servicios/escritorio.htm>

2.3.7.1 CENTRO DE CONMUTACION MOVIL

El centro de conmutación móvil lleva acabo todas las funciones de conmutación que se requieren para las estaciones móviles que se localizan dentro de un área geográfica. Sus funciones principales son:

- Establecimiento y enrutamiento de llamadas de la estación móvil.
- Traducción de dígitos.
- Control y señalización de llamadas
- Captura, formateo y teleprocesamiento de datos de facturación
- Handover entre MSC.
- Soporte de servicios complementarios.

2.3.7.2 HLR (REGISTRO DE LOCALIZACIÓN DE ABONADOS LOCALES)

HLR (Registro de Localización de abonados locales), es una base de datos que contiene información permanente del abonado (como información de aprovisionamiento y servicio) e información dinámica (como la ubicación actual de la estación móvil). Como su nombre lo indica, el HLR es la base de información local de la estación móvil.

2.3.7.3 VLR (REGISTRO DE LOCALIZACIÓN DE ABONADOS VISITANTES)

Corresponde a las siglas en ingles "Visitor Location Register" es una base de datos en la cual se contiene toda la información del usuario necesaria para la provisión de los servicios durante la utilización de los mismos. El VLR tiene una copia de parte de los datos del HLR, referidos a aquellos clientes que se han registrado en la zona controlada por dicho VLR.

2.3.7.4 ESTACIÓN BASE CENTRAL (BSC)

El término Estación Base Central (BSC) se emplea para referirse a la ubicación física del equipo de radio que proporciona cobertura dentro de una célula.

- Una estación base celular esta compuesta de los siguientes elementos:
- Fuente de alimentación.
- Equipo común.
- Transceptores de frecuencia de radio.
- Sistema de antena.

2.3.7.5 ESTACIÓN BASE TRANSCÉPTORA (BTS)

Responsable de la recepción /transmisión aérea, permite la configuración a distancia (canales, potencia), además de un continuo monitoreo ante perturbaciones y fallas, los cuales quedan registrados. Maneja la interfaz de radio a la estación móvil. Es el equipo de radio (antenas y transceptores) necesarios para atender a cada celda en la red. Un grupo de BTSs es controlado por un BSC (Controlador de Estación Base).

2.3.7.6 RED TELEFÓNICA PÚBLICA CONMUTADA (PSTN)

La PSTN esta conformada por redes locales, redes del área de la central y redes de largo alcance que interconectan teléfonos y otros dispositivos de comunicación a nivel mundial

2.3.8 HAND-OVER O "TRASPASO"

Se denomina HAND-OVER al proceso mediante el cual se pasa una comunicación de un móvil de un canal a otro. Es lo que diferencia a un sistema celular de otro tipo de sistemas de radiocomunicaciones. En función de la relación entre los canales origen y destino de la comunicación, los handover pueden clasificarse en:

- Handover de canales en la misma célula, ocurre cuando el canal destino se encuentra sobre otra frecuencia distinta a la del origen, pero en la misma célula.

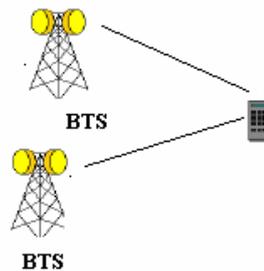


Figura.2.5. Handover de canales en la misma célula.

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos14/celular/handover>

- Handover de células controladas por la misma BSC (Estación Base de Control), cuando hay cambio de célula pero ambas células se encuentran dentro del mismo sistema controlador de estaciones base, (Figura. 2.6).

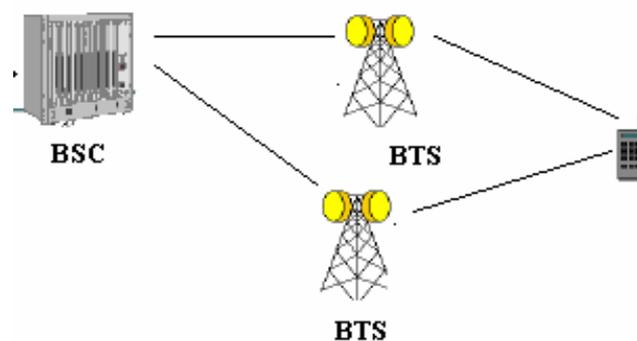


Figura. 2.6. Handover de células controladas por la misma BSC.

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos14/celular/handover>

- Handover de células pertenecientes al mismo MSC pero controladas por diferentes BTS (Figura.2.7), cuando hay cambio de célula y de controlador de estaciones base (BSC), pero ambos BSC dependen de la misma central de conmutación móvil (MSC).

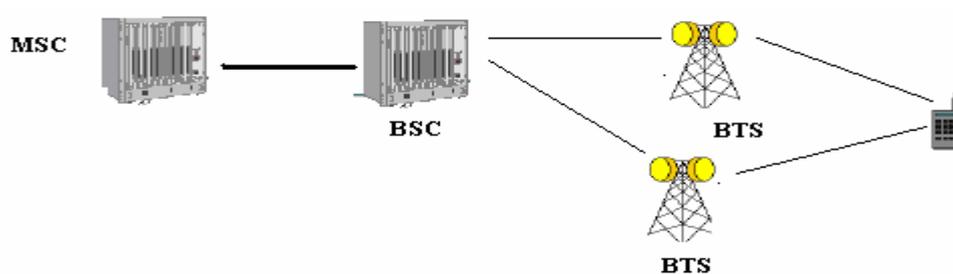


Figura.2.7. Handover de células pertenecientes al mismo MSC.

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos14/celular/handover>

- Handover de células controladas por diferentes MSC, se produce cuando hay cambio de célula y ambas células dependen de Centrales de Conmutación Móviles (MSC) distintas.

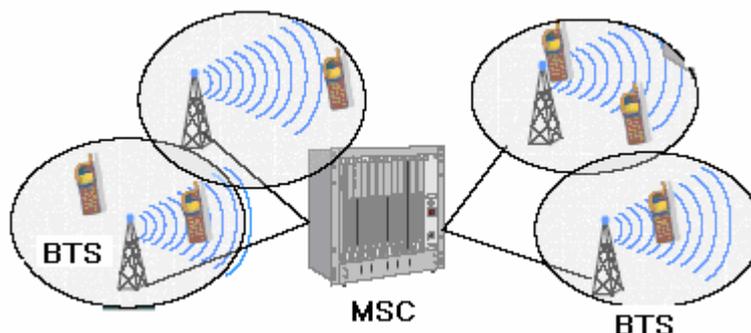


Figura.2.8. Handover de células controladas por diferentes MSC.

Fuente: http://www.viento.us.es/murillo_tema_telefonia_celular

Los "handovers" como se a mencionado anteriormente, son controlados por los MSC (Central de Conmutación Móvil), pero para evitar tráfico de señalización innecesario, los dos primeros tipos de "handover" son gestionados por la BSC (Estación Base Central) afectada. En estos casos al MSC sólo se le envía la notificación de que se ha realizado el "handover".

2.3.9 ÁREA DE LOCALIZACIÓN

El área de localización es aquella formada por un conjunto de células, que determinan el área donde se encuentra el móvil y las células a través de las cuales se emitirá un mensaje de búsqueda para este móvil, en caso de llamadas entrantes al mismo (figura.2.9)

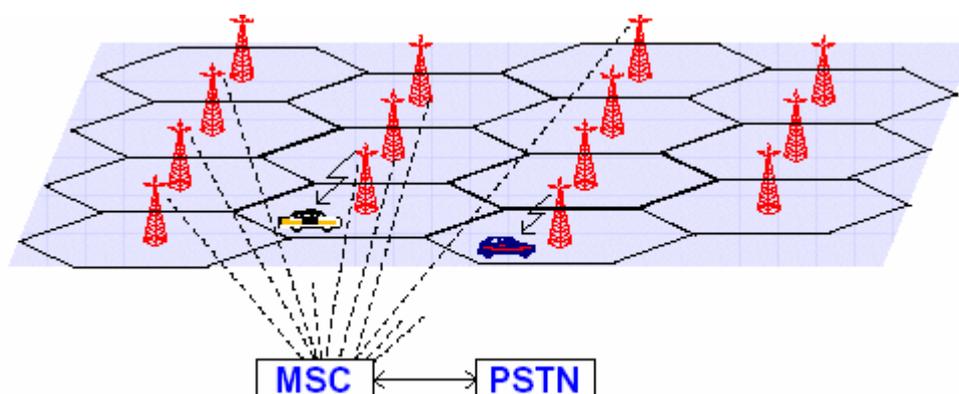


Figura. 2.9. Área de localización.

Fuente: [http://www.viento.us.es/murillo tema telefonía celular](http://www.viento.us.es/murillo_tema_telefonía_celular)

2.3.10 REGISTRO

Registro es el proceso mediante el cual un móvil comunica a la red que está disponible para realizar y recibir llamadas. La red, por su parte, llevará a cabo una serie de intercambios de información con sus bases de datos antes de permitir o "registrar" al móvil. Gracias a este registro, la red sabrá en cada momento dónde localizar dicho móvil en caso de llegarle una llamada entrante.

2.3.11 ROAMING O "ITINERANCIA"

Es la capacidad que ofrece una red móvil para poder registrarse en cualquier VLR de la red. Actualmente, este concepto está comúnmente asociado al registro de un móvil en una red distinta de la propia.

2.4 EXPANSIÓN DEL SISTEMA CELULAR

Al existir una mayor demanda de tráfico los sistemas celulares deben ser capaces de brindar asistencia a una mayor cantidad de abonados para lo cual emplea técnicas de expansión del sistema celular. Entre estas técnicas tenemos las siguientes:

2.4.1 DIVISIÓN DE CELDA (CELL SPLITTING)

Cuando el tráfico de llamadas en un área se incrementa, se debe dividir la celda de tal modo que se pueda rehusar la frecuencia más a menudo, es decir que haya menor distancia entre celdas co-canal. Esto involucra reducir el radio de la celda a la mitad y dividir la vieja celda en 4 nuevas celdas pequeñas. Esto resulta en un incremento en la capacidad de tráfico en cuatro veces.

2.4.2 CELDAS UNDERLAY-OVERLAY

La capacidad de tráfico de una celda omnidirección o una celda direccional (ver Figura.2. 10) puede ser incrementada mediante el uso del arreglo *underlay-overlay*. El *underlay* es el círculo interno, y el *overlay* es el anillo exterior.

La potencia de transmisión de los canales de voz en la celda es ajustada para estas dos áreas, luego son asignadas diferentes frecuencias para canales de voz en cada área.

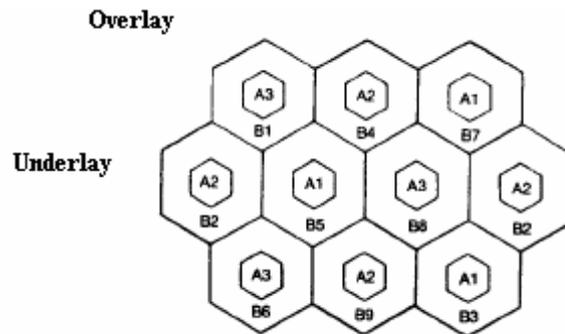


Figura.2.10.Células overlay underlay.

Fuente: <http://neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No5/SCusati.htm>

2.4.3 SECTORIZACIÓN DE CÉLULAS

Consiste en dividir una célula en un conjunto de sectores, cada uno con sus propias frecuencias, a cada sector se le asigna un subconjunto de frecuencias y se usan antenas direccionales en la base, para dar cobertura a cada sector.

Se suelen dividir desde 3 a 6 sectores. (Figura. 2.11).

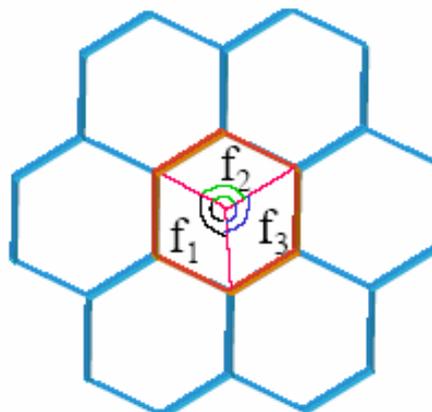


Figura.2.11.Sectorización celular.

Fuente: [http://www.viento.us.es/murillo tema telefonía celular](http://www.viento.us.es/murillo%20tema%20telefon%C3%ADa%20celular)

2.4.4 PRÉSTAMO DE FRECUENCIAS

Fundamentalmente es asignar frecuencias de células de forma dinámica, Por ejemplo, frecuencias de células poco congestionadas a células congestionadas; las frecuencias utilizadas para este efecto son tomadas de células vecinas.

2.5 TÉCNICAS DE ACCESO AL MEDIO

El acceso múltiple siempre es necesario en las redes en las que se ve implicada la comunicación en ambos sentidos entre las múltiples estaciones terrenas.

Se tienen tres métodos principales de acceso al medio: (FDMA) Acceso Múltiple por División de Frecuencia, (TDMA) Acceso Múltiple por División de Tiempo, (CDMA) Acceso Múltiple por División de Código; aunque existen otros como el FAMA (Acceso Múltiple por Asignación Fija) y el DAMA (Acceso Múltiple de Asignación por Demanda). Pero para el presente estudio se describira brevemente solo los tres principales, estos son:

2.5.1 FDMA (FREQUENCY DIVISION MULTIPLE ACCESS)

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

Este esquema consiste en dividir el espectro disponible en varios canales de frecuencia de manera que cada usuario utiliza a la vez dos canales para su comunicación uno para el enlace de subida (con el que transmite información hacia la red) y el otro para el enlace de bajada (con el que recibe información desde la red).

Esta asignación de canales es exclusiva, de manera que los canales no pueden ser utilizados simultáneamente por más de un cliente y además cada uno de ellos está bordeado por pequeñas bandas de frecuencia que evitan solapamientos.

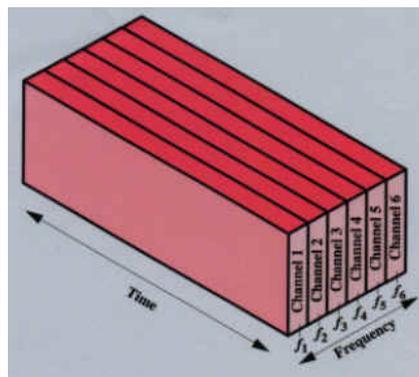


Figura.2.12. Multiplexación por división de frecuencia.

Fuente: <http://www.educastur.princast.es/ies/epart/electronica/Web/Sei.htm> tema9

Características de FDMA:

- La señal transmitida a través del medio es analógica.
- Las señales de entrada siempre deben ser moduladas, para trasladarlas a la banda de frecuencia apropiada.

Si la señal de entrada es digital, se debe pasar a través de un modem para convertirla en analógica y posteriormente modularla.

2.5.2 TDMA (TIME DIVISION MULTIPLE ACCESS)

La **tecnología TDMA** (Time Division Multiple Access), comprime las conversaciones (digitales), y las envía cada una utilizando la señal de radio por un tercio de tiempo solamente. La compresión de la señal de voz es posible debido a que la información digital puede ser reducida de tamaño por ser información binaria (unos y ceros).

En los sistemas inalámbricos que emplean el TDMA como técnica de acceso se tiene que gran cantidad de usuarios comparten el tiempo de una frecuencia portadora común, para comunicarse con su estación base.

Las señales TDMA están confinadas en ranuras de tiempo o slots, por lo que se transmiten en ráfagas². Entre ranura y ranura de tiempo deben dejarse los denominados tiempos de guarda, para evitar la interferencia entre los usuarios producto de los diferentes tiempos de propagación.

² Transmisión por ráfagas: El móvil no transmite mientras su brecha de tiempo no este libre.

TDMA tiene la ventaja de poder ajustar la velocidad de flujo de información hacia y desde un usuario en particular, con la simple asignación de más ranuras a ese usuario.

TDMA soporta tres (3) transmisiones digitales sobre una frecuencia, lo cual es bastante para un limitado espectro de frecuencias.

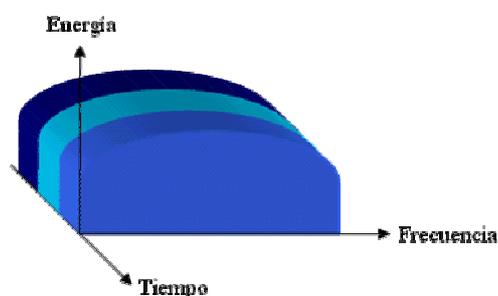


Figura.2.13. Múltiplexación por división de tiempo.

Fuente:[http:// www.angelfire.com/al2/Comunicaciones/enlaces.html](http://www.angelfire.com/al2/Comunicaciones/enlaces.html)

2.5.3 CDMA (CODE DIVISION MULTIPLE ACCESS)

La tecnología CDMA (Code Division Multiple Access). Es muy diferente a la tecnología TDMA. La CDMA, después de digitalizar la información, la transmite a través de todo el ancho de banda (figura.2.14) disponible. Varias llamadas son sobrepuestas en el canal, y cada una tiene un código de secuencia único. De este modo los aparatos reciben todas las transmisiones, decodifican cada una de ellas logrando hallar el código correcto

correspondiente. A esta tecnología de dispersar frecuencias por todo el espectro se le conoce como Dispersión espectral.

Usando la tecnología CDMA, es posible comprimir entre 8 y 10 llamadas digitales para que estas ocupen el mismo espacio que ocuparía una llamada en el sistema analógico. Para telefonía celular, CDMA es una técnica de acceso múltiple especificada por la TIA (Telecommunications Industry Association) como IS-95. Los sistemas IS-95 dividen el espectro en portadoras de 1.25 MHz..

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

Las ventajas de CDMA son:

- Contempla un método de control de energía diseñado para el ahorro de la batería y para ayudar a que no haya interferencias con otro canal. Así se establece una comunicación con el sitio celular receptor y el teléfono para mantener los niveles de potencia constantes.
- El handover (pase entre celdas). Cuando el teléfono cruza la frontera de una celda, la original continua proporcionando servicio al teléfono.

La nueva celda se activa y el teléfono funciona en ambos sitios celulares hasta alcanzar la suficiente intensidad de señal de la nueva celda.

- No hay degradación notable de la calidad de transmisión durante el handover, lo cual es crítico en la transmisión de datos.

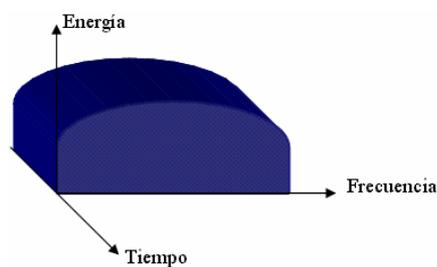


Figura.2.14. Múltiplexación por división de código.

Fuente: www.angelfire.com/al2/Comunicaciones/enlaces.html

2.6 TECNICAS DE DUPLEXIÓN.

Se define como la conexión simultánea desde la estación móvil a la base (Reverse) y desde la base a la estación móvil (Forward). Se disponen de dos variantes:

2.6.1 FREQUENCY DIVISION DÚPLEX (FDD)

El modo de transmisión FDD, los datos del usuario se transmiten continuos en el tiempo y van cambiando de frecuencia durante la comunicación. Estos saltos de frecuencia se utilizan para conseguir una transmisión Full- duplex, el

enlace de subida y de bajada utiliza dos frecuencias diferentes (separadas entre ellas 190MHz).

Los sistemas de FDD (figura.2.15) simplifican los mecanismos de acceso para comunicaciones móviles que pueden involucrar grandes distancias, debido a las diferencias que pueden producirse en los tiempos de propagación.

FDD en cambio, sólo exige que la separación de frecuencia sea la suficiente como para que el filtro de entrada sea capaz de discriminar la señal transmitida de la recibida.

La tecnología de Tx FDD es adecuada para tráfico simétrico (voz, telefonía, videojuego, etc.) y ofrece movilidad total.

FDD esta optimizada para cobertura de área amplia, como micro y macro celdas, ya que en estas se genera muy poco trafico y tienen una cobertura más amplia por que hay menos densidad de personas; permite una transmisión de datos con una velocidad de 384Kbps en alta movilidad.

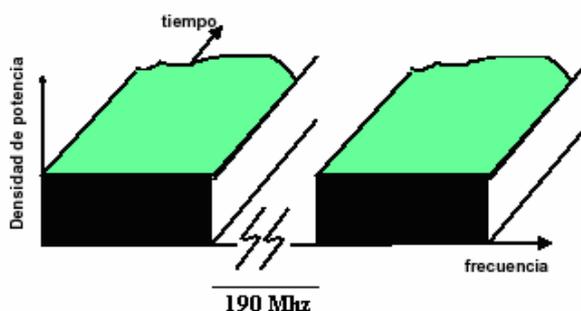


Figura.2.15. Duplexado FDD.

Fuente: <http://www.umtsworld.com/technology/wcdma.htm>

2.6.2 TIME DIVISION DÚPLEX (TDD)

El modo de transmisión TDD (figura.2.16), los datos del usuario son transmitidos siempre en la máxima frecuencia pero están divididos en el tiempo. Esta división en el tiempo se usa para conseguir una transmisión full duplex, el enlace de subida y el enlace de bajada emiten en la misma frecuencia pero a intervalos de tiempo diferente.

TDD exige un control de los instantes de transmisión de los móviles para que lleguen en la ranura de tiempo que les ha sido asignada.

TDD es más adecuado para tráfico asimétrico como es navegar en Internet. Ofrece una movilidad limitada y por lo tanto es más adaptable en ambientes cerrados. TDD combina la subida y la bajada en una misma banda y multiplexa en el tiempo dicha Tx.

TDD esta optimizado para micro y pico células publicas debido a la gran cantidad de trafico que en ellas se genera este tipo de duplexado permite una transmisión de datos con una velocidad de hasta 2 Mbps.

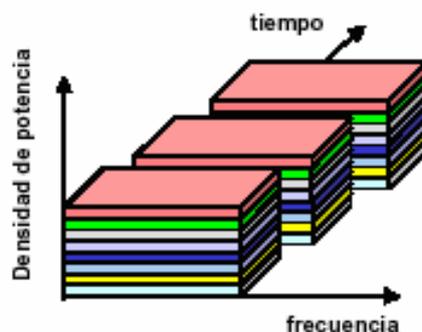


Figura.2.16. Duplexado TDD.

Fuente: <http://www.umtsworld.com/technology/wcdma.htm>

2.7 SISTEMA DE COMUNICACIÓN PUNTO-MULTIPUNTO

Las comunicaciones punto-multipunto ocurren entre un emisor central y dos o más receptores. Los receptores pueden o no tener capacidad propia de emisión. Para muchos fines prácticos conviene a su vez clasificarlas en dos tipos, con los nombres en inglés de broadcast y narrowcast. Dentro de este tipo de sistemas también encontramos LMDS (Local Multipoint Distribution Service) y MMDS (Multichannel Multipoint Distribution Service).

2.7.1 BROADCAST

En el broadcast se emite una señal que puede ser recibida por cualquiera que cuente con un receptor apropiado. El nombre de broadcast se origina en la radio y la televisión, y es característico de ellas. Es especialmente común que el broadcast se haga con señales electromagnéticas.

Otra forma de broadcast se da en algunas tecnologías de redes locales de computadoras, en las cuales, a través de cables, se envían señales que pueden ser captadas y leídas por todas las computadoras de la red.

2.7.2 NARROWCAST

El narrowcast es análogo al broadcast, pero se basa en señales que por algún medio (físico o lógico) sólo pueden llegar a algunos receptores. Un ejemplo clásico puede ubicarse en la televisión por cable, en la que no se emplean ondas electromagnéticas en la atmósfera o en el espacio como medio de transmisión, sino las que se pueden establecer en un cable.

La evolución de la tecnología televisiva ha permitido codificar las señales que se lanzan "al aire", creando la televisión restringida inalámbrica o "cable inalámbrico". Esta puede emplear distintas tecnologías de transmisión, sea a nivel local por medio de microondas (MMDS), sea vía satélite (DTH o "direct to home")

2.7.3 LMDS (LOCAL MULTIPOINT DISTRIBUTION SERVICE)

LMDS (Servicio de distribución local multipunto) es una tecnología de banda amplia inalámbrica punto-multipunto basada en celdas —al igual que la telefonía celular con la capacidad de transportar grandes cantidades de

información a muy altas velocidades. LMDS opera a frecuencias milimétricas, típicamente en las bandas de 28, 38, o 40 GHz. Esto permite velocidades de datos de hasta 38 Mbps por usuario pero con la restricción de que las distancias de cobertura deben ser menores de 8 Km. La alta capacidad de LMDS hace posible una gama de servicios tales como video digital, voz, televisión interactiva, música, multimedia y acceso a Internet a altas velocidades. LMDS es una tecnología de costo efectivo, ya que su implantación es rápida en áreas urbanas o en áreas con baja densidad de población, como es el caso de las comunidades rurales.

2.7.4 MMDS (Multichannel Multipoint Distribution Service)

Las redes MMDS (Servicio de Distribución Multicanal Multipunto) se caracterizan por el limitado número de canales disponibles en las bandas asignadas para este servicio, sólo 200 MHz de espectro en la banda de 2.5 GHz a 2.7 GHz.

El uso principal de esta tecnología es en televisión restringida inalámbrica. Como el ancho de banda de un canal de televisión es de 6 MHz, solamente 33 canales cabrían en el espectro asignado.

Un sistema de MMDS consiste de una cabecera o centro de control (headend), donde se encuentra el equipo de recepción de las señales origen, un radio transmisor y una antena transmisora. En el lado del usuario se

encuentra una antena receptora, un dispositivo de conversión de frecuencia y un receptor decodificador.

El rango de una antena de transmisión MMDS puede alcanzar los 55 kilómetros dependiendo de la altura de la antena y de la potencia de radiodifusión. La potencia de transmisión es usualmente entre 1 y 100 Watts, la cual es sustancialmente menor a los requerimientos de potencia de las estaciones de televisión abierta de VHF y UHF.

Las señales de microondas son pasadas por un convertidor de frecuencias, el cual convierte las frecuencias de microondas a las frecuencias estándar de cable VHF y UHF, y pueda conectarse directamente al televisor.

2.8 TECNICAS DE CONMUTACION

2.8.1 CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS

El sistema de conmutación de circuitos está pensado para llamadas de voz.

Al efectuar una llamada se reserva un canal de comunicación entre origen y destino. Una vez reservado, este canal permanecerá ocupado durante todo el tiempo que dure la conversación. En una llamada se ocupa todo el recurso de la conmutación.

Este sistema es claramente ineficaz cuando nos referimos a la transmisión de datos. En Internet, por ejemplo, el tráfico de datos es a "ráfagas", es decir, se

concentra en instantes determinados, permaneciendo el canal la mayor parte del tiempo vacío.

2.8.2 CONMUTACIÓN DE PAQUETES

En la conmutación de paquetes el canal de transmisión se requiere sólo cuando existe algo que transmitir o recibir. Esta transmisión se basa en dividir la información en pequeñas unidades llamadas paquetes. Estos paquetes son divididos y enviados de forma secuencial a través de los canales disponibles, permitiendo que varios usuarios compartan los mismos canales.

Todos los paquetes, al llegar a su destino, vuelven a unirse formando el fichero en cuestión. No existe reserva previa de canales como ocurría con la técnica de conmutación de circuitos, con lo cual cuando un canal no esté transmitiendo datos puede ser utilizado por otro terminal. Esta técnica de conmutación de paquetes es la empleada en las redes de datos fijas como Internet

Una vez que un paquete ha sido transmitido por el interfaz de radio, se vuelven a liberar los recursos de radio para que así puedan ser utilizados por algún otro usuario. Por ejemplo, al acceder a una página WAP, una conexión de paquetes únicamente usaría los recursos cuando se estuviera bajando una página, no cuando se estuviera efectuando la consulta, quedando libre el canal a partir de ese momento.

Las ventajas de la técnica de conmutación de paquetes son:

- 1) Mejora en la eficacia del uso de recursos, teniendo en cuenta las limitaciones del ancho de banda.
- 2) Permite tarifar por volumen de datos intercambiado en lugar de por tiempo de conexión.
- 3) La conexión es permanente.

2.9 EVOLUCION DE LOS SISTEMAS CELULARES

2.9.1 PRIMERA GENERACIÓN DE SISTEMAS CELULARES

Los sistemas de primera generación surgen a finales de los años 70 y principios de los 80 nacen en Japón, se caracterizaron por ser analógicos y estrictamente para voz. La calidad de los enlaces era muy baja, tenían baja velocidad aproximadamente 2400 baudios (número de cambios de señal que se producen en 1 segundo).

Estos sistemas celulares, emplean principalmente técnicas de modulación en frecuencia (FM) de banda estrecha, modulación que es ampliamente aconsejable, al ser muy robusta frente al ruido, a las interferencias y al desvanecimiento.

Los servicios a los que iban destinados estas tecnologías eran únicamente de transmisión de voz, con una calidad similar a la de un canal analógico.

Los principales sistemas analógicos de 1ª generación son:

- AMPS (Advanced Mobile Phone System)
- TACS (Total Access Cellular System)

Todos los sistemas celulares de primera generación emplean Múlti-plexación por división en frecuencia (FDMA) como tipo de acceso al medio asignando a cada canal una única banda de frecuencia.

Como modo de transmisión utiliza Duplexado en Frecuencia (FDD), es decir, separan el ancho de banda total en dos frecuencias, una para el enlace desde la estación móvil a la base y otra para el enlace desde la base a la estación móvil.

Las principales limitaciones de los sistemas de primera generación eran:

- El espectro asignado era demasiado reducido.
- Los usuarios más exigentes se quejaban de la calidad del servicio y exigían servicios de valor añadido.
- El costo de los terminales y la infraestructura era difícilmente reducible.
- Los distintos sistemas eran incompatibles, principalmente en Europa, lo que limitaba la opción de llevarse el terminal al extranjero.

2.9.2 SEGUNDA GENERACIÓN DE SISTEMAS CELULARES

La segunda generación de sistemas celulares arribó hasta 1990 y a diferencia de la primera se caracterizó por ser digital. El rápido crecimiento en el número de usuarios y la proliferación de varios sistemas incompatibles entre si fueron la principal razón de su evolución.

2G utiliza protocolos de codificación más sofisticados los cuales se emplean en los sistemas de telefonía celular actuales.

Todos los sistemas de la segunda generación emplean modulaciones digitales.

Las tecnologías predominantes de esta generación son:

- D-AMPS (Digital Advanced Mobile Phone System).
- PCS (Personal Communications Services).
- GSM (Global System for Mobile Communications);
- CDMA (Code Division Multiple Access).

Los protocolos empleados en los sistemas 2G soportan velocidades de información más altas para transmisión de voz, pero limitados en cuanto a comunicación de datos. Además ofrece servicios auxiliares, como datos, fax y SMS (Short Message Service). En Estados Unidos y otros países se le conoce a 2G como PCS (Personal Communication Services).

Las principales ventajas que aporta esta tecnología son:

- Confidencialidad de las comunicaciones.
- Transmisión conjunta de voz y datos a diferentes tasas binarias.
- Señalización digital.
- Las técnicas de acceso como TDMA y CDMA simplifican los circuitos.
- Mayor eficiencia espectral.

2.9.3 GENERACIÓN 2.5 G

Muchos de los proveedores de servicios de telecomunicaciones se moverán a las redes 2.5G antes de entrar masivamente a la tercera generación. Pero que es la tecnología 2.5G. Es una tecnología mucho más rápida, que permitirá actualizar a 3G de manera más económica.

La generación 2.5G ofrece características extendidas, ya que cuenta con más capacidades adicionales que los sistemas 2G, como:

- GPRS (General Packet Radio System),
- HSCSD (High Speed Circuit Switched).

2.9.4 TERCERA GENERACIÓN DE SISTEMAS CELULARES

La 3G se caracteriza por soportan altas velocidades de información y están enfocados para aplicaciones más allá de la voz o la transmisión de datos, como audio (mp3), video en movimiento, videoconferencia o Internet de alta

velocidad con la misma calidad que los sistemas fijos, sólo por nombrar algunos, en otras palabras, es apta para aplicaciones multimedia y altas transmisiones de datos.

El objetivo final de los sistemas 3G es alcanzar velocidades de hasta 384 kbps, permitiendo una movilidad total a usuarios, viajando a 120 kilómetros por hora en ambientes exteriores. También alcanzará una velocidad máxima de 2 Mbps, permitiendo una movilidad limitada a usuarios, caminando a menos de 10 kilómetros por hora en ambientes estacionarios de corto alcance o en edificios.

La cantidad de usuarios que podría albergar 3G, anticipa que en el 2004 habrá más de 1150 millones en todo el mundo

La UIT (Unión Internacional de telecomunicaciones), dentro de la familia global denominada IMT-2000, piensa sacar un estándar válido para todas las regiones del mundo.

La tecnología CDMA constituyó un fuerte elemento impulsor de los sistemas 2G en el momento de su aparición a principios de la década de los 90. Actualmente, en el marco de las actividades de desarrollo de los sistemas 3G, CDMA vuelve a presentar un papel preponderante, esta vez en versión de banda ancha o W-CDMA (Wideband CDMA). De hecho, esta tecnología

aparece en la mayor parte de las propuestas presentadas a la UIT relativas a interfaz de radio para la tercera generación.

El principal sistema digital de 3ª generación es:

- UMTS (Universal Mobile Telephone Services) con interfaz aire W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access).

2.9.5 CUADRO COMPARATIVO DE LAS 3 GENERACIONES

1ª GENERACION	2ª GENERACION	3ª GENERACION
MERCADO	MERCADO	MERCADO
Telefonía: Baja demanda. Datos: Muy baja demanda.	Telefonía: Demanda masiva. Datos: Demanda media. Multimedia: Baja demanda	Telefonía: Demanda masiva. Datos: Demanda masiva. Multimedia: Alta demanda
SERVICIO	SERVICIO	SERVICIO
Telefonía: Básica. Datos: Baja velocidad.	Telefonía: Información de negocios, ISDN. Datos: Alta velocidad. Multimedia: Baja velocidad	Telefonía: Sofisticados, ISDN. Datos: Alta velocidad. Multimedia: Alta velocidad
TECNOLOGIA	TECNOLOGIA	TECNOLOGIA
Telefonía: Analógica. Datos: Sobre red analógica.	Telefonía: Digital. Datos: Digital. Multimedia: Internet, 64Kbs.	Telefonía: Digital. Datos: Digital. Multimedia: Internet, 2Mbs, Tv.

Tabla.2.2. Características de las 3 generaciones.

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos14/celularhist/celularhist>.

2.10 ANALISIS DE LOS PRINCIPALES SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES

A medida que ha evolucionado la telefonía móvil se han desarrollado distintas técnicas para dotar de servicio celular a lo largo de cada generación, mismas que han servido de base para generar nuevos y mejorados sistemas que ya se han mencionado anteriormente pero que a continuación se detallara cada uno de ellos determinando las características básicas de los mismo.

2.10.1 SISTEMAS DE PRIMERA GENERACION.

Entre los sistemas más destacados de primera generación tenemos:

2.10.1.2 AMPS (ADVANCED MOBILE PHONE SYSTEM)

Este servicio es el pionero de los sistemas celulares, utiliza la banda desde los 800Mhz hasta los 900Mhz.

En un principio el sistema celular AMPS usa una banda de frecuencia de 20 MHz compuesta de 666 canales, con espacios entre canales de 30 KHz. Para las unidades móviles, el canal 1 tiene una frecuencia de transmisión de 825.03 MHz y el canal 666, en 889.98 MHz. Se aumentó posteriormente un

espectro de frecuencias de 5 MHz adicional a la banda de 20 MHz existente, lo cual incrementa el número total de canales disponibles a 832.

Este sistema utiliza acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA) para dividir el ancho de banda en aproximadamente, 832 canales de 30KHz cada uno; además utilizan modulación de frecuencia (FM) para la transmisión de radio.

Principales desventajas del sistema AMPS:

- Espectro limitado.
- Capacidad baja para llamadas.
- Espectro sin posibilidades de crecimiento.
- Limitada comunicación de datos (prácticamente nula).

A partir del sistema AMPS se desarrollo el TACS.

2.10.1.3 TACS (TOTAL ACCES COMMUNICATIONS SYSTEMS)

Sistema de comunicaciones de acceso total (TACS); utiliza una banda de frecuencia de 15 MHz que abarca 600 canales con un espacio, entre canales, de 25 KHz. La frecuencia de transmisión para el canal 1, es 890.0125 MHz y de 904.9875 MHz, para el canal 600.

Los espectros de canales de AMPS y TACS se dividen en dos grupos básicos. Un conjunto de canales se dedica al intercambio de información

de control entre la unidad móvil y la Estación Base Central (BSC), por lo tanto se les denomina canales de control. El segundo grupo, llamado canales de voz o usuario, formado por los canales restantes y se usa para conversaciones reales. Como en el sistema AMPS, los receptores TACS operan a 45 MHz, por arriba de la frecuencia de transmisión.

2.10.1.4 CUADRO COMPARATIVO ENTRE AMPS Y TACS

CARACTERÍSTICAS	AMPS	TACS
NORMALIZACIÓN	IS-19	England
AÑO DE INICIO DEL SISTEMA	1983	1985
BANDA DE FRECUENCIA Mhz	850	900
FORWARD: BASE-A-MÓVIL Mhz	-	870-890
REVERSE: MÓVIL-A-BASE Mhz	-	825-845
TIPO DE ACCESO	FDMA	FDMA
TIPO DE DUPLEXADO	FDD	FDD
SEPARACIÓN ENTRE CANALES KHz	30	25
NÚMEROS DE PORTADORAS	666	1000
CANALES POR PORTADORA	1	1
NÚMERO DE CANALES	666/832	600
POTENCIA DEL MÓVIL Watts	3	10
RADIO DE LA CELDA Km	2 a 20	2 a 20
CANAL DE TELEFONÍA	Analógico	Analógico
TIPO DE MODULACIÓN	FM	FM
SEÑAL DEL CANAL DE CONTROL Kbs	10	8
MODULACIÓN CANAL DE CONTROL	FSK	FSK

Tabla. 2.3. Características principales entre AMPS Y TACS.

Fuente: <http://www.forunderground.com/index.php>

2.10.2 SISTEMAS DE SEGUNDA GENERACION

Entre los principales sistemas de segunda generación, se citaran los siguientes

- D-AMPS (Digital Advanced Mobile Phone System).
- PCS (Personal Communications Services).
- GSM (Global System for Mobile Communications).
- CDMA (Code Division Multiple Access).

2.10.2.1 D-AMPS o IS- 54 (Digital Advanced Mobile Phone Systems)

Sistema Avanzado de Telefonía Móvil Digital (D-AMPS), es la actualización de AMPS. Emplea los mismos intervalos de canal de 30KHz, el cual se modula en DQPSK a una velocidad de 48,6 Kbit/s además se emplean las mismas bandas de frecuencia (824 – 849 y 869 – 894 Mhz) que su predecesor.

Usando TDMA en lugar de FDMA, se incrementa el número de usuarios de 1 a 3 por canal. La infraestructura de AMPS/ D-AMPS puede soportar la utilización de teléfonos analógicos o digitales ya que los dos trabajan en la banda de 800MHz.

Entre los servicios tenemos, mensajería, grupo cerrado de usuarios.

2.10.2.2 PCS (PERSONAL COMMUNICATIONS SERVICES)

EL término PCS Servicios Personales de Comunicación, es un servicio telefónico inalámbrico similar al servicio telefónico celular pero orientado al servicio personal y la movilidad.

La tecnología celular fue diseñada para su uso en autos, pero la de PCS fue diseñada con la movilidad del usuario en mente desde un principio. Las PCS utilizan celdas más pequeñas, por lo que requieren más antenas para cubrir un área geográfica.

De acuerdo con la banda de operación y la cantidad de espectro asignado a cada licencia de operación, los PCS se clasifican en dos grandes grupos:

PCS Banda Estrecha, que operan en la banda de 900 MHz y utilizan 50 KHz por licencia, y;

PCS Banda Ancha, que operan en la banda de 1900 MHz y son asignados 30 MHz por licencia.

Los PCS Banda estrecha pueden ser utilizados para proveer nuevos servicios tales como mensajes de voz y reconocimiento bidireccional, así como también para el desarrollo de sistemas avanzados de paging (búsqueda), identificación de llamada, radiolocalizador, y correo electrónico.

Los servicios PCS Banda Ancha incluyen telefonía digital celular y telefonía básica inalámbrica, es decir, servicios de comunicación en tiempo real.

Pueden ser usados en el desarrollo de servicios telefónicos inalámbricos

más avanzados que permiten ubicar al suscriptor en cualquier sitio. Su utilidad es proveer una variedad de servicios móviles. Adicionalmente, los PCS Banda Ancha tienen la capacidad de interacción con otras redes telefónicas, así como también con asistentes digitales personales, permitiendo a los suscriptores enviar y recibir datos y/o mensajes de video en forma inalámbrica.

A continuación presentamos los 5 componentes principales de una red PCS:

- Terminal portátil (Terminales de mano o instalados en automóviles).
- Estación base (Retransmite las señales).
- Oficina de conmutación inalámbrica (Para la conmutación y el enrutamiento de las llamadas telefónicas inalámbricas).
- Base de datos (Almacena información de clientes y otras celdas).
- Conexión a la oficina central PSTN.

La principal diferencia entre PCS y las redes celulares estará en los servicios que brindan, por ejemplo, los servicios de seguimiento por localizador (paging), que tendrán la única diferencia en los celulares PCS. Cuando se reciba un mensaje alfanumérico, se podrá elegir entre recibir el mensaje o conectarse con la persona que envió el mensaje, mientras que la

persona que llama se mantendrá el línea mientras usted decide entre conectarse o simplemente recibir el mensaje.

2.10.2.3 GSM (GLOBAL SYSTEM FOR MOBILE COMUNICATIONS)

Es el primer estándar digital, desarrollado para establecer la compatibilidad móvil europea.

GSM O "Groupe Special Mobile" comisión que se encargo de desarrollar un conjunto de estándares para una futura red celular de comunicaciones móviles, que cumpliese los siguientes requisitos:

- Alta eficiencia espectral.
- Movilidad internacional (ROMING).
- Bajo costo de las estaciones base y de los terminales.
- Seguridad y confidencialidad en las comunicaciones.
- Compatibilidad con otras redes y sistemas de telecomunicación como la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI).
- Capacidad de soportar nuevos servicios.

El interfase radio en GSM está basado en un esquema de acceso múltiple, que es una mezcla de acceso múltiple por división en frecuencia (FDMA) y acceso múltiple por división en el tiempo(TDMA), que además puede ser combinado con la técnica de salto en frecuencia (frequency hopping). Es

este esquema de acceso múltiple el que define cuantas comunicaciones simultáneas pueden realizar los terminales móviles en las diferentes células, compartiendo el mismo espectro de radiofrecuencia.

Mediante la técnica FDMA a cada usuario se le asigna la frecuencia de un canal determinado en cada llamada. Mediante la técnica TDMA además se le asigna dentro de ese canal un periodo de tiempo donde realizará sus comunicaciones (ráfaga o "burst"). De esta forma con el uso de TDMA varios usuarios pueden compartir un mismo canal, cada uno de ellos tiene asignado su propio tiempo de ráfaga dentro del grupo de ráfagas de un canal, que se llama trama.

Así el espectro radioeléctrico de 50 MHz que utiliza GSM queda dividido en dos subbandas de 25 MHz, una con los canales que soportan las tramas de comunicación en sentido ascendente, y la otra para los canales que soportan las tramas de comunicación en sentido descendente.

Más concretamente, por ejemplo, en el sistema GSM-900 la subbanda 880-905 MHz se utiliza en sentido ascendente (Tx del móvil a la base), y la subbanda 925-950 MHz se utiliza en sentido descendente (Tx de la base al móvil).

Ahora bien, cada una de estas subbandas de 25 MHz, utilizando la técnica FDMA queda por tanto dividida en 125 canales de 200 kHz de ancho de banda. El primero de ellos no se utiliza, y se reserva como guarda de

protección entre GSM y otros servicios que utilicen el segmento de banda inmediatamente inferior. Por tanto GSM sólo utiliza 124 portadoras, separadas entre sí 200 kHz.

Siguiendo la técnica TDMA cada una de estas frecuencias portadoras es dividida en ocho ráfagas de tiempo, que mediante la modulación adecuada (GMSK ó 8-PSK) dan lugar al ancho de banda de canal de 200 kHz. El tiempo de duración de una ráfaga es de 0,577 ms y es la unidad de tiempo de la trama TDMA de GSM. La duración de una trama, que está formada por ocho ráfagas, es por tanto de 4,615 ms. Cada una de las ráfagas que constituyen la trama es asignada, por llamada, a un usuario diferente.

a) ARQUITECTURA DEL SISTEMA GSM

La arquitectura del sistema GSM esta organizada en subsistemas, componentes e interfaces.

Analizaremos a continuación las características técnicas fundamentales del sistema GSM, que se divide en tres niveles principales:

a) Estación móvil (Mobile Station, MS): es el terminal del usuario dotado de la tarjeta SIM (Subscriber Identity Module), tarjeta que identifica al usuario a través del IMSI como miembro de una red de telefonía celular concreta y permite utilizar los servicios correspondientes una vez identificados por dicha red. La tarjeta inteligente SIM que sigue las normas ISO, almacena

los datos del usuario, lo que permite comunicarse independientemente del terminal que emplee.

b) Estación Base (Base Station Subsystem, BSC): sistema encargado de controlar las comunicaciones de radio del terminal. Está en contacto con el sistema de red (NSS) Network Subsystem, a través del cual conecta al usuario del móvil con otros usuarios. Está compuesto de dos unidades:

- Estación de transmisión (Base Transceiver Station, BTS): se encarga de gestionar las comunicaciones por radio de las estaciones móviles.

Proporciona un número de canales de radio a la zona a la que da servicio.

- Controlador de la estación (Base Station Controller, BSC): gestiona los recursos de radio de una o varias estaciones de transmisión, enlazándolas con el centro de conmutación de servicios móviles. La función primaria es el mantenimiento de la llamada, así como la adaptación de la velocidad del enlace de radio al estándar de 64 kbps utilizado por la red.

c) Sistema de Red (Network Subsystem, NSS): su componente principal es el Centro de Servicios Móviles (Mobile Services Switching Center MSC). Se encarga de todas las tareas informáticas: registra y verifica las comunicaciones. Actualiza la localización del usuario, gestiona los problemas de saturación, direcciona las llamadas, interconecta a los

usuarios entre sí y con la red fija. Resumiendo, gestiona las comunicaciones entre los usuarios GSM y los usuarios de otras redes de telecomunicaciones. Dentro de la estructura del NSS hay una serie de subsistemas que se encargan de controlar diversas funciones del móvil:

- Visitor Location Register (VLR): controla el tipo de conexiones que un terminal puede hacer.
- Home Location Register (HLR): contiene la información sobre el cliente del servicio y la localización actual del terminal. Mediante el HLR se verifica si un usuario que se conecta dispone de un contrato de servicio.
- Short Message System Center (SMSC): gestiona los mensajes de texto SMS (Short Message System).
- Authentication Center (AUC): garantiza la autenticación del usuario.

En la figura.2.17 se observa la arquitectura de GSM:

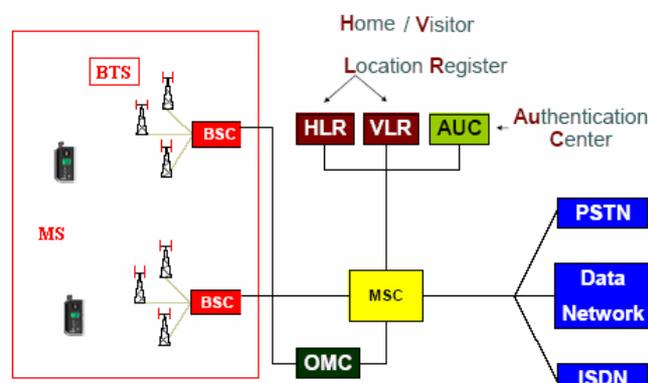


Figura. 2.17. Arquitectura GSM.

Fuente: www.hrc.es/info/memoria2002/bioelectromag.htm

b) CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE GSM

- Mejor calidad de audio.
- Roaming internacional.
- Seguridad en el aspecto de autenticación de usuarios como en el cifrado de los datos.
- Encriptación de la información.

c) DESVENTAJAS DE GSM

GSM no transmite datos de manera eficiente debido a las siguientes razones:

Utiliza conmutación de circuitos. En este sistema de transmisión, cada llamada establece un circuito con el otro extremo y cuando la llamada concluye, dicho circuito se libera. Esta forma de transmisión de datos es extremadamente limitada en términos de capacidad.

No soporta el protocolo IP, por lo tanto es imposible el acceso directo a Internet.

La velocidad máxima de transmisión de datos en GSM es de 9,6 Kbps.

d) VARIACIONES DE GSM

GSM 900 (GSM) Opera en el rango de 900 MHz, es el más común en Europa y el mundo.

GSM 1800 (PCN, DCS 1800) Opera en el rango de 1800 MHz.

Implementado en Francia, Alemania, Suiza, Reino Unido y Rusia.

GSM 1900 (PCS, PCS 1900, DCS 1900) Es la única frecuencia usada en USA y Canadá para GSM.

El término PCS se utiliza comúnmente para referirse a cualquier red celular digital que opere en el rango de 1900 MHz, no solo GSM 1900.

2.10.1.4 CDMA IS-95 (CODE DIVISION MULTIPLE ACCESS)

CDMA es un término genérico que define una interface de aire inalámbrica basada en la tecnología de espectro extendido SS (Spread Spectrum). Para telefonía celular, CDMA es una técnica de acceso múltiple especificada por la TIA (Telecommunications Industry Association) como IS-95. En julio de 1993, la TIA dio su aprobación al estándar CDMA IS-95.

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

servicios de telefonía (carrier), éste no es un número fijo. La capacidad del sistema va a depender de muchos factores. Una llamada CDMA empieza con una transmisión a 9600 bits por segundo. Cada dispositivo que utiliza CDMA está programado con un pseudo código, el cual es usado para extender una señal de baja potencia sobre un espectro de frecuencia amplio. La estación base utiliza el mismo código en forma invertida (todos los ceros son unos y los unos ceros) para des-extender y reconstruir la señal original. Todos los otros códigos permanecen extendidos, indistinguibles del ruido de fondo.

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

a) VENTAJAS FUNDAMENTALES DE CDMA

Las ventajas que ofrece CDMA son:

- Mejora el tráfico telefónico.
- Disminución de las necesidades en despliegue y costos de funcionamiento debido a que se necesitan muy pocas de celda.

- Disminución de la potencia media transmitida.
- Reducción de la interferencia con otros sistemas.
- La capacidad aumenta de 8 a 10 veces respecto al sistema AMPS y de 4 a 5 veces respecto de GSM.
- Sistema simplificado usa la misma frecuencia en cada sector de cada célula.
- Mejora las características de cobertura.
- A fin de compensar las interferencias los terminales podrán variar los niveles de potencia, que podrán estar entre 50-300 mW.
- Sólo se requiere un radio por célula.
- Como todas las células utilizan las mismas frecuencias, no hay necesidad de hacer cambio de frecuencias en el handoff (hard/handoff). Sólo hay que hacer cambio de códigos.
- No se requieren los bits de guarda que hay entre las ranuras en TDMA.
- Al sectorizar, por lo menos en teoría, se obtiene un incremento de la capacidad.
- La transición es más fácil. En CDMA se utiliza un ancho de banda de 1.25 MHz, el cual es equivalente al 10% del ancho de banda asignado a las compañías celulares, por lo que se puede hacer una transición lenta y adecuada.
- No se requiere gestión ni asignación de frecuencias.

- El efecto de adicionar un usuario extra sobre la calidad se distribuye entre todos los usuarios.
- Puede coexistir con sistemas análogos.
- Mejora la calidad de transmisión de voz y eliminación de los efectos audibles de fading (atenuación) multirayecto.
- Reducción del número de lugares necesarios para soportar cualquier nivel de tráfico telefónico.
- Disminución de la potencia media transmitida.
- Disminución de las necesidades en despliegue y costos de funcionamiento debido a que se necesitan muy pocas ubicaciones de celda.
- Reducción de la interferencia con otros sistemas.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS SISTEMAS DE 2G

CARACTERÍSTICAS	D-AMPS	GSM	CDMA
NORMALIZACIÓN	IS-54	ETSI	IS-95
AÑO DE INICIO DEL SISTEMA	1992	1992	1994
BANDA DE FRECUENCIA Mhz	850	800	850/1800
FORWARD: BASE-A-MÓVIL Mhz	935-960	870-890	1710-1785
REVERSE: MÓVIL-A-BASE Mhz	890-915	8254-845	1805-1880
TIPO DE ACCESO	F/TDMA	F/TDMA	F/CDMA
TIPO DE DUPLEXADO	FDD	FDD	FDD
SEPARACIÓN ENTRE CANALES Khz	30	200	1250
NÚMEROS DE PORTADORAS	666	100	60
CANALES POR PORTADORA	3(6)	8 (16)	52-62

NÚMERO DE CANALES	832	124	798
RADIO DE LA CELDA Km	0.5 a 20	0.5 A 35	0.5 a 10
CANAL DE TELEFONÍA	ANALOGICO	DIGITAL	DIGITAL
TIPO DE MODULACIÓN	FM	GMSK	QPSK
VELOCIDAD DEL CANAL Kb/S	7,95	13	1.2 a 9.6
VELOCIDAD POR PORTADORA Kb/S	48,6	270,833	1228
DURACIÓN DE TRAMA (mseg)	2	10	
ROAMING/HANDOFF	Si/Si	Si/Si	NO/NO
TIPO DE MODULACIÓN	$\pi/4$ DQPSK	GMSK	BOQPSK

Tabla.2.4. Características de los principales sistemas de 2G.

Fuente: <http://neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No5/SCusati.htm>

b) VENTAJAS DE CDMA SOBRE GSM

En el cambio hacia la 3G hay dos tendencias tecnológicas CDMA y GSM.

En esta última su próximo paso es ir al estándar GPRS (General Packet Radio Services) que vendría siendo lo que se llama generación 2.5 para finalmente llegar a 3G con W-CDMA que alcanza mayor espectro radioeléctrico. CDMA ofrece muchas ventajas de eficiencia de espectro: es más rápida en velocidad y en transmisión de datos sobre GSM actual, que tiene muchas ventajas en lo referente a la penetración de mercado y economías a escala a nivel mundial. Los operadores basan sus estrategias especialmente en ellos. Como es sabido, la tercera generación permitirá recibir y enviar información multimedios desde cualquier dispositivo móvil o

fijo y permitirá velocidades desde hasta 2Mbps, las cuales estarán disponibles con CDMA2000.

2.10.1.5 CDMA 2000 o IS-136

CDMA2000, también conocido como IS-136 e IMT-CDMA multi-carrier (1X/3X) es una tecnología de transmisión de radio.

CDMA2000 será desarrollado en dos fases. La primera, 1X, o CDMA2000 RTT-1X soporta paquetes de datos por arriba de los 144 Kbps, empleando una portadora de 1,25 MHz, en un ambiente móvil. La segunda liberación de 1X soportará rangos de datos arriba de los 614 kbps. El segundo, 3X, O CDMA2000 RTT-3X soporta rangos de circuitos y paquetes de datos por arriba de los 2 Mbps, con 3 portadoras de 1,25 MHz (3,75 MHz en total).

La arquitectura propuesta soporta multiservicios y multimedia, es decir, que cualquier combinación de servicios de voz, datos por paquetes y datos por circuitos de alta velocidad, puede funcionar simultáneamente, siempre limitada por las capacidades de la interfaz aire.

El sistema CDMA2000 también es conocido como multiportadora (*multicarrier*) debido a que hace uso de una o varias portadoras para la transmisión de la información. En la propuesta RTT 1X se hace uso de un ancho de banda de 1,25 MHz y una tasa de chip de 1,2288 Mchip/s, siendo el funcionamiento similar a IS-95. En RTT 3X, en el enlace descendente

(base-estación móvil) se demultiplexan los datos de usuario para ser transmitidos por tres portadoras de 1,25 MHz cada una, con una tasa de chip por portadora de 1,2288 Mchip/s, y en el sentido ascendente (Estación Móvil- Base) los datos de usuario son ensanchados con una tasa de chip de $3 \times 1,2288 = 3,6864$ Mchip/s, y se transmiten con una única portadora de ancho de banda $3 \times 1,25 = 3,75$ MHz.

Porque CDMA2000 se desarrolla directamente de la generación anterior de los sistemas probados de CDMA, proporciona el más rápido, el más fácil y más rentable camino a los servicios 3G.

a) CDMA2000 Y EL ESPECTRO

CDMA2000 está diseñado para operar en todas las bandas de espectro atribuidas para los servicios de telecomunicaciones inalámbricos, incluyendo las bandas analógicas, celulares, de PCS y las de IMT-2000. Más aún, CDMA2000 posibilita la prestación de servicios 3G haciendo uso de una cantidad muy pequeña de espectro (1.25 MHz por portadora).

Estas bandas incluyen:

- 450 MHz · 1700 MHz
- 700 MHz · 1800 MHz
- 800 MHz · 1900 MHz
- 900 MHz · 2100 MHz

b) VARIACIONES DE CDMA2000

CDMA2000 – Denominación común para IMT-2000 CDMA Multi-Carrier.

CDMA2000 1X – Tecnología 3G que duplica la capacidad de voz y proporciona velocidades de transmisión de datos de hasta 307 kbps en una sola portadora (1.25 MHz, o 1X) tanto en espectro nuevo como existente.

CDMA2000 1xEV – Evolución de CDMA2000 1X que ofrece mayor velocidad de transmisión de datos

Se conocen como sistemas HDR (High Data Rate) a dos sistemas promocionados por Qualcomm y Motorola, y estandarizados, como 1xEV-DO y 1xEV-DV. Ambos sistemas se basan en una portadora 1X y se describen a continuación: *1xEV-DO*

El sistema 1xEV-DO (portadora 1X, EV -Evolution-, DO -Data Only-) es una evolución optimizada para transmisión de paquetes de cdma2000.

Soporta servicios asimétricos no sensibles al retardo (típicamente navegación por Internet). No soporta servicios simétricos sensibles al retardo (servicios conversacionales o de voz). El transporte está basado en tecnología IP. El sistema, además, mantiene la compatibilidad con los estándares IS-95 y cdma2000 RTT 1X

Las velocidades de datos estandarizadas son:

- Enlace descendente: 2.457,6 kbit/s.

- Enlace ascendente: 153,6 kbit/s.

Una característica distintiva del sistema es la ausencia de control de potencia en el enlace descendente.

La estación base transmite siempre la máxima potencia, de modo que en situaciones de buena cobertura el móvil puede recibir las altas velocidades especificadas. Para evitar interferencias, cada usuario recibe su ráfaga de datos correspondiente en un intervalo temporal determinado que el sistema le asigna,

CDMA2000 1xEV-DV – Tecnología de 3G que integra voz y datos en la misma portadora.

El sistema 1xEV-DV (portadora 1X, EV -Evolution-, DV -Data and Voice-) es una evolución de cdma2000 1X propuesto por Motorola.

Es compatible con cdma2000, soportando los servicios de voz y datos, asegurando la itinerancia entre sistemas.

Soportará cualquier combinación de servicios (voz, vídeo y datos) con diferentes QoS (Calidad de Servicio).

El tráfico sólo de datos, para un usuario en entorno de alta movilidad (vehículo a alta velocidad), debe ser al menos:

- 2,4 Mbit/s en el enlace descendente.

- 1,2 Mbit/s en el enlace ascendente.

Cuando el sistema esté cargado (alto tráfico), la velocidad media que se asegura a un usuario con alta movilidad es de 600 kbit/s en ambos sentidos.

En el caso de baja movilidad en interiores y exteriores, la velocidad de pico del enlace ascendente se eleva a 2 Mbit/s.

Ventajas de este sistema:

Reutiliza la infraestructura existente, en especial las antenas.

Requiere cambios mínimos en los terminales, así como en la compatibilidad e interoperabilidad con el resto de los sistemas cdma2000 e IS-95-B.

2.10.3 SISTEMAS DE GENERACION 2,5

Estos sistemas son simplemente un intermediario entre las generaciones 2 y la 3, ya que a pesar que se encuentran más desarrollados que los de la 2G, no reúnen las características suficientes es decir no satisfacen los requerimientos dispuestos por los organismos internacionales para ser consideradas de 3G. Sin embargo hay varios sistemas desarrollados los cuales se consideran muy importantes para la transición entre los sistemas de 2G y 3G. Los más importantes son:

2.10.3.1 GPRS (GENERAL PACKET RADIO SYSTEM)

El GPRS, estándar introducido por ETSI, es un sistema que viene a complementar a GSM, permitiendo un mejor aprovechamiento de los recursos. El concepto principal que rige a GPRS y que lo diferencia de GSM es la orientación a la conmutación de paquetes frente a la conmutación de circuitos.

GPRS, responden a las palabras General Packet Radio System, en español sería Sistema General de Paquetes de Radio. Con este estándar, la información es transmitida en forma de paquetes, con lo que ésta puede elegir los caminos menos saturados o más rápidos para agilizar la transmisión.

CARACTERÍSTICAS DE LA TECNOLOGÍA GPRS

GPRS presenta características que permitirán mejorar el acceso a servicios de datos desde dispositivos móviles, estas son:

1. Compatibilidad con el sistema GSM. Las redes GPRS están basadas en GSM, así los terminales que vayan saliendo al mercado tendrán una capacidad dual GSM/GPRS.
2. Permite la utilización de voz y datos a través del móvil.
3. Velocidad de transferencia de datos máxima teórica 171,2 Kbps.

4. Permite que el terminal esté siempre conectado "always on". GPRS facilita conexiones.

a) LIMITACIONES Y PROBLEMAS DE GPRS

La velocidad máxima de GPRS no podrá ser alcanzada debido a las características propias de la red actual.

Para conseguir la velocidad máxima de 172,2 Kbps una operadora debería destinar todos los recursos a una única llamada GPRS, pero es improbable que un operador de servicios permita que todos los canales de transmisión sean usados por un solo usuario.

El incremento de velocidad va directamente unido al tipo de aplicaciones que puede soportar. El número de servicios de datos accesibles para dispositivos GPRS será mayor que con GSM,

Facturación basada en volumen de datos transferidos.

Soporta el protocolo IP: GPRS define un método de acceso a redes IP.

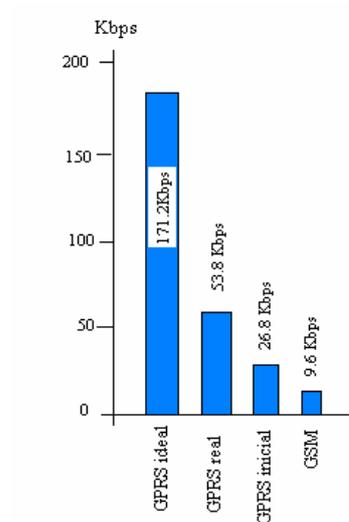


Figura.2.18. Velocidades de transmisión GPRS y GSM.

Fuente: <http://www.gprs.com/relacion>

b) ARQUITECTURA DE LA RED GPRS

GPRS está basada en la arquitectura GSM. Los principales elementos que se introducen son:

- Dos nodos de soporte GPRS: el nodo de conmutación SGSN (Support GPRS System Node) y el de pasarela GGSN (Gateway GPRS System Node) cuyas misiones son complementarias. El SGSN se encarga de la movilidad y del mantenimiento del enlace lógico entre móvil y red. El GGSN es el que proporciona el acceso a las redes de datos basadas en IP.
- Actualización de software a nivel de BTS (Estación de transmisión).
- La red troncal GPRS o backbone basado en IP.

- Cambio de hardware en el controlador de estación (BSC). Este hardware se denomina PCU (Packet Unit Control /Unidad de Control de Paquetes) y es la encargada de manejar la comunicación de paquetes.
- La función principal del Gateway GPRS Support Node (GGSN) es la de actuar como pasarela entre la red troncal GPRS y las redes externas como IP. El GGSN es el elemento principal de la infraestructura de GPRS.

c) SERVICIOS Y APLICACIONES DE GPRS

GPRS brindara aplicaciones tales como:

- Aplicaciones WAP (Wíreles Aplication Protocol): la salida al mercado de la versión 2.0 del protocolo WAP facilitará el desarrollo de sitios WAP más avanzados y de mayor calidad.
- Acceso a correo electrónico corporativo: El usuario podrá acceder a su correo, leerlo y contestarlo.
- Acceso a intranets

d) DIFERENCIAS ENTRE GSM Y GPRS

- GSM utiliza conmutación de circuitos, mientras que GPRS envía información mediante conmutación de paquetes.

- GPRS a diferencia de GSM no necesita realizar una conexión cada vez que el usuario necesite enviar información, este sistema permanece conectado todo el tiempo.
- GSM factura en base al tiempo de conexión, GPRS lo hace basándose en la cantidad de información transmitida.
- Si se sobrecarga el sistema GPRS disminuye la velocidad de transferencia, a diferencia de GSM que resulta en una señal ocupada.
- La tecnología GPRS proporciona más ancho de banda que la red GSM por lo tanto la velocidad de transmisión se amplía notablemente, pasando de los 14,4 Kbps que ofrecía GSM a los 115,2 Kbps de GPRS.

2.10.3.2 HSCSD (HIGH SPEED CIRCUIT SWITCHED DATA)

HSCSD aumenta la capacidad de transmisión de GSM agrupando hasta 8 time-slot de un canal, con velocidades de $N \times 9,6$ kbit/s con valores de N(# de slots) desde 1 hasta 8. Es una tecnología GSM mejorada; se basa en circuitos conmutados de alta velocidad, mientras esta establecida una conexión entre dos terminales por un camino determinado ningún otro usuario puede establecer una comunicación por este camino

Así, HSCSD puede transmitir hasta 57,6 kbit/s en modo circuito conmutado. Aquí el número de time-slot utilizado puede ser variable dependiendo de la

saturación de la celda donde se encuentre el móvil pero el ancho de banda no se utiliza eficientemente, pues se trata de conmutación de circuito.

Permite acceder a varios servicios simultáneamente. Es parecida a la actual RDSI.

2.10.3.3 EDGE (ENHANCED DATA-RATES FOR GSM EVOLUTION)

También llamado GSM384, utiliza un esquema de modulación y codificación alternativa que alcanza hasta 384 kbit/s, o sea 48 kbit/s por time-slot GSM. Tiene aplicación en ambiente urbano con movimientos lentos o casi estacionarios. Se acerca a las velocidades IMT-2000 (particularmente en exteriores)

EDGE utiliza la misma estructura que TDMA (Time División Múltiple Access), el mismo canal lógico y 200kHz para el ancho de banda que utilizan las actuales redes de GSM, lo cual permite que los planes existentes de celdas se mantengan intactos.

EDGE es una tecnología que facilita a GSM la capacidad de suministrar servicios de telefonía móvil de tercera generación basados en IP, a velocidades reales de 384 Kbps, utiliza una técnica de modulación de frecuencias electromagnéticas que junto a evoluciones en el protocolo de radio permite a los operadores usar los espectros de frecuencias de GSM de manera más eficiente. EDGE utiliza un nuevo esquema de modulación para

permitir a la especificación GSM soportar la transmisión de datos, servicios y aplicaciones multimedia a las velocidades antes mencionadas.

La base instalada evoluciona incluyendo pequeños cambios a nivel de software y hardware, pero no se reemplaza ni se construye desde cero.

La necesidad de implantar EDGE es real debido a que GPRS no alcanza por sí sólo las velocidades de transmisión requeridas para ofrecer servicios multimedia con un nivel óptimo de calidad y en general servicios de datos de tercera generación.

2.10.4 SISTEMAS DE TERCERA GENERACIÓN

Dentro de 3G no se puede hablar de varios sistemas ya que el objetivo principal de la tercera generación es unificar en un solo estándar todas las tecnologías existentes, la base principal de este nuevo sistema es WCDMA (Wideband CDMA) ya que sobre esta plataforma se elabora los nuevos estándares.

2.10.4.1 UMTS (UNIVERSAL MOBILE TELEPHONE SYSTEM).

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) ha establecido un grupo para definir, en cierto modo, un estándar mundial. El sistema a estandarizar se denominó Future Public Land Mobile Telecommunication System

(FPLMTS). Recientemente se ha cambiado a International Mobile Telecommunications 2000 (IMT-2000).

UMTS (Universal Mobile Telephone System). IMT-2000 es la norma global, de la UIT, el organismo de normas internacionales dependiente de la Organización de Naciones Unidas. Esta norma contempla tres grupos de velocidades (144 Kbps, 384 Kbps y 2 Mbps) en la cual se definió un rango de 230 MHz de espectro radioeléctrico, sin asociarlo a ninguna tecnología en las bandas de frecuencias 1885-2025 MHz y 2110-2200 MHz

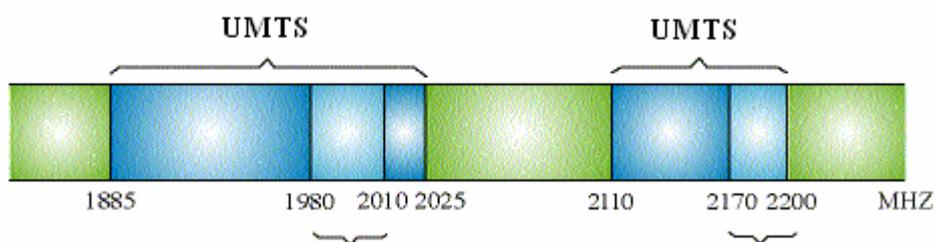


Figura.2.19. Espectro de UMTS.

Fuente: <http://www.tid.es/presencia/publicacionesesp/articulos/home>.

En enero de 1998, el European Telecommunications Standards Institute (ETSI) adoptó la tecnología W-CDMA (Wideband CDMA) en modo FDD (Frequency Division Duplex) con provisión para TDD (Time Division Duplex) como la tecnología apropiada para UMTS Terrestrial Radio Access (UTRA), cada una diferente, pero basada en tecnologías similares.

La combinación de los dos modos (FDD y TDD) ofrece la oportunidad de obtener la mayor eficiencia del mismo sistema bajo cualquier condición (urbana, suburbana, interiores y exteriores).

UMTS, en la componente terrestre, tiene una estructura jerárquica, esto es, está compuesta por tres tipos de celdas: Macro Celda, Micro Celda y Pico Celda con un mínimo de 5 MHz de ancho de banda por Celda.

La Macro celda tiene radios desde 1 km hasta 35 km y se destinan para ofrecer cobertura rural y carreteras para vehículos u otros objetos que se mueven a alta velocidad (transmisión de datos de 114 kbit/s).

La Micro Celda tiene radios desde 50 m hasta 1 km, ofrecen servicio a usuarios fijos o que se muevan lentamente con elevada densidad de tráfico (urbana) con velocidades de 384 kbit/s.

Las Pico Celdas tienen radios hasta a 50 m, ofrecen coberturas localizadas en interiores, con velocidades del orden de los 2 Mbit/s.

Compatible con la RDSI (Red digital de Servicios Integrados) de banda ancha, se puede definir como el sistema de tercera generación que soporta niveles de capacidad de hasta 2 Mbps en una amplia variedad de entornos de radio. Al igual que IMT-2000, UMTS se orienta a proporcionar servicios multimedia basados en una combinación de servicios fijos y móviles para obtener un servicio extremo a extremo sin discontinuidades.

2.10.4.2 WCDMA

Wide Band División Múltiple Access (WCDMA), es una tecnología para comunicaciones de radio digital con un ancho de banda para Internet, Multimedia, video y otras aplicaciones de alta capacidad. Voz, imágenes, datos y video son convertidos primero a una señal de radio digital para un ancho de banda.

W-CDMA es una tecnología CDMA extendida en términos de ancho de banda en un entorno de frecuencias de entre 5 y 20 MHz. Actualmente, W-CDMA se está desarrollando para 5 MHz, más adelante aparecerán los desarrollos en las banda de 10, 15 y 20 MHz.

La capacidad y calidad de transmisión de información aumenta al tener un mayor ancho de banda. WCDMA proporciona capacidad según demanda, incrementándose de forma notable la eficiencia del espectro. La mejora de la propagación multitrayecto contribuye a una mejor calidad de conexión y, por tanto, a mayor capacidad, mayor cobertura y menor potencia de transmisión del terminal.

El interfaz aire en la 3G, debe ser capaz de combinar el interfaz existente para GSM con el interfaz de WCDMA. Todos los desarrollos tecnológicos deben beneficiarse de las ventajas de los dos sistemas.

El método de acceso al medio es Direct Sequence CDMA (DS-CDMA), en el cual la información se ensancha en aproximadamente 5MHz. Este ensanchamiento es el motivo por el cual se lo llama de banda ancha o Wideband.

Los métodos de duplexado, son por división en frecuencia FDD (frecuencias separadas en el uplink y en el downlink) y por división el tiempo TDD (Mismas frecuencias para uplink y downlink, pero usadas en instantes de tiempo distintos).

WCDMA soporta conectividad IP (Internet Protocol) y velocidades de hasta 2 Mbps, permitiendo accesos más rápidos en Internet; navegar en la red con WCDMA será más rápido que en la actualidad con estaciones de trabajo fijas.

El acceso a Internet requiere redes conmutadas de paquetes; mientras que el tráfico de voz o videoconferencia tradicionalmente requieren redes conmutadas de circuitos. WCDMA soporta ambas tecnologías. Este soporte permitirá al usuario acceder a una página WEB, mantener una videoconferencia y bajar grandes archivos desde una red corporativa de manera simultánea.

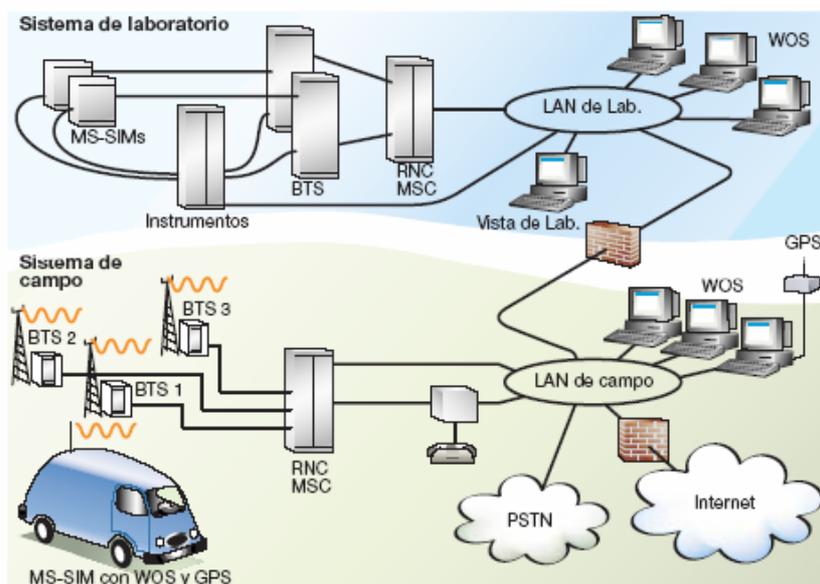


Figura.2.20. Arquitectura Básica WCDMA

Fuente: www.ericsson.com/about/publications/review/2000_04/files/es2000041.pdf

a) CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS

Los beneficios técnicos de W-CDMA son los siguientes:

Eficiencia en el uso del espectro. WCDMA permite un eficiente uso del espectro de radio disponible.

Flexibilidad en el servicio. WCDMA permite en cada canal de 5MHz, manejar servicios mixtos con velocidades desde 8 Kbps hasta 2 Mbps. Los servicios de conmutación de circuitos y de paquetes pueden ser combinados en el mismo canal

Capacidad y cobertura. Los transductores de radio frecuencia WCDMA pueden manejar ocho veces más usuarios que transductores de banda

angosta La capacidad de WCDMA es aproximadamente el doble que el CDMA de banda angosta en ambientes urbanos y suburbanos.

Múltiples servicios por conexión. WCDMA cumple con los requerimientos de IMT-2000, dado que la conmutación de circuitos y paquetes pueden ser combinados con diferentes anchos de banda, Cada terminal WCDMA puede acceder a diferentes servicios de forma simultánea. Esto pudiera ser voz en combinación con servicios como Internet, e-mail, etc.

Dualidad. El acceso inalámbrico WCDMA puede coexistir con la actual red digital celular (GSM en Europa), dado que utiliza la misma estructura de núcleo de red, de la misma forma que las estaciones base son reutilizadas.

Capacidad superior de voz. Aunque el principal propósito de los accesos inalámbricos de tercera generación es el manejo de tráfico multimedia. Una operadora con una asignación de espectro de 2x15 MHz estará habilitada para cursar 192 conexiones de voz por sector de celda. (En los sistemas GSM actuales se permiten alrededor de 100 conexiones de voz).

Acceso transparente. Terminales de modo dual, permitirán acceso transparente y roaming entre sistemas GSM y redes UMTS

Migración desde GSM. WCDMA usa una estructura de protocolo de red similar a GSM, por lo tanto, permite la utilización de la actual red GSM como la estructura de núcleo de red.

Roaming global Transparente. La selección de WCDMA como estándar Europeo ofrece una única oportunidad para crear un estándar global

armonizado para servicios de tercera generación. Lo cual se traduce en asegurar un roaming global entre las operadoras

b) APLICACIONES Y FUTUROS SERVICIOS

A continuación se dan ejemplos de los servicios esperados:

- Entretenimiento (audio con calidad de CD, vídeo, gráficos y fotos, juegos)
- Mensajería
- Internet
- Intranet
- Correo Electrónico interactivo
- Videoconferencias
- Fax
- Comercio Electrónico.

CAPITULO 3

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE TECNOLOGÍA DE TERCERA GENERACIÓN EN TELEFONÍA CELULAR.

3.1 INTRODUCCION

Para entender la tecnología 3G se debe revisar ciertos conceptos básicos ya que la interfaz aérea de la nueva generación (WCDMA) esta completamente basada en una tecnología anterior como lo es CDMA, se debe realizar un breve resumen de todos los aspectos concernientes a este sistema para poder comprender la forma de interacción de la nueva tecnología.

Se tomaran en cuenta solo elementos esenciales de CDMA, como por ejemplo: espectro esparcido, secuencia directa, códigos PN (Pseudos ruido), bases que tienen que ver con la nueva interfaz aire.

En este capítulo además se tratara todo lo correspondiente al nuevo sistema UMTS pero más concretamente al funcionamiento de WCDMA, que es la base fundamental sobre la cual se cimenta toda la estructura 3G.

3.2 PRINCIPIOS DE ESPECTRO ESPARCIDO (SS)

Un sistema spread spectrum es aquel en el cual la señal transmitida es propagada en una banda de frecuencia amplia, mucho más que el mínimo ancho de banda requerido para transmitir la información. Las comunicaciones spread spectrum no puede decirse que sean una manera eficiente de utilizar el ancho de banda. Sin embargo, son de utilidad cuando se combinan con los sistemas existentes que ocupan la frecuencia. La señal spread spectrum que es propagada en un ancho de banda grande puede coexistir con señales de banda estrecha añadiendo únicamente un ligero incremento en el ruido de fondo que los receptores de banda estrecha pueden ver. El receptor spread spectrum no ve las señales de banda estrecha pues está escuchando en un ancho de banda mucho más amplio con una secuencia de código ordenada. Spread spectrum tiene diferentes propiedades únicas que no pueden ser encontradas en cualquier otra técnica de modulación. Hay que tener en cuenta que esto es así a causa de la naturaleza propia del sistema y no porque sean atributos directos.

Ventajas:

- Resiste interferencias intencionadas y no intencionadas.
- Tiene la habilidad de eliminar o aliviar el efecto de interferencias de múltiples formas.

- Puede compartir la misma banda de frecuencia (overlay) con otros usuarios.
- Privacidad debido a la secuencia de código pseudoaleatoria (multiplexión por división de código).

Inconvenientes:

- Ancho de banda ineficiente.
- La implementación es, de alguna forma, más compleja.

El proceso para obtener una señal de espectro ensanchado consiste en multiplicar la señal de información del k -ésimo usuario $b_k(t)$, con periodo T_b , por la secuencia código del usuario $C_k(t)$, de duración temporal $T_b = NT_c$, y transmitir el producto. Donde N es la longitud del código y T_c denota la duración de un chip. La señal recibida en el tiempo t puede ser entonces expresada como

$$r(t) = \sum_{k=1}^K b_k(t) a_k c_k(t - iT) + n(t) \quad \text{Ecuacion 3.1}$$

Donde a_k la amplitud del canal de comunicación para el k -ésimo usuario, $n(t)$ es el ruido ambiental. El proceso de detección consiste en multiplicar de nuevo por $C_k(t)$, y mediante una medida de correlación recuperar la señal original. Durante este proceso, las señales de los demás usuarios se transmiten simultáneamente y sobre la misma banda de frecuencias. Al proceso de multiplicación durante la transmisión se le denomina expansión (spreading) y esto se debe fundamentalmente a que esta operación origina

que una señal de banda estrecha se expanda a un rango de frecuencias mucho mayor. De la misma manera, a el proceso de multiplicación en el receptor se le llama compresión (despread) ya que con la transpuesta de $C_k(t)$ se recupera la señal original. Así, la interferencia multiusuario no inhabilita las comunicaciones, si no que únicamente supone un aumento en el nivel de ruido observado.

Una de las mejoras en estos sistemas es la cantidad de interferencia que se rechaza. La medida de esta cantidad es la Ganancia de Procesamiento (G_p), la cual esta dada por la relación entre el ancho de banda de radio frecuencia (RF) transmitido (B_t) y el ancho de banda de la información (B_i).

$$G_p = \frac{B_t}{B_i} \quad \text{Ecuacion3.2}$$

La ganancia del procesamiento para sistemas Spread Spectrum es de 20 a 60 dB.

Existen varias técnicas de codificación de espectro expandido, a continuación se describen las más utilizadas:

- Secuencia directa **DS-SS**
- Frecuencia *Hopping* **FH-SS**: saltos de frecuencia.

3.2.1 SECUENCIA DIRECTA

Es una técnica de modulación que mezcla la información de datos digitales con una secuencia pseudo aleatoria digital de alta velocidad la cual expande el espectro. Esta señal es mezclada en un modulador con una frecuencia portadora consiguiendo una señal modulada, la cual es de baja potencia semejante al ruido.

Una portadora de banda estrecha se modula con una secuencia de código. La fase del portador de la señal transmitida se cambia de forma brusca de acuerdo a esta secuencia de código la cual se genera por un generador pseudoaleatorio de longitud fija.

El espectro disperso emplea Bi-Phase Shift Keying(BPSK o 2 PSK) como modulación, la señal de espectro disperso es:

$$X(t)=Am(t)g(t)\cos wct \quad \text{Ecuacion 3.3}$$

Donde $m(t)$ es una función de conmutación, $g(t)$ es la señal de modulación expansor, $\cos wct$ es la señal modulante.

El modulador más sencillo de Secuencia directa es el BPSK en el que se usan moduladores BPSK para realizar tanto la modulación como el ensanchado del espectro

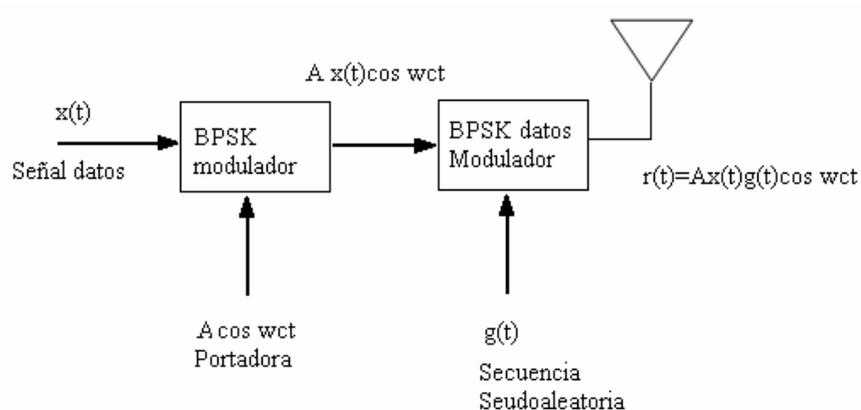


Figura.3.1 Esquema del modulador DS BPSK¹.

La desmodulación de esta señal de espectro disperso requiere la multiplicación por $g(t)$ y por $\cos wct$, un filtro de integración y descarga.

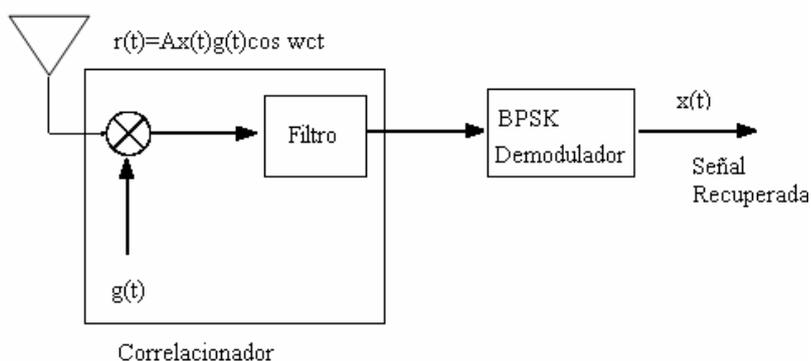


Figura.3.2 Esquema del receptor DS BPSK¹

La sincronización y la multiplicación apropiadas de la señal expansora, así como el conocimiento de esta señal en recepción, son una función crítica de los sistemas de espectro disperso.

¹ Fundamentos de Spread Spectrum
http://einstein.univalle.edu.co/ctelecom/global_Telecommunications/710122M.html

3.2.2 FREQUENCY HOPPING (FH)

En salto de frecuencia (FH) la frecuencia de la portadora del transmisor sobre el que se transporta la señal de información cambia o salta de acuerdo a una secuencia de código seudo aleatorio. El orden de frecuencias seleccionadas por el transmisor es dictado por la secuencia de código seudo aleatorio.

En el espectro disperso FH la densidad espectral de la portadora modulada por los datos se amplía cambiando la frecuencia de la portadora a una velocidad llamada tasa de salto.

La frecuencia de la portadora, en la señal FH es una constante para un intervalo T_h y luego cambia a otra frecuencia preseleccionada para el siguiente intervalo de tiempo. La velocidad a la que se realiza los cambios se llama tasa de salto de frecuencia (f_h).

El sintetizador de frecuencia controlado por una secuencia de seudo ruido a lo largo del rango de frecuencias disponible, produce una onda senoidal de amplitud constante cuya frecuencia esta determinada por el código digital suministrado al sintetizador.

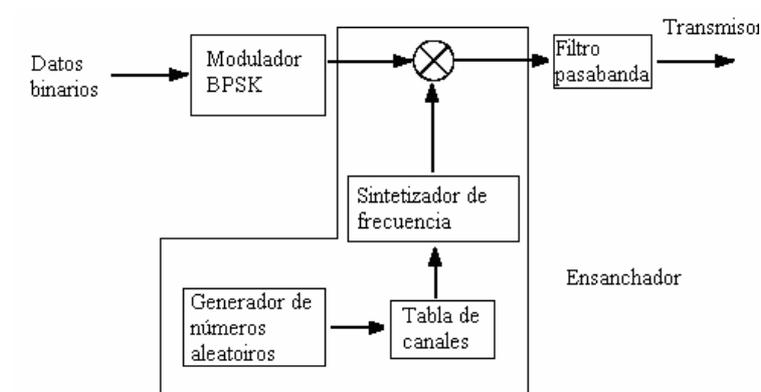


Figura.3.3 Transmisor con salto de frecuencia¹.

En el receptor Figura.3.4 el salto de frecuencia se elimina mezclando la señal FH con la señal de un oscilador local que también salta en forma sincronizada con la señal transmitida. Aquí La señal de entrada se mezcla con la portadora de salto de frecuencia para producir una señal modulada por datos, luego esta señal se modula con modulación no coherente o diferencialmente coherente.

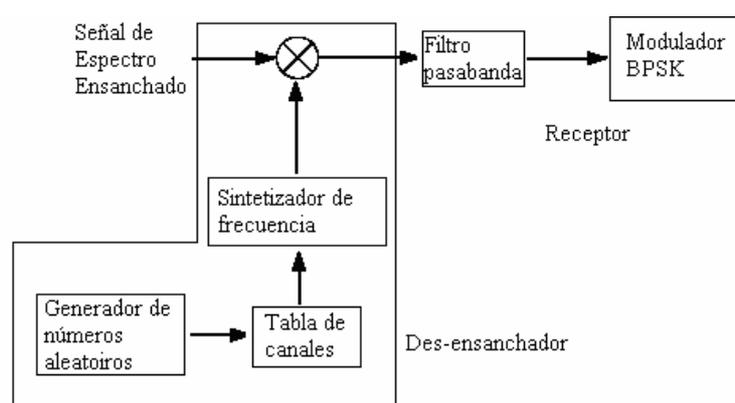


Figura.3.4 Receptor con salto de frecuencia¹.

¹ Fundamentos de Spread Spectrum
http://einstein.univalle.edu.co/ctelecom/global_Telecommunications/710122M.html

3.3 FUNDAMENTOS DE LA TÉCNICA DE ACCESO DS-CDMA

Una técnica de acceso radio es una manera de conseguir que varias transmisiones compartan el espacio radioeléctrico, de forma que cada una de ellas pueda lograr la comunicación entre cada uno de los extremos, sin impedir que las demás hagan lo propio.

La más moderna en lo que respecta a su aplicación a las telecomunicaciones móviles terrestres comerciales se refiere, es la DS-CDMA. Esta técnica no se basa en el uso de frecuencias o de tiempos de transmisión diferentes, sino de secuencias.

3.3.1 SECUENCIA DIRECTA DS-CDMA

Secuencia directa es la técnica más usada para la codificación de las señales.

En esta técnica, la señal que contiene la información, se codifica multiplicando ésta por un código pseudo-aleatorio parecido al ruido o código PN (*Pseudo-random Noise-like Code*). Este código se compone de un número N de símbolos $+1, -1$, a los que llamaremos *chip* para distinguirlos de los símbolos pertenecientes a la señal de datos a transmitir.

La Figura.3.5 muestra este proceso para una señal en la que el código se compone de 4 chips. En ella, cada uno de los símbolos de la señal de datos es multiplicado por todo el código completo, es decir, los 4 chips. Ello revela que el régimen de chips (*chip rate*) ha de ser 4 veces mayor que el régimen binario (*bit rate*) en este caso, y N veces mayor en un caso general. Así, la señal resultante también tendrá un régimen binario N veces mayor e igual al *chip rate*.

El ancho de banda ocupado será también N veces mayor y, puesto que la potencia transmitida no puede aumentar, su Densidad Espectral de Potencia quedará repartida, de forma que la potencia de la señal resultante contenida en un pequeño margen del espectro será muy baja. A este tipo de señales se les conoce como señales de espectro ensanchado (*spread spectrum signals*).

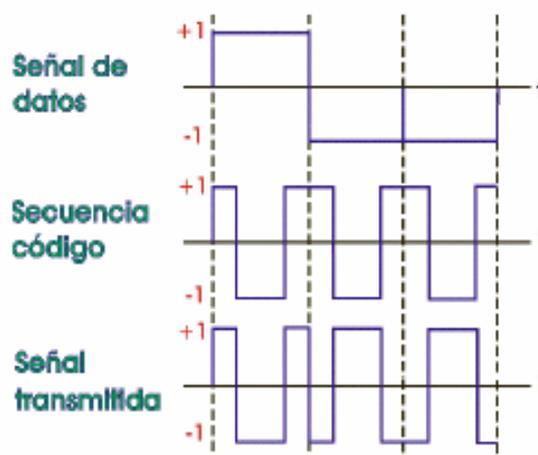


Figura.3.5. Señales de un sistema CDMA en el dominio del tiempo.

Fuente: http://www.upv.es/satelite/trabajos/Grupo3_99.00/index.html#M3

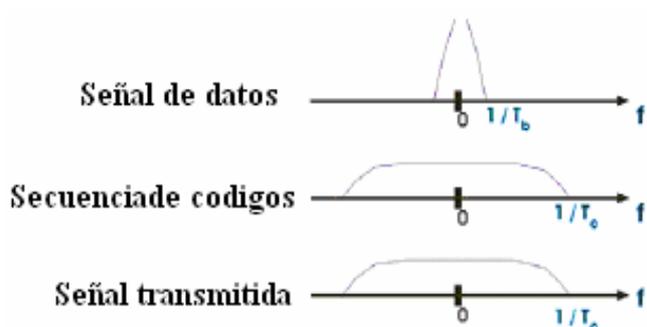


Fig. 3.6. Señales de un sistema CDMA en el dominio de la frecuencia.

Fuente: http://www.upv.es/satelite/trabajos/Grupo3_99.00/index.html#M3

La modulación utilizada en los sistemas DS-SS es la Phase Shift Keying (PSK). Dada una señal de información digital $x(t)$ con un periodo de bit igual a T_b , al multiplicarla por una secuencia de código $c(t)$ y modularla en PSK binaria, la señal que se obtiene es de la forma:

$$s(t) = \sqrt{2P}x(t)c(t) \cos(2\pi f_o t) \quad \text{Ecuación 3.4}$$

Donde P es la potencia transmitida y f_o es la frecuencia de portadora. Los diagramas de bloques de la señal a transmitir se muestran en la siguiente Figura.3.7.

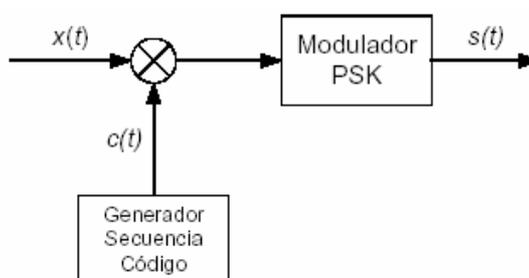


Figura.3.7. Proceso de transmisión de la señal.

Fuente: <http://www.eveliux.com>

En una transmisión CDMA se puede generar una señal usando modulación BPSK y un pulso rectangular. Tal como se observa en la Figura.3.8

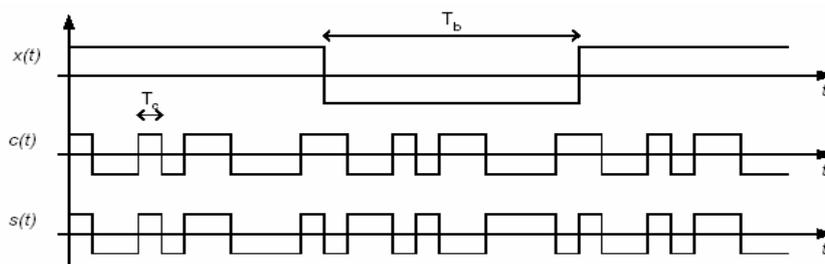


Figura.3.8. Señal generada en una transmisión CDMA.

Fuente: <http://www.tapr.org/tarp/html/Fss.qexss.html>

El ensanchamiento espectral (Figura.3.9) que se produce entre la señal de información $x(t)$ y la señal que se transmite por el canal $s(t)$.

La relación entre un ancho de banda y otro se llama factor de ensanchamiento espectral (figura.3.9) que corresponde a la ganancia de proceso G_p .

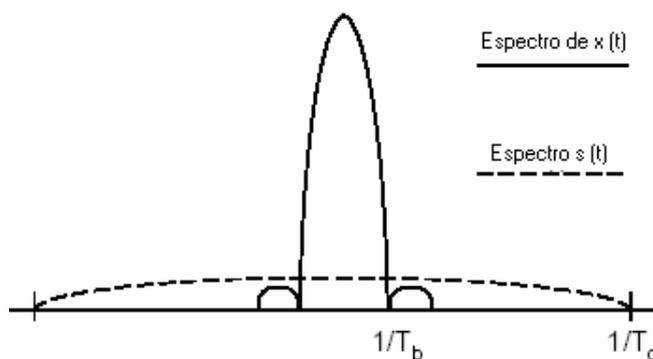


Figura.3.9. Ensanchamiento espectral.

Fuente: <http://www.tapr.org/tarp/html/Fss.qexss.html>

Para recuperar la señal original, el receptor debe multiplicar la señal recibida de nuevo por la misma secuencia código utilizada en la transmisión y sumar la señal resultante, tal como se observa en la Figura.3.10.

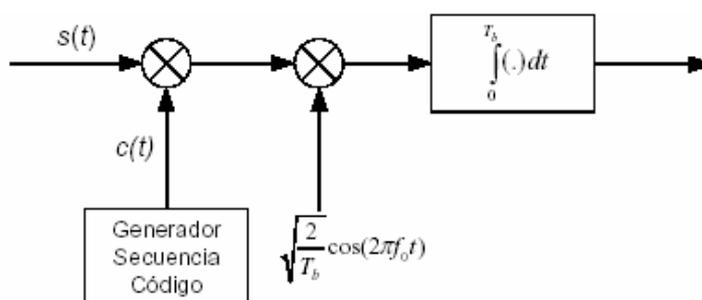


Figura.3.10. Recuperación de la señal.

Fuente: <http://www.tapr.org/tarp/html/Fss.qexss.html>

3.3.2 CDMA (CODE DIVISION MULTIPLE ACCESS)

Esta técnica usa la misma portadora de frecuencia durante todo el tiempo y para todos los usuarios. El principio básico sobre el que se basa un sistema CDMA, (Figura.3.11) es la modulación de una señal digital binaria de información del usuario por una secuencia código distinta para cada usuario y de velocidad mucho más rápida que la señal de datos. Esta característica origina, en términos de frecuencia, el ensanchamiento espectral de la señal de información, de modo que la señal finalmente transmitida ocupa un ancho de banda mayor que el estrictamente necesario.

Una llamada CDMA empieza con una transmisión a 9600 bits por segundo. Entonces la señal es ensanchada para ser transmitida a 1.23 Megabits por segundo aproximadamente. El ensanchamiento implica que un código digital concreto se aplica a la señal generada por un usuario en una célula. Posteriormente la señal ensanchada es transmitida junto con el resto de señales generadas por otros usuarios, usando el mismo ancho de banda.

Cuando las señales de los distintos usuarios estas se separan haciendo uso de los códigos distintivos y se devuelven las distintas llamadas a una velocidad de 9600bps.

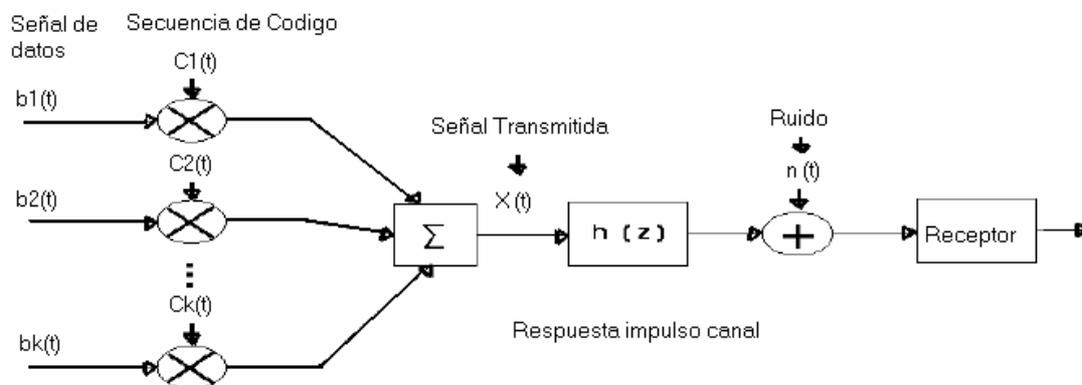


Figura.3.11. Modelo general de un sistema CDMA.

Fuente: <http://www.tapr.org/tarp/html/Fss.qexss.html>

Ventajas e inconvenientes:

- **Baja Probabilidad de Intercepción:** Al multiplicar la señal por un código, solamente conocido por el emisor y el receptor, evitamos que la señal

pueda ser escuchada por un tercero. Además, la baja densidad espectral de potencia hace muy difícil su detección.

- Rechazo a las interferencias: Al tratarse de señales de banda ancha y baja densidad espectral de potencia, parecida a la del ruido, hacen también imposible interferencia intencionada de la señal.
- Capacidad de Acceso Múltiple: Cuando una señal de espectro ensanchado es recibida, esta es multiplicada de nuevo por el mismo código PN y de esa forma es recuperada. Para una señal recibida por ese receptor y que no haya sido codificada mediante ese código PN, ese proceso generaría de nuevo una señal con el mismo régimen binario e igual al *chip rate*, con lo cual la señal se vería como ruido frente a la señal recuperada.
- Una ventaja adicional, es que las estaciones base contiguas también usarán la misma frecuencia, lo que se convierte en una reutilización de frecuencias ideal (igual a 1). Un terminal de usuario podrá escuchar a 2 o 3 estaciones base a la vez.

La posibilidad de escuchar varias estaciones base, todas a la vez, hace también posible el *Soft Handover*, que no es otra cosa que una transición suave entre celdas y que mejora la calidad servicios, sobre todo los de voz, evitando cortes inoportunos en las comunicaciones

Algunas características de la aplicación de técnicas CDMA en comunicaciones móviles son las siguientes:

- Control de potencia: es necesario realizarlo debido al efecto cerca-lejos (near, far) por el cual, si todos los usuarios utilizarán la misma potencia, las señales de los emisores más cercanos llegarían a la estación base con más potencia que las de los lejanos, quedando estas últimas enmascaradas.
- Ahora, el número máximo de usuarios que se puede soportar simultáneamente está limitado por el nivel de interferencia (ruido) global que se puede tolerar.

A continuación (figura.3.12) se puede ver un ejemplo de una comunicación CDMA con un usuario.

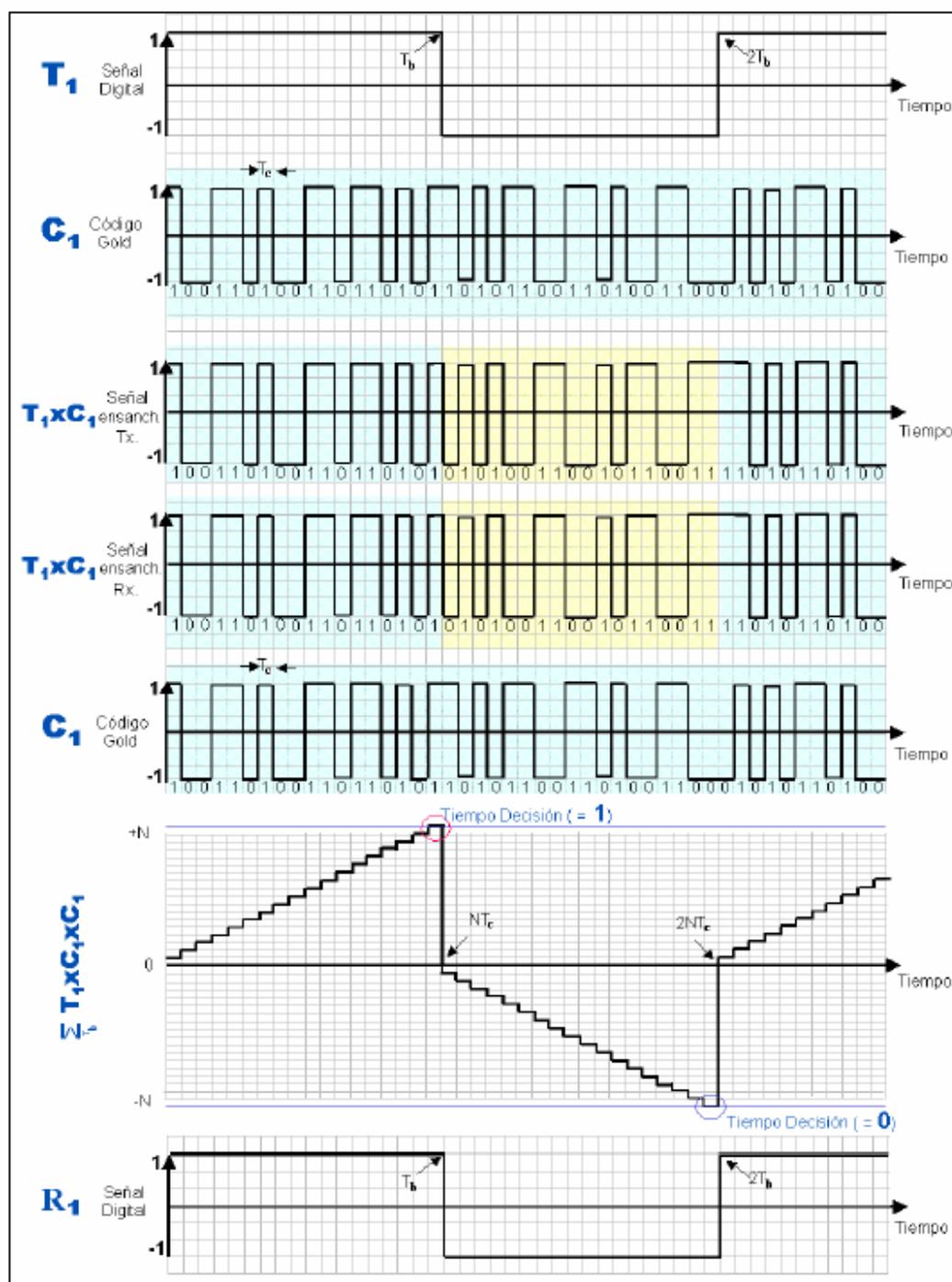


Figura.3.12. Ejemplo de una comunicación CDMA con una señal Tx, un código gold (C_1) y una señal desensanchada.

Fuente: <http://www.comlab.hut.fi/opetus/4-wcdma.pdf>

3.4 DISTINCIÓN ENTRE CANALES DE CODIGO HACIA DELANTE

Una estación móvil, sintonizada a una frecuencia CDMA específica recibe un canal CDMA hacia delante desde un sector en una Estación Base. Este canal hacia delante envía una señal compuesta que consta de 64 códigos, algunos de estos canales de código son canales de tráfico mientras que otros son canales de cabecera necesaria para que el sistema opere correctamente.

Es necesario un conjunto de 64 códigos matemáticos para diferenciar los 64 posibles canales de código hacia delante, los códigos de este conjunto se denominan "Códigos Walsh".

3.4.1 FUNCIÓN DE LOS CANALES HACIA DELANTE CDMA

Código Walsh 0, Piloto; no contiene un flujo de caracteres. Es una fuente de temporización usada en la adquisición del sistema y como dispositivo de medición durante el handoff.

Código Walsh 32, De sincronización; Transporta un flujo de datos de información e identificación de parámetros del sistema usados por los teléfonos móviles.

Códigos Walsh de 1 a 7, Paging; Puede haber de 1 a 7 canales de radio búsqueda, (Paging) según las necesidades de capacidad. Transportan

información acerca de mensajes de búsqueda, solicitudes de establecimiento de llamadas y parámetros del sistema.

Los códigos restantes son de tráfico se asignan a usuarios individuales para transportar tráfico de llamadas.

3.4.2 PROCESO DE CODIFICACION EN LOS CANALES HACIA DELANTE

A cada usuario se le asigna uno de los 64 códigos Walsh y su tráfico se mezcla con el código Walsh para establecer un canal de código dedicado. Todas las señales de códigos de usuarios se suman entonces analógicamente con las señales piloto, sincronización y radio búsqueda para producir una forma de onda compuesta.

La forma de onda compuesta es la que se combina con las secuencias de código PN cortas I y Q usando un desplazamiento específico para identificar en forma única este sector de celdas.

3.5 DISTINCION ENTRE ESTACIONES BASE

Cada sector en cada Estación base transmite un canal de tráfico hacia delante CDMA que contiene hasta 64 canales de código específico. La estación móvil debe ser capaz de distinguir entre los diferentes sectores de las distintas Estaciones bases.

Se definen dos secuencias de dígitos binarios denominados Secuencias de PN cortas I y Q para identificar los sectores de las diferentes estaciones base. Estas secuencias se pueden utilizar de 512 diferentes maneras, cada una de estas constituye un código matemático el cual se utiliza para identificar los sectores de la estación base.

3.5.1 SECUENCIA PN CORTA

Las dos secuencias PN I y Q tienen una longitud de 32768 componentes (chips), cada secuencia de PN corta se correlaciona con si misma perfectamente si se compara en un desplazamiento de tiempo de 0 componentes; además cada secuencia PN corta es ortogonal a una copia de si misma que ha sido desplazada cualquier numero de componentes distinto de 0.

3.5.2 DISTINCION ENTRE CANALES DE CODIGO INVERSO

El sistema CDMA debe ser capaz de identificar cada Estación móvil que pueda intentar comunicarse con una Estación base. Para este caso se define una secuencia de dígitos binarios denominados Secuencia de PN larga para identificar en forma única cada canal de código inverso, estas secuencias son muy largas y se pueden utilizar de millones de maneras.

3.5.3 SECUENCIA PN LARGA

Cada estación móvil usa una secuencia de código largo de usuario única que se genera al aplicar una máscara, basada en ESN (*Electronic Serial Number*), de 32 bits, al generador de códigos largos de 42 bits que se sincroniza con el sistema CDMA durante la inicialización de la estación móvil.

3.5.4 FUNCIONES DE LOS CANALES INVERSOS

Hay dos tipos de canales inversos CDMA:

Los usuarios individuales utilizan **canales de tráfico** durante sus llamadas reales para transmitir tráfico a la BTS, existe la misma cantidad de canales de tráfico inversos que de teléfonos CDMA en el mundo.

Las estaciones móviles que aun no están en una llamada utilizan canales de acceso para transmitir solicitudes de registro, de establecimiento, de llamadas, respuestas de radio búsqueda y otra información de señalización.

3.5.5 CODIGOS WALSH

En 1923, J.L Walsh definió un sistema de funciones ortogonales. La característica más importante de los códigos de Walsh es la perfecta

ortogonalidad entre los códigos, y es por ello, que se utilizan en aplicaciones de comunicaciones. Las secuencias de Walsh son utilizadas en UMTS como códigos de canalización en el *Uplink* y en el *Downlink*.

Las secuencias de Walsh se pueden generar con la ayuda de las denominadas matrices de *Hadamard*, las cuales son matrices cuadradas. Cada fila o columna de una matriz de *Hadamard* es una secuencia de Walsh. Las matrices de *Hadamard* se pueden calcular utilizando la siguiente regla recursiva:

$$H_1 = [1]$$

$$H_{2i} = \begin{bmatrix} H_i & H_i \\ H_i & -H_i \end{bmatrix}$$

O lo que es lo mismo,

$$H_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$$

$$H_4 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$H_8 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 \end{bmatrix}$$

Se puede ver con facilidad que todas las columnas y las filas son mutuamente ortogonales. Las siguientes propiedades se pueden derivar si se define la secuencia de Walsh W_i como la i -ésima fila o columna de una matriz de *Hadamard*:

- Las secuencias de Walsh son secuencias binarias con valores de +1 y -1.
- La longitud de las secuencias de Walsh son siempre potencia de 2.
- Siempre hay L secuencias diferentes de longitud L.
- Si dos secuencias de Walsh tienen desplazamiento en el tiempo, la función de correlación cruzada puede tomar valores mayores que el pico de la función de autocorrelación, el cual es igual a la longitud L de la secuencia. Aunque también es posible que la función de correlación cruzada tome un valor de cero incluso cuando existe cualquier desplazamiento en el tiempo.
- Todas las secuencias de Walsh comienzan por +1.

Los códigos que sean ortogonales tendrán cero correlaciones; (La correlación es una medida de la similitud entre dos cadenas binarias) ya que para determinar la ortogonalidad de 2 cadenas aplicamos el operador XOR, con lo cual se obtiene 50% de coincidencias y 50% sin coincidencias.

1	1	=0
1	0	=1
0	1	=1
0	0	=0

3.6 FACTORES PARA UN NUEVO SISTEMA DE COMUNICACIÓN CELULAR

Hay varios elementos que han suscitado la necesidad de plantear la creación de una nueva generación de sistemas de comunicaciones móviles. De entre ellos cabe destacar:

El intenso crecimiento de la penetración en el mercado de los sistemas de segunda generación. En muy pocos años, el teléfono móvil ha pasado a ser una parte sustancial de la dinámica social en los países industrializados. En algunos de ellos, el número de líneas activas ha llegado incluso a superar el número de líneas de telefonía fija. Este fenómeno de crecimiento hace que se prevea a medio plazo una saturación de la capacidad de los sistemas de segunda generación

La mayor necesidad en el uso de Internet. Acceder a la red mundial se ha vuelto uno de los sectores con mayor demanda, debido a esto han aparecido una gran variedad de nuevos servicios y negocios. Combinar los beneficios de las comunicaciones móviles y el acceso a Internet se han hecho imprescindibles.

Capacidad multimedia de los equipos. El aumento de estas capacidades ha incrementado el uso de aplicaciones cuya información debe transmitirse por la red en grandes volúmenes. Para lo cual se debe ampliar el ancho de banda, siendo este un factor crucial para ofrecer servicio con buena calidad, permitiendo un universo de posibilidades para aplicaciones multimedia de todo tipo.

Brindar movilidad. Debido a la evolución de la economía, la movilidad tanto de las personas como en los negocios. Ha exigido que los usuarios tengan que viajar más y realizar negocios en cualquier parte del planeta, por lo que disponer de una herramienta de uso global, que permita comunicarnos con la red de datos en cualquier punto sin importar el país, el sistema informático o entorno en el que se encuentre.

Cumplir con los requisitos que la nueva sociedad de la información demanda la necesidad de plantear un nuevo entorno global para las comunicaciones móviles, es aquí en donde el nuevo sistema de telecomunicaciones UMTS permite satisfacer los requerimientos de todos los usuarios.

3.7 DESCRIPCIÓN DE UMTS

UMTS, sigla que en inglés hace referencia a los Servicios Universales de Telecomunicaciones Móviles, es miembro de la familia global IMT-2000 del

sistema de comunicaciones móviles de “tercera generación” de UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones). UMTS tendrá un papel protagónico en la creación del futuro mercado masivo para las comunicaciones multimedia inalámbricas de alta calidad que alcanzarán a 2000 millones de usuarios en todo el mundo en el año 2010. UMTS es la plataforma de prestaciones móviles preferida para los servicios y aplicaciones futuras. UMTS busca extender las actuales tecnologías móviles, inalámbricas y satelitales proporcionando mayor capacidad, posibilidades de transmisión de datos y una gama de servicios mucho más extensa, usando un innovador programa de acceso radioeléctrico y una red principal mejorada.

UMTS ha sido concebido como un sistema global, que incluye tanto componentes terrestres como satelitales globales. Terminales multimodales capaces de funcionar también con sistemas de Segunda Generación (2G). El anhelo de este sistema es implantar la movilidad terminal y la personal en su sistema, proporcionando un único estándar mundial. Fuera de Europa, UMTS es conocido como Telecomunicación Internacional Móvil 2000 (IMT 2000), lo que reemplaza a su nombre anterior de Tierra Pública Futura de Sistema de Telecomunicaciones Móviles (FPLMTS).

UMTS está concebido como el proveedor de la infraestructura necesaria para proporcionar un completo abanico de servicios digitales multimedia o tele-servicios, requiriendo canales “bit-rates” o menos que el techo superior

de 2 Mbps, como lo asignado en la Radio Conferencia Administrativa Mundial (WARC).

La WARC (World Administrative Radio Conference), organismo encargado de la asignación de frecuencias a nivel mundial, ha decidido dedicar las bandas comprendidas entre 1885-2025 MHz y entre 2110-2200 MHz al nuevo sistema. De este modo el espectro quedaría dividido de la siguiente manera: UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network). La parte correspondiente al segmento terrestre se divide entre la banda par e impar:

- Banda par: Los 60 MHz comprendidos entre 1920 MHz y 1980 MHz se dedican al tramo ascendente y los 60 MHz entre 2110 MHz y 2170 MHz al tramo descendente. Se utiliza DS-SS (división por código con secuencia directa)
- Banda impar: Se le asignan 35 MHz, una veintena comprendidos entre 1900 MHz y 1920 MHz y los quince restantes entre 2010 MHz y 2025 MHz. Se utiliza TD-SS (división por código y por tiempo).

MSS (Mobile Satellite System). Al segmento satélite para la región 1 se le dedica la banda par comprendida entre 1980 MHz y 2010 MHz, así como entre 2170 MHz y 2200 MHz.

En la figura 3.13 se representa la distribución del espectro antes mencionada.

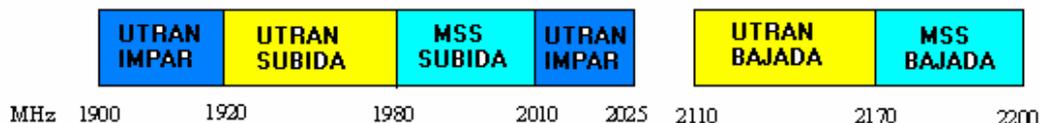


Figura.3.13. Espectro para UMTS

Fuente: <http://www.umtsforum.ne>

Desde el punto de vista físico, UMTS comprende una nueva interfaz de aire y un nuevo componente radio. No cabe ninguna duda de que, de acuerdo con los crecimientos que están experimentando la telefonía móvil e Internet, si hoy en día las redes móviles son la forma de acceso de mayor crecimiento, mañana será la forma de acceso preferida por los usuarios.

3.7.1 CARACTERÍSTICAS DE UMTS

Es una tecnología apropiada para una gran variedad de usuarios y tipos de servicios, y no solamente para usuarios muy avanzados, UMTS ofrece:

- **Facilidad de uso y bajos costes:** UMTS proporcionará servicios de uso fácil y adaptable para abordar las necesidades y preferencias de los usuarios, amplia gama de terminales para realizar fácil acceso a los distintos servicios, bajo costo de los servicios para asegurar un mercado masivo.
- **Nuevos y mejorados servicios:** Los servicios vocales mantendrán una posición dominante durante varios años. Los usuarios exigirán a UMTS

servicios de voz de alta calidad junto con servicios de datos e información.

- Acceso rápido: La principal ventaja de UMTS sobre la segunda generación móvil (2G), es la capacidad de soportar altas velocidades de transmisión de datos de hasta 144 kbit/s sobre vehículos a gran velocidad, 384 kbit/s en espacios abiertos de extrarradios y 2 Mbit/s con baja movilidad (interior de edificios). Esta capacidad sumada al soporte inherente del Protocolo de Internet (IP), se combinan poderosamente para prestar servicios multimedia interactivos y nuevas aplicaciones de banda ancha, tales como servicios de video telefonía y video conferencia.
- Transmisión de paquetes de datos y velocidad de transferencia de datos a pedido: UMTS ofrece la transmisión de datos en paquetes y por circuitos de conmutación de alta velocidad debido a la conectividad virtual a la red en todo momento y a las formas de facturación alternativas (por ejemplo, pago por byte, por sesión, tarifa plana, ancho de banda asimétrico de enlace ascendente / descendente) según lo requieran los variados servicios de transmisión de datos que están haciendo su aparición.
- Entorno de servicios amigable y consistente: Los servicios UMTS se basan en capacidades comunes en todos los entornos de usuarios y radioeléctricos de UMTS. Al hacer uso de la capacidad de roaming

desde su red hacia la de otros operadores UMTS, un abonado particular experimentará así un conjunto consistente de “sensaciones” como si estuviera en su propia red local.

3.7.2 SERVICIOS Y APLICACIONES DE UMTS

Desde el punto de vista de los servicios, la tecnología móvil 3G va a aportar dos cosas.

Primero, los servicios móviles serán mejores y con una óptima relación costo-eficacia.

Segundo, los servicios 3G será el punto de partida para otros nuevos servicios más generales. Por ejemplo, los mensajes móviles multimedia, base de datos remotos, acceso rápido y móvil a Internet.

El éxito de este nuevo sistema depende en gran medida de los servicios de datos que pueda ofrecer.

Las aplicaciones y servicios se pueden dividir en diferentes grupos según su consideración. Cada uno de los flujos de información a transmitirse tendrá sus propias características, pero se agruparan en base a ciertas similitudes, mediante lo cual podemos definir 4 clases genéricas de servicios:

- Conversacional, de tiempo real, voz, telefonía, videojuegos. De tipo simétricas. Con valores de retardo muy pequeños inferiores a 400ms.
- De flujo continuo, de tiempo real, distribución de video. Aquellas en las que se transfiere información multimedia en forma unidireccional con flujo estable de datos, soporta un valor de retardo mayor.
- Interactivos, navegación web, consulta de base de datos, banca electrónica, juegos en red. Se aplica cuando el usuario solicita información de un equipo remoto, debido a esto se hace necesario que la información sea fidedigna e integra en cada transmisión.
- De fondo, correo electrónico, descarga de ficheros. El retardo de transmisión de los datos puede ser del orden de segundos o incluso minutos, tal como se maneja ahora el Internet, es decir el sistema hace lo posible para transmitir la información con el menor retardo posible.

3.8 ARQUITECTURA PARA UMTS

UMTS utiliza la misma red central de GSM pero con un interfaz de radio diferente. La nueva red de radio se llama UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Acces Network), esta se conecta por medio de la interfaz lu a la red central GPRS. Esta interfaz sirve para conectar al controlador de la red de radio Radio Network Controller (RNC) con la Red Central (Core Network) de GSM. Esquema general figura.3.14.

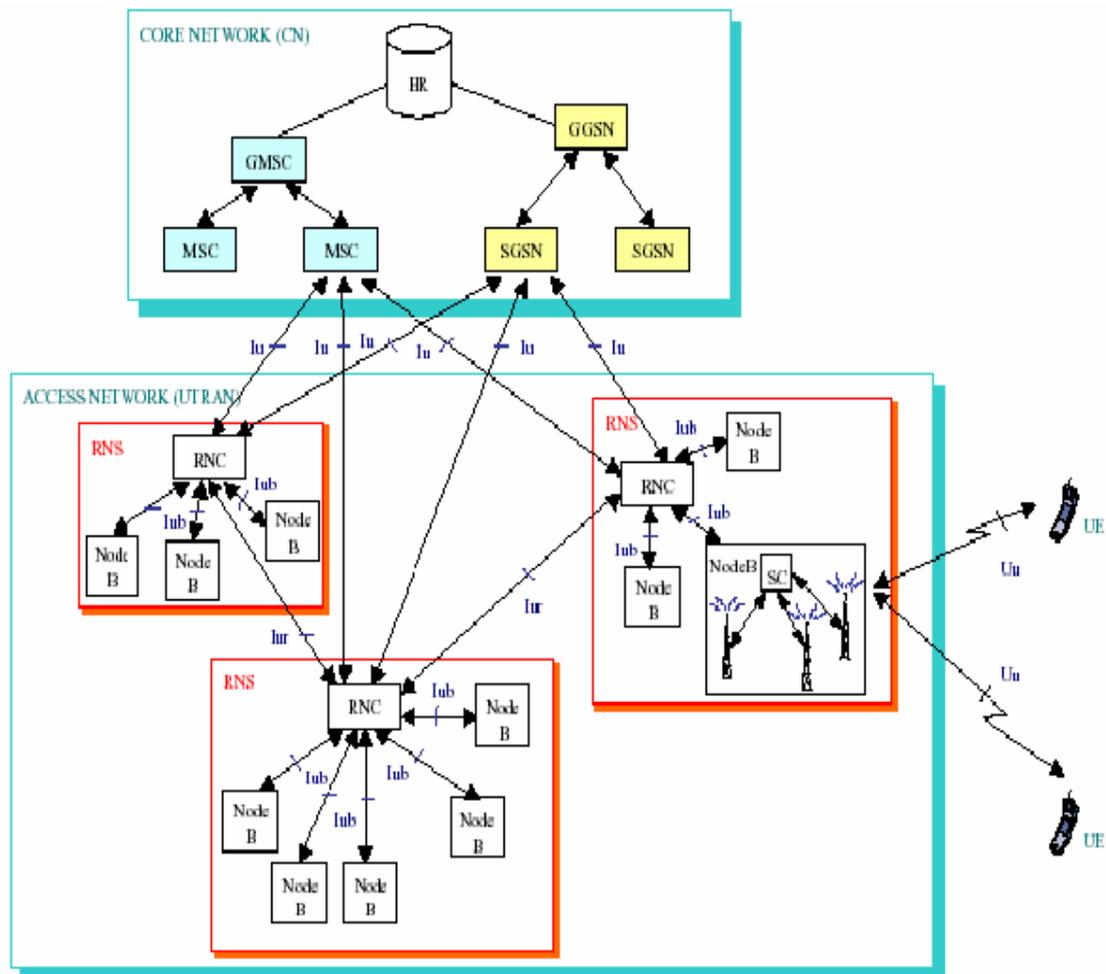


Figura.3.14.Arquitectura general UMTS

Fuente: www.redes.upv.es/stdfi/ficheros/s4%20-%20UMTS1.PDF

3.8.1 RED CENTRAL (CN)

La red central se encuentra formada por varios elementos como se muestra en la figura.3.14.

Pero los principales son el SGSN (Nodo de Soporte del Sistema GPRS) pieza central de una red basada en conmutación de paquetes y el MSC (Mobile Switch Center) pieza central de una red basada en conmutación de circuitos.

3.8.2 MSC (Mobile Switch Center)

Es la pieza central de una red basada en la conmutación de circuitos. El mismo MSC es usado tanto para el sistema GSM (Global System for Mobile Communication) como para UMTS, es decir, la BSS de GSM y el RNS (Radio Network System) de UTRAN se pueden conectar con el mismo MSC. Esto es posible ya que uno de los objetivos de la 3G fue conectar a la red UTRAN con la Red Central de GSM/GPRS. El MSC tiene diferentes interfaces para conectarse con la red PSTN (Red Telefónica Pública Conmutada), con el SGSN y con otros MSC.

Las funciones principales se indican a continuación:

- Voceo.
- Coordinación en la organización de las llamadas de todos los móviles en la jurisdicción de un MSC.
- Asignación dinámica de recursos.
- Registro de ubicación.
- Funciones de interoperabilidad con otro tipo de redes.
- Manejo de los procesos de handover.

- Colectar datos para el centro de facturación, etc.

En el MSC se realiza la última etapa del MM (Mobility Management) y del CM (Connection Management) en el protocolo de la interfaz aérea, así que el MSC debe encargarse de la dirección de estos protocolos o delegarle la responsabilidad a cualquier elemento de la red central.

3.8.3 SGSN (NODO DE SOPORTE DEL SISTEMA GPRS)

El SGSN (Serving GPRS Support Node) es la pieza central en una red basada en la conmutación de paquetes. El SGSN se conecta con UTRAN mediante la interfaz Iu-PS y con el GSM-BSS mediante la interfaz Gb.

Este nodo es el responsable de la gestión de la conexión del terminal móvil a la red GPRS, lo que implica funciones de:

- Control de acceso a la red GPRS (Servicio General de Paquetes de Radio) mediante el intercambio de información con el HLR (Registro de Localización de Abonados locales), donde se encuentra el perfil de suscripción del usuario.
- Gestión de la localización y de la movilidad del usuario.
- Selección del nodo GGSN más apropiado para iniciar una sesión con la red de datos (Internet, red corporativa, etc.).

El SGSN contiene la siguiente información:

- Información de suscripción.
- Identificaciones temporales.
- Información de ubicación.
- La célula en la que el móvil esta registrada.

3.8.4 GGSN (NODO DE SOPORTE DE COMPUERTA GPRS)

El Gateway GPRS Support Node (GGSN) actúa como interfaz con la red externa de datos. Si se toma como referencia uno de los dos sentidos, el GGSN convierte los paquetes GPRS, provenientes del SGSN, en el formato correspondiente a la red externa de datos, efectuando después el envío de los mismos. En lo que respecta al sentido contrario, redirecciona los paquetes que llegan de las redes externas y los envía al SGSN que corresponda.

Todo esto implica funciones de direccionamiento y enrutamiento.

3.8.5 INTERFAZ Iu

Esta interfaz conecta a la red central con la red de acceso de radio de UMTS. Es la interfaz central y la más importante. Esta interfaz puede tener dos diferentes instancias físicas para conectar a dos diferentes elementos de la Red Central, todo dependiendo si se trata de una red basada en conmutación de circuitos que para este caso sería la interfaz Iu-CS la que sirve de enlace

entre UTRAN y el MSC, y en el caso de conmutación de paquetes sería la interfaz Iu-PS la encargada de conectar la red de acceso de radio con el SGSN de la Red Central.

Varios nodos B son controlados por un solo Controlador de la Red de Radio (RNC) a través de la interfaz Iub. Los diferentes RNC se conectan al CN por medio de la interfaz Iu.

La conmutación de paquetes se da por medio de la interfaz Iu-PS y la conmutación de circuitos por medio de la IU-CS. Además se utiliza otra interfaz llamada Iur que funciona para interconectar dos RNC para disminuir el trabajo del CN.

3.8.6 SUBSISTEMA RED DE RADIO (RNS)

UTRAN es el nombre de la nueva red de acceso de radio diseñada para el sistema UMTS. Tiene dos interfaces que lo conectan con la Red Central (CN) y con el equipo de usuario. La interfaz Iu y la interfaz Uu respectivamente.

La red UTRAN consiste de varios elementos, entre los cuales se encuentran los RNC (Radio Network Controller) y los Nodos B (Estación Base). Ambos elementos juntos forman el RNS (Radio Network Subsystem). La interfaz interna de UTRAN incluyen la interfaz Iub la cual se encuentra entre el Nodo B y el RNC y la interfaz Iur que conecta a los RNC entre sí.

3.8.7 INTERFAZ Iur

Sirve para la interconexión entre varios RNC, proporciona funciones de macrodiversidad provenientes de la tecnología CDMA.

Permite la ejecución de traspasos suaves.

3.8.8 RNC (CONTROLADOR DE RED DE RADIO)

El RNC (Radio Network Controller) UMTS cuenta con un administrador de recursos autónomo para descentralizar el tráfico, este se encarga de handover suave (soft handover). El RNC junto con sus respectivos nodos B forman un Subsistema de Red de Radio (RNS). La mayor función de un RNC es la conexión de un portador de radio con su relación Iu. Para mantener la conexión entre el Red Central (CN) y la unidad móvil aun cuando esta se encuentra en movimiento el RNC necesita una red de conmutación para las señales de banda ancha.

Adicionalmente en el RNC se encuentra el Administrador de recursos de Radio y el control de UTRA, las mayores funciones del administrador de recursos son las siguientes:

- Control de handover para movilidad del usuario.
- Control de potencia para minimizar la interferencia.

- Control de acceso.
- Manejo de códigos de spreading en el enlace de bajada.

En el caso del control de UTRAN las principales funciones son las siguientes:

- Difusión de información del sistema para notificar acerca de las condiciones individuales de las células.
- Control de acceso aleatorio para evitar congestiones.
- Funciones de seguridad.
- Manejo de bases de datos para la unidad móvil e información específica de las células.

3.8.9 INTERFAZ Uu

Esta interfaz se encuentra entre el equipo de usuario y el nodo B. Se encuentra basado en tecnología WCDMA.

La unidad móvil se conecta mediante la interfaz Uu (2Mbps mediante la técnica de acceso múltiple WCDMA) al nodo B que es el equivalente al BTS, la interfaz Uu es la parte más importante del cambio.

3.8.10 NODO B.

El Nodo B es el nombre utilizado en la especificación del sistema UMTS para el elemento que se conoce en los sistemas celulares anteriores como estación base.

Estos son los elementos más numerosos en una red UMTS ya que deben asegurar la cobertura en las diferentes zonas previstas para el funcionamiento del sistema. Por este motivo, existirán varios tipos de Nodos B, de forma que puedan adaptarse a todos los posibles escenarios que un planificador se encuentra a la hora de desplegar una red.

UBICACION	ENTORNO
ZONA URBANA	Macro célula. Micro célula Picocélulas
ZONA RURAL	Macro célula. Micro célula

Tabla 3.1 Tipos de Nodos B.

Fuente: <http://www.umtsworld.com/technology.htm>

Características:

Las principales características a tener en cuenta en un Nodo B son las siguientes:

- Número de portadoras.
- Número de sectores que pueden definirse en la estación de base.

- Potencia de salida de radiofrecuencia.
- Sensibilidad de recepción.
- Capacidad de elementos de canal.
- Soporte de funciones opcionales dentro de la especificación UMTS, como por ejemplo, los distintos tipos de diversidad de transmisión y de recepción.
- Mecanismos de protección del software.
- Características de alimentación y consumo de energía.
- Características mecánicas (dimensiones, peso).

3.8.10.1 ELEMENTOS AUXILIARES.

Se necesita de elementos auxiliares complementarios para permitir la transmisión /recepción de la señal de radio, mejorar la cobertura, abaratar el coste de despliegue de la red y permitir diferentes modos de distribución de la señal. Los más importantes son los siguientes:

- Duplexores: elemento que permite la utilización de antenas de banda dual para la radiación de señales en dos bandas de frecuencia, figura.3.15.

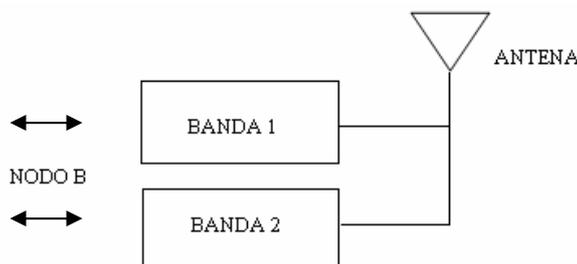


Figura.3.15. Duplexor.

Fuente: <http://www.kathrein.de/de/mca/produkte/download>

- Amplificadores de torre: se utilizan para compensar las pérdidas que sufre la señal recibida al pasar por el cable que va desde la antena hasta el bastidor de la estación de base, mejorando la sensibilidad de esta, y ampliando por lo tanto su rango de cobertura.
- Repetidores: es un dispositivo de comunicación que amplifica y filtra las frecuencias de radio móvil, permitiendo extender la cobertura de una estación de base a áreas pequeñas que no pueden ser cubiertas por problemas de propagación, y con un coste normalmente inferior al de una estación de base.
- Antenas: Las antenas utilizadas en la red UMTS pueden ser de varios tipos dependiendo del entorno concreto donde se utilicen. La novedad más importante en los sistemas UMTS es el posible uso de antenas inteligentes que permitirán variar a lo largo del tiempo la dirección a la que apunta un haz (o varios haces) para su enfoque hacia las posiciones deseadas. La lógica de la antena ha de ser capaz de

averiguar donde se encuentra el móvil en cada momento y emplear en la comunicaron un haz dirigido hacia esa posición. Esto hace que tanto en UMTS como en GSM se disminuya la interferencia radiada en ese sector.

3.9 INTERFAZ AÉREA WCDMA

La interfaz aérea WCDMA, conocida también como UMTS Terrestrial Radio Access (UTRA), desarrollado por el proyecto de la sociedad de tercera generación. 3GPP.

WCDMA tiene dos modos caracterizados por el método Duplex: FDD (Frequency Division Duplex) y TDD (Time Division Duplex), para operaciones con bandas pares e impares respectivamente.

La proporción del chip (número de elementos del sistema) es de 3.84 Mcps. La longitud de trama es de 10 ms y cada trama se divide en 15 slots (2560 chip/slot en la proporción del chip de 3.84 Mcps). Los Factores de Spreading (FS) están en un rango desde 256 hasta 4 en el uplink y desde 512 a 4 en el downlink. Por tanto, el respectivo símbolo de modulación varía en un rango de 960 k símbolos/s hasta 15 k símbolos/s (7.5 k symbols/s) para el FDD uplink. Para canales de separación de la misma fuente, se utiliza los códigos de canalización OVSF (Orthogonal Variable Spreading Factor). En el

downlink, se usan códigos dorados con un periodo de 10-ms (38400 chips en 3.84 Mcps), para separar diferentes células.

Para la codificación de canal se soportan 3 opciones: codificación convolucional, codificación turbo, o codificación sin canal. La selección de la codificación del canal se indica en las capas más altas. El espaciado entre portadoras es de 200 kHz y puede variar entre 4.2 y 5.4 MHz. Los diferentes espaciados de portadora pueden ser usados para obtener protecciones de canal adyacentes convenientes dependiendo del escenario de interferencia.

La Figura.3.15 muestra un ejemplo para el ancho de banda del operador de 15 MHz con tres capas de células.

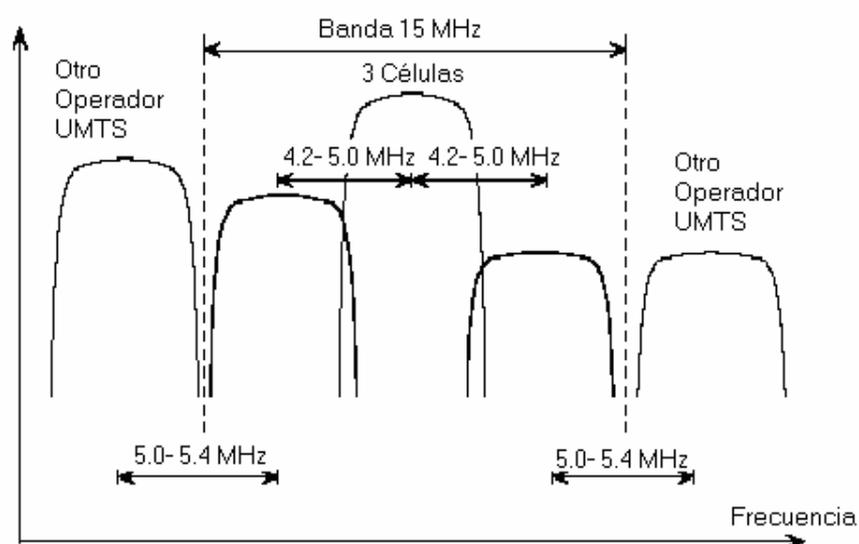


Fig.3.15. Utilización de frecuencia en WCDMA

Fuente: www.privateline.com/3G/WCDMA.pdf

3.9.1 ESPECIFICACIONES WCDMA

La descripción de la interfaz aérea a continuación se basa en el wideband 3GPP las especificaciones WCDMA se listan en la tabla 3.2.

Ancho de Canal	5MHz
Técnica de Duplexado	FDD Y TDD
Enlace de bajada	Espectro directo
Tasa de chip	3.84 Mbps
Longitud de la trama	10ms
Modulación spreading	QPSK Balanceada (enlace descendente) QPSK Canal Dual (Enlace ascendente)
Modulación de datos	QPSK (Enlace descendente) BPSK (Enlace ascendente)
Canal multiplexado en enlace descendente	Canales de datos y de control
Canal multiplexado en enlace ascendente	Canal de control y piloto
Factores de ensanchamiento	4-256 (Enlace ascendente) 4- 512 (Enlace descendente)
Spreading (Descendente)	Secuencia OVSF para separación de canales. Secuencias GOLD $2^{18}-1$ por célula
Spreading (ascendente)	Secuencias GOLD y OVSF
Handover	Handover suave

Tabla 3.2. Características WCDMA.

Fuente: www.privateline.com/3G/WCDMA.pdf

3.9.2 ARQUITECTURA DE PROTOCOLO

La Figura.3.16 muestra la arquitectura del protocolo de interfaz aérea. Esta se divide en tres capas de protocolo:

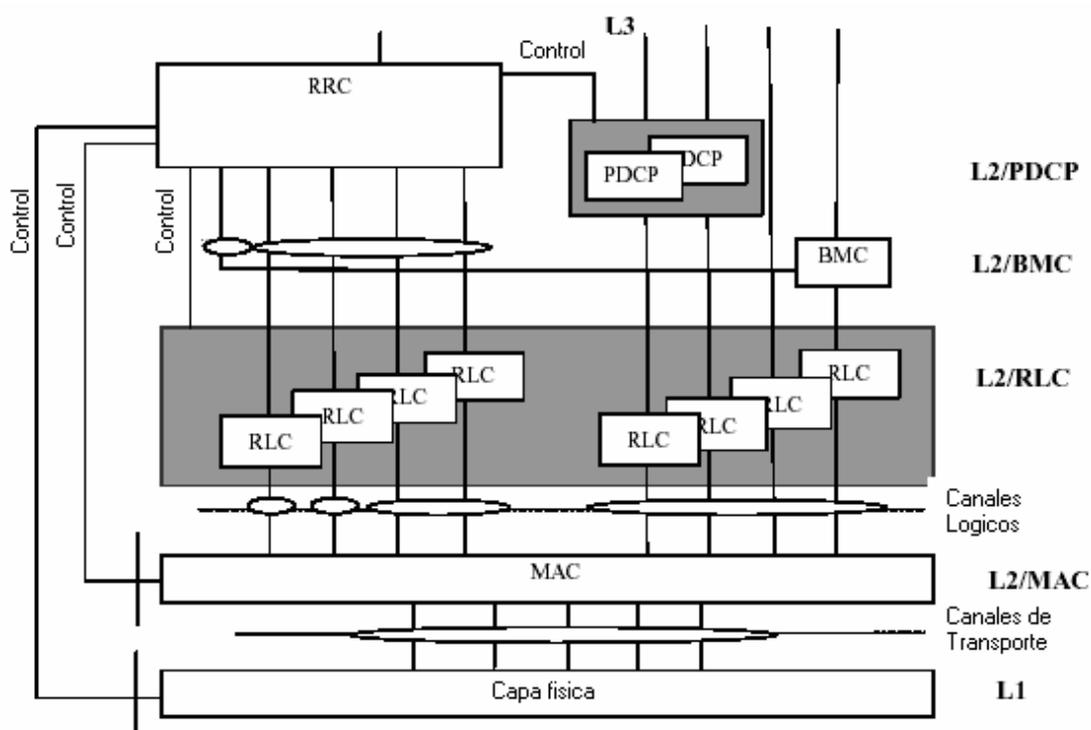


Figura.3.16 Arquitectura de protocolo de la interfaz aérea.

Fuente: <http://greco.dit.upm.es/~david/TAR/trabajos2002/02-Arquitectura-red-acceso-UMTS-Carlos-Diaz-Motero.pdf>

Se puede comenzar el estudio de WCDMA como interfaz aérea revisando su organización y algunas características. Siguiendo el modelo del protocolo OSI propuesto por ISO, el cual es un modelo formado por siete capas (aplicación, presentación, sesión, transporte, red, enlace de datos y física, siendo la capa

de aplicación la capa superior o capa 7), la interfaz de radio utilizada en el sistema UTRAN (Universal Terrestrial Radio Access Network) puede ser descrito por las tres primeras capas de este protocolo.

La capa física (L1);

La capa de enlace de datos (L2);

La capa de red (L3);

Las interfaces de la capa física se encuentran entre la subcapa MAC (Control de Acceso al Medio) de la capa 2 y la capa RRC (Control de Recurso de Radio) de la capa 3. La capa física ofrece diferentes canales de transporte hacia la MAC. Un canal de transporte se caracteriza por como la información es transferida sobre la interfaz de radio. Los canales de transporte son canales codificados y luego mapeados hacia los canales físicos especificados en la capa física. La MAC ofrece diferentes canales lógicos para la subcapa RLC de la capa 2. Un canal lógico se caracteriza por el tipo de información transferida.

La capa 2 se divide en las siguientes subcapas: MAC (Control de Acceso al Medio), RLC (Radio Link Control), PDCP (Packet Data Convergence Protocol), y BMC (Control Broadcast/Multicast). La capa 3 y la RLC se dividen en planos de control y de usuario. PDCP y BMC existe solamente en el plano de usuario. En la plano de control, la capa 3 se particiona en

subcapas donde la capa mas interna, denotada como RRC, es la interfaz con la capa 2.

3.9.2.1 CAPA MAC (CONTROL ACCES MEDIUN)

El subnivel MAC se describe a partir de las entidades MAC. Las entidades son las siguientes:

MAC-b: entidad que maneja el canal de transporte BCH.). Hay una entidad en la estación móvil y una por cada celda de la UTRAN (se encuentra localizada en el Nodo B).

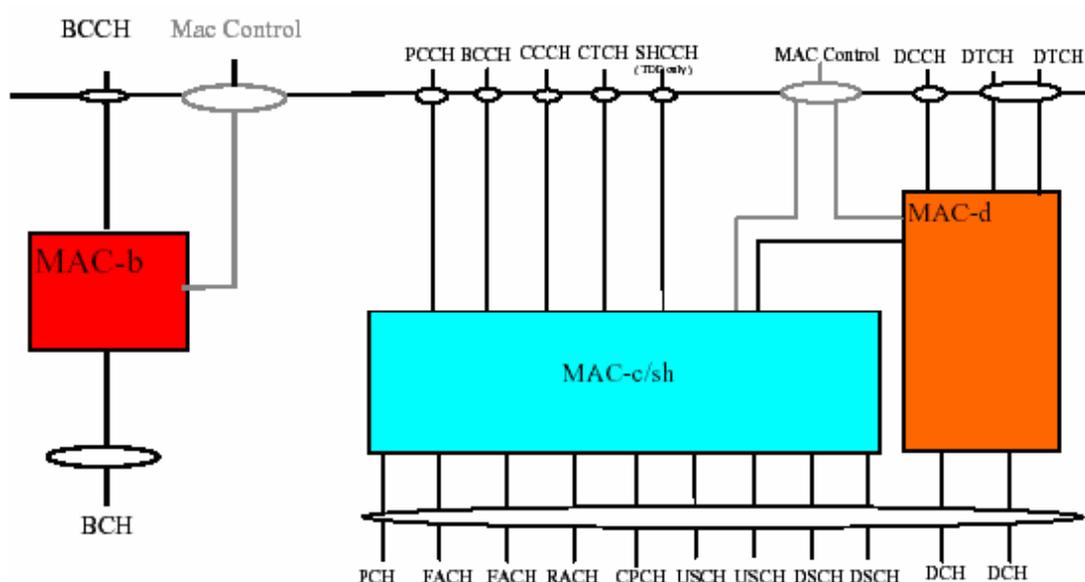


Fig.3.17. Arquitectura MAC.

Fuente: <http://greco.dit.upm.es/~david/TAR/trabajos2002/02-Arquitectura-red-acceso-UMTS-Carlos-Diaz-Motero.pdf>

MSC-c/sh: entidad que maneja los siguientes canales de transporte comunes PCH, FACH, RACH, y los compartidos CPCH (sólo FDD), DSCH y USCH (sólo TDD). Hay una sola entidad MAC-c/sh en cada móvil y una sola entidad MAC-c/sh en cada celda de la UTRAN.

MAC-d: maneja los canales de transporte DCH. Hay una sola entidad MAC-d en cada móvil y una sola entidad MAC-d en la UTRAN por cada UE que tiene uno o más canales lógicos dedicados hacia o desde la UTRAN.

Cada una de estas tres entidades es accedida desde la capa RLC usando los canales lógicos e intercambian los datos con la capa física mediante los canales de transporte.

Esta subcapa está conectada a la capa RRC (Control de Recursos de Radio) mediante los SAPS (Puntos de Acceso de Servicio) de control, utilizada por la capa RRC para configurar la MAC para los procedimientos de transferencia de datos y medidas.

3.9.2.2 CAPA RLC (RADIO LINK CONTROL)

Esta capa está formada por tres entidades:

- Modo transparente TM,
- Modo sin confirmación UM y
- Modo con confirmación AM.

Puede verse esta capa como formada por dos partes: una transmisora y otra receptora que se encuentran en los planos de control y usuario.

En los modos TM y UM hay una entidad transmisora y otra receptora mientras que en la AM hay una sola entidad que es transmisora y receptora. En este último caso pueden enviarse las Unidades de Protocolo PDU con información de control y datos en canales lógicos separados. Los servicios que ofrece la capa RLC a las capas superiores se les conoce con el nombre de portadora radio (señalización o datos). La capa RLC notifica los errores irrecuperables.

3.9.2.3 CAPA BMC (CONTROL BROADCAST/MULTICAST)

El protocolo BMC existe sólo en el plano de usuario. Se localiza sobre la capa RLC pero se considera parte del nivel 2. Utiliza el servicio UM del RLC para la transferencia de los mensajes de difusión de celda CB (Cell Broadcast). El RLC transfiere estos mensajes utilizando la combinación CTCH/FACH. Hay una entidad BMC en el UE (User Equipment) y una en el RNC por cada celda lo que permite la programación de los mensajes de forma separada en cada una de ellas.

3.9.2.4 CAPA PDPC (PACKET DATA CONVERGENCE PROTOCOL)

El protocolo PDPC existe sólo en el plano de usuario para los servicios en modo paquete. El PDPC tiene acceso a los servicios en los tres modos del RLC: TM, UM y AM. Cada entidad PDPC usa uno o varios tipos de algoritmos de compresión de cabeceras con parámetros configurables que se negocian durante el establecimiento o reconfiguración de una portadora radio por medio del SAP de control.

3.9.2.5 CAPA RRC (CONTROL DE RECURSOS DE RADIO)

El RRC transporta toda la señalización de las capas superiores:

- Control de movilidad MM,
- Control de llamadas CC y
- Control de sesiones SM así como la movilidad del UE en modo conectado (handovers, medidas, etc...).

Las entidades que forman parte de la arquitectura de la capa RRC son:

Entidad Funcional de Enrutado RFE (Routing Functional Entity): asegura el enrutamiento correcto de la información desde/hacia el NAS. De esta forma los mensajes de diferentes entidades de la capa superior o diferentes dominios de Núcleo de red son enrutadas correctamente.

Entidad Funcional de Control de la Difusión BCFE (Broadcast Control Functional Entity): maneja la difusión de la información del sistema. Hay al menos una BCFE por cada celda en el RNC (Controlador de Red de radio). Utiliza los canales lógicos a través de los (SAPs) Puntos de Acceso de Servicio transparentes.

Entidad Funcional de Control del Paging PNFE (Paging and Notification Functional Entity): maneja los pagings y las notificaciones (sin tener una conexión RRC con la red). En la UTRAN hay una PNFE por cada celda en el RNC. Usa el canal lógico PCCH a través de unos Puntos de Acceso de Servicio (SAP) transparente de la capa RLC.

Entidad Funcional de Control Dedicado DCFE (Dedicated Control Functional Entity): maneja todas las funciones y señalización específica de un UE cuando está en modo conectado. En el SRNC existe una DCFE por cada usuario que tiene una conexión con este RNC (Controlador de Red de Radio).

Los servicios que ofrece el RRC a las capas superiores lo hace a través de tres tipos de SAPs (Puntos de Acceso de Servicio):

- SAP de Control General GC-SAP, El GS-SAP proporciona acceso a los servicios ofrecidos por la entidad BCFE.

- SAP de Notificación Nt-SAP, proporciona acceso a los servicios ofrecidos por la entidad PNFE.
- SAP de Control dedicado DC-SAP, proporciona acceso a los servicios ofrecidos por la entidad DCFE.

3.9.3 CANALES LÓGICOS

La capa MAC provee servicios de transferencia de datos a los canales lógicos. Un conjunto de tipos de canales lógicos se definen para diferentes tipos de servicios de transferencia de datos ofrecidos por MAC.

Cada tipo de canal lógico se define por el tipo de información que transmite.

Los canales lógicos se clasifican en dos grupos:

Canales de control para la transferencia de la información de control

- Broadcast control channel (BCCH)
- Paging control channel (PCCH)
- Dedicated control channel (DCCH)
- Common control channel (CCCH)
- ODMA dedicated control channel (ODCCH)
- ODMA common control channel (OCCCH)
- Shared channel control channel (SHCCH)

Broadcast control channel (BCCH) Canal de control de difusión	Canal de transporte descendente (DL) que se usa para difundir información del sistema UTRA y de la célula concreta.
Paging control channel (PCCH) Canal de control de radiobusqueda	Es un canal de transporte descendente (DL) que se utiliza para transmitir toda la información relacionada con el procedimiento de paging (cuando la red desea establecer una comunicación con el terminal). Se usa cuando. La red no conoce la localización de la estación móvil en la célula. El móvil está en la célula conectado en estado stand by.
Common control channel (CCCH) Canal de control común	Canal bidireccional para la transmisión de información de control entre la red y los UEs. Este canal es utilizado : Por la estación móvil para enviar mensajes de peticiones de conexiones de RRC con la red. Por la estación móvil usando un canal de transporte común para acceder a una nueva célula.
Dedicated control channel (DCCH) Canal de control dedicado	Canal bidireccional punto a punto transmite información dedicada de control entre una estación móvil y la red.
ODMA Common Control Channel (OCCCH)	Canal bidireccional para transmitir información de control entre estaciones móviles.
ODMA Dedicated Control Channel (ODCCH)	Canal bidireccional punto a punto transmite información dedicada de control entre estaciones móviles.

Tabla. 3.3 Canales de Control.

Fuente: www.privateline.com/3G/WCDMA.pdf

Canales de tráfico para la transferencia de la información de usuario.

- Dedicated traffic channel (DTCH) Traffic channel (TCH)
- ODMA dedicated traffic channel (ODTCH)
- Common traffic channel (CTCH)

Dedicated Traffic Channel (DTCH)	Canal punto-punto dedicado para la transferencia de información de usuario tanto en enlace ascendente como descendente.
ODMA dedicated traffic channel (ODTCH)	Canal dedicado punto multipunto para cada estación móvil empleado para transmitir información de usuario entre estaciones móviles.

Tabla. 3.4. Canales de Tráfico.

Fuente: www.privateline.com/3G/WCDMA.pdf

3.9.4 CANALES DE TRANSPORTE

Un canal de transporte se define por el como y con que características transfiere la información sobre la interfaz aérea. Existen dos tipos de canales de transporte:

- Canales comunes, se caracterizan por ser un recurso repartido entre un grupo de usuarios en una celda.
- Canales dedicados, son recursos dedicados, identificados por un código y una cierta frecuencia.

Hay un canal de transporte dedicado, el Canal Dedicado (DCH), que es un canal de transporte downlink o uplink. Se utiliza para transportar toda la información relacionada con las capas superiores (datos y señalización de las capas superiores)

El DCH se transmite sobre la célula entera o sobre solamente una parte de la célula usando antenas adaptativas. El DCH se caracteriza por la posibilidad de cambio de proporción rápida (cada 10 ms), control de poder rápido, y direccionamiento inherente de las estaciones móviles.

3.9.4.1 CANALES COMUNES DE TRASPORTE

Hay seis canales de transporte comunes definidos para la UTRA que son: BCH, FACH, PCH, RACH, CPCH y DSCH.

Canal de Difusión BCH (Broadcast Channel)	Canal de transporte descendente (DL) que se usa para difundir información del sistema UTRA y de la célula concreta. La información que se transmite por este canal son los códigos y slots de acceso en la celda.
Canal de Paging PCH (Paging Channel)	Es un canal de transporte descendente (DL) que se utiliza para transmitir toda la información relacionada con el procedimiento de paging. Los terminales deben recibir la información de paging en toda la celda.
Canal FACH (Forward Access Channel)	Es un canal de transporte descendente (DL) que se utiliza para transportar

	información de control a los terminales localizados en una celda dada. Se transmite en toda la celda o parte de ella utilizando antenas adaptativas.
Canal DSCH (Downlink Shared Channel)	Es un canal de transporte descendente (DL) que se utiliza para transportar datos de usuario dedicados e información de control que puede ser compartido por varios usuarios.
Canal de Acceso Aleatorio RACH (Random Access Channel)	Es un canal de transporte ascendente (UL) que se utiliza para transportar información de control desde el terminal (solicitar el establecimiento de una conexión). Este canal debe ser escuchado por la estación base desde cualquier punto del área de cobertura por lo que la tasa de datos deben ser bajas.
Canal de Paquetes Uplink Común CPCH (Common Packet Channel)	Es un canal de transporte ascendente (UL) que se utiliza para transportar ráfagas de tráfico. Este canal se asocia a un canal dedicado en el downlink que proporciona el control de potencia

Tabla. 3.5 Canales Comunes de Transporte.

Fuente: www.privateline.com/3G/WCDMA.pdf

3.9.5 MAPEO ENTRE CANALES LÓGICOS Y CANALES DE TRANSPORTE

Las siguientes conexiones existen entre los canales de transporte y lógicos:

BCCH se conecta al BCH y podría también ser conectada al FACH

PCCH se conecta al PCH

CCCH se conecta al RACH y FACH

SHCCH se conecta al RACH y USCH/FACH y DSCH.

DTCH puede ser conectado ya sea a RACH y FACH, al RACH y DSCH, al DCH y DSCH, a un DCH, un CPCH (FDD solamente).

CTCH se conecta al FACH

DCCH puede ser conectado ya sea al RACH y FACH, al RACH y DSCH, al DCH y DSCH, al DCH, un CPCH a FAUSCH, CPCH.

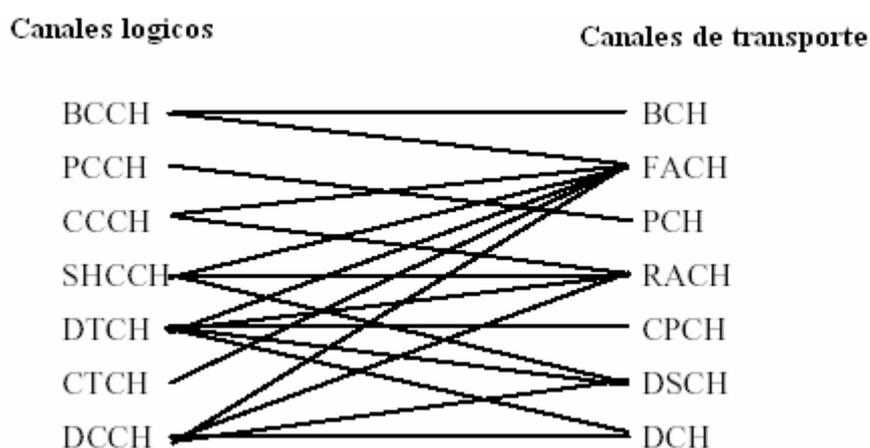


Figura.3.18. Mapeo entre Canales lógicos y de Transporte.

Fuente: www.privateline.com/3G/WCDMA.pdf

3.9.6 CANALES FÍSICOS

Los canales de transporte son canales codificados y emparejados al rango de datos ofrecido por los canales físicos. En consecuencia, los canales de

transporte son mapeados en los canales físicos. Los canales físicos consisten de una trama y ranuras de tiempo. La longitud de radio de una trama es 10 ms y una trama consiste de 15 ranuras de tiempo.

Slots o Intervalos de tiempo: unidad que lleva campos con bits y que tiene una duración de $2/3$ ms lo que corresponde a 2560 chips. Dependiendo de la tasa de bits del canal físico varía el número de bits por slot.

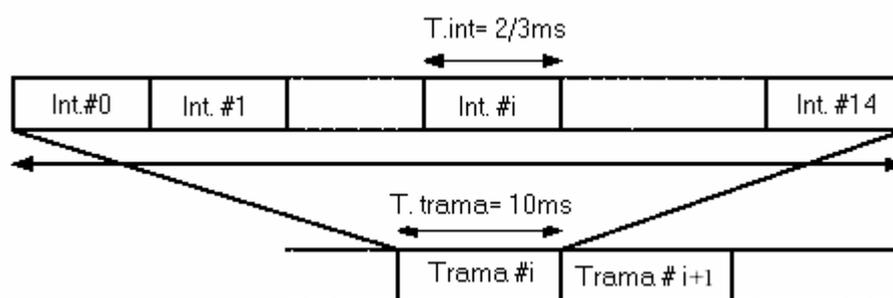


Figura.3.19. Estructura de una trama.

Fuente: http://www.tdx.cesca.es/TESIS_UPC/AVAILABLE/TDX-0529101-075144/2CAPITOL1.pdf

Una ranura de tiempo es una unidad, la cual consiste en campos conteniendo bits. El número de bits por ranura de tiempo depende del canal físico. Dependiendo del rango del símbolo del canal físico, la configuración de radio de las tramas o ranuras de tiempo varían.

3.9.6.1 CANALES FÍSICOS UPLINK

Hay dos canales físicos dedicados uplink y dos físicos comunes:

- El Canal Físico de Datos uplink (uplink DPDCH) y El Canal de Control Dedicado uplink (uplink DPCCH).
- El canal físico de acceso aleatorio (PRACH) y el canal físico de paquete común (PCPCH).

El DPDCH se usa para acarrear datos generados en la capa 2 y capas superiores (en consecuencia el canal de transporte dedicado). Podría haber 0, 1 o varios uplink DPDCHs en cada conexión de la capa 1, este se utiliza para acarrear información de control generada en la capa 1; la información de control consiste en bits piloto conocidos para soportar estimación de canal para la detección coherente, Comandos de Control de Poder (TPC), Información de Retroalimentación (FBI), y un indicador de combinación del formato de transporte opcional. Este indicador informa al receptor acerca de los parámetros instantáneos de los diferentes canales de transporte multiplexados en el uplink DPDCH, y corresponde a la información transmitida en el mismo marco. Para cada conexión de la capa 1 solamente hay un uplink DPCCH.

La Figura.3.20 muestra la estructura de la trama principal del canal físico dedicado uplink. Cada trama tiene una longitud de 10 ms dividida en 15 ranuras, cada una de long. $T_{slot}=2560$ chips, correspondiente a un periodo de control-potencia.

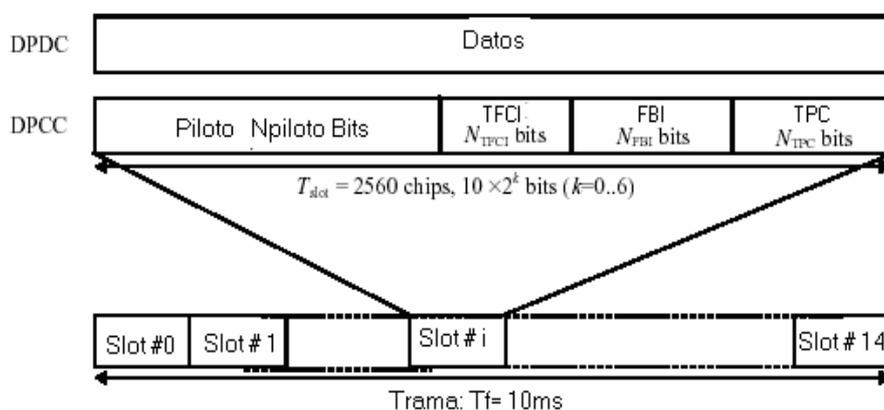


Figura.3.20. Estructura de la trama para uplink DPDCH/DPCCH.

Fuente: <http://greco.dit.upm.es/~david/02ArquitecturaredaccesoUMTS.pdf>

El parámetro k en la Figura.3.20 determina el número de bits por ranura DPDCH/DPCCH uplink. Se relaciona al factor de esparcimiento (SF) del canal físico como $SR=256/2^k$. El factor de diseminación DPDCH podría estar en un rango de 256 a 4. La Figura.3.21 muestra la estructura de la parte del mensaje de acceso aleatorio de la trama de radio.

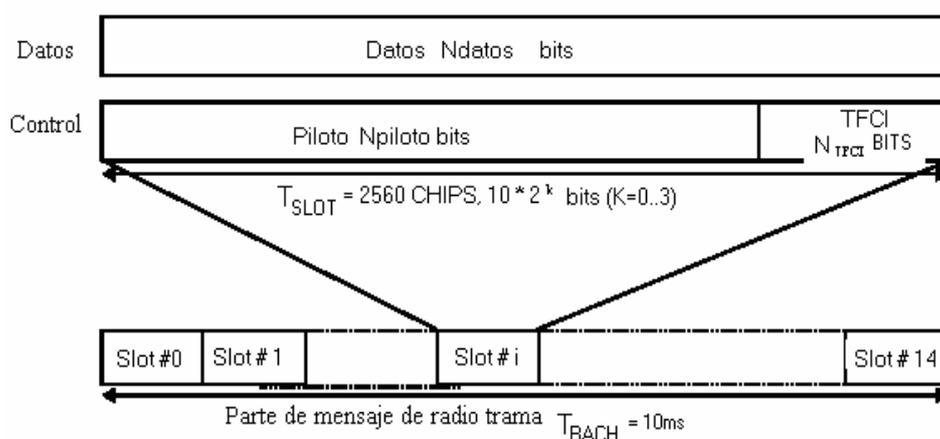


Figura.3.21. Estructura de mensaje de acceso aleatorio de la trama de radio.

Fuente: <http://greco.dit.upm.es/~david/02-Arquitectura-red-acceso-UMTS.pdf>

Cada ranura consiste de dos partes, una parte de datos que acarrea la información de la capa 2 y una parte del control que acarrea la información de control de la capa 1; la parte de los datos y control se transmiten en paralelo. Un mensaje de 20 ms de long consiste de dos partes de mensajes consecutivos de trama de radio. La parte de los datos consiste de bits de 10×2^k , donde $k=0,1,2,3$. Esto corresponde al factor de esparcimiento de 256, 128, 64, y 32 respectivamente, para la parte de datos del mensaje.

La parte de control consiste de 8 bits piloto conocidos para soportar estimaciones de canal para detección coherente y 2 bits TFCI. Esto corresponde al factor de esparcimiento de 256 para la parte del mensaje de control.

EL PCPCH (Canal Físico de Paquete Común) se utiliza para acarrear el canal de transporte CPCH (Canal de Paquete Común). La estación móvil puede empezar la transmisión a un número de time-offsets bien definidos, relativos al límite de la trama del BCH (Canal de Difusión) de la célula actual.

3.9.6.2 CANALES FÍSICOS DOWNLINK

Solamente hay un canal físico dedicado downlink, un compartido y 5 canales de control común.

- Canal físico dedicado Downlink (DPCH).

- Canal compartido downlink físico (DSCH).
- Canales piloto comunes primarios y secundarios (CPICH),
- Canales físicos de control comunes primarios y secundarios (CCPCH).
- Canal de sincronización (SCH).

La Figura.3.22 muestra la estructura de trama de la DPCH. En el DPCH, el canal de transporte dedicado se transmite multiplexado en el tiempo, con información de control generado en la capa 1 (bits pilotos conocidos, comandos de control de poder, y un indicador de combinación del formato de transporte opcional).

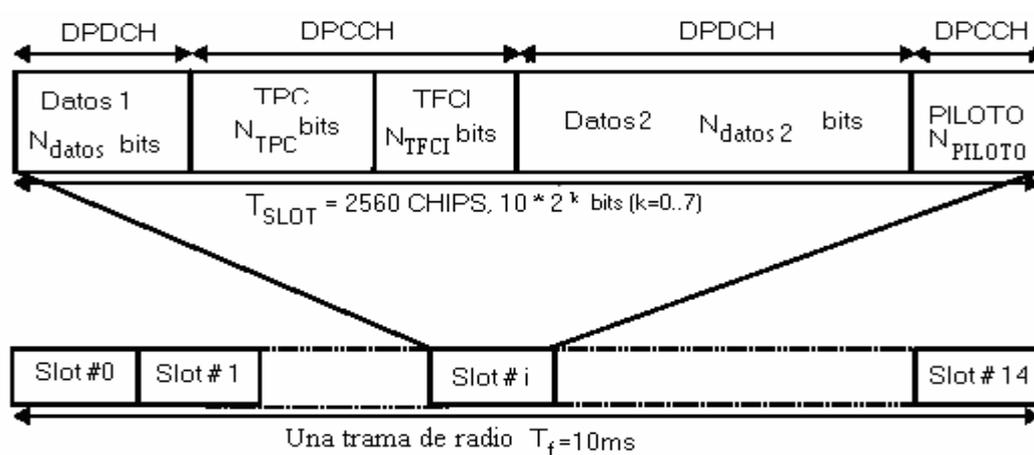


Figura.3.22. Estructura de la trama para el enlace de bajada DPCH.

Fuente: www.privateline.com/3G/WCDMA.pdf

Cuando el rango de bit total a ser transmitido excede el rango de bit máximo para el canal físico downlink, la transmisión multicódigo emplea (varios

DPCHs paralelos downlink son transmitidos usando el mismo factor de esparcimiento). En este caso, la información de control de la capa 1 se coloca solamente en el primer (DL) DPCH.

El Canal Piloto Común (CPICH) es un canal físico downlink de rango fijo (30kbps, SF=256) que acarrea una secuencia bit/símbolo predefinido. Hay 2 tipos de canales piloto comunes, el primario y secundario CPICH.

Primario CPICH	Usa siempre el mismo código de canalización. Uno por célula. Difusión sobre la célula entera.
Secundario CPICH	0,1, o varios por célula. Puede ser transmitido en una parte de la célula.

Tabla.3.6.Tipos de Canales Pilotos Comunes (CPICH).

Fuente: www.privateline.com/3G/WCDMA.pdf

La estructura de la trama del CCPCH (Canal de Control de paquete Comun) secundario se muestra en la Figura.3.23. El CCPCH secundario se utiliza para acarrear el FACH (Canal Acceso Adelante) y el PCH (Canal de Paging).

La diferencia principal entre el CCPCH primario y secundario es que el primario tiene un rango predefinido fijo mientras que el secundario puede soportar rangos variables. Adicionalmente, un CCPCH primario es transmitido continuamente a través de la célula completa mientras que el secundario solamente se transmite cuando hay datos disponibles y podría

ser transmitido en un lóbulo estrecho de la misma manera como un canal físico dedicado (solamente válido para el CCPCH secundario acarreado el FACH).

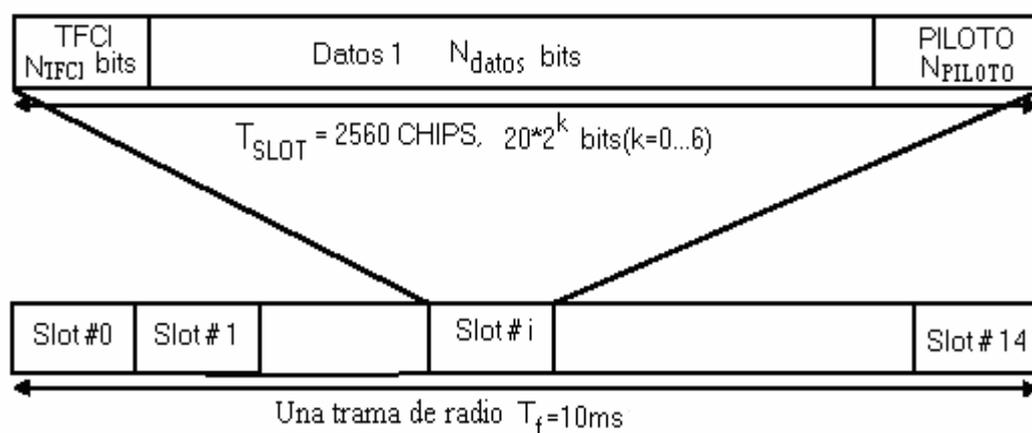


Figura.3.23. Estructura de la trama de CCPCH secundario.

Fuente: <http://greco.dit.upm.es/~david/02-Arquitectura-red-acceso-UMTS.pdf>

El SCH (Canal de Sincronización) consiste de dos subcanales: primario y secundario. El primario consiste de un código de long. 256 chips, el código de sincronización primaria (PSC) denotado como cp en la figura anterior, transmitido una vez por ranura. El PSC es el mismo para cada célula en el sistema.

La estructura del PDSCH se muestra en la Figura.3.24. Como el DSCH es siempre asociado con un DCH, el PDSCH se asocia siempre con un DPCH downlink, para el PDSCH los factores de diseminación podrían variar desde 256 a 4, si el factor de diseminación y otros parámetros de la capa física

podrían variar en base a un frame-by-frame, el TFCI podría ser usado para informar las estaciones móviles de los parámetros instantáneos del PDSCH.

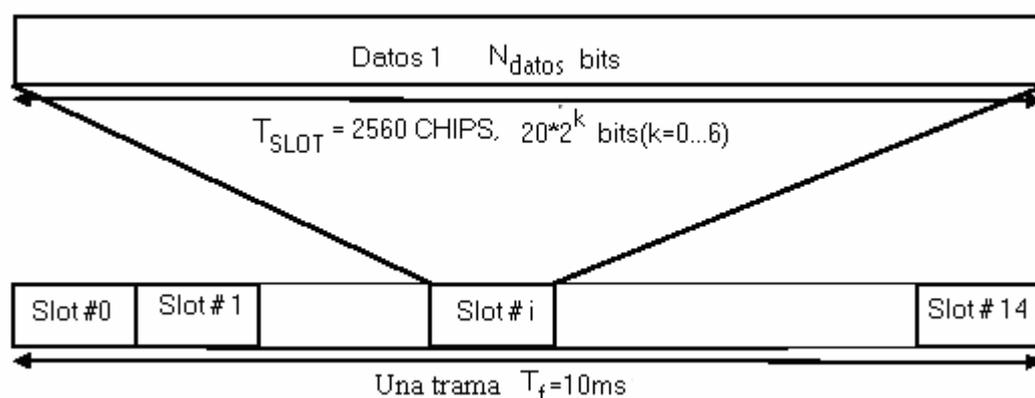


Figura.3.24. Estructura de una trama PDSCH.

Fuente: <http://greco.dit.upm.es/~david/02-Arquitectura-red-acceso-UMTS.pdf>

El Canal Indicador de Adquisición (AICH) es un canal físico utilizado para acarrear los indicadores de adquisición, el cual corresponde a la firma sen el PRACH o PCPCH.

El Canal Indicador de Página (PICH) es un canal físico de rango fijo ($SF=256$) utilizado para acarrear los indicadores de página. El PICH siempre esta asociado con el CCPCH secundario.

3.9.7 DIVERSIDAD DE TRANSMISIÓN.

Dos tipos de mecanismos de diversidad pueden ser usadas en el downlink del WCDMA: lazo abierto y lazo cerrado. La diversidad de transmisión downlink de lazo abierto emplea una diversidad de transmisión basada en

Codificación de Bloque Espacio/Tiempo (STTD). Aún cuando la codificación STTD es opcional en la estación base, el soporte STTD es obligatorio en la estación móvil. Otro tipo de diversidad de transmisión de lazo abierto, Diversidad de Transmisión Time Switched (TSTD), es también opcional en la estación base pero obligatoria en la estación móvil.

3.9.8 PROCEDIMIENTOS DE INTERFAZ AEREA

Diferentes procedimientos de interfaz aérea se requieren para que un sistema de radio trabaje (por tanto, establecer comunicación y mantenerlo con un mínimo de consumo de recursos de radio). En esta sección se cubren los siguientes procedimientos de interfaz aérea:

- Operación de búsqueda de célula.
- Handover .
- Control de potencia.
- Esquema de transmisión sincronía uplink (USTS).

3.9.8.1 BÚSQUEDA DE CÉLULAS

Durante la búsqueda de células, las estaciones móviles buscan una célula y determina el código scrambling downlink y la sincronización de la trama de canal común de esa célula.

La búsqueda de la célula se lleva a cabo típicamente en tres pasos:

- Sincronización de ranuras;
- Sincronización de tramas e identificación de grupos de código;
- Identificación de código scrambling.

Paso 1 Sincronización de ranura durante el primer paso del procedimiento de búsqueda de la célula, la estación móvil usa el código de sincronización primaria del SCH (Canal de Sincronización) para adquirir la sincronización de ranura para la célula, esto puede hacerse con un filtro simple ajustado al código de sincronización primaria común a todas las células. El timing de la ranura puede obtenerse detectando picos en la salida del filtro ajustado.

Paso 2 Sincronización de trama e identificación de grupo de código. Durante el segundo paso del procedimiento de búsqueda de la célula, la estación móvil utiliza el código de sincronización secundaria del SCH para encontrar la sincronización de la trama e identificar el grupo de código de la célula encontrada en el primer paso. Esto se hace correlacionando la señal recibida con todas las secuencias de código de sincronización secundaria posibles e identificando el valor de correlación máximo.

Paso 3: Identificación del código Scrambling. En el último paso del procedimiento de búsqueda de la célula, la estación móvil determina

exactamente el código scrambling primario usado por la célula encontrada, este código es típicamente identificado a través de la correlación símbolo-a-símbolo sobre el CPICH con todos los códigos dentro del grupo de código identificado en el segundo paso, luego de que se haya identificado el código scrambling primario, el CCPCH (Canal de Control de Paquete Común) primario puede ser detectado y la información BCH específica de la célula y sistema puede ser leída.

En el caso de que la estación móvil haya recibido información acerca de cuales códigos scrambling se puede buscar, los pasos 2 y 3 pueden ser simplificados.

3.9.8.2 HANDOVER

WCDMA se caracteriza por un tipo diferente de handover este es el soft handover.

Las estaciones base en WCDMA no necesita ser sincronizado, y por tanto, no se necesita fuente externa de sincronización, como el GPS (Sistema de Posicionamiento Global). Las estaciones base asíncronas deben ser consideradas cuando se diseñan algoritmos handover suaves y cuando se implementa servicios de locación.

La estación móvil reporta las diferencias timing de retorno a la estación base servidora. El timing de una nueva conexión handover suave en el downlink se ajusta con una resolución de un símbolo (por tanto, las señales en el downlink dedicadas de las dos estaciones base son sincronizadas con una exactitud de un símbolo), esto permite al receptor RAKE móvil coleccionar la energía de macro diversidad de las dos estaciones base. Ajustes del timing de los canales downlink dedicados pueden ser llevados a cabo con una resolución de un símbolo sin pérdida de ortogonalidad de códigos downlink.

a) HANDOVERS DE INTERFRECUENCIA.

Handovers de interfrecuencia se necesitarán para realizar handovers con sistemas de segunda generación como el GSM o IS-95. Dos métodos se consideran para las mediciones de interfrecuencia en el WCDMA:

- Receptor dual
- Modo Comprimido

La aproximación del receptor dual es considerada conveniente, especialmente si el terminal móvil emplea la diversidad de antena. Durante las mediciones de interfrecuencia, una rama del receptor es cambiada a otra frecuencia, mientras el otro sigue recibiendo la frecuencia actual.

La ventaja de la aproximación del receptor dual es que no hay cortes en la conexión de frecuencia actual. La información normalmente transmitida durante una trama de 10 ms se comprime.

b) PROCESO DE HANDOVER

Para realizar el proceso de handover se utiliza un umbral de potencia relativo y variable. El valor de potencia que marca el inicio del handover viene marcado por la potencia más alta del canal piloto que recibe el móvil. En base a este valor se define un cierto rango de potencia, mas un margen de histéresis, que marca que estaciones base están fuera o dentro del active set. En la figura 3.25 .Se describe el mecanismo asociado a la actualización del active set.

Evento A: Si la potencia del canal piloto recibida de una célula (ejemplo célula 2) es mayor que la máxima potencia recibida de todas las células (célula 1) menos el rango de handover definido y teniendo en cuenta la histéresis, la célula pasa a incluirse en el active set y puede ser candidata a recibir los paquetes del usuario. Para que se realice esta acción, esta potencia recibida debe permanecer por encima del umbral durante un cierto tiempo (ΔT).

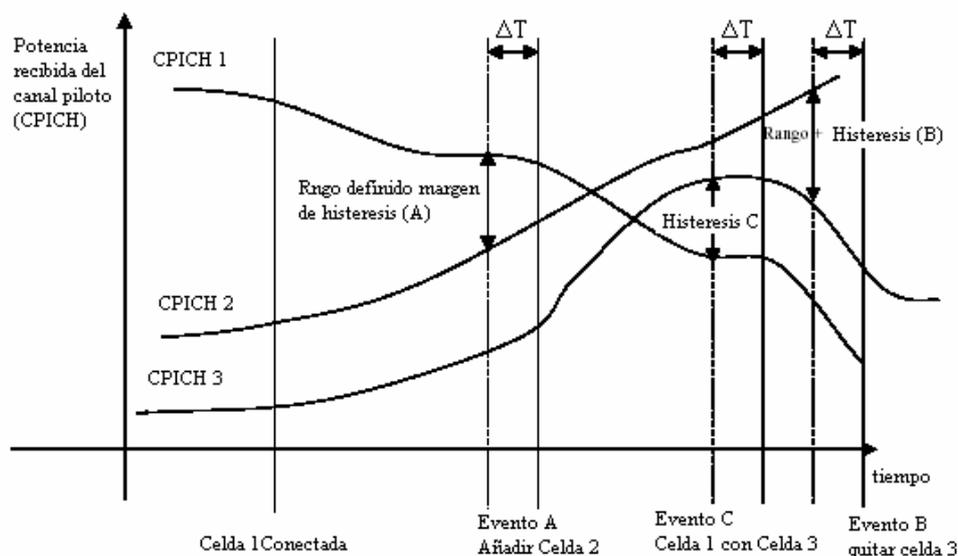


Figura.3.25. Mecanismo de handover.

Fuente: http://www.tdx.cesca.es/TESIS_UPC/AVAILABLE/TDX-0529101-075144/2CAPITOL5.pdf

Evento B: Si la potencia del canal piloto recibida de una célula (célula 3) es menor que la máxima potencia recibida de un piloto (célula 2) menos el rango del handover definido y teniendo en cuenta la histéresis, la célula es retirada del active set (Conjunto de estaciones base que pueden mantener comunicación con un usuario) y deja de ser candidata a recibir los paquetes del usuario. Para que se realice esta acción, esta potencia recibida debe permanecer por debajo del umbral durante un cierto tiempo, representado por (ΔT).

Evento C: Si el active set esta lleno y la potencia recibida de uno de los pilotos de una base que esta en el cae por debajo de un cierto margen de

histeresis, se sustituye en el active set esta base por la nueva de la que se recibe mayor potencia. En el ejemplo de la figura se ha puesto que el máximo número de estaciones base en el active set es 2, por tanto, cuando se produce este evento, se sustituye la estación base 3 por la 1 en el active set.

3.9.8.3 CONTROL DE POTENCIA

Si todos los usuarios emiten con la misma potencia, las señales de los emisores más cercanos llegarían a la estación base con más potencia que las de los equipos más lejanos, quedando estas últimas enmascaradas, es decir, empeoraría su recepción aunque no serían eliminadas. Este efecto se le conoce con el nombre de Efecto Cerca-Lejos.

Para resolver este problema es preciso utilizar técnicas de control de potencia, de forma que todas las señales lleguen a la estación base con el mismo nivel de potencia. Esto se consigue haciendo que cada usuario emita con una potencia distinta en función de su distancia, condiciones de propagación y carga del sistema. Al utilizar control de potencia, se reduce la interferencia y por lo tanto se maximiza la capacidad total del sistema y además se reduce el consumo de los terminales móviles que se encuentren más cerca de la estación base. El control de potencia debe tener tres características: exactitud (del orden de 1 dB), rapidez para compensar los

desvanecimientos, y un gran rango dinámico para controlar móviles cercanos y alejados.

Hay dos tipos de algoritmos de control de potencia en UMTS:

Bucle Abierto (Open Loop Power Control): se produce cuando un usuario decide acceder al sistema. Inicialmente, este nuevo usuario no estará controlado en potencia, con lo cual accederá al sistema con un nivel de potencia inicial que será una variable aleatoria. Si esta potencia inicial no es suficiente para ser atendido, la incrementará a intervalos constantes en dB, hasta que reciba confirmación de la estación base de que su señal ha sido recibida. Si desde un primer momento la potencia hubiera sido excesiva, habría entrado directamente a ejecutar los algoritmos de control de potencia.

Bucle Cerrado (Closed Loop): se realiza en los dos enlaces. En el uplink el RNC (Control de Red de Radio) establece la BER (Tasa de Error) para el servicio solicitado y a partir de ella calcula la SIR (Relación Señal Interferencia) objetivo enviándosela al Nodo B. El Nodo B estima la SIR en el UL y la compara con la recibida determinando si la potencia del móvil debe ser incrementada o decrementada (esto lo hace con los bits de TPS). Esta operación se realiza 1500 veces por segundo y recibe el nombre de Inner Loop. Por otro lado cada 10 ms el RNC calcula la SIR y ajusta la SIR objetivo.

A este proceso se le conoce con el nombre de Outer Loop y es controlado por la capa RRC. En el downlink los usuarios reciben distinta interferencia de las demás células en función de su posición, y por lo tanto hay que variar las potencias para tener una Relación Señal interferencia (S/I ó ISIR) fija (esta situación se da por ejemplo en el borde celular). En este caso el UE manda los bits TPC al Nodo B en función de la SIR estimada y de la que tiene como objetivo.

CAPITULO 4

DISEÑO DE UNA RED CELULAR PARA LA CIUDAD DE AMBATO UTILIZANDO TECNOLOGÍA 3G.

4.1 PROPAGACION

La propagación es el proceso por el cual las señales de radio se emiten de una antena transmisora, viajan por el espacio y son interceptadas por una antena receptora, es la forma básica de funcionar de los radio enlaces.

4.2 RADIOENLACE

Un radio enlace es un conjunto de equipos que transmiten información de un lugar y la reciben en otro. Hay varios "bloques de construcción" clave de un radioenlace.

- El transmisor toma la información de entrada y la utiliza para "modular" algunas características de una radio señal, "incorporando", por este medio, la información a la señal, de modo que, en cualquier lugar que se reciba la señal, se pueda extraer la información.
- Una antena toma la potencia que le envía un transmisor y produce

ondas electromagnéticas que son radiadas al espacio.

- Una antena intercepta las ondas electromagnéticas y recibe una pequeña réplica de la señal original al receptor.
 - El receptor filtra e ignora las señales no útiles y amplifica la señal deseada para que pueda procesarse y, así, recuperar su información
- en la figura 4.1 se observa un esquema básico de radio enlace.

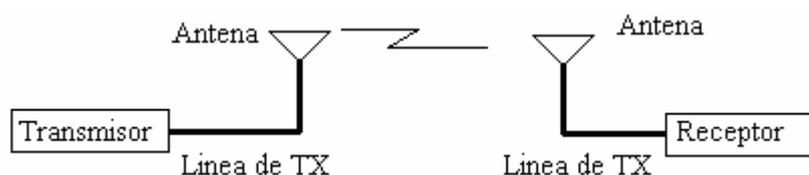


Figura.4.1 Esquema general de un radio enlace.

Fuente: Nortel Networks Ingeniería de radiofrecuencia.

Transmisor

- Genera potencia de RF (Radio frecuencia) en una frecuencia deseada.
- Modula la potencia de RF para transportar información

Antenas

- Convierten la potencia de RF en campos electromagnéticos y viceversa,
- Enfocan la potencia en las direcciones deseadas ("ganancia")

Receptor

- Filtra e ignora las señales en las frecuencias no deseadas.
- Amplifica lo suficiente la señal débil recibida para hacer posible su

procesamiento.

- Demodula¹ la señal para recuperar la información

Los radio enlaces pueden utilizarse en varios modos diferentes.

- Simplex describe un modo en el cual una persona habla y cualquier otra puede escuchar.
- Semidúplex establece enlaces para funcionar en ambas direcciones, pero sólo una persona habla a la vez y el oyente no puede interrumpir al que está hablando.
- Dúplex todo el tiempo están activas ambas direcciones de transmisión.

4.3 FRECUENCIA DE PROPAGACIÓN

La frecuencia de una radio señal determina muchas de sus características de propagación. El tamaño de los elementos de antena se encuentran, normalmente, en el orden de $1/4$ a $1/2$ de longitud de onda. Los objetos más grandes que una longitud de onda pueden reflejar u obstruir la señal de RF

La señal de RF puede penetrar en un contenedor (edificio, vehículo, etc,) si tiene aberturas cuyo tamaño sea aproximado al de la longitud de onda o más grande.

La longitud de onda es importante porque el tamaño de la onda de radio determina el tamaño de los objetos que pueden reflejarla y cuál es el tamaño

¹ Demodula: Proceso inverso a la modulación en donde se extrae la señal original.

de las aberturas para que ésta pueda "pasar" por ellas.

4.3.1 RELACION ENTRE FRECUENCIA Y LONGITUD DE ONDA

La radio señal sale de una estación base celular y viaja por el aire a aproximadamente la velocidad de la luz $3 \cdot 10^8$ M/Seg.

La frecuencia y la longitud de onda están inversamente relacionadas, la longitud de onda es la distancia de cresta a cresta a una onda.

$$\lambda = c/f \quad \text{Ecuación (4.1)}$$

λ = Longitud de onda

c = Velocidad de la luz.

f = Frecuencia.

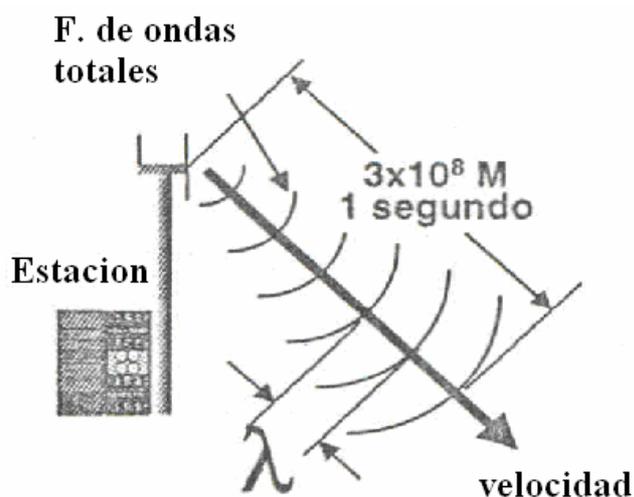


Figura.4.2. Relación entre frecuencia y longitud de onda.

Fuente: Nortel Networks Ingeniería de radiofrecuencia

4.4 MODOS BASICOS DE PROPAGACION EN TELEFONIA MOVIL

Hay varios mecanismos básicos de propagación de señales. La propagación en el mundo real es casi siempre una mezcla de varios de estos mecanismos.

Espacio libre

- Sin reflexión, sin obstrucciones (primera zona de Fresnel) despejada.
- La señal desciende 20 db/década².

Reflexión

- Onda reflejada con un desfase de 180⁰.
- La señal desciende 30-40 db/década².

Difracción de filo de cuchilla

- El trayecto directo está bloqueado por obstrucción.
- Se introduce pérdida adicional

La pérdida de trayecto se puede calcular fácilmente en cada uno de estos tres casos, tal como se muestra en las páginas siguientes,

4.4.1 PROPAGACIÓN EN ESPACIO LIBRE

En los sistemas inalámbricos, las condiciones de espacio libre, a menudo, se

² Decada: 10 millas de distancia.

presentan cuando un usuario se encuentra en una carretera elevada o cerca de la cima de un cerro y las características del terreno cercano impiden que se produzca una reflexión.

El trayecto no se obstruye cuando no hay objetos que se extiendan en la primera zona de Fresnel.

La pérdida de trayecto se calcula mediante las siguientes igualdades:

$$L_{pt, dB} \text{ (entre Ant. isótropas)} = 36.58 + 20 \log_{10}(f) + 20 \log_{10}(d), \text{ Ecuación (4.2)}$$

$$L_{pt, dB} \text{ (entre 2 Ant. dipolo)} = 32.26 + 20 \log_{10}(f) + 20 \log_{10}(d), \text{ Ecuación (4.3)}$$

d = distancia en millas.

f = frecuencia en Megahertz.

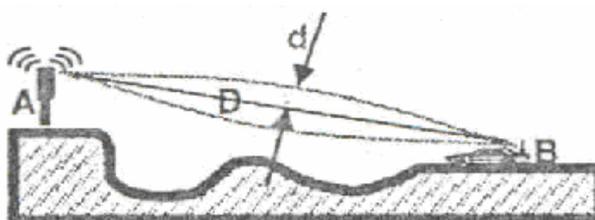


Figura.4.3. Zona de Fresnell.

Fuente: Nortel Networks Ingeniería de radiofrecuencia.

4.4.2 REFLEXION

Los rayos incidentes (directos) y reflejados pueden interferir en forma constructiva o destructiva, dependiendo de sus fases.

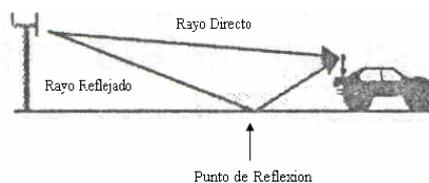


Figura.4.4. Trayecto por reflexión.

Fuente: Nortel Networks Ingeniería de radiofrecuencia

Dependiendo de la escabrosidad de la superficie, la reflexión puede ser especular (es decir, suave y "como espejo") o difusa³ (como la reflexión de un papel blanco).

Cuando llega un rayo reflejado en un ángulo muy pequeño (lo típico cuando los trayectos son más largos que las alturas de las antenas), la reflexión es casi con un 100% de eficiencia. Bajo estas condiciones, el rayo reflejado sufre un cambio de fase de casi exactamente 180 grados. La diferencia en la longitud del trayecto de un rayo directo y uno reflejado es también, generalmente, pequeña, casi siempre una pequeña fracción de la longitud de onda. Por lo tanto, los rayos directos y reflejados llegan aproximadamente con la misma intensidad, pero con fases casi opuestas.

Calculo de la perdida de trayecto:

$$L_{pt}(\text{dB}) = 172 + 34 * \log_{10} (d) - 20 * \log_{10} (h_b) - 10 * \log_{10} (h_t). \text{ Ecuación (4.4)}$$

d = distancia en millas,

³ Difusa: Reflexión difusa que refleja la señal en cantidades iguales en todas direcciones.

h_b = Altura pies de base de antena,

h_t = Altura pies de antena de teléfono móvil.

La mayor parte de los sistemas inalámbricos están diseñados suponiendo y tratando de que la propagación tenga lugar en un entorno dominado por la reflexión. Esto es cierto para la mayoría de los trayectos de propagación en un sistema inalámbrico urbano.

4.4.3 DIFRACCION FILO DE CUCHILLO

Algunas veces, una sola obstrucción bien definida bloquea el trayecto. Este caso es bastante sencillo de analizar y se puede utilizar como una herramienta manual para estimar los efectos de las obstrucciones individuales

Calcular, en primer lugar, el parámetro de difracción v de la zona de Fresnel según geometría del trayecto

$$v = -H \sqrt{\left(\frac{2}{\lambda} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \right)}, \text{ Ecuación (4.5)}$$

Agregue esta pérdida a la pérdida de trayecto que se haya determinado para obtener la pérdida total de trayecto.

Aún falta añadir otras pérdidas como la cancelación de reflexión, pero se

calculan independientemente para las secciones del trayecto antes y después de la obstrucción.

4.5 PROPAGACION

Las ondas de radio se pueden refractar⁴ hacia la tierra por las diversas capas para hacer posible las comunicaciones a grandes distancias. En las frecuencias más altas, la atmósfera desvía las ondas hacia la tierra en ángulos más grandes y la frecuencia para la cual la onda es desviada con el fin de que ésta simplemente vuelva a la tierra es la frecuencia máxima utilizable (MUF). La MUF varía durante el día y depende también de la cantidad de radiación solar que llega a la tierra, la que en sí varía de acuerdo a un ciclo solar de 11 años.

En condiciones normales de propagación, el índice de refracción de la atmósfera disminuye con la altura, de modo que los rayos de radio viajan más lentamente cerca de la tierra que a gran altura. Esta variación de la velocidad con la altura se traduce en una inclinación de los rayos de las señales de radio. Una inclinación uniforme se puede representar por una propagación en línea recta, siempre y cuando el radio de la tierra esté modificado de modo tal que la curvatura relativa entre el rayo y la tierra permanezca sin alteraciones. El nuevo radio de la tierra se conoce como el radio terrestre efectivo y la

⁴ Refractar: Cambio de dirección de la señal que se produce cuando esta pasa de un medio a otro.

relación del radio terrestre con el radio verdadero se denota, habitualmente, con la letra K.

El valor promedio de K en climas cálidos es alrededor de 1.33; sin embargo, en ocasiones, surgen valores de, aproximadamente, 0.6 a 5.0 en la experiencia real.

4.5.1 PROPAGACIÓN EN LA VIDA PRÁCTICA

Los trayectos de propagación del mundo real casi nunca son tan simples como los modos presentados. La propagación siempre incluye los efectos de más de un modo y cada trayecto tiene su geometría propia que incluye más objetos que reflejan y absorben de lo que jamás podría modelarse y tratarse rigurosamente en forma matemática.

Trayectos de propagación:

Obstrucción debido al entorno

- Este es el modo común en las ciudades.
- Absorción aleatoria, pérdida adicional.
- La reflexión aleatoria causa demora por dispersión.

Propagación por múltiples trayectos

- Común en el ambiente de comunicaciones móviles.
- Docenas o incluso cientos de componentes de señales llegan en fases y amplitudes aleatorias.

- Demora por dispersión sustancial.

Penetración en edificios/vehículos

- La difracción y la absorción causan una pérdida extra.
- Muy estadística y difícil de predecir.
- Debe considerarse para dar un servicio confiable.

4.6 DESVANECIMIENTO DE RAYLEIGH

El desvanecimiento de Rayleigh es la intensidad de la señal obtenida a medida que un usuario se desplaza. El desvanecimiento de Rayleigh se aplica como una función de la frecuencia: un número relativamente pequeño de canales sufre desvanecimientos de Rayleigh severos en cualquier lugar o momento.

Los sistemas de CDMA impiden, en gran medida, el desvanecimiento de Rayleigh ya que el ancho de banda de la señal es sustancialmente más amplio que el ancho de banda de desvanecimiento. A pesar de que los desvanecimientos producen "alteraciones" en la respuesta de frecuencia del trayecto, la señal de banda ancha aún se puede detectar según las capacidades de los mecanismos de corrección de errores.

4.6.1 DIVERSIDAD ESPACIAL

La diversidad espacial es un método bastante eficaz para combatir el desvanecimiento de Rayleigh. Afortunadamente, estos desvanecimientos son muy cortos y duran un pequeño porcentaje del tiempo.

Dos antenas separadas en varias longitudes de onda, generalmente, no experimentarán desvanecimientos al mismo tiempo

La "diversidad espacial" se puede obtener utilizando dos antenas receptoras y conmutando a cada instante a la mejor. Cuando la señal que llega a una antena se encuentra desvanecida, es probable que la señal que llega a la otra no lo esté. Un receptor inteligente, capaz de cambiar rápidamente entre ambas señales, logra entre 3 y 5 dB de ganancia comparado con la recepción de una sola señal mediante una sola antena.

La separación requerida D para una buena descorrelación es $10-20\lambda$.

2-5 pies para 2 GHz. En la figura.4.5, se observa la diversidad espacial.



Figura. 4.5. Diversidad espacial.

Fuente: Nortel Networks Ingeniería de radiofrecuencia.

La diversidad espacial se puede aplicar sólo en el extremo receptor de un enlace

La transmisión por dos antenas podría ocasionar lo siguiente:

- No producir diversidad, ya que las dos señales se combinan para producir un solo valor del nivel de la señal en un punto dado: no es posible la diversidad.
- Por lo tanto, la diversidad espacial se aplica sólo en el "enlace ascendente", es decir, en el trayecto inverso.
- No hay lugar para dos antenas suficientemente separadas en un teléfono móvil.

4.6.2 DIVERSIDAD DE POLARIDAD

Los pares de antenas de polarización cruzada montadas en un solo radomo⁵, logran un mejoramiento de la diversidad al explotar la frecuente dispersión que existen en los entornos urbanos. La señal de RF (radio frecuencia) se radia por el microteléfono del abonado en un modo lineal mente polarizado, pero en su travesía hacia las antenas de BTS (Estación Base Central), se ha dispersado y despolarizado, produciendo señales con todas las polarizaciones imaginables. Cada una de las dos antenas independientes recibe señales utilizando sus propias polarizaciones y las señales resultantes

⁵ Radomo: Cubierta protectora del sistema radiante, para eliminar la acción del viento.

se desvanecen casi tan independientemente como en la diversidad espacial convencional. La mayoría de las áreas urbanas y suburbanas experimentan suficiente dispersión para que las técnicas sean efectivas.

Es costumbre transmitir con polarización vertical, de modo que si se usa dúplexión en una unidad de antena doble de polarización cruzada con antenas con polarización H-V, el elemento V debería ser el utilizado para la transmisión. Algunas de estas unidades tienen conjuntos de antenas con polarización cruzada diagonalmente y, para transmisión dúplex, no importa que conjunto de antenas se utilice.

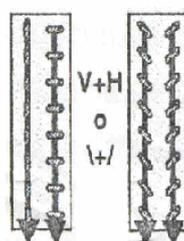


Figura.4.6. Diversidad de polarización.

Fuente: Nortel networks

4.7 PENETRACION EN EDIFICIOS

Predecir los niveles de las señales en los edificios es complejo. Un edificio es un conjunto detallado de obstrucciones y elementos de absorción. El principal mecanismo de propagación hacia dentro de un edificio es la difracción.

La propagación hacia el interior de un edificio tiene una pérdida adicional,

llamada pérdida por penetración, con respecto al nivel de la señal inmediatamente fuera. Los niveles de señales en el edificio se ven influidos por muchas variables:

- El ángulo de incidencia de la señal de la BTS sobre el exterior del edificio.
- La geometría de las ventanas y otras aberturas para la llegada de RF.
- Las características de absorción y reflexión de las paredes y superficies del edificio.

Perdidas comunes de penetración comparado, con el nivel exterior de la calle		
Atenuación de todo metal		26 dB
Aislamiento de la minilla		3.9dB
Pared de bloque de concreto		13-20 dB
Ducto del techo		1 a 8 dB
Escaleras de metal		5dB

Tabla. 4.1. Perdidas de penetración.

Fuente: Nortel Networks Ingeniería de radiofrecuencia

4.8 ANTENAS

4.8.1 RADIACIÓN DE LAS ANTENAS

Una antena es sólo un conductor pasivo que lleva corriente de RF

(Radiofrecuencia), la potencia de RF hace que la corriente fluya en la antena, el flujo de corriente produce la radiación de campos electromagnéticos, estos campos producen corriente en las antenas receptoras".

Cada "segmento" de la antena produce una cantidad definida de radiación con un ángulo de fase específico.

La intensidad de la señal recibida varía según la dirección de partida desde la antena radiante. La directividad de una antena es la misma para la transmisión y la recepción, cada pequeño segmento de la antena hace su contribución a la directividad de toda la antena es la clave para el concepto de los conjuntos de antenas.

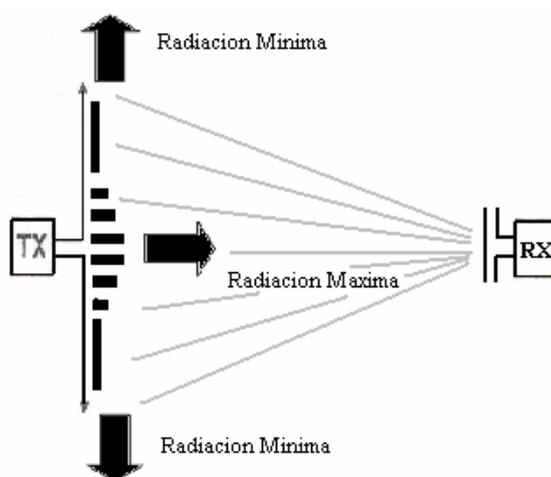


Figura.4.7. Radiación de una antena.

Fuente: <http://www.kathrein.de/download.pdf>

4.8.2 POLARIZACIÓN DE LAS ANTENAS

La polarización vertical u horizontal se denomina "polarización lineal". Para

que la antena receptora pueda recuperar el máximo de la potencia radiada, la polarización de las antenas transmisora y receptora debe ser la misma. La orientación y construcción determinan su *polarización*.

En un entorno urbano en que la señal se refleja en muchas direcciones, la potencia se distribuye en todas las polarizaciones posibles y la orientación de las antenas se vuelve menos crítica.

Una antena receptora orientada en ángulo recto con relación a la antena transmisora tiene “polarización cruzada” y tiene muy poca corriente inducida.

4.8.3 ESTIMACIÓN DEL AISLAMIENTO ENTRE ANTENAS

Las antenas ubicadas cerca una de la otra en una misma estación pueden interceptar una gran cantidad de potencia entre sí. La pérdida de puerto a puerto medida entre los conectores de dos antenas se denomina su "aislamiento".

En general, asegúrese de que una antena no bloquee el trayecto de otra para no distorsionar la forma del patrón de radiación debido a una reflexión no deseada.

Aislamiento eléctrico entre antenas

La pérdida por acoplamiento entre antenas isotrópicas separadas en una longitud de onda es de 22 dB, hay una pérdida adicional por acoplamiento de 6 dB cada vez que se duplica la separación. Una antena no debe estar

montada dentro del lóbulo principal y área cercana de otra, comúnmente en un rango de 10 pies 800 MHz, de 5 a 10 pies 1900 MHz y de 2 a 5 pies para 2GHz.

4.8.4 INCLINACIÓN HACIA ABAJO DE LAS ANTENAS

La inclinación hacia debajo de las antenas se usa por dos razones:

- Reducir la interferencia, es decir reducir la radiación hacia una celda co-canal⁶ distante concentrando la radiación dentro de la celda de servicio figura.4.8.
- Evitar la "sobre modulación".

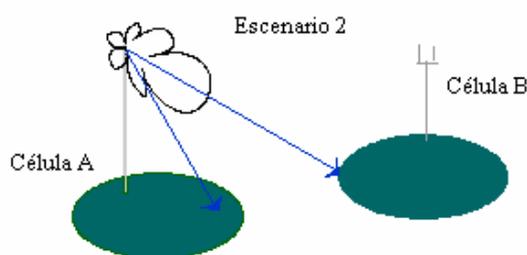


Figura.4.8.Inclinación antena.

Fuente: http://www.portalgsm.com/documentacion_extendida/990170

Mejorar la cobertura de los objetivos cercanos que están muy por debajo de la antena (figura.4.9) los que, de no ser así, quedarían dentro del "punto de cero"⁷ del patrón de la antena.

⁶ Co-canal: Canal que utiliza la misma frecuencia.

⁷ Punto de cero: ubicación que se encuentra cercana a la base a la antena.



Figura.4.9. Inclinación hacia abajo.

Fuente: http://www.portalgsm.com/documentacion_extendida/990170

4.8.5 TIPOS DE INCLINACIÓN HACIA ABAJO

Inclinación mecánica, hacia abajo. Inclinando físicamente la antena. El patrón delantero baja y la parte trasera sube. Es muy común para sectorización y aplicaciones omnidireccionales especiales.

Inclinación eléctrica hacia abajo Se aplica un desplazamiento de fase pequeño en la red de alimentación. El patrón cae en todo derredor. Se usa esta inclinación para antenas omnidireccionales cuando quiera que el patrón "caiga" ligeramente hacia abajo en todas direcciones, esto reduce la ganancia de una antena. Para una antena omnidireccional de 10 dBd (decibelios dipolo) de ganancia, la cantidad práctica máxima de inclinación del haz es de aproximadamente 6 grados.

4.9 LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

Se pueden usar varios medios físicos (cables conductores) para la transmisión y recepción de una señal. La propagación de energía a lo largo de una línea de transmisión ocurre en forma de ondas electromagnéticas, que se propagan principalmente en el conductor principal.

El comportamiento de las líneas de tx es sencillo predecible, sin embargo, al propagar señales de alta frecuencia, las características de una línea de transmisión se vuelven más complicadas y su comportamiento es más peculiar en los circuitos y sistemas de comunicación.

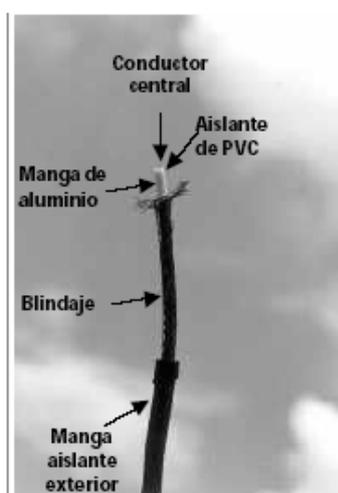


Figura.4.10. Estructura general de una línea TX.

Fuente: <http://dgtve.sep.gob.mx/tve/asistencia/manuales/pdf/cable.pdf>

Las características de la línea de Tx se determinan en base a sus propiedades

eléctricas como son: la conductancia del cable, la constante dieléctrica en el aislante, así como por las propiedades físicas, tales como: el diámetro del cable, la impedancia característica y la constante de propagación.

La línea de TX (figura.4.10) tiene sólo un conductor central, rodeado por un aislante a su vez está protegido por una manga de aluminio y un blindaje (funda de malla de aluminio). Este se clasifica no sólo por su calibre, sino también por su impedancia (medida en ohms), se utiliza cable coaxial de diferente impedancia. El conductor central, la manga de aluminio y el blindaje comparten el mismo eje geométrico y, por tanto, son coaxiales entre sí.

4.10 DISEÑO DE RED MOVIL PARA LA CIUDAD DE AMBATO

4.10.1 BANDAS DE FRECUENCIAS:

En radiotelefonía móvil los enlaces radio son dúplex y en general, emplean dos frecuencias portadoras distintas, una para el enlace móvil-base o enlace ascendente, UL (Uplink), y otra para el enlace base-móvil o enlace descendente, DL (Downlink). Esta pareja de frecuencias suele llamarse radio canal. A esta modalidad de explotación se le denomina dúplex por división de frecuencia, FDD (Frequency División Duplex). Los radio canales se asignan a partir de una banda de frecuencias, constituida por dos sub-bandas, con una separación determinada.

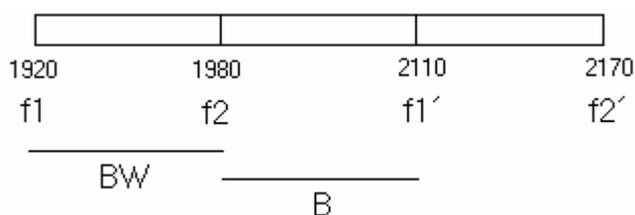


Figura.4.11. Parámetros de banda de frecuencias.

Fuente: Elaboración propia.

Los parámetros de la banda que observamos en la figura.4.12 son:

- Límites de las sub-bandas: $(f1, f2); (f1', f2')$.
- Anchura de las sub-bandas: BW .
- Separación entre frecuencias homólogas: B .
- Paso de canalización: $\Delta f = 5\text{MHz}$.

El número teórico de radio canales (de dos frecuencias) disponibles es:

$$N = \frac{BW}{\Delta f} \quad , \quad \text{Ecuación (4.7)}$$

Para la interfaz aire WCDMA se tiene el siguiente espectro de frecuencias:

- Inferior: 1920 - 1980 MHz: Transmisión MS – Recepción BTS (UL).
- Superior: 2110 – 2170 MHz: Transmisión BTS – Recepción MS (DL).

Cada radio canal se designa mediante un número entero llamado número absoluto de canal RF, ARFCN (Absolute Radiofrequency Channel Number).

La diferencia entre una frecuencia y su homóloga es igual a 130 MHz:

$$F_l(n) = 1920 + 5 \cdot n, \quad \text{Ecuación (4.8)}$$

$$F_u(n) = F_l(n) + 130 \quad 1 \leq n \leq 12, \quad \text{Ecuación (4.9)}$$

Radio canal	Enlace de subida	Enlace bajada
1	1920 - 1925	2110 - 2115
2	1925 - 1930	2115 - 2120
3	1930 - 1935	2120 - 2125
4	1935 - 1940	2125 - 2130
5	1940 - 1945	2130 - 2135
6	1945 - 1950	2135 - 2140
7	1950 - 1955	2140 - 2145
8	1955 - 1960	2145 - 2150
9	1960 - 1965	2150 - 2155
10	1965 - 1970	2155 - 2160
11	1970 - 1975	2160 - 2165
12	1975 - 1980	2165 - 2170

Tabla.4.2.Portadoras WCDMA

Fuente: <http://www.willtek.com/spanish/technologies/umts/wcdma/lambrica>

4.10.2 PLANIFICACIÓN CELULAR

El diseño de un sistema celular, es una actividad compleja, en la que han de tenerse en cuenta numerosos factores interdependientes, entre los que pueden destacarse los siguientes:

- Cobertura radioeléctrica.
- Limitación de las frecuencias.
- Movilidad de los usuarios.
- Distribución del tráfico.

La primera actividad que debe emprenderse en el proyecto de un sistema móvil celular es la denominada planificación celular, la cual debe comprender, al menos, las siguientes tareas:

- Análisis de tráfico (tanto de voz como de otros servicios) y movilidad de los clientes, basado en pronósticos de la demanda en función del tipo de zona.
- Elección del tamaño y tipo de celdas en función de la distribución del tráfico.
- Diseño de la red o malla celular con los tipos de celdas establecidos y orientación de antenas.
- Elección de los sistemas radiantes y sus diagramas de radiación en el plano horizontal (omnidireccional/sectorizado) y en el plano vertical.
- Ajuste de las ubicaciones de estaciones base a los emplazamientos disponibles.

- Determinar la cobertura básica y celdas mejores servidoras, incluidos la detección y tratamiento de puntos de cobertura dudosa y entornos especiales.
- Asignación de frecuencias a las estaciones base.
- Evaluación de la relación señal deseada/señal interferente para interferencias de la propia red. Reajustes necesarios, si en algunas celdas esta relación no es satisfactoria. Análisis y resolución de interferencias con otras redes móviles y otros sistemas de radiocomunicaciones.
- Determinación de los planos de interconexión y transmisión entre estaciones base y los controladores de estaciones y centros de conmutación.

La planificación celular parte de hipótesis sencillas y hace uso de un modelo geométrico simple, por lo que es un instrumento básicamente teórico que proporciona una información preliminar acerca del sistema celular en un proyecto, dando una idea general de las prestaciones previsibles en cuanto a cobertura y capacidad y comparar diferentes soluciones alternativas. El resultado de la planificación sirve de patrón o guía para el despliegue físico de la red sobre el terreno.

4.10.3 DURACIÓN EFECTIVA DE LA LLAMADA Y TENTATIVA DE LLAMADA EN HORA OCUPADOS (BHCA)

UMTS proporcionará servicios tanto de conmutación de paquetes como de circuitos. Por consiguiente el modelo de calculo para el espectro estimado se trata como una consideración detallada de los diferentes esquemas de transmisión por lo tanto se pone difícil y exige hacer varias suposiciones relacionando las características de tráfico, para aclarar las incertidumbres asociadas con la interfaz radio y las características de tráfico multimedia detalladas, se usaron las siguientes suposiciones para el tráfico de cada tipo de paquete:

- 1) El usuario final inicializa una sesión y establece una conexión virtual con el servidor o viceversa. El tiempo de la sesión no es considerado en los cálculos de demanda del espectro, con tal de que ningún dato se transfiera.
- 2) Los servicios como Multimedia High/Medium tienen las características de mayor descarga de tráfico. El dato descargado transferido durante la sesión encima de la interfaz de la radio, durante la duración de una llamada define los datos activos transferidos.

Se debe tomar en cuenta que WCDMA permite diferentes tipos de tráfico La especificación TS 23.107 del 3GPP define cuatro clases de tráfico según su

tolerancia al retardo, los cuales tienen distintas tasas de velocidades, como se observa en la figura.4.13.

Clase QoS	Aplicación	Estado Alto	Estado Bajo	TTI (ms)
Conversacional	voz (AMR)	Modo 12.2 kbit/s (3 s)	Modo tramas SID (3 s)	20
Interactiva	web	Descarga documento 13.2 kB a 64 kbit/s	Tiempo de lectura (60 s)	40
Streaming	vídeo (H.263)	Escenas complejas a 64 kbit/s (5 s)	Escenas sencillas a 32 kbit/s (5 s)	20
Background	correo electrónico	Descarga correo 25 kB a 32 kbit/s	Tiempo de lectura (120 s)	40

Figura.4.12. Clases y velocidades de tráfico.

Fuente: <http://www.umtsforum.com>

Las siguientes consideraciones incluyen los servicios de UMTS analizados por el estudio del mercado del Foro UMTS.

La duración de la llamada eficaz por el servicio según la ocupación y la duración de llamada de promedio son dadas en la tabla.4.3.

Servicio	Ocupación	Duración promedio de la llamada (s)	Duración efectiva de la llamada(s)
MM Interactiva alta	0.8	180	144
MM alta	1	53.3	53.3
MM media	1	13.9	13.9
Conmutación de	1	156	156

datos			
Mensajes simples	1	30	30
Voz	1	120	60

Tabla.4.3. Duración de la llamada eficaz
Fuente: Reporte #6. Foro UMTS/IMT 2000 Spectrum.

La ocupación indica cuánto, y en que promedio, la actividad del servicio variará. Esto se apreciable para transmisiones discontinuas como lo es un servicio de voz

La duración de la llamada de un servicio corresponde a cuánto tiempo, por término medio, el servicio se conecta.

La duración de la llamada y la ocupación no son características convenientes para los servicios de conmutación de paquetes.

Sin embargo, una estimación de la duración efectiva de la llamada y la cantidad de bits ofrecida para los servicios de paquetes, podría ser la base para el cálculo en la hora ocupada. La duración efectiva de la llamada para los servicios basados en paquetes podrían ser interpretados aceptablemente con un retardo.

4.10.4 TRÁFICO Y DIMENSIONAMIENTO

La característica básica de los sistemas de telecomunicación es el “principio de concentración”, es decir, un volumen limitado de recursos de planta se pone a disposición de un número elevado de potenciales usuarios de esos recursos. Esto es así por razones económicas y de utilización de los medios, puesto que estadísticamente se ha comprobado que los usuarios utilizan los recursos durante tiempos breves y, aunque el número de usuarios sea elevado, únicamente una fracción reducida de ese número está activo ocupando las facilidades en un momento determinado.

El análisis de tráfico no se puede realizar de manera global, debido a que la distribución de usuarios potenciales dentro de esta no es igual, por lo tanto la capacidad del sistema tampoco lo es, razón por lo cual se realizara un estudio independiente de trafico para cada sector.

En los modelos de tráfico telefónico, tanto de información como de señalización, se utilizan valores promediados en una unidad de tiempo de referencia que es la denominada hora cargada, BH (Busy Hour). La BH es un período de tiempo de 3600 segundos, en la cual la actividad de tráfico es máxima.

En el modelo simplificado de tráfico de voz, si:

M es el número de estaciones móviles y;

L el número de tentativas de llamada por móvil en la BH, se tiene:

$$\hat{\lambda} = \frac{M.L}{3600seg} \quad , \quad \text{Ecuación (4.10)}$$

La intensidad del tráfico A ofrecido al recurso en cuestión, se define como sigue:

$$A = \frac{\hat{\lambda}}{\mu} \quad (\text{Erlang}) \quad , \quad \text{Ecuación (4.11)}$$

El parámetro μ de la distribución es igual a $1/H$ siendo H la duración media de la ocupación del recurso.

De la sustitución de los valores λ y μ resulta:

$$A = \frac{M.L.H}{3600seg} \quad (\text{Erlang}), \quad \text{Ecuación (4.12)}$$

Esta expresión permite interpretar la intensidad de tráfico como el tiempo medio total de ocupación de los recursos en la BH. Cabe destacar que se debe calcular este valor independientemente para cada célula, ya que al ser un entorno urbano sobre el cual se brindara el servicio la distribución del

tráfico no será muy uniforme, debido a que en el centro de la ciudad se produce la mayor cantidad de tráfico, y hacia las periferias este valor disminuye de manera gradual.

La intensidad de tráfico permite un buen dimensionamiento y gestión de los recursos que se ponen a disposición de un sistema de telecomunicación para optimizar tanto su rentabilidad como la calidad de servicio ofrecida, estos valores son obtenidos mediante procesos estadísticos o consideraciones establecidas por organismos reguladores (tabla.4.3).

Los valores necesarios para determinar esta intensidad en la ciudad de Ambato, se obtienen mediante valores establecidos por las entidades que regulan las telecomunicaciones, aunque en muchos de los casos son las propias empresas que prestan el servicio las que fijan los valores más aceptables, basándose por supuesto en datos ya existentes que permitan un óptimo diseño; en la siguiente tabla se observa dicha información:

TOTAL EQUIPOS	# DE EQUIPOS HORA CARGADA (H.B)	# TENTATIVAS HORA CARGADA H.B	DURACION MEDIA DE LA LLAMADA
125000	1000	3	180seg
175000	1500	3	180seg
200000	1800	3	180seg
300000	2200	3	180seg

Tabla.4.4. Tráfico

Fuente: Superintendencia de telecomunicaciones

Como se observa en la tabla 4.4 el porcentaje de usuarios que utilizan el servicio en la hora de mayor carga es muy bajo. Tomando los valores de la Suptel correspondiente al número de usuarios en la ciudad se puede comparar con la (tabla.4.4) y obtener los valores para determinar la intensidad de tráfico. Se estima un total de 170.000 usuarios del servicio móvil, para el presente diseño se considera el volumen máximo de usuarios, hay que tomar en cuenta que los diseños de redes celulares son escalables es decir irán aumentando progresivamente su capacidad a medida que se incrementen el número de usuarios.

$$A = \frac{M.L.H}{3600seg}$$

$$A = \frac{1500 * 3 * 180seg.}{3600seg}$$

$$A = 225Erlang$$

En base a la intensidad de tráfico podemos determinar la densidad de tráfico para lo cual se debe conocer la longitud de la ciudad en kilómetros.

La ciudad tiene un radio de 6 Km por lo que la superficie circular a cubrir es 113.09 Km².

La densidad de tráfico total será igual a:

$$A=225 Erlang$$

$$S=113.09Km^2$$

$$\rho = \frac{A(\text{Erlang})}{S(\text{Km}^2)}, \quad \text{Ecuación (4.13)}$$

$$\rho = 1.98 \text{ Erlang/Km}^2$$

Una vez que se obtenga el número total de estaciones base, se debe realizar los cálculos anteriores para cada una de ellas, dado que cada célula individual soportara distintas cargas de tráfico.

Es necesario determinar la densidad de tráfico por terminal para lo cual aplicamos la ecuación (4.12), en la cual el valor de:

$$M = 1$$

$$L = 0.5$$

$$H = 180 \text{ seg.}$$

$$A = 0.025(\text{Erlang})$$

4.10.5 GRADO DE SERVICIO

Para efecto de evaluar el desempeño de las redes celulares, se basa su análisis en los siguientes parámetros:

- Probabilidad de extremo a extremo.
- Probabilidad de fallo del traspaso celular terrestre ;

Para lo cual se establece los siguientes valores objetivos que serán evaluados en la hora de máximo tráfico en cada célula, para cada una de las semanas del mes.

Probabilidad de bloqueo extremo a extremo	Valores objetivos
Probabilidad de bloqueo de radiocanales por célula.	=1%
Probabilidad de bloqueo de circuitos de interconexión por célula.	= 0.5%
Probabilidad de fallo de traspaso celular terrestre.	= 2%

Tabla.4.5. Grado de servicio.

Fuente: Reporte #6. Foro UMTS/IMT 2000 Spectrum.

4.11 TIPOS DE CELDAS

Al tratar de celdas, se considera, de entrada, dos aspectos: forma y tamaño:

4.11.1 FORMA GEOMÉTRICA

La forma de las celdas en los planes nominales depende del tipo de antena y de la potencia emitida por cada estación base.

Normalmente se usan dos tipos de antenas, las de diagrama horizontal omnidireccional y las directivas.

Si se usan antenas omnidireccionales, idealmente el área de cobertura será circular, y se utiliza un círculo para modelar dicha área. Ahora bien, si se

pretende cubrir una determinada zona con círculos, se producirá solapamiento entre ellos, lo cual es poco eficiente desde el punto de vista de uso del espectro pues en la zona de superposición se atendería el tráfico con más frecuencias de las necesarias. Por ello, en los modelos de planificación, las coberturas de estaciones base se idealizan mediante polígonos regulares que recubren el plano sin superposición.

De esos polígonos el hexágono tiene la propiedad de que, para un radio de cobertura R dado (distancia centro a vértice), es la figura de mayor superficie, y por tanto, será la que permita cubrir un área dada con el menor número de estaciones. Esto le convierte en la forma geométrica generalmente usada para representar las celdas.

Cuando se desea reducir la interferencia y obtener mayor ganancia para favorecer el enlace ascendente en entornos de cobertura difícil, como son los de naturaleza urbana e interiores de edificios, se utilizan en las estaciones de base antenas directivas. En este caso, en cada emplazamiento se disponen tres antenas con diagramas de radiación horizontal que abarcan 120° , como se ve en la figura.4.13.

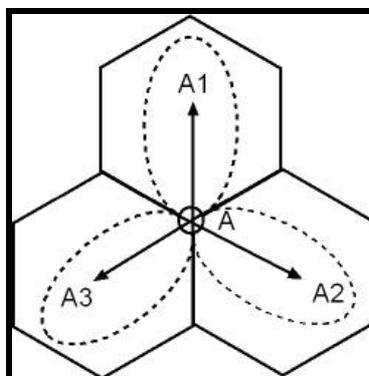


Figura.4.13.Estructura de una antena direccional.

Fuente:<http://www.monografias.com/comunicacioninalambrica>

Idealmente, las superficies cubiertas por cada antena se asimilan a hexágonos, y se les llama sectores. Cada sector tiene sus propias frecuencias y es servido por sus propios transmisores, de forma que los sectores son celdas pero “iluminadas” desde un vértice. Esta disposición reduce la interferencia producida ya que las antenas directivas radian muy poca potencia hacia atrás y en direcciones separadas angularmente de su vector de directividad, por lo cual en esas direcciones la interferencia será muy pequeña.

4.12 PLANIFICACIÓN RADIO

La planificación radio es una actividad fundamental en toda la red de telefonía móvil celular por su gran influencia en la consecución de los objetivos de cobertura, capacidad y calidad que el operador ha establecido,

así como los de índole económico para optimizar las inversiones en la planta técnica, los gastos de alquiler de infraestructura y los cánones por la utilización de las frecuencias radioeléctricas. La finalidad de un plan de red radio es definir las ubicaciones de estaciones base y establecer sus parámetros radioeléctricos: potencias, tipos y ganancias de antenas, frecuencias y su carga de tráfico.

4.12.1 DISEÑO DE LA RED RADIO CELULAR

La realización del diseño de la red radio es función de la estrategia adoptada por cada operador según las zonas a las que se desea dar cobertura.

A continuación se describen, la forma en que estos criterios determinan el diseño de la red y las herramientas y estrategias existentes para facilitar las distintas tareas implicadas en el mismo.

4.12.2 DISEÑO EN ENTORNOS URBANOS

Los condicionantes de cobertura en el diseño de la red radio de un núcleo urbano se traducen en el porcentaje de edificios a los que se pretende dar cobertura de interiores. Las pérdidas por penetración en los edificios son muy elevadas, y esto hace que, si se quiere dar una cobertura exhaustiva en interiores, la densidad de estaciones base resultante sea muy grande.

Los sistemas celulares en entornos urbanos, por tanto, tienen las siguientes características comunes:

- Sistemas limitados por interferencia: debido al elevado número de estaciones base, y al alto número de TRX por sector.
- Radio celular pequeño: debido a dos factores, la elevada densidad de estaciones necesarias para poder proporcionar la cobertura en interiores deseada, y la necesidad de proporcionar capacidad para absorber el tráfico generado en la ciudad.
- Emplazamientos poco dominantes, pero sin obstáculos próximos.
- Antenas situadas a poca altura sobre el edificio deseado.
- Celdas generalmente trisectoriales.
- Antenas con bastante inclinación mecánica y/o eléctrica. La finalidad es controlar la radiación minimizando la interferencia generada por el sector en cuestión.
- Diversidad en recepción: suele utilizarse diversidad espacial o por polarización.

4.12.3 MÉTODO OKUMURA-HATA

Okumura elaboró unas curvas de propagación que proporcionan valores de la intensidad de campo para medios urbanos, con diferentes alturas efectivas de antenas y una potencia de 1 KW. La altura de referencia para la antena de

recepción es de 1.5 m. Las curvas van acompañadas de una serie de correcciones que permiten tener en cuenta la ondulación del terreno, heterogeneidad del mismo (trayectos de agua-tierra), presencia de obstáculos, potencia y altura de la antena receptora, y para zonas urbanas, orientación de calles y densidad de edificación.

La formula básica de Hata, para pérdidas un entorno urbano, es:

$$L_b = 46.3 + 33.9 \log f - 13.8 \log h_b - a(h_m) + (44.9 - 6.55 \log h_b) \log d ,$$

Ecuación (4.14)

Donde:

f : frecuencia (Mhz), $150 < f < 2000$ Mhz.

h_b : altura efectiva de la antena de la estación base (m), $30 < h_b < 200$ m

h_m : altura sobre el suelo de la antena de la estación móvil (m), con $1 < h_m < 10$ m

d : distancia en km, $1 < d < 20$ Km.

$a(h_m)$: corrección por altura h_m .

La altura efectiva de la antena de la estación base es la altura del centro de radiación de la antena sobre el nivel medio del terreno h_m y se calcula como sigue:

$$h_b = h_o + c_o - \bar{h}, \quad \text{Ecuación (4.15)}$$

Siendo h_o la altura de la antena sobre el suelo, y c_o la cota del terreno en el lugar en que se encuentra la antena y \bar{h} la altura media del terreno.

El termino $a(h_m)$ es una corrección que depende de la altura de la antena del móvil. Para $h_m=1.5$ m, $a(h_m)=0$.

Ciudad media pequeña:

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

$$\text{Ecuación (4.16)}$$

Cuando el receptor se encuentra en zonas urbanas, la atenuación se calcula como:

$$L_{bs} = L_b - [\log(f/28)]^2 - 5.4,$$

$$\text{Ecuación (4.17)}$$

Y si está en zonas rurales, es:

$$L_{br} = L_b - 4.78(\log f)^2 + 18.33 \log f - 40.94,$$

$$\text{Ecuación (4.18)}$$

4.13 DISEÑO DE LA COBERTURA DE UN SISTEMA CELULAR WCDMA

4.13.1 DESCRIPCION DEL AREA A CUBRIR

Debido a que el diseño que se realiza es para la ciudad de Ambato, se debe obtener información geográfica de la zona para poder determinar el área a la cual se brindara el servicio celular 3G, y así determinar el nivel de cobertura óptima para la zona.

Dentro de la información necesaria debemos tener en cuenta lo siguiente:

CIUDAD	POBLACIÓN	EXTENCION (Km ²)	DENSIDAD (Hab/Km ²)
Ambato	287.282	1008.8	284.8

Tabla.4.6. Información general de la ciudad de Ambato.

Fuente: Informativo Municipalidad de Ambato.

Cabe recalcar que la superficie total de la ciudad en cuanto al diseño será menor, debido a que la mayor cantidad de usuarios se aglomeran en una superficie que corresponde a un radio igual a 6 Km.

Los sectores que corresponden a la ciudad y a los cuales debemos dar cobertura son los siguientes:

Zona centro de la ciudad, Ingahurco, Ingahurco Bajo, Huachi Loreto, Bellavista, La joya, Nuevo Ambato, Terremoto, Huachi Chico, Huachi Grande, Alborada, Ciudadela España, La magdalena, Santa Rosa, San Bartolomé de Pinillo, Miraflores, Ficoa, Atocha, Martinez, Atahualpa, Constantino, Izamba.

Los cuales son los puntos más sobresalientes de la ciudad, pero también recibirán cobertura las zonas aledañas a los sectores antes mencionados, debido a la naturaleza propia de la propagación de ondas electromagnéticas. En algunos casos como lo son ciertas zonas que se encuentran fuera del conglomerado urbano, debido a factores naturales como la altura, la distancia y dependiendo de la cantidad de usuarios se procede a analizarlos como sectores rurales ya que para estos casos lo que se requiere es una gran superficie de cobertura.

4.13.2 CALCULO DEL NÚMERO DE CELDAS TOTALES

El número de celdas totales para un área de servicio dado, puede ser calculado en base a dos maneras:

- La primera relacionada con el área de cobertura de la celda (N_{cob}).
- La segunda en base a la capacidad de la celda (N_{cab}).

Al final se realiza un balance entre ambas para determinar el número total de celdas necesarias para cubrir la zona, este balance se realiza mediante la siguiente formula:

$$N_{total} = \sqrt{((N_{cob.})^2 + (N_{cab.})^2)} , \text{ Ecuación (4.19)}$$

4.13.3 NÚMERO DE CELDAS POR COBERTURA

Para logara determinar el número de células necesarias por cobertura, se debe dividir el área total de servicio y el de cobertura de una celda, para lo cual se debe conocer el radio máximo de las células, para este caso no se toma en cuenta el trafico por usuario.

Dado que el radio del área sobre la cual se brinda cobertura es de 6Km, la superficie total de la misma sera 113.09 Km², se considerara a esta como área de servicio, también se determina como radio máximo de celda un valor de 2.6Km, en base a estos datos y mediante la utilización de la siguiente formula, se determina el número de celdas por cobertura.

$$N_{cob} = \frac{S_{total}}{S_{celda}} , \text{ Ecuación (4.20)}$$

La superficie de la celda se obtiene mediante la siguiente formula:

$$S_{celda} = \pi(2.6\text{Km})^2$$

$$S_{\text{celda}}=21.24 \text{ Km}^2$$

Por lo tanto la el número de celdas seria igual a:

$N_{\text{cob}}=5.32$, redondeando el valor 5 celdas necesarias para cubrir todo el área.

4.13.4 NÚMERO DE CELDAS POR CAPACIDAD

Aquí se determinara el número de celdas en base de la demanda de trafico, para lo cual es necesario conocer la capacidad de una celda parámetros que son determinados por el fabricante del equipo que se utilizara para brindar el servicio, estos valores pueden estar dados ya sea en canales de trafico o en Erlangs.

Mediante los datos conocidos anteriormente, tal como:

El número de usuarios: 170000

El tráfico de cada usuario: 0.025 Erlang

Tráfico total ofrecido: 225 Erlang

Tráfico por celda: 30 Erlang (especificado por el fabricante)

$$N_{\text{cap}} = \frac{\text{Trafico}(\text{total})}{\text{Trafico}(\text{celda})}, \quad \text{Ecuación (4.21)}$$

$$N_{\text{cap.}} = \frac{225(\text{Erlang})}{30(\text{Erlang})}$$

$$N_{\text{cap.}} = 7.5$$

4.13.5 NUMERO DE CELDAS TOTALES

El número de celdas totales, aplicando Ecuación (4.19.)

$$N_{total} = \sqrt{((N_{cob.})^2 + (N_{cab.})^2)}$$

De los valores obtenidos anteriormente se tiene:

$$N_{cob}=5$$

$$N_{cab}=7.5$$

Remplazando los valores en la ecuación. 4. 2 .se tiene:

$$N_{total} = \sqrt{((5)^2 + (7)^2)}$$

$$N_{total} = 8$$

Con lo anterior expuesto se ha determinado que el número de células máxima para dar una probabilidad de cobertura del 95% a la ciudad es de 8. Debido a que la población se encuentra dispersa, y solo existe un porcentaje de la misma se concentra en parte central, el tamaño de las celdas no va a ser el mismo para cada sector sino que cada área de cobertura será diferente, cumpliéndose el principio básico de los sistemas de comunicación celular. El área de cobertura será mayor cuanto menor sea el número de usuarios.

4.14 DISTRIBUCIÓN DEL TRÁFICO PARA CADA CELDA

Se estiman valores porcentuales de la cantidad de tráfico presente en cada uno de los sectores basándose en factores propios del medio, zona centro de la ciudad en donde se ubican los puntos de mayor demanda, sectores industriales, sectores residenciales, áreas rurales las cuales presentan menor cantidad de tráfico, etc. En base a estos datos dividimos la cantidad total de tráfico para cada una de las celdas.

Se debe tomar en cuenta ciertos valores para estimar los valores de tráfico en Erlangs, estos son:

- Tráfico Erlang por usuario (T_{usuario})= 0.025 Erlang
- Índice de penetración (I_{pent})= 10%
- Radio de microceldas= 0.6 a 2.6 Km²

La densidad de tráfico será igual a:

$$\text{Tráfico} = \text{densidad de población} * (T_{\text{usuario}}) * (I_{\text{pent}}) \quad \text{Ecuación (4.22)}$$

Celda	Tráfico (%)	Usuarios	Superficie (Km ²)	Densidad (hab/Km ²)	Trafico (Erlang)
Celda #1	10 %	17000	1.13Km ²	15000	37.6
Celda #2	10 %	17000	3.46Km ²	4913	12.28
Celda #3	15 %	25500	3.80Km ²	6710	16.7
Celda #4	15 %	25500	3.46Km ²	7340	18.4
Celda #5	10 %	17000	19.63Km ²	866	2.16
Celda #6	15 %	25500	3.45Km ²	7391	18.47
Celda #7	15%	25500	11.94Km ²	2137	5.4
Celda #8	10%	17000	21.24Km ²	800	2

Tabla.4.7. Distribución de usuarios para cada celda ^[8].

4.15 CALCULO DE PERDIDAS DE TRAYECTORIA

Una vez obtenido el número de células tanto para cobertura como para capacidad de tráfico, se debe calcular las pérdidas tanto de trayectoria o espacio libre a fin de delimitar el área de cobertura de cada una de ellas. Para lo cual se basa en el método de propagación para entorno urbano antes estudiado (Metodo de Okumura-Hata), con lo cual obtenemos las pérdidas, en dicho proceso intervienen tanto la frecuencia de portadora, altura de la antena, y radio de la célula (se encuentra limitado por la estructura propia del terreno, y el número de usuarios).

Ref.^[8] Fuente: elaboración propia

4.15.1 CALCULO DE PERDIDAS PARA LA CELDA #1

El entorno sobre el cual se diseña la red telefónica celular es un entorno urbano, para calcular las perdidas nos basamos en la (Ecuación. 4.14.); como datos tenemos:

- Frecuencia de portadora: 2110 – 2115 (5 Mhz).
- Altura efectiva de la antena: el tamaño de la antena para la celda #1 debe ser superior a la altura de los edificios, dado que en el centro se tiene los edificios con mayores alturas (edificio con mayor altura 40m), por lo tanto la altura de la antena será de 50m. Debido que la altura efectiva de la antena se obtiene con la (Ecuación.4.15) debemos tener en cuenta la altura promedio del terreno.
- Radio de la celda: 0.6Km.

Celda # 1				
Radio en (Km)	Altura efectiva de la antena. Ecuación.(4.15)	Frec. (Mhz)	Perdidas (dB) Ecuación.(4.14)	Perdidas entorno urbano (dB) Ecuación.(4.17)
0.6	50m	2115	127.76	121.92

Tabla.4.8. Calculo de perdidas celda # 1¹*

* Fuente: Elaboración Propia

4.15.2 CALCULO DE PERDIDAS PARA LA CELDA # 2

Datos para la celda:

- Frecuencia de portadora: 2115MHz.
- Altura de la antena: 30m, para obtener la altura efectiva se aplica (ecuación 4.15).
- Radio de la celda: 1.05Km.

Celda # 2				
Radio en (Km)	Altura efectiva de la antena. Ecuación.(4.15)	FREC. (Mhz)	Perdidas (dB) Ecuación.(4.14)	Perdidas entorno urbano (dB) Ecuación.(4.17)
1.05	71m	2115	132.73	126.41

Tabla.4.9. Calculo de perdidas celda # 2*

4.15.3 CALCULO DE PERDIDAS PARA LA CELDA # 3

Datos para la celda:

- Frecuencia de portadora: 2115MHz.
- Altura de la antena: 30m, para obtener la altura efectiva se aplica (ecuación 4.15).
- Radio de la celda: 1.2 Km.

* Fuente: Elaboración Propia

Celda # 3				
Radio en (Km.)	Altura efectiva de la antena. Ecuación.(4.15)	FREC. (Mhz)	Perdidas (dB) Ecuación.(4.14)	Perdidas entorno urbano (dB) Ecuación.(4.17)
1.0	60m	2115	134.36	128.49

Tabla.4.10. Calculo de perdidas celda # 3*

4.15.4 CALCULO DE PERDIDAS PARA LA CELDA # 4

Datos para la celda:

- Frecuencia de portadora: 2115MHz.
- Altura de la antena: 30m, para obtener la altura efectiva se aplica (ecuación 4.15).
- Radio de la celda: 1.05

Celda # 4				
Radio en (Km)	Altura efectiva de la antena. Ecuación.(4.15)	FREC. (Mhz)	Perdidas (dB) Ecuación.(4.14)	Perdidas entorno urbano (dB) Ecuación.(4.17)
1.05	30m	2115	139.35	133.46

Tabla.4.11. Calculo de perdidas celda # 4*

* Fuente: Elaboración Propia

4.15.5 CALCULO DE PERDIDAS PARA LA CELDA # 5

Datos para la celda:

- Frecuencia de portadora: 2115MHz.
- Altura de la antena: 30m, para obtener la altura efectiva se aplica (ecuación 4.15).
- Radio de la celda: 2.5Km.

Celda # 5				
Radio en (Km)	Altura efectiva de la antena. Ecuación.(4.15)	FREC. (Mhz)	Perdidas (dB) Ecuación.(4.14)	Perdidas entorno urbano (dB) Ecuación.(4.18)
2.5	137m	2115	141.8	108.97

Tabla.4.12. Calculo de perdidas celda #5*

4.15.6 CALCULO DE PERDIDAS PARA LA CELDA # 6

Datos para la celda:

- Frecuencia de portadora: 2115MHz.
- Altura de la antena: 30m, para obtener la altura efectiva se aplica (ecuación 4.15).
- Radio de la celda: 1.05Km.

* Fuente: Elaboración Propia

Celda # 6				
Radio en (Km)	Altura efectiva de la antena. Ecuación.(4.15)	FREC. (Mhz)	Perdidas (dB) Ecuación.(4.14)	Perdidas entorno urbano (dB) Ecuación.(4.17)
1.05	54m	2115	135.8	129.9

Tabla.4.13. Calculo de perdidas celda # 6*.

4.15.7 CALCULO DE PERDIDAS PARA LA CELDA # 7

Datos para la celda:

- Frecuencia de portadora: 2115MHz.
- Altura de la antena: 30m, para obtener la altura efectiva se aplica (ecuación 4.15).
- Radio de la celda: 1.95 Km.

Celda #7				
Radio en (Km)	Altura efectiva de la antena. Ecuación.(4.15)	Frec. (Mhz)	Perdidas (dB) Ecuación.(4.14)	Perdidas entorno urbano (dB) Ecuación.(4.17)
1.95	31m	2115	148.58	142.7

Tabla.4.14. Calculo de perdidas celda # 7*.

* Fuente: Elaboración Propia

4.15.8 CALCULO DE PERDIDAS PARA LA CELDA # 8

Datos para la celda:

- Frecuencia de portadora: 2115MHz.
- Altura de la antena: 30m, para obtener la altura efectiva se aplica (ecuación 4.15).
- Radio de la celda: 2.6Km.

Celda # 8				
Radio en (Km)	Altura efectiva de la antena. Ecuación.(4.15)	Frec. (Mhz)	Perdidas (dB) Ecuación.(4.14)	Perdidas entorno urbano (dB) Ecuación.(4.18)
2.61.2	64m	2115	147.7	114.87

Tabla.4.15. Calculo de perdidas celda # 8*.

4.16 UBICACIÓN Y CARACTERISTICAS DE CADA CELDA

El tipo y el tamaño de celda que se utiliza pueden ser afectados debido a varios factores, los cuales van a ser diferentes para cada sector sin embargo se han establecido ciertos parámetros o recomendaciones que ayudan a lograr una mejor calidad de servicio; tal es el caso que dependiendo del tipo

* Fuente: Elaboración Propia

de sector al cual se va a dar cobertura se recomienda un tamaño de celda diferente, esto se puede observar en la tabla.4.16.

Ambiente de operación	Sectores por base	Radio de células (Km)
Urbano	3	0.500
Suburbano	3	3
En edificios	1	0.075
Urbano (pedestre)	3	0.7
Urbano (vehicular)	3	0.7
Rural	3	8

Tabla.4.16. Dimensiones de las células para diferentes ambientes de operación

Fuente: Reporte #6. Foro UMTS/IMT 2000 Spectrum.

En la tabla.4.7. Es estableció el número promedio de potenciales usuarios para cada sector, el foro UMTS establece las siguientes recomendaciones para determinar el tipo de célula dependiendo de la cantidad de potenciales usuarios y del entorno sobre el cual se brinde la cobertura, esto se puede observar en la tabla.4.17.

Ambiente de operación	Densidad de población potenciales usuarios/Km ²	Tipo de células
Urbano	180000	Micro/Pico
Suburbano	7200	Macro
En edificios	380	Pico
Urbano (pedestre)	108000	Macro/Micro
Urbano (vehicular)	2780	Macro/Micro
Rural	36	Macro

Tabla. 4.17. Densidad de usuario por ambiente de operación y tipo de célula correspondiente.

Fuente: Reporte #6. Foro UMTS/IMT 2000 Spectrum.

4.16.1 CELDA # 1

Celda # 1	
Características	
Radio máximo en Km	0.6Km
Altitud	2590 m.s.n.m
Latitud	1 ^o 14' 15"
Longitud	78 ^o 37'30"
Tipo de zona	Urbana
Número de sectores	4
Angulo de sector	90 ^o
Superficie total de la celda	1.13Km ²
Tipo de celda	Minicelda
Ubicación	Centro de la ciudad

Tabla.4.18. Características de la Celda # 1*.

* Fuente: Elaboración Propia

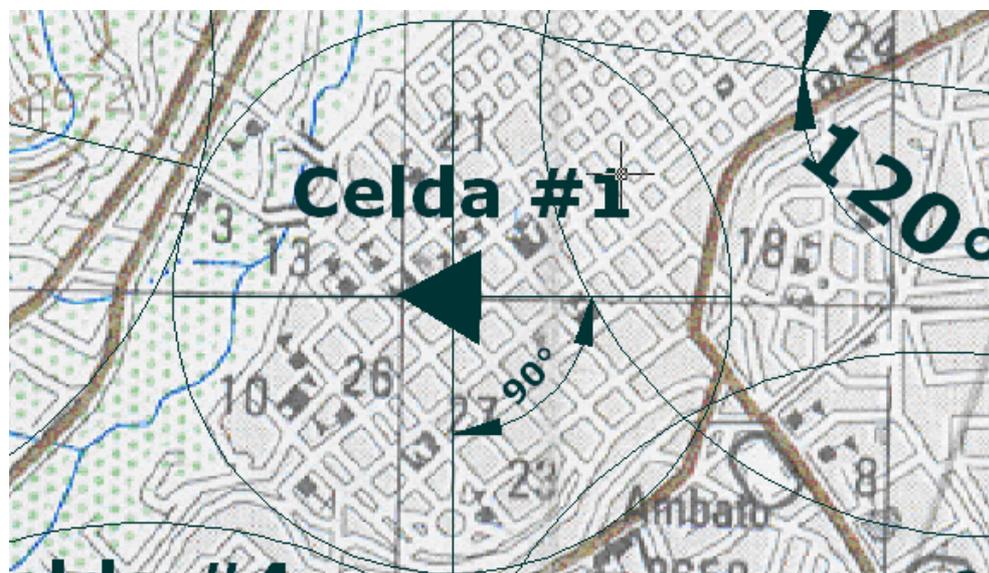


Figura.4.14. Ubicación y área de cobertura celda # 1*

4.16.2 CELDA # 2

Celda # 2	
Características	
Radio máximo en Km	1.05Km
Altitud	2672 m.s.n.m
Latitud	1 ⁰ 14' 2"
Longitud	78 ⁰ 38' 15"
Tipo de zona	Urbana
Número de sectores	2
Angulo de sector	120°
Superficie total de la celda	3.46Km ²
Tipo de celda	Minicelda
Ubicación	Cerro Santa Elena

Tabla.4.19. Características de la Celda # 2*.

* Fuente: Elaboración Propia

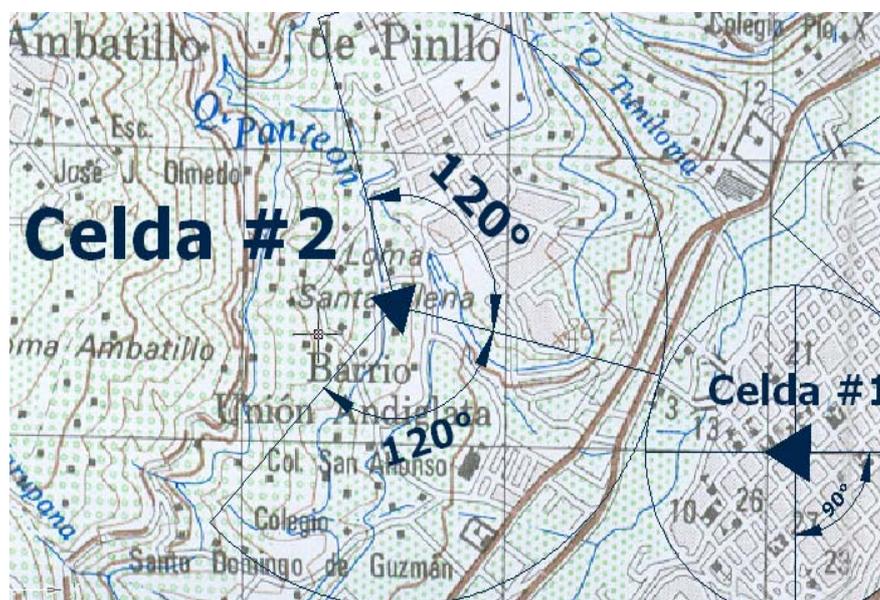


Figura.4.15. Ubicación y área de cobertura celda # 2*.

4.16.3 CELDA #3

Celda # 3	
Características	
Radio máximo en Km	1.2Km
Altitud	2590 m.s.n.m
Latitud	1° 14' 24"
Longitud	78° 36' 59"
Tipo de zona	Urbana
Número de sectores	3
Angulo de sector	120°
Superficie total de la celda	3.80Km ²
Tipo de celda	Minicelda
Ubicación	Barrio Juan León Mera

Tabla.4.20. Características de la Celda # 3*.

* Fuente: Elaboración Propia

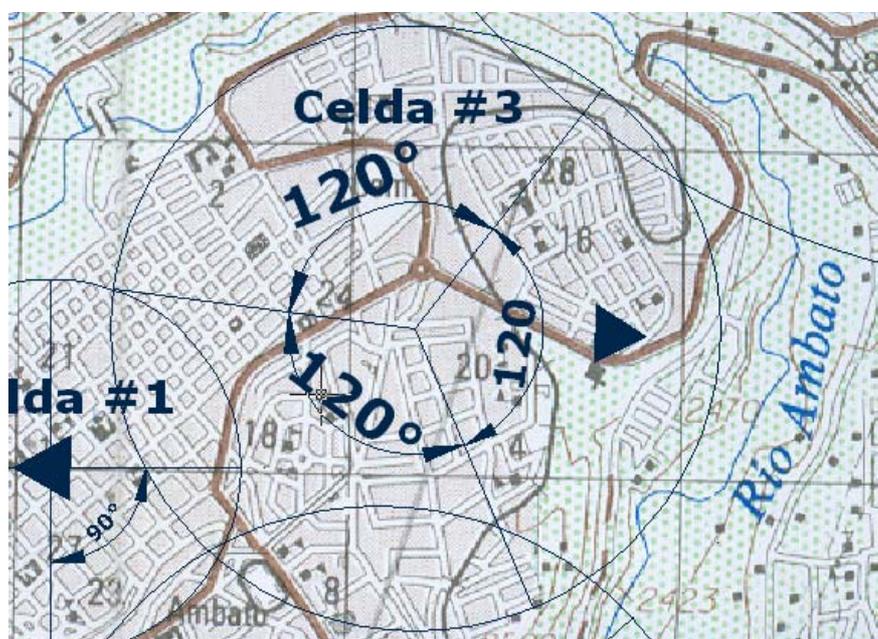


Figura.4.16. Ubicación y área de cobertura celda # 3*.

4.16.4 CELDA # 4

Celda # 4	
Características	
Radio máximo en Km	1.05Km
Altitud	2678 m.s.n.m
Latitud	1° 15' 7"
Longitud	78° 37' 56"
Tipo de zona	Urbana
Número de sectores	3
Angulo de sector	120°
Superficie total de la celda	3.46Km ²
Tipo de celda	Minicelda
Ubicación	Alborada

Tabla.4.21. Características de la Celda # 4*.

* Fuente: Elaboración Propia

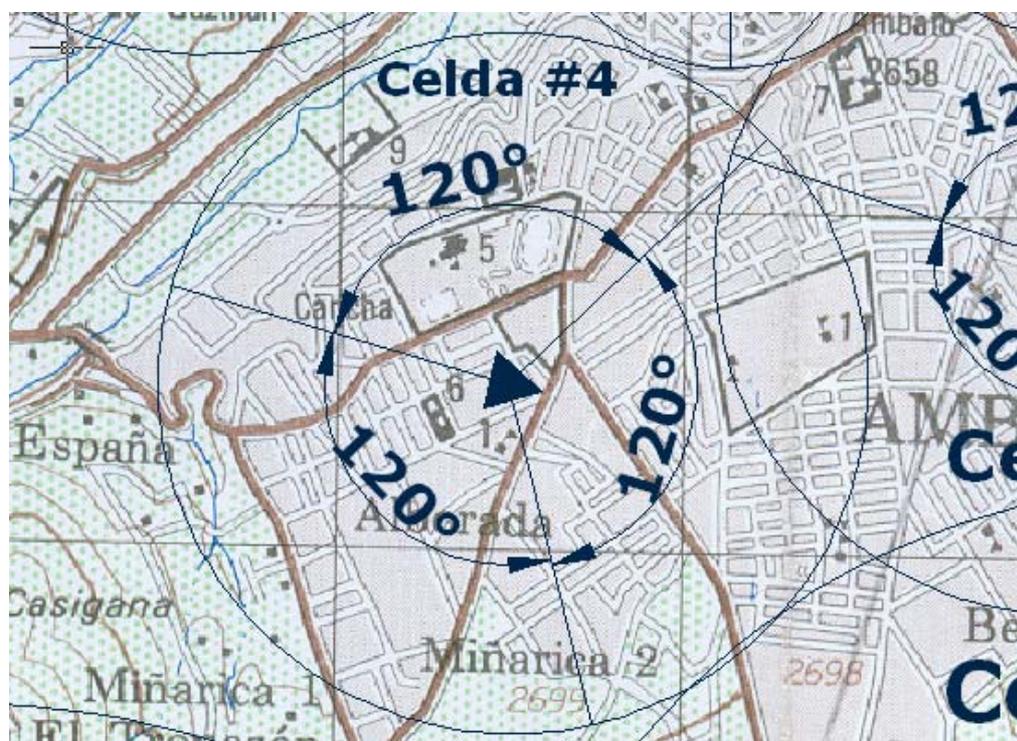


Figura. 4.17. Ubicación y área de cobertura celda # 4*.

4.16.5 CELDA # 5

Celda # 5	
Características	
Radio máximo en Km	2.5Km
Altitud	2732 m.s.n.m
Latitud	1 ^o 12' 38"
Longitud	78 ^o 35' 52"
Tipo de zona	Rural
Número de sectores	2

* Fuente: Elaboración Propia

Angulo de sector	120°
Superficie total de la celda	19.63Km ²
Tipo de celda	Minicelda
Ubicación	Juana de Oro

Tabla.4.22. Características de la Celda # 5*.

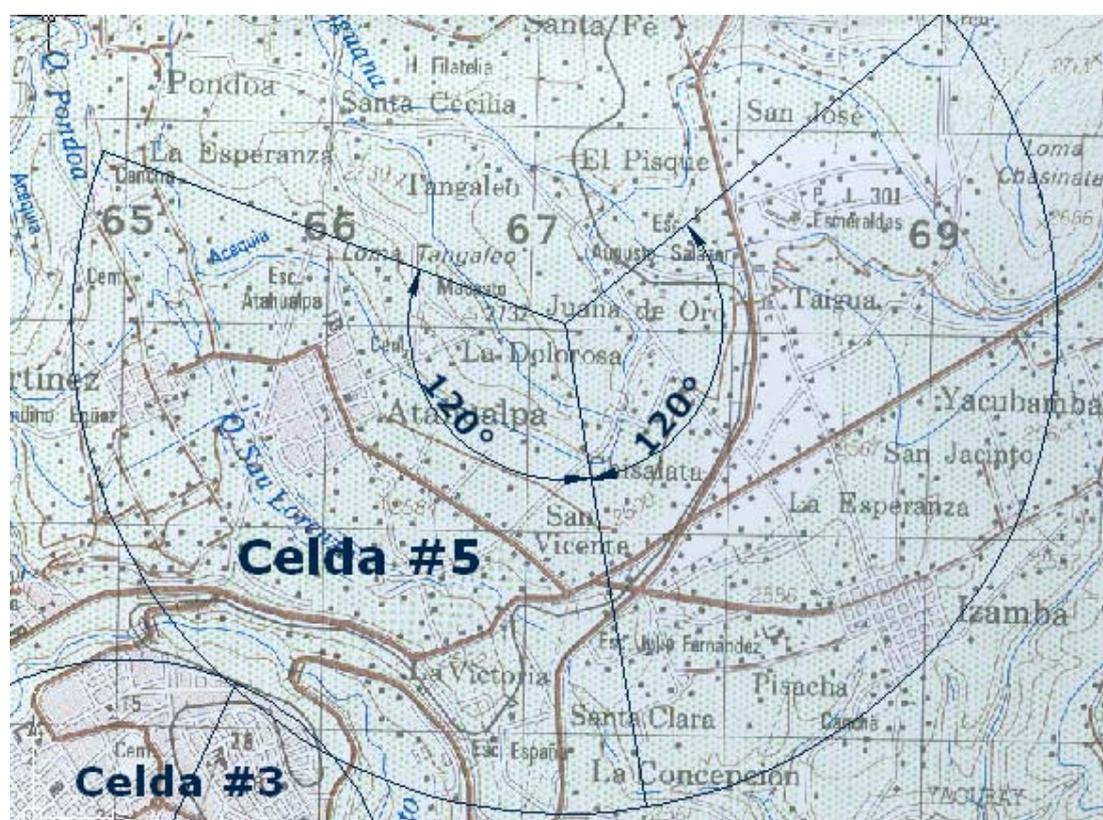


Figura. 4.18. Ubicación y área de cobertura celda # 5*.

* Fuente: Elaboración Propia

4.16.6 CELDA # 6

Celda # 6	
Características	
Radio máximo en Km	1.05Km
Altitud	2678 m.s.n.m
Latitud	1° 14' 54"
Longitud	78° 37' 1"
Tipo de zona	Urbana
Número de sectores	3
Angulo de sector	120°
Superficie total de la celda	3.45Km ²
Tipo de celda	Minicelda
Ubicación	Terremoto

Tabla.4.23. Características de la Celda # 6*.

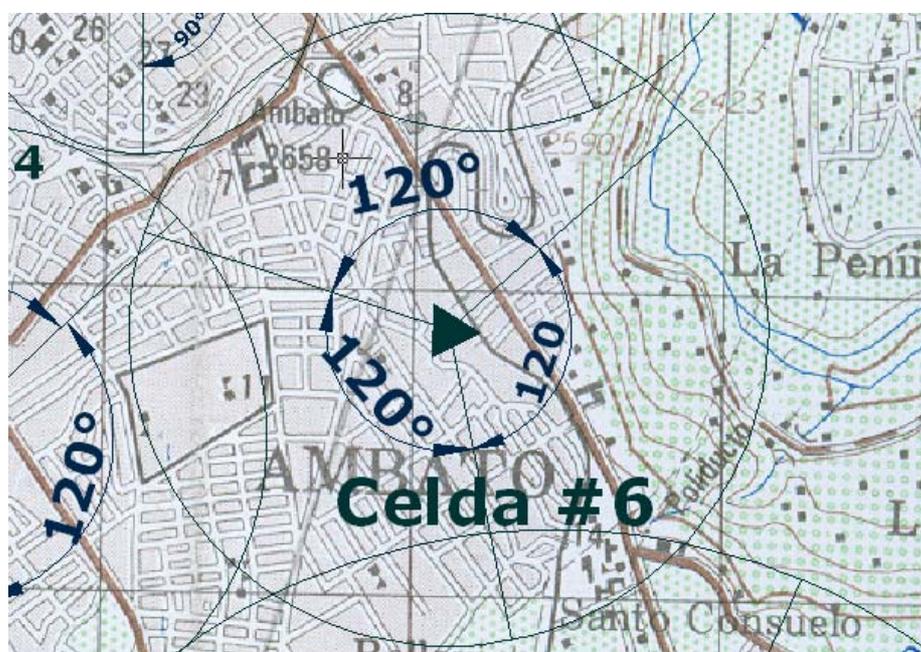


Figura.4.19. Ubicación y área de cobertura celda # 6*.

* Fuente: Elaboración Propia

4.16.7 CELDA #7

Celda #7	
Características	
Radio máximo en Km	1.95Km
Altitud	2710 m.s.n.m
Latitud	1° 16' 25"
Longitud	78° 36' 50"
Tipo de zona	Urbana
Número de sectores	3
Angulo de sector	120°
Superficie total de la celda	11.94Km ²
Tipo de celda	Minicelda
Ubicación	La joya

Tabla.4.24. Características de la Celda # 7*.

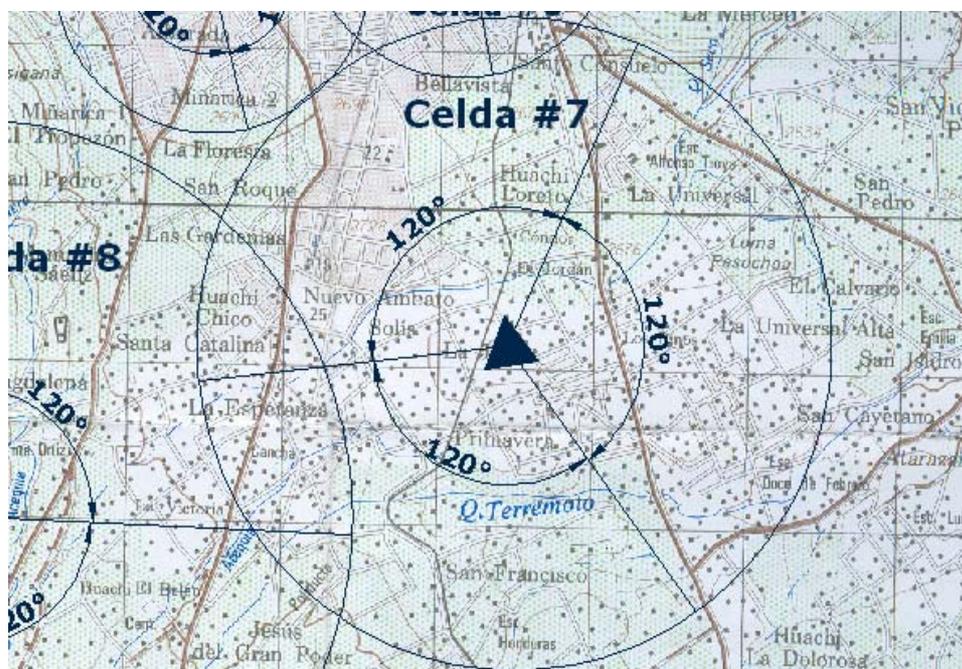


Figura.4.20. Ubicación y área de cobertura celda # 7*.

* Fuente: Elaboración Propia

4.16.8 CELDA # 8

Celda # 8	
Características	
Radio máximo en Km	2.6Km
Altitud	3028 m.s.n.m
Latitud	1° 17' 1"
Longitud	78° 38' 45"
Tipo de zona	Rural
Número de sectores	3
Angulo de sector	120°
Superficie total de la celda	21.24Km ²
Tipo de celda	Minicelda
Ubicación	Bellavista

Tabla.4.25. Características de la Celda # 8*.

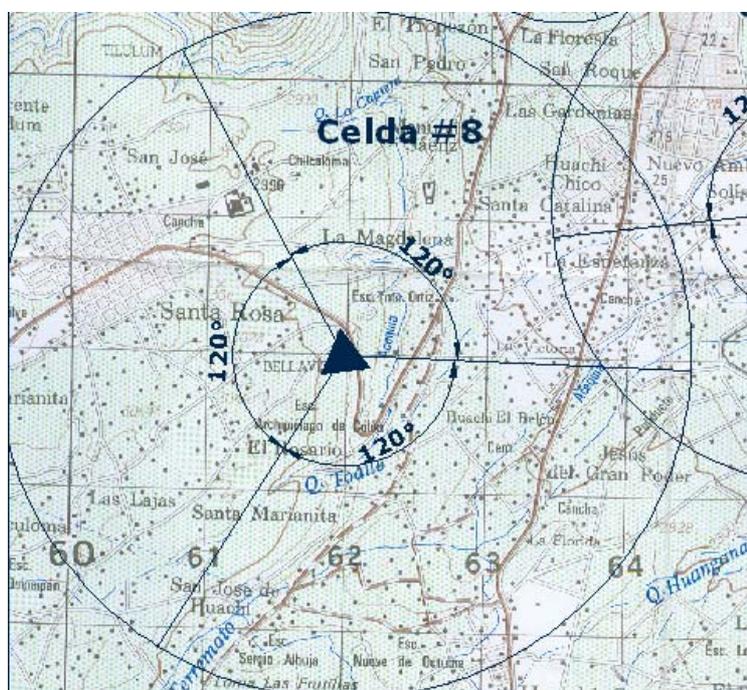


Figura.4.21. Ubicación y área de cobertura celda # 8*.

* Fuente: Elaboración Propia

4.17 POTENCIAS DE LOS EQUIPOS

Los equipos que forman parte de una estación base son de 8 clases de potencias diferentes (tabla.4.26), así:

Clase	Potencia	
	dB	watios
1	55dB	320W
2	52dB	160W
3	49dB	80W
4	46dB	40W
5	43dB	20W
6	40dB	10W
7	37dB	5W
8	34dB	2.5W

Tabla.4.26. Potencia de los equipos

Fuente: <http://www.ericsson.se/wireless/products>

4.18 CUADRO DE BALANCE DE POTENCIAS

La planificación del presupuesto de enlace es parte del proceso de planeamiento de la red que ayuda a la dimensión del tamaño requerido, capacidad y calidad. La dirección de Downlink limita la capacidad disponible de la célula, como la potencia de Tx de la Estación Base Transceptora (BTS) la cual es típicamente de (20-40W), este valor tiene que ser dividido a todos

los usuarios. El objeto del plan de presupuesto de enlace es calcular el tamaño máximo de la célula bajo el siguiente criterio:

- El tipo de servicio (el tipo de datos y velocidad).
- El tipo de ambiente (el terreno, construyendo la penetración).
- El tipo de móvil (la velocidad, el poder del máximo nivel).
- La configuración del Sistema (las antenas de BTS, pérdidas del cable).
- Requerimientos de cobertura.
- Los factores financieros y baratos (uso de equipo de calidad más caro y bueno o el método de la instalación más barato) y para coincidir todos aquéllos la cobertura del sistema requerido, capacidad y necesidades de calidad con cada área y servicio.
- En un área urbana, la capacidad será un factor limitante, las células de las ciudades serán dimensionadas para la cantidad de Erlangs/km² requerido para la voz y datos. En un área rural el presupuesto para la potencia del uplink será determinado para el rango de célula máximo, debido a que las células son menos congestionadas.

Un rango celular típico en las áreas rurales será varios kilómetros dependiendo del terreno.

- La interferencia en el sentido de estación móvil-a-base es la más complicada debido a la ubicación aleatoria de las estaciones interferentes y como consecuencia de la pérdida por penetración en edificios.

- La cobertura de la antena queda determinada por la altura y la potencia isotrópica efectivamente irradiada IERP. La IERP es la suma de la potencia del transmisor (típicamente +43 dBm) más la ganancia de la antena (cerca a +7,5 dB) menos la atenuación del circuito de alimentador (del orden de -1,5 dB). El valor de IERP es entonces cercano a +19 dBw (equivalente a 100 w isotrópicos).
- Debido a los cambios de propagación de acuerdo con la posición del móvil, el área de cobertura se define en términos estadísticos de Área vs. Tiempo:

Se considera aceptable una cobertura del 90% del área el 90% del tiempo.

- Comercialmente puede indicarse el 95% de área y el 95% de la población de un país o región.
- La FCC determina que en la banda de 1900 MHz una densidad de potencia de 39 dBuV/m (son 93 dBm en el móvil). Éste valor corresponde a un contorno de área del 90% de disponibilidad el 50% del tiempo.

El valor de PIRE de Tx (Potencia Isotrópica Radiada Efectiva), máxima potencia irradiada por un equipo con respecto a un radiador isotrópico, es el valor de potencia de Tx el cual restado con las pérdidas obtenidas por el método de Okumura para cada celda nos indica el nivel de cobertura disponible para la misma, dicho valor debe estar acorde a las medidas

especificadas por los organismos especializados como optimas para los diferentes ambientes.

Estos valores los encontramos en la tabla.4.27.

Tipo de entorno	Nivel de potencia
Urbano denso	-87dB
Urbano	-90dB
Suburbano / rural	-93dB
Rural	-105dB

Tabla.4.27. Niveles de potencia óptimos.

Fuente: <http://www.utdallas.edu/~torlak/wireless/projects/venu.pdf>

En la tabla.4.28. Se enlistan cada uno de los parámetros que forman parte de un presupuesto de enlace, varios de estos valores tales como (potencia de Tx, Ganancia de la antena de Tx y Rx, densidad de ruido,) se obtienen de las especificaciones técnicas propias de los equipos, los valores de (perdidas de cable y conectores, degradación por ruido) se obtienen de tablas, los valores restantes se consiguen en base a cálculos para lo cual se indican las formulas en la misma tabla.

	Parámetros	Formulas	Dowlink
A	Potencia Tx (dB)		46
B	Perdida cable y conectores(dB)		2
C	Ganancia de la antena de Tx (dB)		14.5
D	Densidad de ruido (BTS)		-169
E	Margen de interferencia		3
F	Potencia de ruido Rx (dB)	=D+10log(3.84 Mchs)	-103.2
G	Potencia de interferencia en Rx	=10log(10 ^{(F+E)/10})-10 ^{F/10}	-103.22
H	Ruido e interferencia(dBm)	=10log(10 ^{F/10} +10 ^{G/10})	-100
I	Ganan.de proceso(dBm),12.2Kb	=10log(3840/12.2)	14.25
J	Eb/No requerido (dB)		5
K	Sensibilidad en el receptor (dB)	=J-I+H	-109.25
L	PIRE de Tx	=A-B+C	58.5
M	Degradación por ruido		2
N	Margen de desvane. log normal		7
O	Ganancia antena recepción		-2
P	Ganancia soft handover		3
Q	Potencia isotropica	=K+M+E+N+P-O	-92.25

Tabla.4.28.Cuadro de balance de potencias para entorno urbano*.

Debido a que el sistema permite diversas velocidades de datos y no solo únicamente de voz (figura.4.13), es necesario calcular la ganancia de proceso para 384kbs, debido a que esta es la tasa de datos máxima para tráfico interactivo.

* Fuente: Elaboración Propia

	Parámetros	Formulas	Dowlink
A	Potencia Tx (dB)		46
B	Perdida cable y conectores(dB)		2
C	Ganancia de la antena de Tx (dB)		14.5
D	Densidad de ruido (BTS)		-169
E	Margen de interferencia		3
F	Potencia de ruido Rx (dB)	$=D+10\log(3.84 \text{ Mch})$	-103.2
G	Potencia de interferencia en Rx	$=10\log(10^{(F+E)/10})-10^{F/10}$	-103.22
H	Ruido e interferencia(dBm)	$=10\log(10^{F/10}+10^{G/10})$	-100
I	Ganan.de proces.(dBm),384Kbs	$=10\log(3840/384)$	10
J	Eb/No requerido (dB)		5
K	Sensibilidad en el receptor (dB)	$=J-I+H$	-105
L	PIRE de Tx	$=A-B+C$	58.5
M	Degradación por ruido		2
N	Margen de desvane. log normal		7
O	Ganancia antena recepción		-2
P	Ganancia soft handover		3
Q	Potencia isotropica	$=K+M+E+N+P-O$	-88

Tabla.4.29.Cuadro de balance de potencias para entorno urbano *.

Una vez determinado los valores del presupuesto de enlace se descuenta las pérdidas de trayecto obtenidas de cada celda (tablas.4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, 4.15), con lo cual se obtiene los siguientes valores (tabla.4.30):

* Fuente: Elaboración Propia

Celda	Perdidas de trayecto (dB)	PIRE de Tx	Potencia final
Celda #1	121.92	58.00	-63.42
Celda #2	126.41	58.5	-67.91
Celda #3	128.49	58.5	-69.9
Celda #4	133.46	58.5	-74.96
Celda #5	108.97	58.5	-50.47
Celda #6	129.9	58.5	-71.4
Celda #7	142.7	58.5	-84.2
Celda #8	114.87	58.5	-56.37

Tabla.4.30. Valores de potencia de cada celda*.

4.19 SELECCIÓN DE EQUIPOS

Dentro del diseño de una red de telefonía celular, la elección adecuada de los equipos que brindaran cobertura a una zona determinada es de vital importancia ya que esta decisión es la que determina en gran medida la calidad del servicio brindado.

Existe una gama muy variada de empresas tales como (Ericsson, Nokia, Samsung, Motorola, NEC, Siemens, etc.), que ponen a disposición de las operadoras gran cantidad de equipos de distintas características para el desarrollo de redes de telefonía celular. Encontrar los equipos que más se

* Fuente: Elaboración Propia

adapten a las necesidades de la zona en la cual se brindara el servicio es de gran importante, debido a que así se evitara sobre dimensionar o a su vez utilizar equipos que no tengan las características mínimas requeridas provocando una cobertura deficiente:

4.19.1 ANTENAS

Dentro del diseño de telefonía celular o de cualquier radio enlace las antenas juegan un papel importante dentro de la cobertura ya que es gracias a ellas que la potencia de los equipos sean estos transmisores o receptores, puede ser transmitida o recibida. Para el presente diseño se necesitan antenas con características muy particulares, mismas que detallamos a continuación:

- Frecuencia de trabajo: 1900 y 2000MHz.
- Angulo de cobertura del lóbulo: 90° y 120°.
- Ganancia de la antena: 14.5dBi.
- Impedancia: 50Ω.
- Polarización: vertical u horizontal.
- Angulo de tilt: eléctrico o mecánico ajustable.

Se ha escogido los siguientes tipos de antenas, las cuales cumplen con los requisitos antes puntualizados:

Cuadro de características completas de las antenas revisar (anexo 3)

Tipo No.	741 786
Rango de frecuencia	1920 – 2170 MHz
Polarización	Vertical
Ganancia	14.5 dBi
Angulo de lóbulo	H-plano:120° V-plano:8°
Radio frente atrás	>18 dB
Impedancia	50Ω
VSWR	<1.5
Máxima potencia	200w (50 ^{oC})

Tabla.4.31. Características técnicas de la antena.

Fuente: <http://www.kathrein.de/de/mca/produkte/download/9362343a.pdf>

Especificaciones mecánicas	
Entrada	7-16 hembra
Posición del conector	Base o parte superior
Peso	3.7 Kg
Carga de viento	Frontal:180N(a 150Km/h)
	Lateral: 80N(a 150Km/h)
	Posterior: 2300N(a 150Km/h)
Maxima velocidad del viento	200Km/h
Tamaño del paquete	1084x172x72mm
Altura/peso/ancho	982/155/49mm

Tabla.4.32. Características mecánicas de la antena.

Fuente: <http://www.kathrein.de/de/mca/produkte/download/9362343a.pdf>

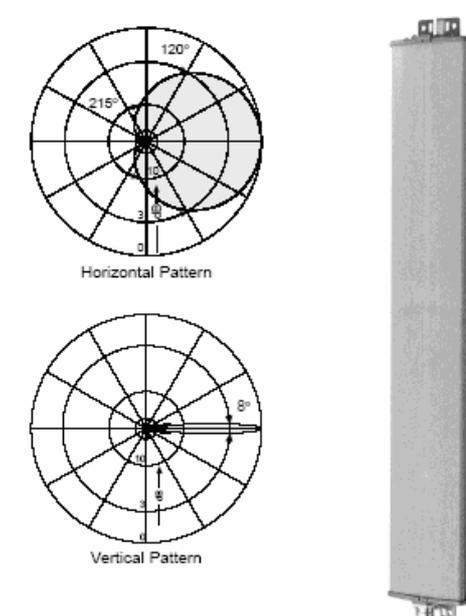


Figura.4.22. Lóbulos horizontal y vertical, forma de la antena.

Fuente: <http://www.kathrein.de/de/mca/produkte/download/9362343a.pdf>

Tipo No.	80010046
Rango de frecuencia	1710 – 2170 MHz
Polarización	Vertical
Ganancia	14 dBi
Angulo de lóbulo	H-plano:90° V-plano:8°
Radio frente atrás	>20 dB
Impedancia	50Ω
VSWR	<1.5
Máxima potencia	100w (50°C)

Tabla.4 33. Características técnicas de la antena 741786.

Fuente: <http://www.kathrein.de/de/mca/produkte/download/9362500a.pdf>

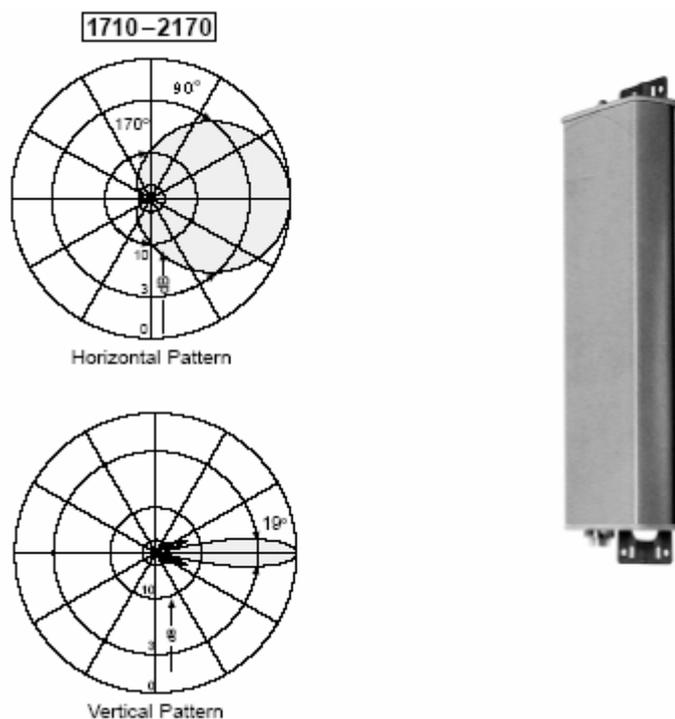


Figura.4.23. Lóbulos horizontal y vertical, forma de la antena.

Fuente: <http://www.kathrein.de/de/mca/produkte/download/9362500a.pdf>

4.19.2 NODOS B o ESTACION BASE TRANCEPTORA (BTS)

En el mercado se puede encontrar una gama muy amplia de nodos B o estaciones transceptoras, sin embargo se han escogido dos tipos de estaciones bases las cuales cumplen con los requisitos anteriormente expuestos.

4.19.2.1 FAMILIA RBS 3000

El diseño de la familia de productos RBS 3000 se basa en los requisitos del 3GPP.

Todos estos productos se someten a ensayo y a configuración previa antes de suministrarse a su emplazamiento. También incorporan un mecanismo de autocontrol, y un “wizard” de configuración de equipo que reduce aún más el tiempo de instalación y acelera el despliegue de la red.

Una sola configuración de equipo de RBS3000 gestiona mezclas de voz y servicios en modo circuito y datos en paquetes sin tener que reconfigurarse para cada tipo diferente de tráfico.

Los operadores pueden incrementar fácilmente la capacidad del equipo sin interrupciones de ninguna naturaleza.

Todos los productos RBS 3000 macro se han diseñado para gestionar varios servicios. El hardware y software de la RBS son de diseño modular.

El hardware es flexible, lo cual significa que un mismo equipo puede gestionar la mayor parte de las situaciones de tráfico. La arquitectura es escalable y por tanto fácil de ampliar. Los operadores pueden añadir portadoras o incrementar la capacidad de canales instalando más tarjetas u otro armario completo.

4.19.2.2 RBS 3202

La RBS 3202 (figura.4.24) es una estación base de radio macro para interiores. La configuración básica soporta hasta tres sectores y dos portadoras (3x2). La RBS puede ampliarse a configuraciones de tres sectores y cuatro portadoras (3x4) o seis sectores y dos portadoras (6x2). Su potencia de salida es de una radiofrecuencia (RF) de 20/40 W por portadora.

En el armario, todas las unidades son fácilmente accesibles desde delante. Todos los interfaces de cable se encuentran en la parte superior del armario. Por tanto, los armarios pueden montarse unos junto a otros o adosados por detrás.

a) FUNCIONES MÁS DESTACADA

- Equipo híbrido que combina uno, dos o tres sectores en un armario.
- Filtro que combina uno, dos o tres sectores en un armario
- 20/40 W de potencia de salida del armario
- Mayor alcance, 121 km
- Soporta software de refuerzo de potencia
- Preparada para transmisión basada en IP
- Preparada para diversidad de receptor de ramificación cuádruplo

b) CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Banda de frecuencias

- Transmisión (Tx) 2110 – 2170 MHz
- Recepción (Rx) 1920 - 1980 MHz
- Dimensiones 1900x600x400 mm
- Peso (equipada) 230 kg
- Potencia al alimentador de antena 20/40 W
- Sensibilidad del receptor -109.25 dBm
- Suministro eléctrico 120 a 250 VAC, 50/60 Hz -48 a -72 VDC +20 a +29 VDC.



Figura.4.24. Estación Base Tranceptora RBS3202.

Fuente: http://www.umtsworld.com/technology/ran/Ericsson_nodeb.htm

4.19.2.3 ESTACIÓN BASE TRANSCEPTORA (BTS) DE GRAN CAPACIDAD

Item	Especificaciones
Banda de radiofrecuencia	Uplink: 1900 to 1960 MHz Downlink: 2100 to 2150 MHz
Portadora	5MHz
Número de portadoras	4 portadoras
Sistema de acceso	DS-CDMA/FDD
Número de sectores	6 sectores
Potencia de salida	20/40/80W
Capacidad de canales	2880 canales de voz
Tasa de transmisión	3.84Kb/s
Interfase de línea de Tx	6.3Mbps o 1.5Mbps
Dimensiones del equipo (WxDxH)	800x600x1800mm

Tabla.4.34. Características⁸ principales (BTS).

Fuente: <http://www.fujitsu.com/products>.

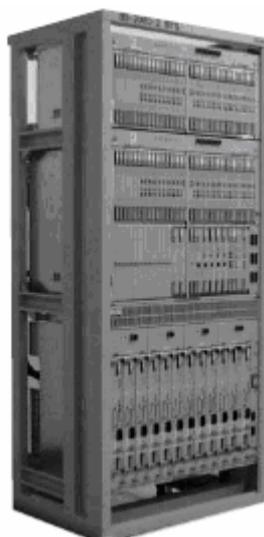


Figura. 4.25. Estación Base Transceptora (BTS) de gran capacidad.

Fuente: <http://magazine.fujitsu.com/us/vol38-2/paper07.pdf>

⁸ Hoja de datos técnicos revisar Anexo 3.

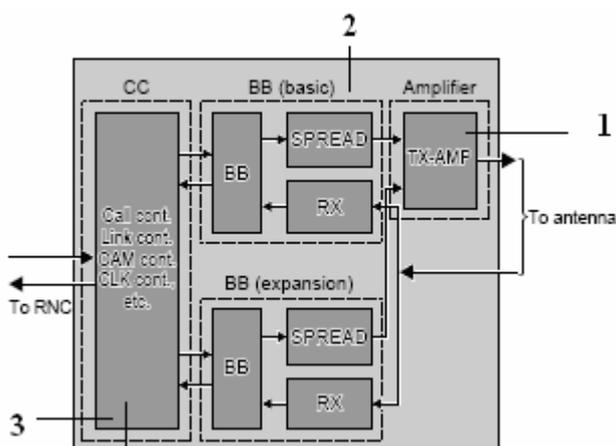


Figura.4.26. Configuración BTS.

Fuente: <http://magazine.fujitsu.com/us/vol38-2/paper07.pdf>

1) Partes de Radio (TX-AMP, RX)

Esta parte es conectado a la antena y amplifica las características de la potencia transmitida también posee un amplificador receptor de bajo ruido para amplificar las señales de radio frecuencia enviadas/ recibidas. Ejecuta la conversión digital/análoga de la transmisión de señales ensanchadas de banda base y convierte las señales de radio frecuencia en modulación por cuadratura. También ejecuta la detección cuasi coherente y la conversión análoga/digital de las señales recibidas del amplificador de recepción.

2) Procesador de señales de banda base (BB).

Esta parte (figura.4.27) ejecuta el código de corrección de errores, estructura y modulación de datos de los datos transmitidos. De la señal recibida ejecuta el desensanchamiento, sincronización de chips, decodificación de corrección de errores, demultiplexación de datos, recepción RAKE y diversidad de handover entre sectores.

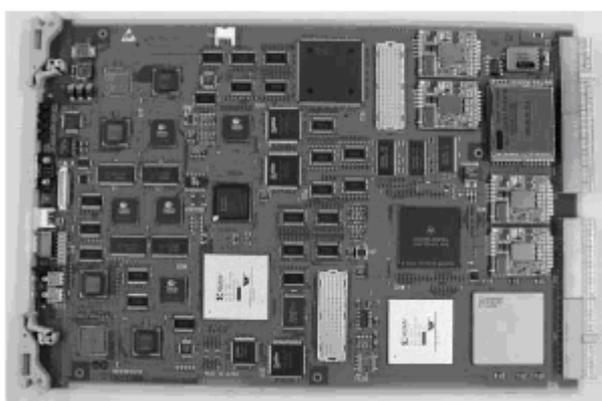


Figura.4.27. Tarjeta BB

Fuente: <http://magazine.fujitsu.com/us/vol38-2/paper07.pdf>

3) Control común (CC)

Esta sección envía las señales de control a y desde la estación base controladora. Además ejecuta los procedimientos ATM, extrae las señales de reloj para las transmisiones en línea para la interfase entre estaciones.

Las funciones de control común son:

- Control de procesamiento de llamadas
- Control del enlace de radio.
- Control interno de la estación.

- Control monitoreo y mantenimiento.
- IP sobre ATM.
- Transferencia de archivos remotos.

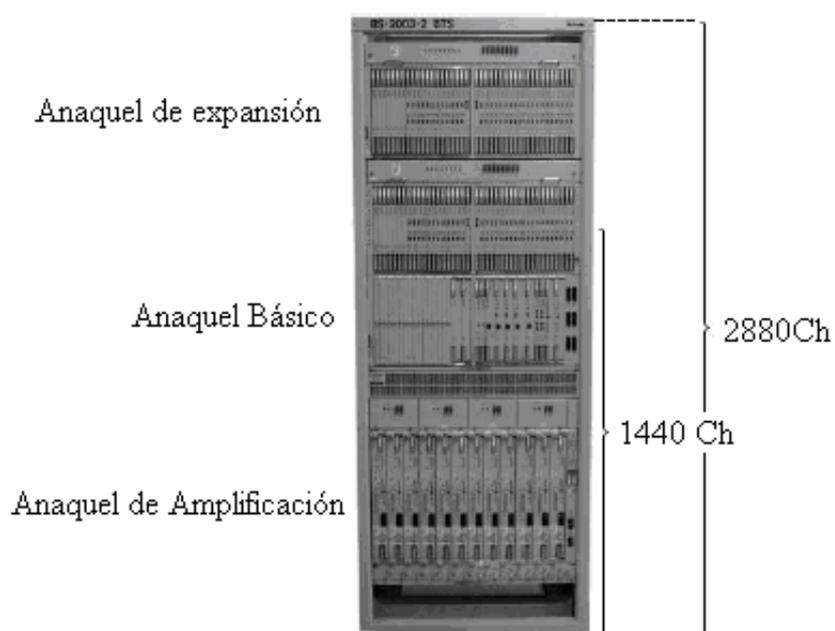


Figura.4.28. Configuración de Anaqueles.

Fuente: <http://magazine.fujitsu.com/us/vol38-2/paper07.pdf>

CARACTERÍSTICAS

Provee gran capacidad en tamaño compacto, menor consumo de potencia, su diseño permite una expansión fácil de canales y mantenimiento. Las características principales son las siguientes:

1) Comparado con el modelo convencional, esta provisto de 4 veces mas capacidad de canales con menor consume de potencia y menor tamaño.

Tiene una capacidad de 2880 canales de voz o su equivalente

2) La configuración básica acomoda 6 sectores, 2 portadoras, y 1440 canales. Consiste de un anaquel de amplificación y un anaquel básico banda base (BB) (figura.4.29). La capacidad adicional puede ser añadida usando el anaquel de expansión.

3) El sistema puede ser expandido mientras esta activado.

Puede operar sin el anaquel de expansión en áreas de bajo trafico, si el trafico aumenta una vez desplegado el sistema la ampliación del mismo se facilita ya que esto puede realizarse con el sistema activado.

4.19.3 RNC (RADIO NETWORK CONTROLLER)

Controlador de red radio (RNC) controla uno o varios nodos B dependiendo de la capacidad del mismo, este equipo se conectara con todas las células del sector. Se ha escogido el siguiente tipo de RNC por las características que presenta. (Ver tabla.4.35).

Item	Especificaciones
Tráfico máximo	460Mbps
Número de celdas (1celda=1 sector)	96
Interfase física	ATM
Máximo # de suscriptores voz	312 Erlangs
Consumo de potencia	<1400W
Suministro de potencia	-48V
Tamaño	622x483x381mm

Tabla.4.35. Especificaciones Radio Network Controller RNC600.

Fuente: <http://www.utstar.com>



Figura.4.29. Radio Network Controller.

Fuente: <http://www.nortelnetworks.com/solutions/wireless>

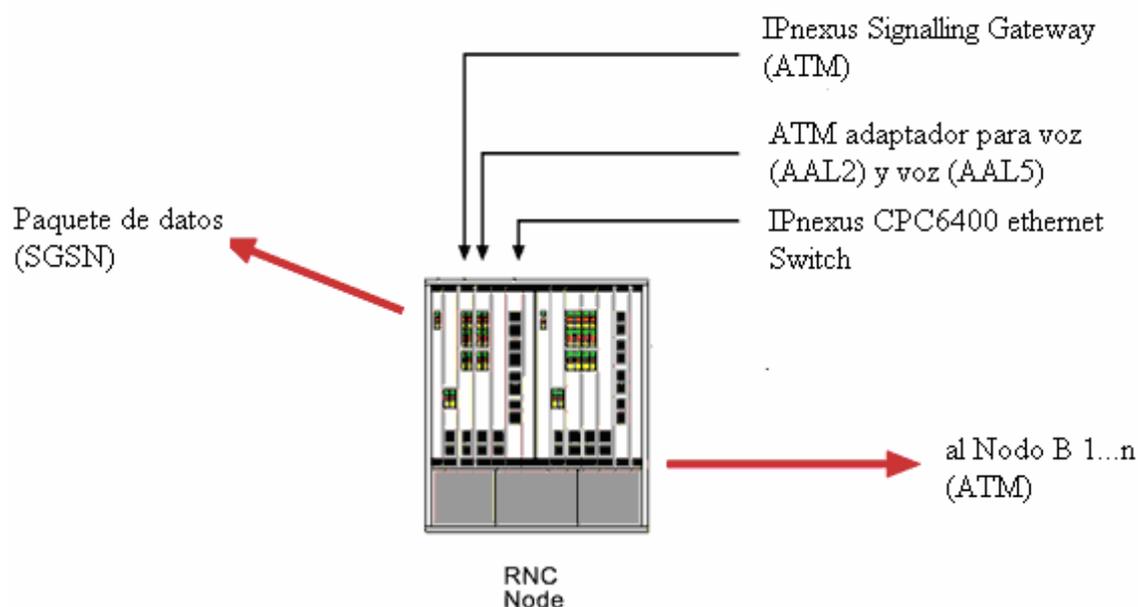


Figura.4.30. principales conectores de un RNC.

Fuente: <http://www.pt.com/products>

4.19.4 ESTACIÓN MÓVIL

La estación móvil, MS (Estación Móvil, Mobile Station), es el equipo físico utilizado por el usuario para acceder a los servicios proporcionados por la red a través de la interfaz radio WCDMA.

Como equipo, la MS proporciona la plataforma física para el acceso, pero es “anónima” y no puede funcionar con la red hasta que se lo active.

La Estación Móvil debe desempeñar las siguientes funciones básicas:

- Brindar una interfaz de comunicación entre los usuarios y la red vía radio.

- Iniciar la conexión con la red.
- Realizar la transmisión/recepción de las informaciones de usuario y de señalización a través de esa interfaz radio.
- Realizar la sintonización de frecuencias y seguimiento automático de las estaciones base en cuya zona de cobertura se encuentre.
- Efectuar funciones de procesamiento de la voz: conversión analógico/digital y viceversa.
- Realizar la adaptación de interfaces y velocidades para las señales de datos.

La estación móvil tiene las siguientes unidades:

- Adaptador de terminal, TA (Terminal Adaptor), para la conexión de diferentes equipos terminales de datos a la MT. Los TA realizan funciones de conversión/adaptación de velocidad digital y de protocolos.
- Equipo terminal, TE (Terminal Equipment).
- Terminación móvil, MT (Mobile Termination), que se materializa en el equipo físico básico.

La MT comprende, a su vez, tres unidades funcionales:

- Interfaces con el usuario: micrófono, auricular telefónico, teclado y pantalla de visualización.
- Radio módem, unidad con procesado digital de señal DSP (Digital Signal Processing).
- Conjunto de RF (Radio Frecuencia) que incluye el modulador/demodulador de portadora y las etapas de amplificación de RF y filtrado.

4.19.4.1 POTENCIA DEL TERMINAL

Este es un parámetro de indudable importancia en el diseño de una red de telefonía celular, debido a que también es un limitante en cuanto a la distancia de cobertura que se puede lograr con una celda. Dichas potencias vienen determinadas por el fabricante y en base a las recomendaciones de organismos reguladores de telecomunicaciones

Las potencias de transmisión del móvil máxima y mínima utilizadas son de 30 dBm y de -50 dBm respectivamente. Actualmente en la norma la potencia máxima puede ser de 33, 27, 24 ó 21 dBm dependiendo de la clase de terminal, y la mínima es de -44 dBm.

El alcance de los móviles es de 35 Km., y siempre operaran a la mínima potencia justa para que pueda existir comunicación con la estación base (para minimizar interferencias con celdas vecinas).

4.19.4.2 TIPOS DE TERMINALES MOVILES

Hay muchas visiones sobre el ultimo terminal de 3G, estos se desarrollaran a partir de dos mundos, los teléfonos y las computadores; de todas maneras existirá la necesidad de un potente terminal con acceso total a Internet e imágenes de video de dos dimensiones. En la figura.4.31. Se observa varios de los prototipos de terminales 3G.





Figura.4.31. Prototipo de Terminales Móviles para UMTS.

Fuente: <http://www.umts-forum.com>

4.20 COMUNICACIÓN ENTRE NODOS B Y RADIO NETWORK CONTROLLER

Todos los nodos B deben enlazarse a un Controlador de Red Radio (RNC) debido a que es el elemento del sistema que supervisa varios de los procesos que se realizan en una comunicación celular como se vio anteriormente. El RNC viene configurado para ejercer control sobre varias células.

La comunicación entre estos dos equipos se realiza mediante un radio enlace (denominado Interfaz Iu), mediante una frecuencia que viene determinada por los fabricantes de los equipos que para este caso es de 5GHz. Se emplea la tecnología ATM (Modo de Transferencia Asíncrono) para establecer la conexión, (Revisar anexo).

Para realizar el radio enlace es necesario obtener la ayuda de una herramienta de cálculo de radio enlace (HERALD point to point), para determinar los parámetros básicos, tales como: perfiles del terreno, puntos de obstrucción, distancia del trayecto, etc.

El RNC estará ubicado en la celda # 5 debido a que esta celda tiene punto de vista con todas las celdas restantes, solo se necesitara un Radio Network Controler (RNC) para controlar al número total de nodos B que brindan cobertura en esta zona.

El equipo necesario que formara parte de esta operación consta de:

- Antena (figura.4.32)



Figura.4.32. Antena para el rango de frecuencias 5.250 - 5.850 GHz.

Fuente: <http://www.qrz.com/download/antennas/index.html>

Item		
Modelo	A5.8-2-G	A5.8-2,5-G
Diámetro	0.6m	0.75m
Ganancia	28.5dBi	31.2dBi
Ancho del Haz	5.6°	4.4°
SWR	1.35	1.35
Radomo	Estándar	Estándar
Polarización	V/H	V/H
Conector	N-hembra	N-hembra

Tabla.4.36. Características básicas antena 5GHz A5.8-2-G.

Fuente: <http://www.qrz.com/download/antennas/index.html>

Los diagramas de enlace entre los nodos B y el Radio Network Controller (RNC) se pueden observar en los siguientes diagramas en los que además se incluye los perfiles del terreno, distancia del enlace, etc.

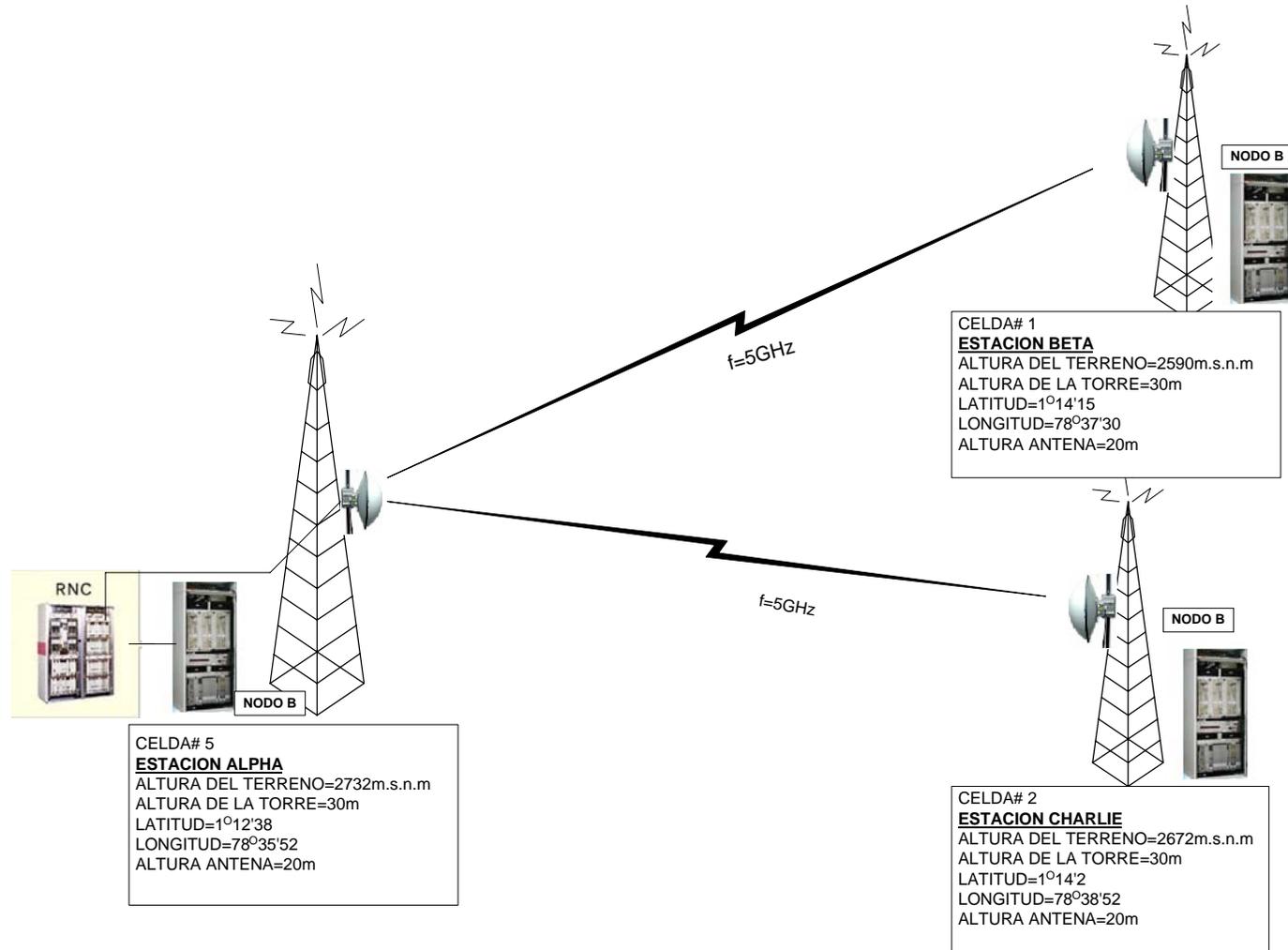


Figura.4.33. Diagrama de radio enlace entre los nodos B de la celda # 1 y 2 con el RNC (Radio Network Controller).

Fuente: Elaboración Propia.

ALPHA

Altura : 2732 m
 Angulo Llegada : -1.6 gr
 Antena Principal H. : 15.0 m
 Datos Antena No Disponibles

Largo Tramo : 4.260 km Frecuencia : 5.000GHz

	Ha (m)	Hb (m)	k	p %	Xmin (km)	CIF1	Marg (m)	Xsel (km)	CIF1	Marg (m)
■	15.0	40.0	1.33	100	3.80	4.96	22.0	0.33	9.40	40.2
■	15.0	40.0	0.50	0	3.80	4.93	27.4	0.33	9.38	44.8

BETA

Altura : 2590 m
 Angulo Llegada : 1.6 gr
 Antena Principal H. : 40.0 m
 Datos Antena No Disponibles

Criterios de Visibilidad Satisfechos - Estimacion de la Perdida por Obstruccion = 0.0 dB

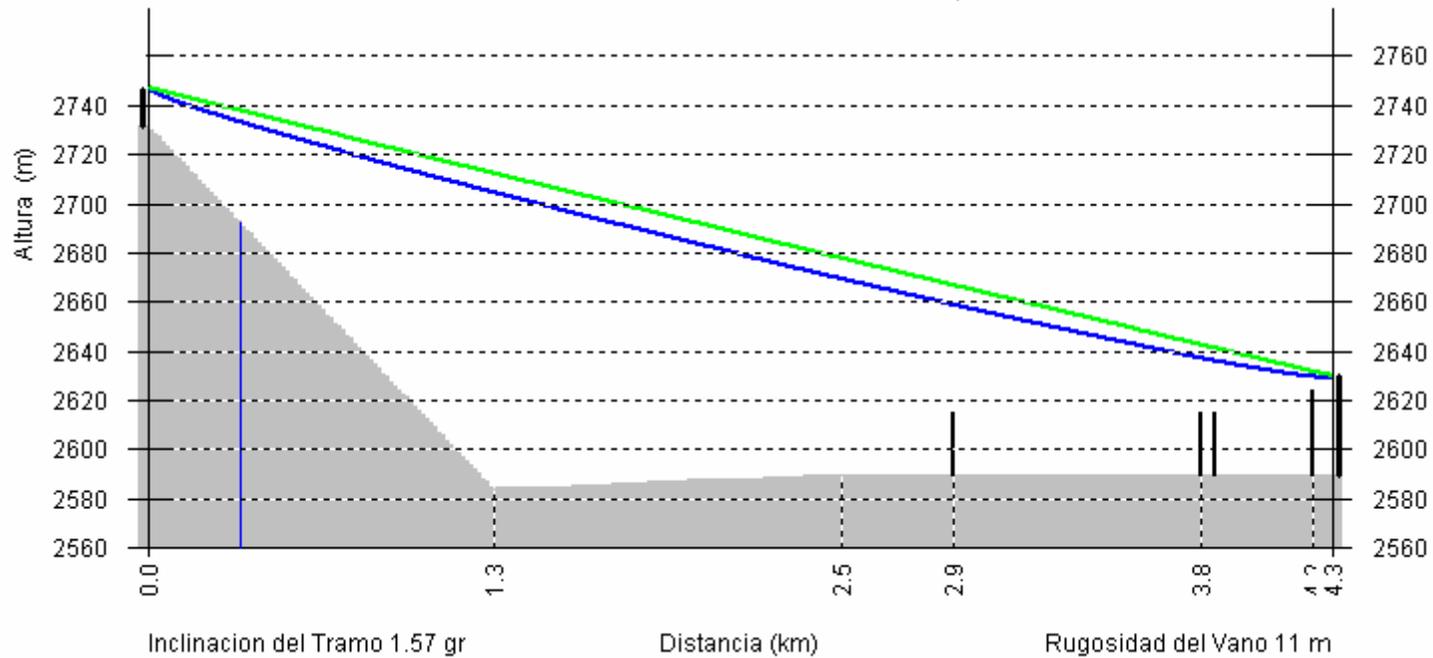


Figura.4.34. Perfil del terreno entre celda #1 y RNC.

Fuente: Software HERALD point to point.

ALPHA

Altura : 2732 m
 Angulo Llegada : -0.7 gr
 Antena Principal H. : 20.0 m
 Datos Antena No Disponibles

Largo Tramo : 5.120 km Frecuencia : 5.000GHz

	Ha (m)	Hb (m)	k	p %	Xmin (km)	ClF1	Marg (m)	Xsel (km)	ClF1	Marg (m)
■	20.0	20.0	1.33	100	5.00	7.21	18.4	2.65	15.3	>99
■	20.0	20.0	0.50	0	5.00	7.19	21.3	2.65	15.2	>99

CHARLIE

Altura : 2672 m
 Angulo Llegada : 0.7 gr
 Antena Principal H. : 20.0 m
 Datos Antena No Disponibles

Criterios de Visibilidad Satisfechos - Estimacion de la Perdida por Obstruccion = 0.0 dB

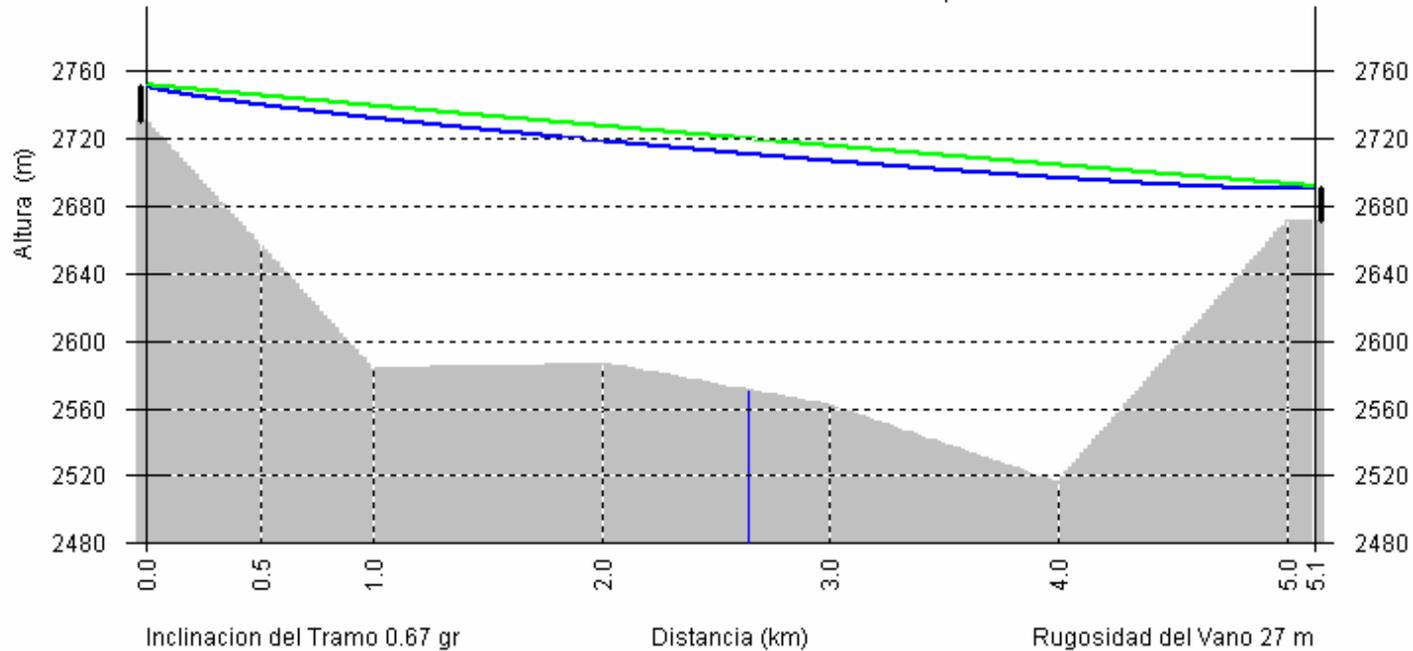


Figura.4.35. Perfil del terreno entre celda #2 y RNC.

Fuente: Software HERALD point to point.

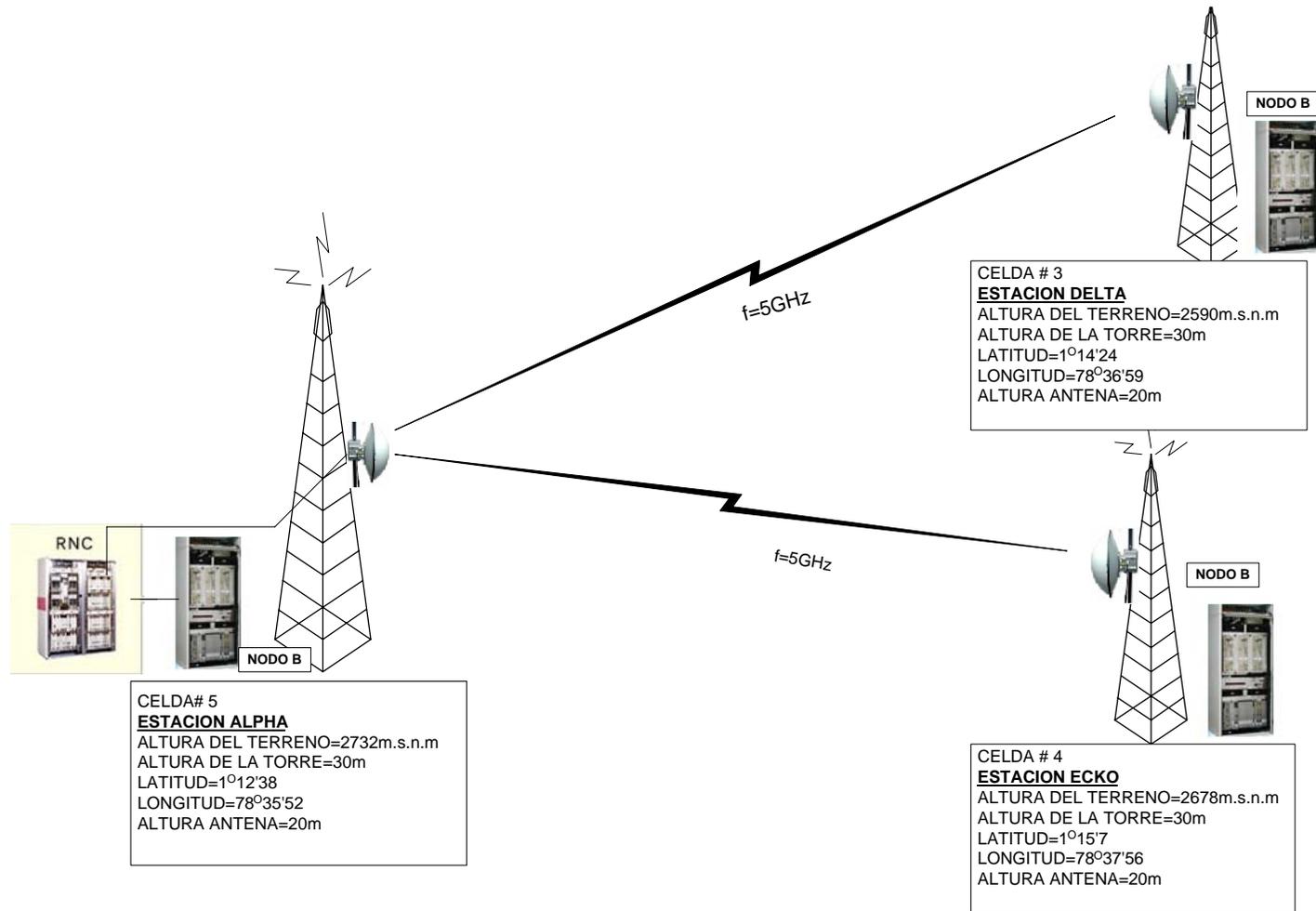


Figura.4.36. Diagrama de radio enlace entre los nodos B de la celda # 1 y 2 con el RNC (Radio Network Controller).

Fuente: Elaboración Propia.

ALPHA

Altura : 2732 m
 Angulo Llegada : -2.1 gr
 Antena Principal H. : 20.0 m
 Datos Antena No Disponibles

Largo Tramo : 3.880 km Frecuencia : 5.000GHz

	Ha (m)	Hb (m)	k	p %	Xmin (km)	CIF1	Marg (m)	Xsel (km)	CIF1	Marg (m)
■	20.0	20.0	1.33	100	3.00	5.89	34.9	2.60	9.58	68.8
■	20.0	20.0	0.50	0	3.00	5.85	41.8	2.60	9.54	76.5

DELTA

Altura : 2590 m
 Angulo Llegada : 2.1 gr
 Antena Principal H. : 20.0 m
 Datos Antena No Disponibles

Criterios de Visibilidad Satisfechos - Estimacion de la Perdida por Obstruccion = 0.0 dB

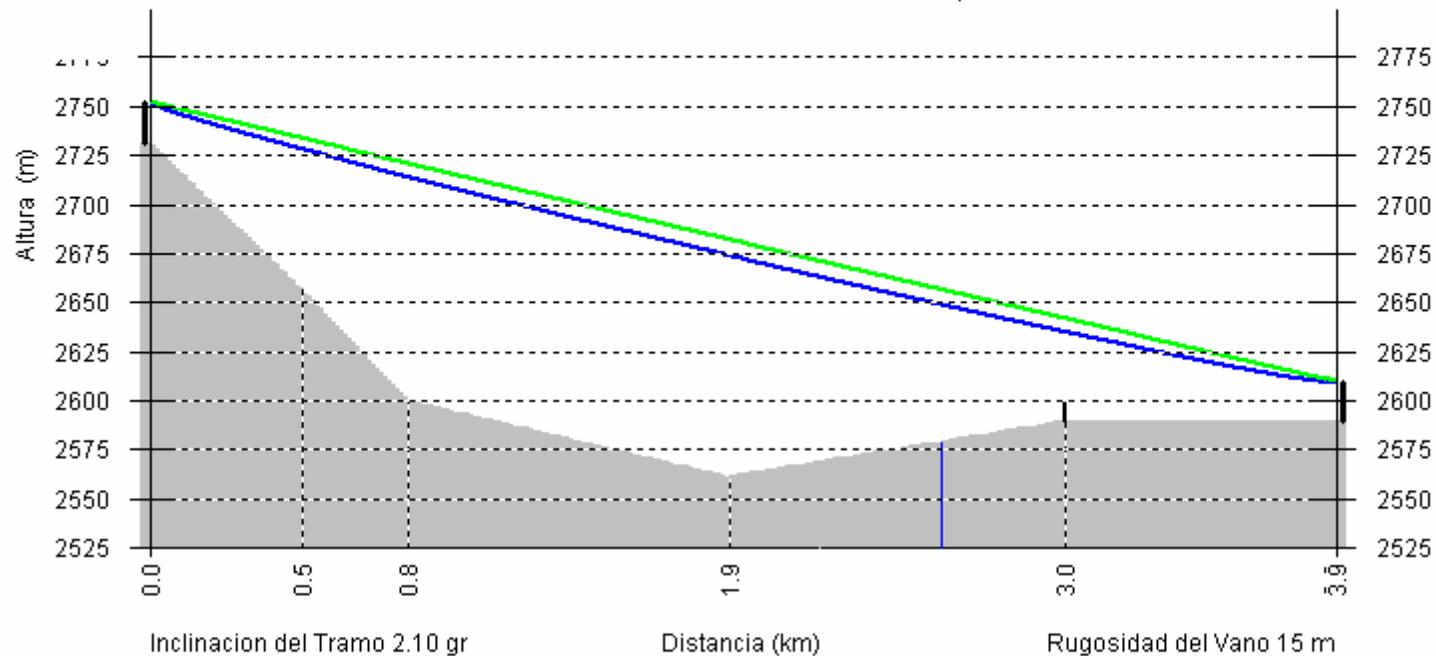


Figura.4.37. Perfil del terreno entre celda #3 y RNC.

Fuente: Software HERALD point to point.

ALPHA

Altura : 2732 m
 Angulo Llegada : -0.5 gr
 Antena Principal H. : 20.0 m
 Datos Antena No Disponibles

Largo Tramo : 5.990 km Frecuencia : 5.000GHz

	Ha (m)	Hb (m)	k	p %	Xmin (km)	ClF1	Marg (m)	Xsel (km)	ClF1	Marg (m)
■	20.0	20.0	1.33	100	5.50	4.18	18.4	1.15	19.2	>99
■	20.0	20.0	0.50	0	5.45	4.13	25.1	1.15	19.2	>99

ECHO

Altura : 2678 m
 Angulo Llegada : 0.5 gr
 Antena Principal H. : 20.0 m
 Datos Antena No Disponibles

Criterios de Visibilidad Satisfechos - Estimacion de la Perdida por Obstruccion = 0.0 dB

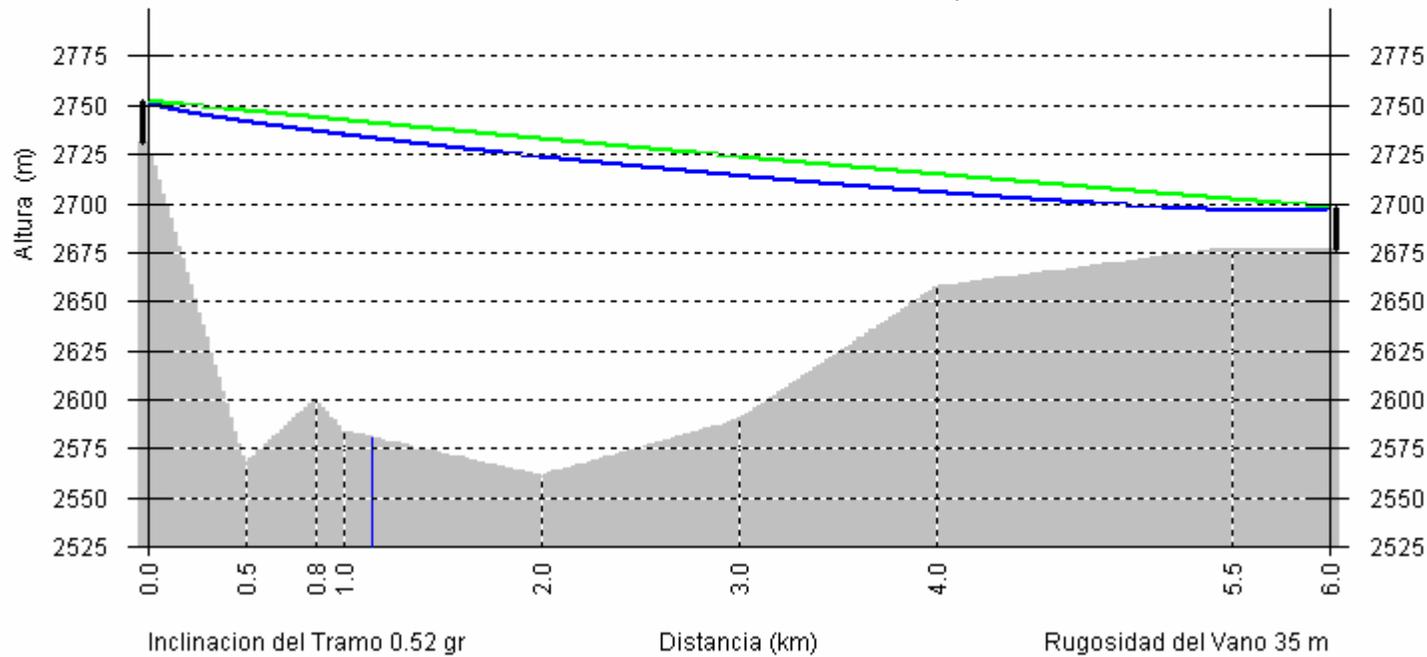


Figura.4.38. Perfil del terreno entre celda #4 y RNC.

Fuente: Software HERALD point to point.

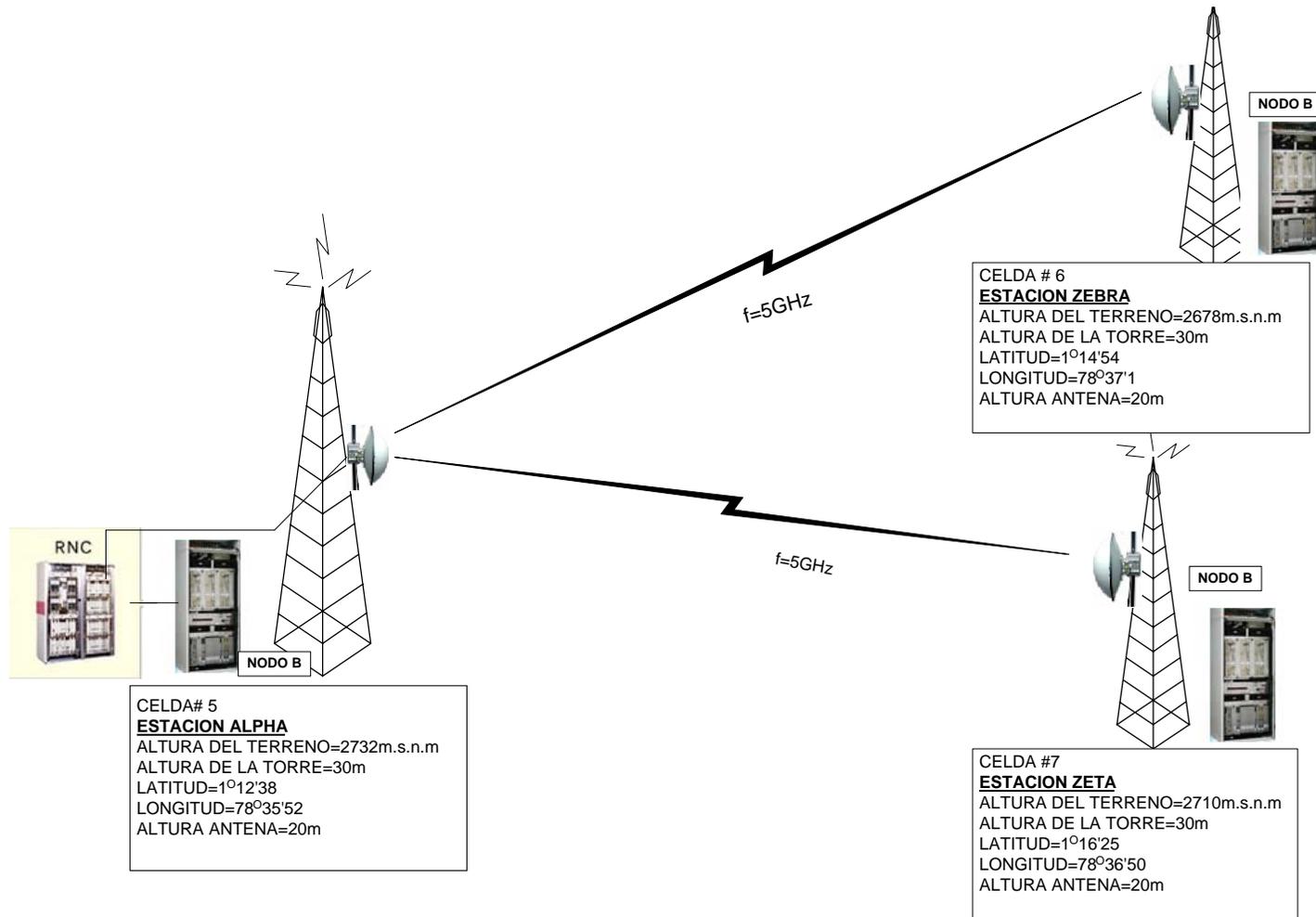


Figura.4.39. Diagrama de radio enlace entre los nodos B de la celda # 1 y 2 con el RNC (Radio Network Controller).

Fuente: Elaboración Propia.

ALPHA

Altura : 2732 m
 Angulo Llegada : -0.7 gr
 Antena Principal H. : 20.0 m
 Datos Antena No Disponibles

Largo Tramo : 4.710 km Frecuencia : 5.000GHz

	Ha (m)	Hb (m)	k	p %	Xmin (km)	CIF1	Marg (m)	Xsel (km)	CIF1	Marg (m)
■	20.0	20.0	1.33	100	4.57	12.2	35.7			
■	20.0	20.0	0.50	0	4.57	12.2	38.9			

ZEBRA

Altura : 2678 m
 Angulo Llegada : 0.6 gr
 Antena Principal H. : 20.0 m
 Datos Antena No Disponibles

Criterios de Visibilidad Satisfechos - Estimacion de la Perdida por Obstruccion = 0.0 dB

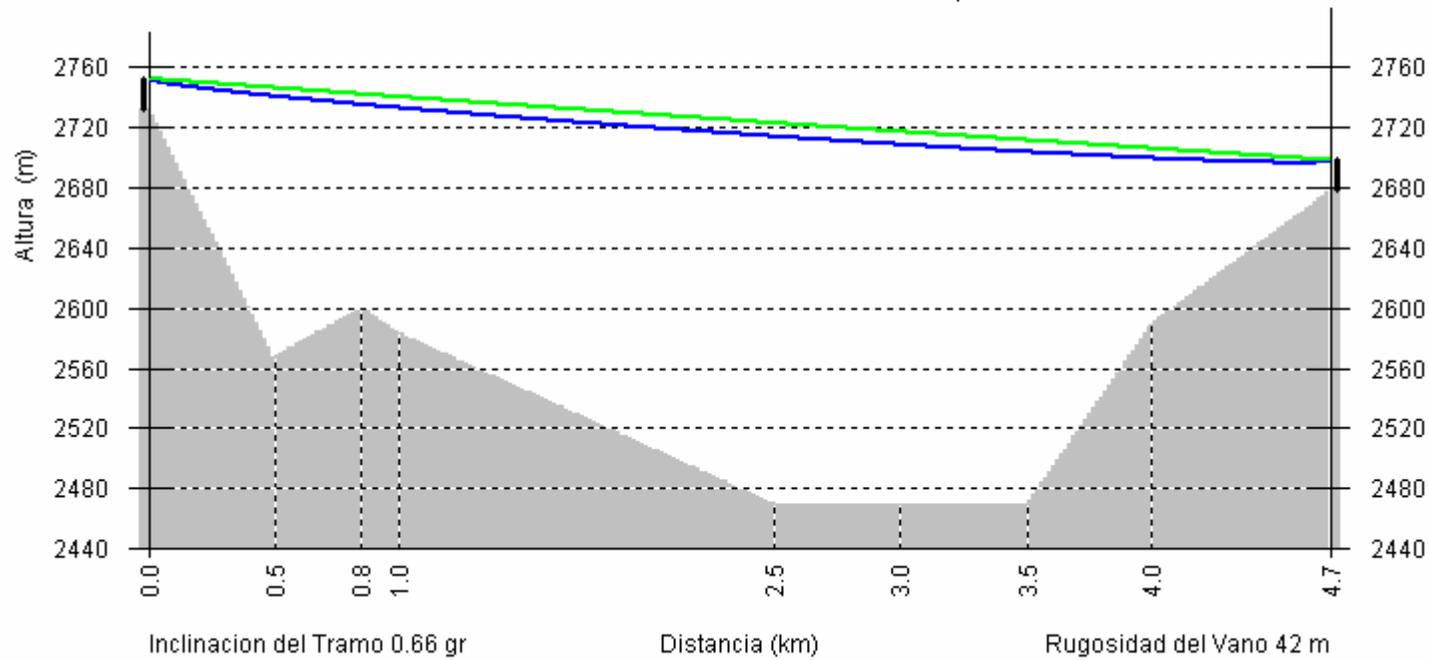


Figura.4.40. Perfil del terreno entre celda #6 y RNC.

Fuente: Software HERALD point to point.

ALPHA

Altura : 2732 m
 Angulo Llegada : -0.2 gr
 Antena Principal H. : 20.0 m
 Datos Antena No Disponibles

Largo Tramo : 7.240 km Frecuencia : 5.000GHz

	Ha (m)	Hb (m)	k	p %	Xmin (km)	CIF1	Marg (m)	Xsel (km)	CIF1	Marg (m)
■	20.0	20.0	1.33	100	6.00	6.99	52.6			
■	20.0	20.0	0.50	0	6.00	6.90	60.6			

ZETA

Altura : 2710 m
 Angulo Llegada : 0.1 gr
 Antena Principal H. : 20.0 m
 Datos Antena No Disponibles

Criterios de Visibilidad Satisfechos - Estimacion de la Perdida por Obstruccion = 0.0 dB

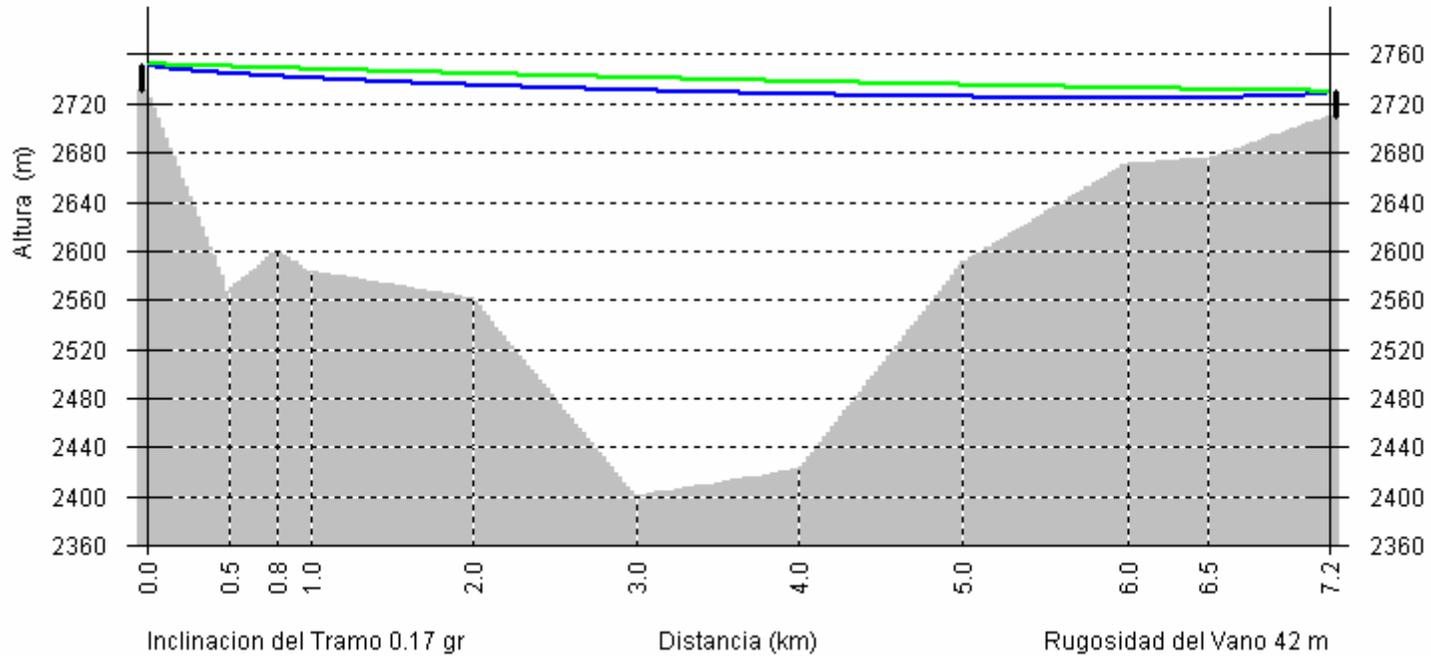


Figura.4.41. Perfil del terreno entre celda #7 y RNC.

Fuente: Software HERALD point to point.

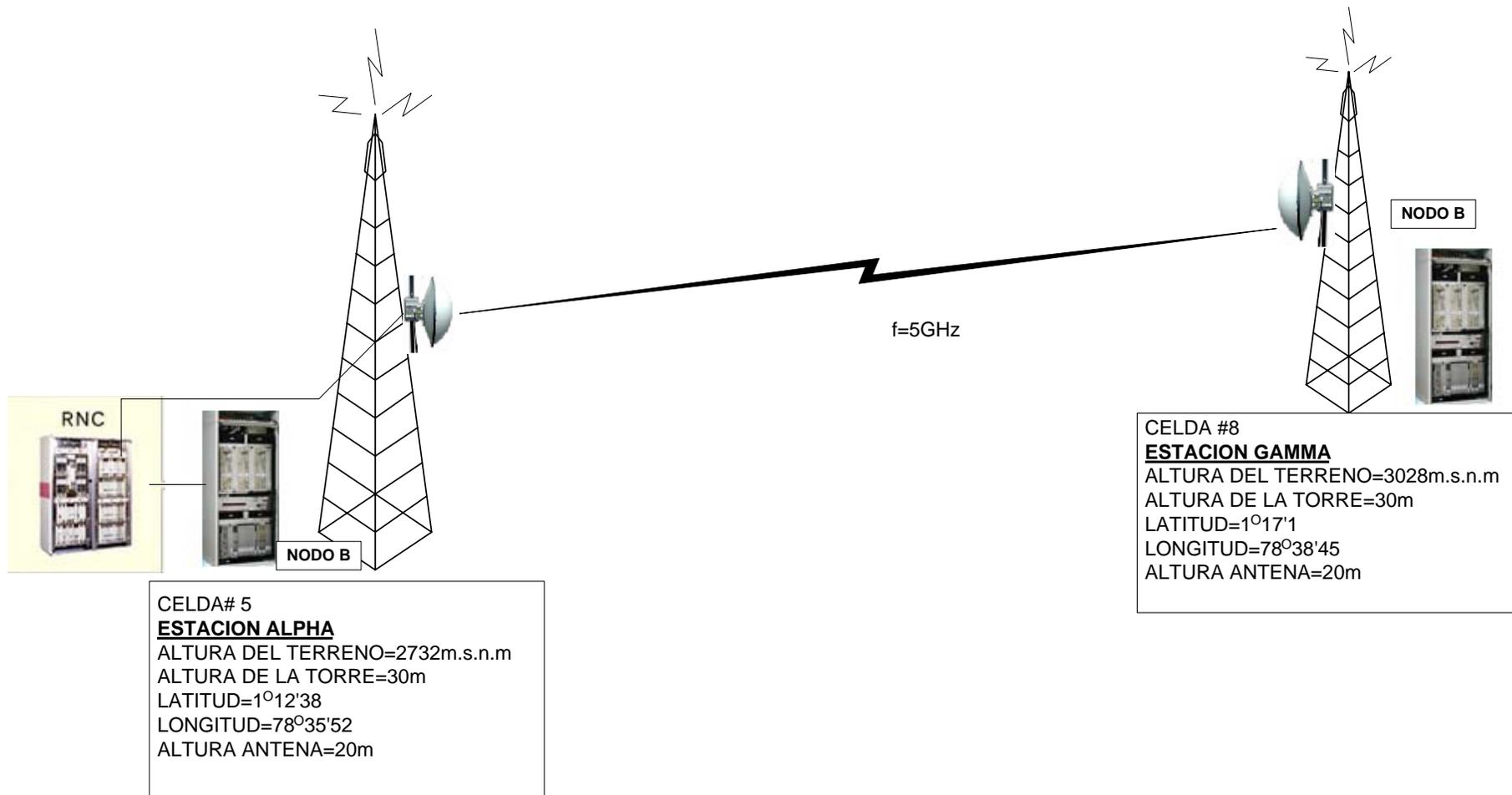


Figura.4.42. Diagrama de radio enlace entre los nodos B de la celda # 1 y 2 con el RNC (Radio Network Controller).

Fuente: Elaboración Propia.

ALPHA

Altura : 2732 m
 Angulo Llegada : 1.7 gr
 Antena Principal H. : 20.0 m
 Datos Antena No Disponibles

Largo Tramo : 9.730 km Frecuencia : 5.000GHz

	Ha (m)	Hb (m)	k	p %	Xmin (km)	CIF1	Marg (m)	Xsel (km)	CIF1	Marg (m)
■	20.0	20.0	1.33	100	9.55	10.5	34.5			
■	20.0	20.0	0.50	0	9.55	10.4	38.0			

GAMA

Altura : 3028 m
 Angulo Llegada : -1.8 gr
 Antena Principal H. : 20.0 m
 Datos Antena No Disponibles

Criterios de Visibilidad Satisfechos - Estimacion de la Perdida por Obstruccion = 0.0 dB

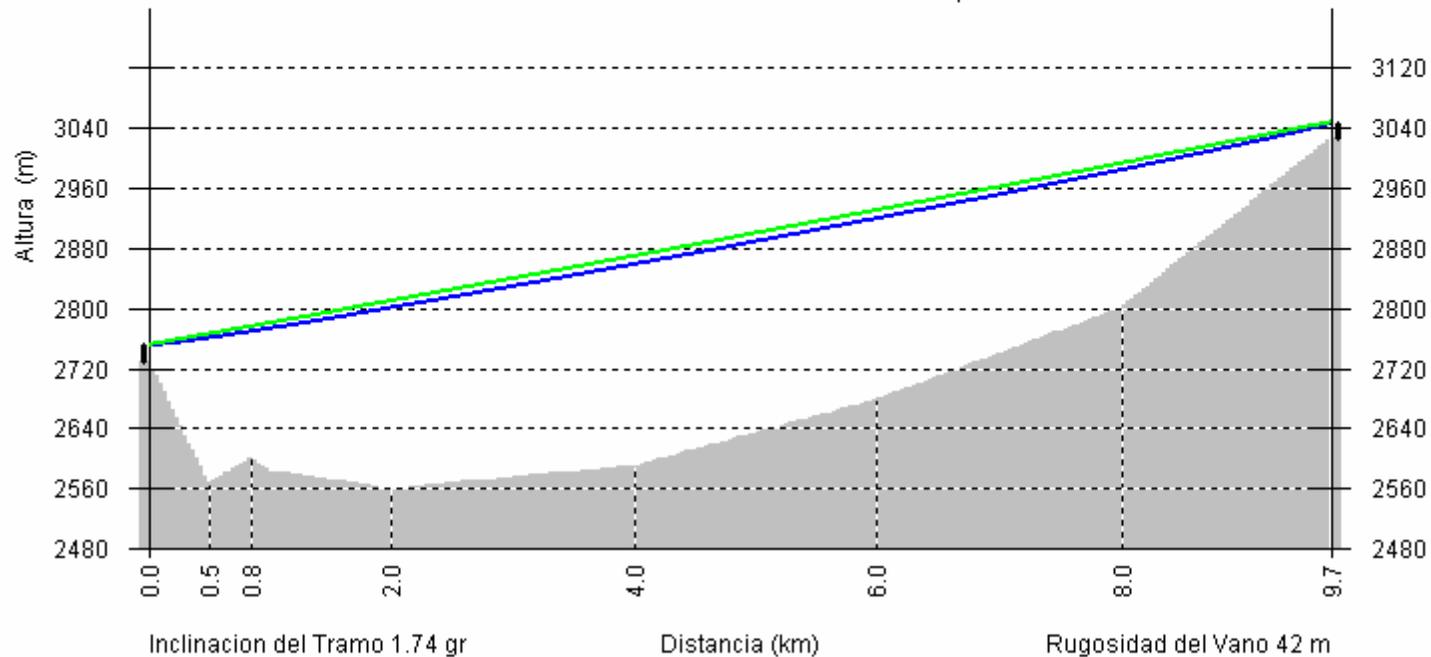


Figura.4.43. Perfil del terreno entre celda #8 y RNC.

Fuente: Software HERALD point to point.

4.21 CONFIGURACIÓN DE UNA RED WCDMA

En la figura.4.44. Se presenta una configuración típica de sistema WCDMA estándar UMTS, la cual interacciona todos los equipos tanto de la red celular como de otras redes.

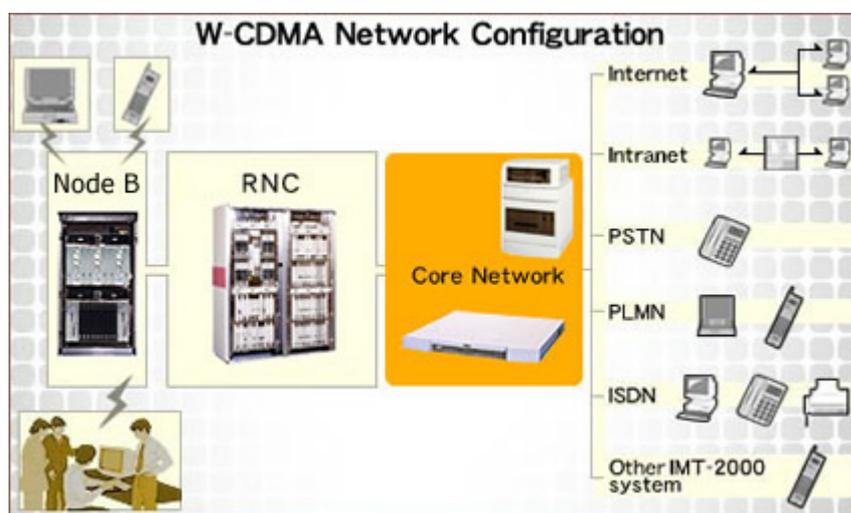


Figura.4.44. Configuración red WCDMA.

Fuente: <http://www.nec.co.jp/3g-mobile/products/networkconfiguration.html>

4.22 ESTRUCTURAS FISICAS PARA LOS EQUIPOS

Las Estructuras utilizadas en Telecomunicaciones sirven para la transmisión de energía eléctrica, así como la transmisión de señales, como en el caso de los teléfonos celulares. Existen diversos elementos que estas estructuras

deben soportar, como antenas de transmisión y equipos para telecomunicaciones, entre otros. La mayoría de estas estructuras son ligeras, por lo que en su diseño influyen mucho los esfuerzos que genera el viento, y debido a su poco peso el sismo es un elemento que no afecta mucho a las mismas.

4.22.1 UBICACIÓN, ALTURA Y TIPO DE LAS TORRES

Los teléfonos celulares son radios sofisticados que trabajan con frecuencias que cubren o abarcan áreas o células de cierto diámetro. Una vez obtenida la ubicación, en donde se tiene un radio de aproximación, se procede a visitar el área y encontrar un lugar adecuado para la instalación de la torre.

Esta área puede caer sobre una casa, y se procede a hacer un levantamiento del inmueble, y verificar su altura, para así saber la altura de la torre a construir. También se debe de revisar que el inmueble este en condiciones óptimas para recibir a la torre. Si el área es un terreno, entonces la torre puede ser auto soportado o tipo monopolo.

4.22.2 TORRES TIPO MONOPOLO

Estas estructuras son instaladas en lugares en donde se requiere conservar la Estética, pues son las que ocupan menos espacio, y se pintan de algún

color o se adornan para que se permita que la estructura se camuflaje y se simule la vegetación. Como estas estructuras están sobre terrenos, se deberá de construir una cimentación adecuada para resistir los efectos de la misma.

Las torres auto soportadas se implementan cuando el área o terreno disponible para desplantarse es mínimo (ver figura.4.45.) y básicamente se componen de:

- 1) Estructura principal tubular triangular
- 2) Escaleras de ascenso y descenso.
- 3) Kit de seguridad o línea de vida.
- 4) Cama de guía de ondas vertical y horizontal.
- 5) Plataforma de trabajo.
- 6) Sistema de iluminación o balizamiento nocturno.
- 7) Pintura o balizamiento diurno.
- 8) Cimentación
- 9) Aterrizaje de la torre
- 10) Sistema de protección contra descargas atmosféricas.
- 11) Sistema profesional de tierra

Prácticamente una torre auto soportado es un traje a la medida, debido a los factores que intervienen para fabricarla:

- 1) Ubicación geográfica del
- 2) Altura de la torre y área existente para su instalación.
- 3) Velocidad de vientos (región).
- 4) Cargas que soportara la estructura (micro ondas, etc.).
- 5) Altura de las cargas sobre la torre.
- 6) Cantidad de líneas de transmisión y su diámetro.
- 7) Accesorios y ubicación sobre la torre.
- 8) Normatividad que aplica para su cálculo y diseño.
- 9) Cimentación



Figura.4.45. Tipo de torres monopolo.

Fuente: <http://usuarios.lycos.es/mikitabrunos/towers.htm>

- ESTRUCTURA PRINCIPAL TUBULAR TRIANGULAR, la conforman las piernas, cerramientos horizontales, cerramientos diagonales, cerramientos secundarios, placas de unión de cerramientos diagonales y secundarios, diafragmas y tornillería.
- ESCALERAS DE ASCENSO Y DESCENSO, piernas. Tramos de escalera, I mixta, jota, placa de unión de escalera, ángulo y solera para sujeción de escalera con cruces de diagonales, varillas roscadas y tornillería.
- SISTEMA DE SEGURIDAD O LINEA DE VIDA, cable tipo retenida, herraje superior e inferior, placas de seguridad, tensor de ojillo, separador de cable de seguridad, abrazaderas, placa de unión de escalera.
- CAMA DE GUIA DE ONDAS VERTICAL Y HORIZONTAL, tramos de cama de guía de onda, I mixta, jota, I reforzada, placa de sujeción en mástil de cúspide, placa de unión de escalera, curva vertical de cama de guía de onda, curva horizontal de cama de guía de onda, herraje de sujeción de mensula, casco giratorio, abrazaderas.

- PLATAFORMA DE TRABAJO, plataforma de trabajo, tubos de 3" de diámetro. Incluye: abrazaderas para colocación de soportes en plataforma para colocar antenas, base para plataforma y tornillería y herrajes para su correcta instalación.

- SISTEMA DE ILUMINACION O BALIZAMIENTO NOCTURNO, faro beacon en la punta y cuatro lámparas de obstrucción (2 a la mitad y dos a $\frac{3}{4}$ de la torre), foto celda de control, cableado correspondiente para su correcta instalación.

- PINTURA O BALIZAMIENTO DIURNO, pintura acrílica o látex base agua o poliuretano en colores naranja y blanco. Aplicar conforme a norma internacional, es decir, 7 franjas, 4 naranjas y tres blancos, siempre se inicia con naranja y se termina con naranja. Armado.

- ATERRIZAJE DE LA TORRE, soldar con cadwell cable de 2/0 de cobre forrado a cada una de las piernas de la torre y con soldadura cadwell aterrizarlas al sistema de tierra, se puede observa este procedimiento en la figura.4.46.



Figura. 4.46. Puesta a tierra de la torre.

Fuente: <http://www.construaprende.com/Telecomunicaciones>

- **CIMENTACION:** la cimentación o anclaje u obra civil necesaria para desplantar una torre auto soportada es de suma importancia, ya que de esta depende la seguridad de la torre, sobre todo el momento de volteo y su resistencia a las fuerzas que presentan las cargas que soporta la torre (resistencia al viento) y del peso de toda la estructura. Para la memoria de calculo de la cimentación, se necesitan de los resultados de la mecánica de suelo del área donde se instalara la torre con el objeto de efectuar los cálculos mas realistas posibles.

- **SISTEMA DE PROTECCION CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS,** Es un arreglo de electrodos, conductores, materiales intensificadores, rellenos especiales, agregados electrolíticos, y difusores que basados en normas internacionales para su diseño y por medio de memorias de calculo, considerando el análisis y criterios

correspondientes, lograr obtener un sistema que sea capaz de reducir la resistencia a tierra cubriendo un área en específico, asegurando que el valor de la resistencia a tierra será el mismo en cualquier punto de la malla, pudiendo de esta manera que la disipación de las descargas sea la máxima, evitando cualquier diferencia de potencial, y que el riesgo de daño al personal, equipo y/o sistema, disminuya. El pararrayos marca Parres (ver figura.4. .) es el mejor, mas eficiente y seguro del mercado. Concentra el gradiente de potencial existente en la atmósfera por medio de un toroide excitador que se encuentra en su punta, el cual se carga constantemente al potencial circundante y define de esta forma la incidencia sobre la punta de su barra de descarga. Consta también de un arillo equipotencial, que en conjunto con el toroide, permiten regular la dirección de los iones existentes entre el canal original de ionización por medio del campo magnético que se forma entre ellos y, por lo tanto, regulan el radio de alcance del pararrayo.

Especificaciones:

- Angulo de protección substancial = 71 grados.
- Corriente máxima de diseño = 40 000 amperes.
- Conductividad máxima de diseño = 99.99%
- Construcción en Duraluminio.

- Barra de descarga: 16 mm. de diámetro.
- Arillo equipotencial: 9 mm. de diámetro.
- Long. Total: 1.8 mts.
- Mástil de Duraluminio de 3, 6, 9, 12 y 18 metros de longitud.

El área de protección equivale a un cono, cuyo radio es tres veces la altura del pararrayo. Para aumentar la altura, se puede conseguir un mástil para el pararrayos figura.4.47.

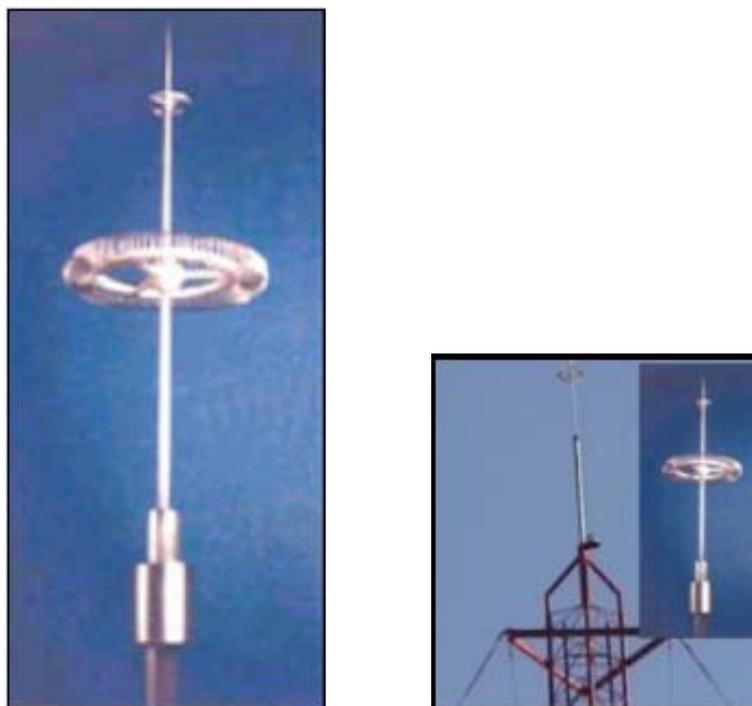


Figura.4.47. Pararrayos “marca Pares” y mástil.

Fuente: <http://tesatel.netfirms.com/prod/normas.html>

4.22.3 CONTENEDORES DE EQUIPOS

Cuando se construyen estas torres, se instalan antenas en su parte superior, y en la parte inferior se instalan los equipos adicionales para su funcionamiento. Por ejemplo, se pueden tener contenedores pesados , también se debe tomar en cuenta que en algunos casos los equipos no solo resguardan un nodo B sino también un Controlador de Red Radio lo cual incrementa su tamaño, para este caso utilizaríamos el modelo CG321 (ver figura.4.48.), que es de mayor capacidad. Hay veces que en una misma estructura se encuentran más de un equipo, ya que la empresa que haya construido la torre, puede rentar a otra empresa para que también instale sus equipos.



Figura.4.48. Contenedor Modelo CG321.

Fuente: <http://www.construaprende.com/Telecomunicaciones/equipos>

Si el equipo solo corresponde a un nodo B utilizaríamos un contenedor de menor tamaño como el modelo VF23, que se puede observar en la figura.4.50.



Figura.4.49. Contenedor Modelo VF23.

Fuente:<http://www.construaprende.com/Telecomunicaciones/equipos>

4.22.4 TIPO DE CABLE

Debido a que las pérdidas del cable en una red inalámbrica son muy importantes se debe tomar un cable que no introduzca pérdidas grandes durante el trayecto de la señal, debido a todo esto utilizaremos cable “andrew heliax”.

Existe una gama muy amplia de tipos de cable “andrew heliax” (figura.4.50) que se puede utilizar para realizar la conexión entre los equipos transmisores

(nodos B o estaciones base tx) y las antenas, la línea de Tx que se utilizara puede ser de la serie Ldf, ht,vxl o ht, etc.

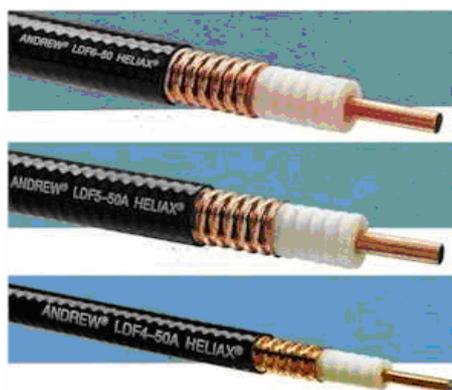


Figura.4.50. tipo de cable Heliax serie LDF.

Fuente: [http--www antennasystems com-heliax](http://www.antennasystems.com-heliax).

Las características eléctricas y mecánicas principales que presentan este tipo de cable son las siguientes:

Características	
Eléctrico	
Impedancia, ohmios	50 ± 1
Velocidad, por ciento	88
Grado de energía máxima, kilovatio	315
Mecánico	
Conductor Externo	Cobre
Conductor Interno	Tubo De cobre
Chaqueta excesiva del diámetro, adentro (milímetro)	1.98 (50)
Conductor interno del diámetro, adentro (milímetro)	0.681 (17.3)
Radio de flexión mínimo, adentro (milímetro)	20 (510)
Peso del cable, lb/ft (kg/m)	0.82 (1.2)

Tabla.4.37. Características del cable heliax.

Fuente: [http://www rfparts com-heliaxcoax.htm](http://www.rfparts.com-heliaxcoax.htm)

También es necesario tomar en cuenta la atenuación que produce dicho cable cuando trabaja con diferentes frecuencias en la tabla 4.38 se observa dichos valores.

Frecuencia Megaciclo	Atenuación dB/100 pie.	Atenuación dB/100 m	Energía media, kilovatio
30	0,109	0,356	30,9
50	0,142	0,465	23,6
150	0,254	0,834	13,2
200	0,297	0,976	11,3
894	0,694	2,28	4,83
1500	0,947	3,11	3,54
2300	1.23	4,05	2,72

Tabla.4.38. Valores de atenuación y energía media de la línea de Tx.

Fuente: <http://www.rfparts.com-helioxcoax.htm>

Para la forma de instalación y tendido de la línea de Tx será necesario revisar el Anexo 5 (tendido e instalación de la línea de tx).

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La propuesta de diseño celular para la ciudad de Ambato se realizo tomando como base el tráfico máximo que puede generar la misma.
- Para el diseño realizado se considero las alturas máximas de las torres para la ubicación de las antenas, así como también el grado de apertura del haz de los elementos radiadores es de 90^0 y 120^0 dependiendo la zona a la cual se debe dar cobertura.
- Al realizar el estudio de los fundamentos teóricos de telefonía móvil nos permite comprender de mejor manera el funcionamiento de los sistemas celulares, tanto de los iniciales, como del presente sobre el cual se basa este estudio.
- Una vez revisado las distintas etapas de evolución de las comunicaciones móviles, se observa el incremento de la cantidad de usuarios que puede generar cada nueva generación de sistemas, así

como la posibilidad de hacer uso de nuevos servicios que en un principio parecía que jamás se podrían alcanzar.

- En la actualidad el Ecuador como la mayoría de países de América latina se encuentra en un estándar de segunda generación de telefonía celular, GSM los servicios que este sistema ofrece y la cobertura han significado un avance importante para el desarrollo de la tecnología móvil. Sin embargo, este mismo desarrollo tecnológico y la mayor demanda por información, en cualquier momento o lugar, es lo que ha obligado a pensar en algo más allá de lo existente. Es por ello que desde que se lanzó la primera red de GSM, los organismos internacionales que regulan las comunicaciones iniciaron los trabajos para desarrollar los estándares de la nueva generación de telefonía móvil, la 3G.

- La importancia fundamental de esta tesis esta en conocer la estructura y funcionamiento de un nuevo sistema de telefonía celular, apoyándose en los fundamentos teóricos básicos que permitan entender la organización estructural de las redes celulares, así también comprender aspectos tales como la interfaz aérea de WCDMA, y la forma de interactuar de cada uno de los equipos que forman parte de un sistema UMTS.

- La actividad fundamental en toda red de telefonía móvil celular es la planificación radio. Este plan debe cumplir con dos objetivos básicos para asegurar una buena cobertura radioeléctrica de las áreas de interés soportando los tráficos ofrecidas en las mismas.

- Las interfaces, protocolos y arquitecturas de UMTS, se encuentran en un estado de especificación muy avanzado pero aun no completado, que permite tener una visión bastante nítida de cual será la evolución de UMTS y la naturaleza de los nuevos servicios integrados multimedia a los que dará soporte.

- Son demasiadas las variables que se involucran en un sistema celular sin embargo para la mayoría de los casos se aplican valores determinados para poblaciones vecinas que presenten características similares a la zona en la cual se pretende dar cobertura, todo esto debido a factores de índole económico que elevarían los costos de una estructura celular.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda hacer un estudio sobre antenas inteligentes ya que son estos los futuros elementos que formaran parte de los nuevos sistemas de telefonía celular.

- Además tomar en cuenta el avance de los nuevos sistemas para el despliegue de torres de Tx, lo cual permitirá reducir los costos en el despliegue de una red de telefonía celular.

- En el desarrollo de un sistema de comunicación celular intervienen factores tales como el número de operadoras que brinden el servicio, el grado de aceptación del público, por lo que es recomendable un análisis más profundo de la cantidad de tráfico que vaya a manejar la red a fin de no sobredimensionar, ni subdimensionar la capacidad de la misma.

- Se recomienda además un estudio más profundo de las tecnologías de acceso al medio, así como de las técnicas de duplexado para los estudiantes que opten por la carrera de electrónica.

ANEXOS

ANEXO 1

WIRELESS APLICACION PROTOCOLO (WAP)

WAP (Wireless Application Protocol)

WAP (Protocolo para Aplicaciones Inalámbricas) es una herramienta basada en las tecnologías XML e IP, siendo su lenguaje específico el WML. Es un nuevo protocolo abierto para dispositivos de bolsillo que permitirá a los usuarios acceder a los servicios de Internet sin tener que conectarse a un ordenador portátil.

El desarrollo de este protocolo fue promovido por empresas líderes del sector de las comunicaciones como Nokia, Ericsson, Motorola y Unwired Planet.

Arquitectura de un Sistema WAP.

La información solicitada por un usuario de WAP es a través de las URL, las cuales son presentadas al usuario en forma de hipervínculos, la información es almacenada previamente y presentada luego.

Existen dos maneras en que el usuario puede obtener información:

- El cliente está en comunicación directa con un servidor WAP. En este caso el cliente va a solicitar información desde ese servidor, el servidor busca el contenido ya sea localmente o remotamente para luego ser entregado al cliente.

Aplicaciones de WAP en la Telefonía Celular.

Las aplicaciones que un teléfono celular puede tener con WAP son las siguientes:

- Control de llamadas.
- Indicadores de control.
- Interfaz con la agenda telefónica.
- Navegar en internet/intranet en forma de texto.

- Enviar y recibir e-mail.
- Realizar comercio electrónico.
- Tener acceso a servicios de información y bancarios.

Una de las características de WAP es la de ser independiente del tipo de red, esto quiere decir que funciona con cualquier arquitectura de red actual o futura.

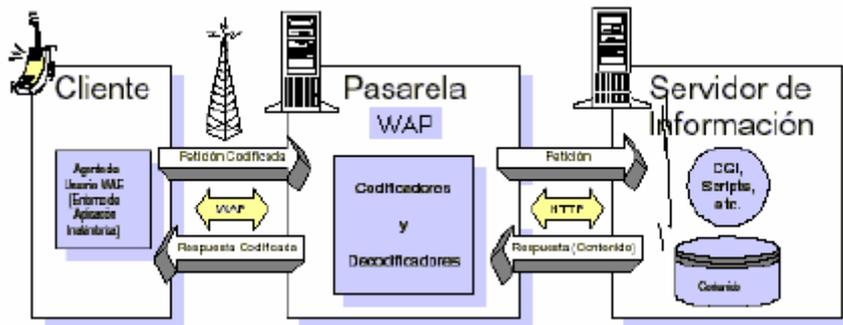
Versiones de wap

Se conocen múltiples versiones de wap, las principales versiones de wap son:

- WAP 1.0 publicada abril de 1998
- WAP 1.1 publicada JUNIO de 1999
- WAP 1.2 aprobada en diciembre de 1999
- WAP 1.2.1 revisada junio del 2000
- WAP 1.3 publicada en junio de 2001
- WAP 2.0 publicada abril de 1998 en agosto del 2001

El protocolo WAP esta basado en tecnología XML (Extensible Markup Language) e IP, utiliza un lenguaje denominado WML (Wíreles Markup Language, derivado de XML), concebido para pantallas pequeñas y navegación sin teclado, es mucho mas liviano para ser transportado a través del aire ya que esta diseñado para crear paginas Web menos exigentes respecto a ancho de banda que las creadas con HTML, incorporando menos recursos multimedia. En la actualidad WML. Tiene mas apariencia de DOS, pero es suficiente para enviar contenido hacia las aplicaciones WAP. Con lo que se logra un aprovechamiento máximo de las pantallas pequeñas entre las que se incluyen displays de solo dos líneas, hasta las más grandes que reciben hasta ocho líneas de texto, e incluso nuevas pantallas que permitirán despliegue de color. Las aplicaciones

desarrolladas en WML son visualizadas por el micronavegador (microbrowser), el cual reside y se ejecuta en el dispositivo Terminal y se convierte en la interfaz de usuario.



Modelo de plataforma WAP

En el esquema anterior se observa la arquitectura WAP, que permite ofrecer un amplio conjunto de servicios de conectividad a Internet, por medio de los dispositivos personales de bolsillo. El micronavegador en el Terminal inalámbrico es el encargado de la coordinación con la pasarela WAP o Gateway, que es un software que hace de puente entre la red móvil y la red de Internet tradicional. Los contenidos, de hecho suelen residir en un servidor Web. Cuando las páginas son solicitadas por un cliente WAP, esta petición llega a un Gateway que la codifica y la envía al servidor Web determinado. Una vez procesada la petición de información en el servidor, este último envía la información requerida a la pasarela que la decodifica y retransmite al Terminal inalámbrico del cliente. Tales operaciones de codificación decodificación son necesarias para reducir la dimensión de los archivos enviados. La pasarela WAP es la diferencia básica con la arquitectura WWW, ya que esta no cuenta con este intermedio.

ANEXO 2

MODELO DE TRANSFERENCIA ASINCRONO (ATM)

ATM

- ATM (Asynchronous Transfer Mode) es una técnica de multiplexación y conmutación de paquetes orientado a circuito virtual de tamaño fijo; se ha defendido como una tecnología importante para la interconexión de redes heterogéneas del área ancha. En redes de ATM, el dato es dividido en pequeñas unidades de longitud fija llamadas celdas. La celda es de 53 bytes. Cada celda contiene un encabezado de 5 byte que comprende identificación, prioridad del mando e información de enrutamiento. Los 48 bytes restantes son los datos reales.

ATM Inalámbrico

Desde el principio, el concepto de ATM es comunicaciones de extremo-a-extremo. En un ambiente de red de área ancha, el protocolo de comunicación será el mismo, es decir, ATM, y las compañías ya no tendrán que comprar equipo extra (routers o gateways) para interconectar su LANs (Local Area Networks). También, se considera que ATM reduce la complejidad de la red y mejora la flexibilidad mientras proporciona consideraciones de rendimiento de tráfico de extremo-extremo. Es por eso que los investigadores han estado enfatizando en que el paradigma de celdas ATM será adoptado como la base para la próxima generación las arquitecturas de transporte inalámbricas.

ATM y la tecnología Inalámbrica están en la infancia, no hay ningún estándar para ATM Inalámbrico.

Hay varios factores que tienden a favorecer el uso de ATM en las redes de comunicación personal (PCN), estas incluyen: asignación flexible del ancho de banda y selección de tipo de servicio para una amplia gama de aplicaciones, algunas de las cuales aún no se han definido; eficaz multiplexación del tráfico de fuentes data/multimedia; suministro de extremo-a-extremo de servicios de banda ancha sobre redes alámbricas o inalámbricas; equipamiento de un conmutador ATM para conmutación entre celdas; mejora la fiabilidad del servicio con las técnicas de conmutación de paquetes; la fácil interfaz con sistemas de B-ISDN alambrados.

Control de Acceso al Medio (MAC)

Uno de los mayores problemas del ATM inalámbrico es encontrar una técnica conveniente de control de acceso al canal en la capa de datos y enlace. El acceso a un canal compartido lleva a una pobreza cuantitativa en el rendimiento de las redes inalámbricas.

Cuando se usa la modulación spread spectrum, CDMA es el modo de funcionamiento de-facto. Los resultados de estudios anteriores muestran que el paquete CDMA puede

lograr una eficiente multiplexación del tráfico, un buen rendimiento para CBR, VBR y servicios de datos iterativos de baja velocidad, pero CDMA está limitado a una velocidad menor o igual a 1 Mb/sec.

La Modulación de banda angosta (TDMA) también puede usarse. El protocolo CSMA/CD da el rendimiento requerido en cobre, pero no es conveniente para inalámbrico, donde todos los sistemas en una celda no están entre sí en comunicación.

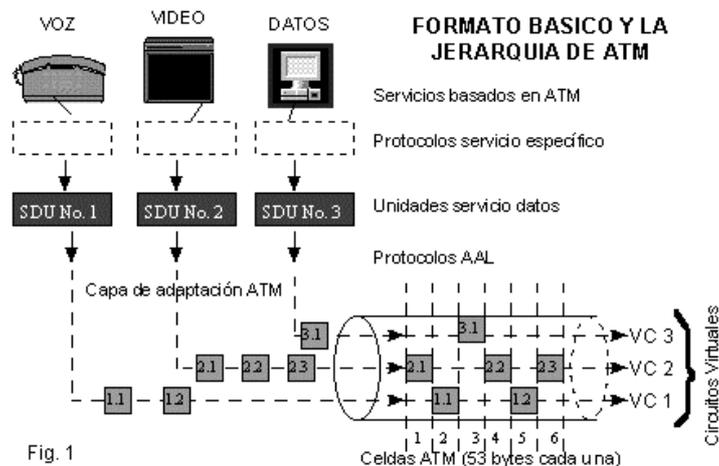
El sistema propuesto por Acampora usa una forma de TDMA (División Time Access Múltiple) en la cual los móviles son sondeados para determinar cual de ellos tienen datos para enviar.

El desafío en diseñar un protocolo MAC para ATM Inalámbrico es identificar en el medio inalámbrico, multimedios MAC capaz que mantenga un grado suficiente de transparencia para muchas aplicaciones de ATM..

MULTIPLEXACION EN ATM:

Un examen más cercano del protocolo ATM y cómo opera ayudará a explicar cómo los circuitos virtuales, las rutas virtuales, los conmutadores y los servicios que ellos acarrearán se afectan entre sí.

La figura No.1 muestra un formato básico y la jerarquía de ATM. Una conexión ATM, consiste de "celdas" de información contenidas en un circuito virtual (VC). Estas celdas provienen de diferentes fuentes representadas como generadores de bits a tasas de transferencia constantes como la voz y a tasas variables tipo ráfagas (bursty traffic) como los datos. Cada celda compuesta por 53 bytes, de los cuales 48 (opcionalmente 44) son para de información y los restantes para uso de campos de control (cabecera) con información de "quién soy" y "donde voy"; es identificada por un "virtual circuit identifier" VCI y un "virtual path identifier" VPI dentro de esos campos de control, que incluyen tanto el enrutamiento de celdas como el tipo de conexión.



La técnica ATM multiplexa muchas celdas de circuitos virtuales en una ruta (path) virtual colocándolas en particiones (slots), similar a la técnica TDM. Sin embargo, ATM llena cada slot con celdas de un circuito virtual a la primera oportunidad, similar a la operación de una red conmutada de paquetes. La figura No.2 describe los procesos de conmutación implícitos los VC switches y los VP switches.

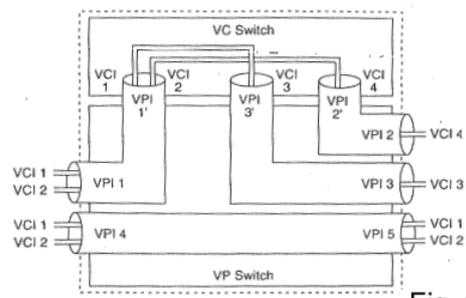


Fig. 2

Diferentes categorías de tráfico son convertidas en celdas ATM vía la capa de adaptación de ATM (AAL - ATM Adaptation Layer), de acuerdo con el protocolo usado. (Más adelante se explica este protocolo).

La capa de adaptación de ATM:

La tercera capa es la ATM Adaptation Layer (AAL). La AAL juega un rol clave en el manejo de múltiples tipos de tráfico para usar la red ATM, y es dependiente del servicio. Específicamente, su trabajo es adaptar los servicios dados por la capa ATM a aquellos servicios que son requeridos por las capas más altas, tales como emulación de circuitos, (circuit emulation), vídeo, audio, frame relay, etc. La AAL recibe los datos de varias fuentes o aplicaciones y las convierte en los segmentos de 48 bytes. Cinco tipos de servicio AAL están definidos actualmente:

La capa de Adaptación de ATM yace entre el ATM layer y las capas más altas que usan el servicio ATM. Su propósito principal es resolver cualquier disparidad entre un servicio requerido por el usuario y atender los servicios disponibles del ATM layer. La capa de adaptación introduce la información en paquetes ATM y controla los errores de la transmisión. La información transportada por la capa de adaptación se divide en cuatro clases según las propiedades siguientes:

- 1) Que la información que esta siendo transportada dependa o no del tiempo.
- 2) Tasa de bit constante/variable.
- 3) Modo de conexión.

Estas propiedades definen ocho clases posibles, cuatro se definen como B-ISDN Clases de servicios. La capa de adaptación de ATM define 4 servicios para equiparar las 4 clases definidas por B-ISDN:

- AAL-1
- AAL-2
- AAL-3
- AAL-4

La capa de adaptación se divide en dos subcapas:

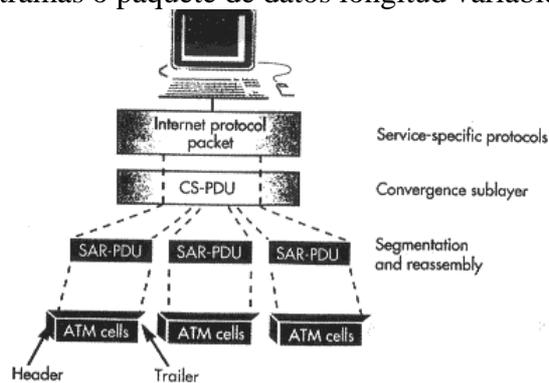
- 1)Capa de convergencia (convergence sublayer (CS)) :

En esta capa se calculan los valores que debe llevar la cabecera y los payloads del mensaje. La información en la cabecera y en el payload depende de la clase de información que va a ser transportada.

2)Capa de Segmentación y reensamblaje (segmentation and reassembly (SAR))

Esta capa recibe los datos de la capa de convergencia y los divide en trozos formando los paquetes de ATM. Agrega la cabecera que llevara la información necesaria para el reensamblaje en el destino.

La figura siguiente aporta una mejor comprensión de ellas. La subcapa CS es dependiente del servicio y se encarga de recibir y paquetizar los datos provenientes de varias aplicaciones en tramas o paquete de datos longitud variable.



Estos paquetes son conocidos como (CS - PDU) CONVERGENCE SUBLAYER PROTOCOL DATA UNITS.

Luego, la sub capa recibe los SAR CS - PDU, los reparte en porciones del tamaño de la celda ATM para su transmisión. También realiza la función inversa (reensamblado) para las unidades de información de orden superior. Cada porción es ubicada en su propia unidad de protocolo de segmentación y reensamblado conocida como (SAR - PDU) SEGMENTATION AND REASSEMBLER PROTOCOL DATA UNIT, de 48 bytes.

Finalmente cada SAR - PDU se ubica en el caudal de celdas ATM con su header y trailer respectivos.

AAL1:

AAL-1 se usa para transferir tasas de bits constantes que dependen del tiempo. Debe enviar por lo tanto información que regule el tiempo con los datos. AAL-1 provee recuperación de errores e indica la información con errores que no podrá ser recuperada.

AAL 2:

AAL-2 se usa para transferir datos con tasa de bits variable que dependen del tiempo. Envía la información del tiempo conjuntamente con los datos para que esta puede recuperarse en el destino. AAL-2 provee recuperación de errores e indica la información que no puede recuperarse.

AAL 3:

AAL-3 se diseña para transferir los datos con tasa de bits variable que son independientes del tiempo. AAL-3 puede ser dividido en dos modos de operación:

- 1) Fiable: En caso de pérdida o mala recepción de datos estos vuelven a ser enviados. El control de flujo es soportado.
- 2) No fiable: La recuperación del error es dejado para capas mas altas y el control de flujo es opcional.

ALL 4:

AAL-4 se diseña para transportar datos con tasa de bits variable independientes del tiempo. Es similar al AAL3 y también puede operar en transmisión fiable y o no fiable. AAL-4 provee la capacidad de transferir datos fuera de una conexión explícita.

AAL 2, AAL 3/4 y AAL 5 manejan varios tipos de servicios de datos sobre la base de tasas de bits variables tales como Switched Multimegabit Data Service (SMDS), Frame Relay o tráfico de redes de área local (LAN). AAL 2 y AAL 3 soportan paquetes orientados a conexión.

PROBLEMAS EN ATM:

En el pasado los protocolos de comunicaciones de datos evolucionaron en respuesta a circuitos poco confiables. Los protocolos en general detectan errores en bits y tramas perdidas, luego retransmiten los datos.

Los usuarios puede que jamás vean estos errores reportados, la degradación de respuesta o de caudal (through put) serían los únicos síntomas.

A diferencia de los mecanismos de control extremo a extremo que utiliza TCP en internetworking, la capacidad de Gbit/seg de la red ATM genera un juego de requerimientos necesarios para el control de flujo. Si el control del flujo se hiciese como una realimentación del lazo extremo a extremo, en el momento en que el mensaje de control de flujo arribase a la fuente, ésta habría transmitido ya algunos Mbytes de datos en el sistema, exacerbando la congestión. Y en el momento en que la fuente reaccionase al mensaje de control, la condición de congestión hubiese podido desaparecer apagando innecesariamente la fuente. La constante de tiempo de la realimentación extremo a extremo en las redes ATM (retardo de realimentación por producto lazo - ancho de banda) debe ser lo suficientemente alta como para cumplir con las necesidades del usuario sin que la dinámica de la red se vuelva impracticable.

Las condiciones de congestión en las redes ATM están previstas para que sean extremadamente dinámicas requiriendo de mecanismos de hardware lo suficientemente rápidos para llevar a la red al estado estacionario, necesitando que la red en sí, éste activamente involucrada en el rápido establecimiento de este estado estacionario. Sin embargo, esta aproximación simplista de control reactivo de lazo cerrado extremo a extremo en condiciones de congestión no se considera suficiente para las redes ATM.

ANEXO 4

RECOMENDACIONES PARA UBICACIÓN DE ANTENAS

Las antenas podrán tener altura de 40, 50 y 60 metros. Cada una de ellas cumplirá el siguiente alejamiento mínimo con relación a las viviendas más cercanas.

- Torre de 40 metros: Alejamiento mínimo de 75 a 92 metros.
- Torre de 50 metros: Alejamiento mínimo de 70 a 87 metros.
- Torre de 60 metros: Alejamiento mínimo de 60 a 80 metros.
- Como sitios especiales se consideran Escuelas, Colegios, Centros de Desarrollo infantil, Hospitales. En ellos no se permitirá estaciones bases de celulares (torres y antenas) en una distancia menor a los 200 metros.
- Protección con barreras físicas, mallas y cercas, que impidan la entrada de niños o adultos ajenos a esta actividad, a las cercanías de las antenas.
- Se autorizará la instalación de antenas en carreteras y caminos cuando tengan un retiro mínimo mayor al de la altura de la propia antena con el propósito de no obstaculizar el libre tránsito en los caminos principales en caso de desastre natural.

En la fase de construcción del proyecto, los desechos sólidos deben disponerse en el vertedero municipal, previa autorización de la Alcaldía respectiva a cada Empresa.

- Las torres deben ser instaladas en espacios cerrados por cercas perimetrales que restrinjan el acceso a personal ajeno a las operaciones de la red de telefonía celular. Las cercas perimetrales deben ser construidas de mampostería y concreto reforzado.

- La planta alterna generadora de energía debe incluir una base sólida para absorber vibraciones y una carcasa que reduzca las emisiones de ruido.
- En el caso de utilizar tanque de almacenamiento de combustible para la planta alterna generadora de energía, las empresas deben impermeabilizar la base soporte del tanque, construir muro perimetral o berma en la base para contener derrames y contar con extinguidores para contrarrestar un posible incendio.
- Las torres deben estar dotadas de pararrayos y totalmente polarizadas a tierra, con el objeto de garantizar la protección ante tormentas eléctricas.
- Las estructuras de las torres deben soportar las cargas que representan la acción del viento y los movimientos sísmicos muy frecuentes en la región.
- La empresa debe considerar toda la precaución necesaria durante los movimientos para la instalación de las radio bases y torres, a fin de evitar accidentes en los sitios poblados aledaños al proyecto.
- La empresa debe considerar el impacto visual, especialmente en los sitios considerados patrimonio histórico o de interés turístico.

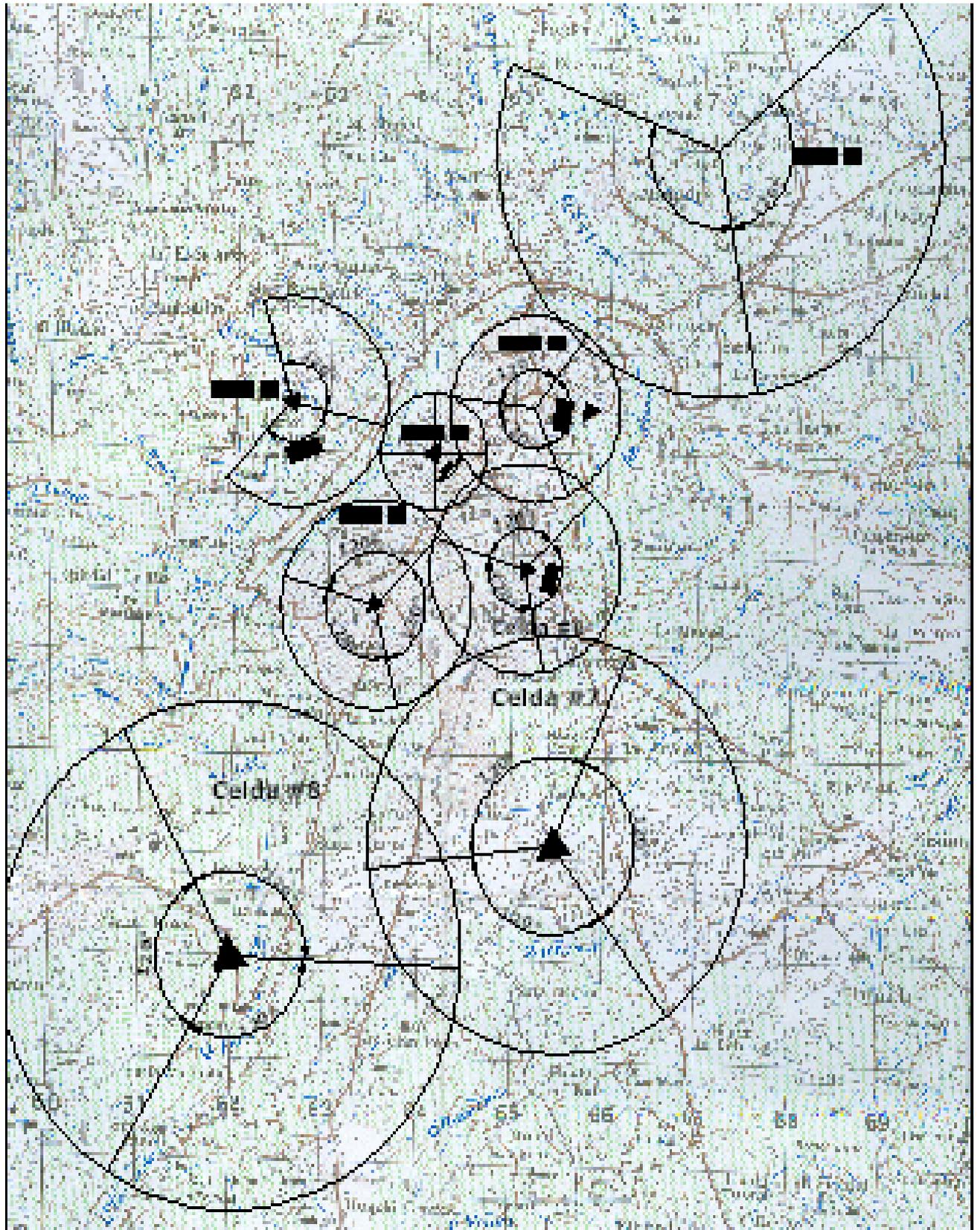
ANEXO 3

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS EQUIPOS

ANEXO 5

INSTALACIÓN Y TENDIDO DE LAS LÍNEAS DE TX.

ANEXO 6
UBICACIÓN GENERAL DE LAS CELDAS



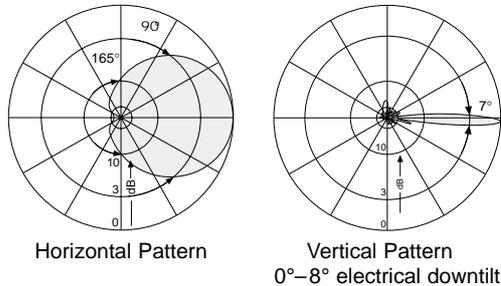
Multi-band F-Panel 1710–2170
Dual Polarization X
Half-power Beam Width 90°
Adjust. Electrical Downtilt 0°–8°
 set by hand or by optional RCU (Remote Control Unit)

XPol F-Panel 1710–2170 90° 17dBi 0°–8°T

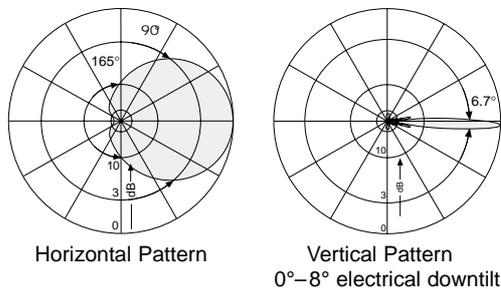
Type No.	741 989		
Frequency range	1710–2170		
	1710 – 1880 MHz	1850 – 1990 MHz	1920 – 2170 MHz
Polarization	+45°, –45°	+45°, –45°	+45°, –45°
Gain	16.5 dBi	16.8 dBi	16.7 dBi
Half-power beam width Copolar +45°/–45°	Horizontal: 90° Vertical: 7°	Horizontal: 90° Vertical: 6.7°	Horizontal: 90° Vertical: 6.5°
Electrical tilt continuously adjustable	0°–8°	0°–8°	0°–8°
Sidelobe suppression for first sidelobe above horizon	0° ... 2° ... 5° ... 8° T 18 ... 18 ... 16 ... 14 dB	0° ... 2° ... 5° ... 8° T 20 ... 20 ... 18 ... 17 dB	0° ... 2° ... 5° ... 8° T 18 ... 18 ... 18 ... 17 dB
Front-to-back ratio (180° ± 30°)	Copolar: > 25 dB Total power: > 25 dB	Copolar: > 25 dB Total power: > 25 dB	Copolar: > 24 dB Total power: > 24 dB
Cross polar ratio Maindirection Sector	0° ±60° Typically: 20 dB > 10 dB	Typically: 20 dB > 10 dB	Typically: 20 dB > 10 dB
Isolation, between ports	> 30 dB	> 30 dB	> 30 dB
Impedance	50 Ω	50 Ω	50 Ω
VSWR	< 1.5	< 1.5	< 1.5
Intermodulation IM3 (2 x 43 dBm carrier)	< –150 dBc		
Max. power per input	200 W (at 50 °C ambient temperature)		



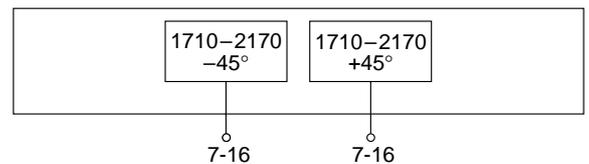
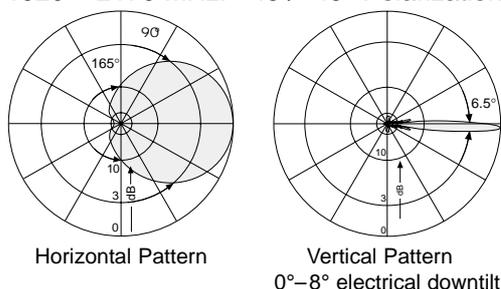
1710 – 1880 MHz: +45°/–45° Polarization



1850 – 1990 MHz: +45°/–45° Polarization



1920 – 2170 MHz: +45°/–45° Polarization



Mechanical specifications

Input	2 x 7-16 female
Connector position	Bottom
Adjustment mechanism	1x, Position bottom continuously adjustable
Weight	7.5 kg
Wind load	Frontal: 130 N (at 150 km/h) Lateral: 110 N (at 150 km/h) Rearside: 310 N (at 150 km/h)
Max. wind velocity	200 km/h
Packing size	1574 x 172 x 92 mm
Height/width/depth	1302 / 155 / 69 mm

936.2073/h Subject to alteration.

Accessories (order separately)

Type No.	Description	Remarks	Material	Weight approx.	Units per antenna
734 360	2 clamps	Mast: 34 – 60 mm dia.	Stainless steel	60 g	1
734 361	2 clamps	Mast: 60 – 80 mm dia.	Stainless steel	70 g	1
734 362	2 clamps	Mast: 80 – 100 mm dia.	Stainless steel	80 g	1
734 363	2 clamps	Mast: 100 – 120 mm dia.	Stainless steel	90 g	1
734 364	2 clamps	Mast: 120 – 140 mm dia.	Stainless steel	110 g	1
734 365	2 clamps	Mast: 45 – 125 mm dia.	Stainless steel	80 g	1
738 546	1 clamp	Mast: 50 – 115 mm dia.	Hot-dip galvanized steel	1.0 kg	2
850 10002	1 clamp	Mast: 110 – 220 mm dia.	Hot-dip galvanized steel	2.7 kg	2
850 10003	1 clamp	Mast: 210 – 380 mm dia.	Hot-dip galvanized steel	4.8 kg	2
732 317	1 downtilt kit	Downtilt angle: 0° – 10°	Stainless steel	1.0 kg	1

For downtilt mounting use the clamps for an appropriate mast diameter together with the downtilt kit.
Wall mounting: No additional mounting kit needed.

Material:

Reflector screen: Tin plated copper. **Radiator:** Tin plated zinc.
Flat fiberglass radome: The max. radome depth is only 69 mm. Fiberglass material guarantees optimum performance with regards to stability, stiffness, UV resistance and painting. The colour of the radome is grey.
All screws and nuts: Stainless steel.

Grounding:

The metal parts of the antenna including the mounting kit and the inner conductors are DC grounded.

Environmental conditions:

Kathrein cellular antennas are designed to operate under the environmental conditions as described in ETS 300 019-1-4 class 4.1 E. The antennas exceed this standard with regard to the following items:
– Low temperature: –55 °C
– High temperature (dry): +60 °C

Ice protection: Due to the very sturdy antenna construction and the protection of the radiating system by the radome, the antenna remains operational even under icy conditions.

Environmental tests:

Kathrein antennas have passed environmental tests as recommended in ETS 300 019-2-4. The homogenous design of Kathrein's antenna families use identical modules and materials. Extensive tests have been performed on typical samples and modules.

Please note:

As a result of more stringent legal regulations and judgements regarding product liability, we are obliged to point out certain risks that may arise when products are used under extraordinary operating conditions.

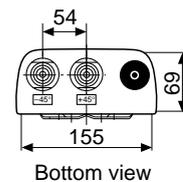
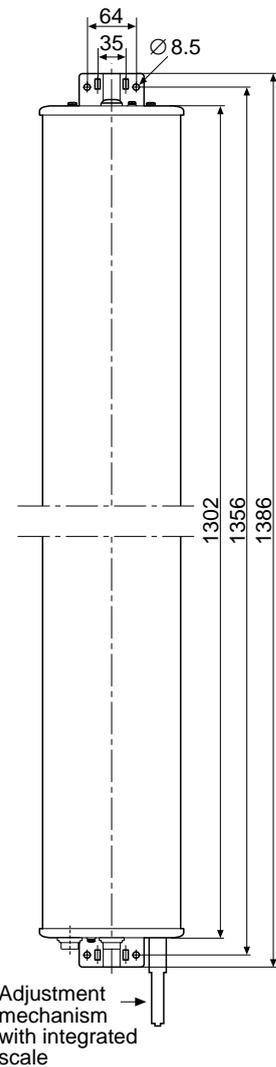
The mechanical design is based on the environmental conditions as stipulated in ETS 300 019-1-4, which includes the static mechanical load imposed on an antenna by wind at maximum velocity. Extraordinary operating conditions, such as heavy icing or exceptional dynamic stress (e.g. strain caused by oscillating support structures), may result in the breakage of an antenna or even cause it to fall to the ground. These facts must be considered during the site planning process.

The installation team must be properly qualified and also be familiar with the relevant national safety regulations.

The details given in our data sheets have to be followed carefully when installing the antennas and accessories.

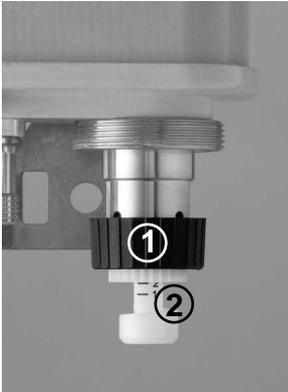
The limits for the coupling torque of RF-connectors, recommended by the connector manufacturers must be obeyed.

Any previous datasheet issues have now become invalid.

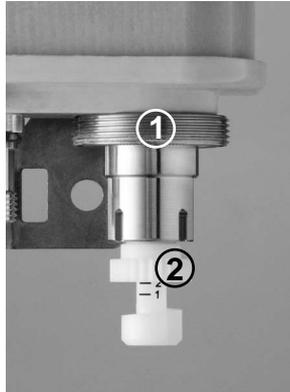


Instructions for Antennas with Adjustable Electrical Downtilt (General Example)

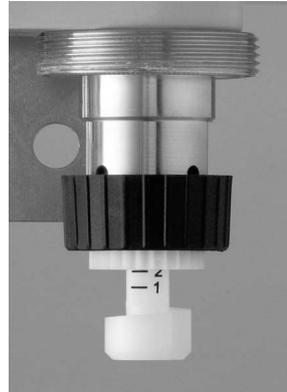
Description of the interface (protective cap removed):



- ① Adjustment wheel with twist-lock function.
- ② Downtilt spindle with integrated scale.



- ① Thread for fixing of the protective cap or the RCU (Remote Control Unit).
- ② Gearwheel for RCU-power drive.

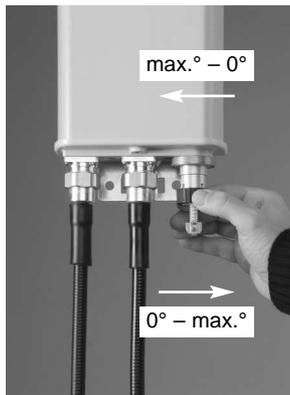


To set the downtilt angle exactly, you must look horizontally at the scale. The lower edge of the gearwheel must be used for alignment purposes.

Manual adjustment procedure: (General example)



Remove protective cap.



Set downtilt angle by rotating the adjustment wheel.



Screw on the protective cap again.

Attachment of the RCU (Remote Control Unit) for remote-controlled downtilt adjustment: (General example)



Remove the protective cap completely from the antenna.

Check the proper functioning of the phase-shifter over the entire adjustment range, by twisting the adjustment wheel in such a way that the spindle moves completely in and out.

Reset the downtilt to the previous value.



Completely remove the black adjustment wheel by simply pulling it downwards.



Push the attachment nut of the RCU down towards the housing.

Place the RCU carefully over the adjustment spindle, observing the correct alignment of the RCU with regards to the antenna, i.e. the flat surfaces of the attachment fixture on the antenna side and those inside the RCU housing must lie flat against each other.

Push-up the RCU carefully to the stop at the antenna.

Please note!
Do not twist the RCU in any way during attaching to the antenna, as this could damage the adjustment spindle.



Tighten the RCU attachment nut using a torque-wrench; wrench width = 41 mm, min. torque = 15 Nm, max. torque = 18 Nm.

Connect the RCU control cable immediately after attachment of the RCU.

Please note!
In cases where a mechanical downtilt unit is installed, this must not be set for a downtilt of more than 14 degrees.

Dual-band F-Panel

Vertical Polarization

Half-power Beam Width

Integrated Combiner

824–960	1710–2170
---------	-----------

V

V

90°

82°

C

KATHREIN

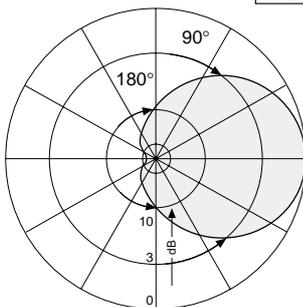
Antennen · Electronic

VVPol F-Panel 824–960/1710–2170 C 90°/82° 10/11dBi

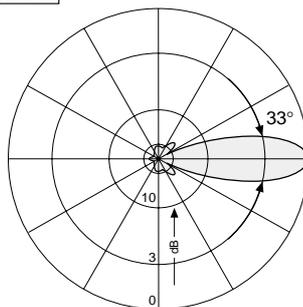
Type No.	800 10046	
Frequency range	824 – 960 MHz	1710 – 2170 MHz
Polarization	Vertical	Vertical
Gain	15 dBi	14 dBi
Half-power beam width	Horizontal: 90° Vertical: 33°	Horizontal: 82° Vertical: 19°
Front-to-back ratio	> 18 dB	> 20 dB
Impedance	50 Ω	50 Ω
VSWR	< 1.7 (824 – 960 MHz) < 1.5 (870 – 960 MHz)	< 1.5
Intermodulation IM3 (2 x 43 dBm carrier)	< -150 dBc	< -150 dBc
Max. power	100 W (at 50 °C ambient temperature)	



824–960

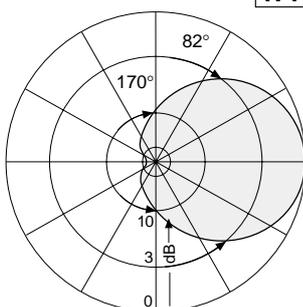


Horizontal Pattern

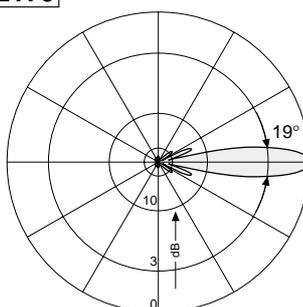


Vertical Pattern

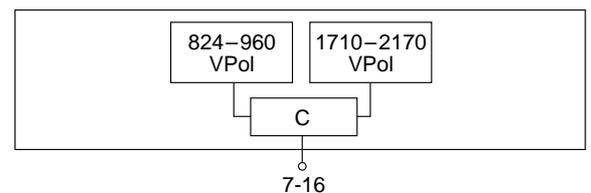
1710–2170



Horizontal Pattern



Vertical Pattern



Mechanical specifications

Input	1 x 7-16 female
Connector position*	Bottom or top
Weight	4.4 kg
Wind load	Frontal: 65 N (at 150 km/h) Lateral: 50 N (at 150 km/h) Rearside: 160 N (at 150 km/h)
Max. wind velocity	200 km/h
Packing size	804 x 172 x 92 mm
Height/width/depth	662 / 155 / 69 mm

* Inverted mounting:

Connector position top: Change drain hole screw.

936.2500/a Subject to alteration.

Accessories (order separately)

Type No.	Description	Remarks	Material	Weight approx.	Units per antenna
734 360	2 clamps	Mast: 34 – 60 mm dia.	Stainless steel	60 g	1
734 361	2 clamps	Mast: 60 – 80 mm dia.	Stainless steel	70 g	1
734 362	2 clamps	Mast: 80 – 100 mm dia.	Stainless steel	80 g	1
734 363	2 clamps	Mast: 100 – 120 mm dia.	Stainless steel	90 g	1
734 364	2 clamps	Mast: 120 – 140 mm dia.	Stainless steel	110 g	1
734 365	2 clamps	Mast: 45 – 125 mm dia.	Stainless steel	80 g	1
738 546	1 clamp	Mast: 50 – 115 mm dia.	Hot-dip galvanized steel	1.0 kg	2
850 10002	1 clamp	Mast: 110 – 220 mm dia.	Hot-dip galvanized steel	2.7 kg	2
850 10003	1 clamp	Mast: 210 – 380 mm dia.	Hot-dip galvanized steel	4.8 kg	2
732 321	1 downtilt kit	Downtilt angle: 0° – 20°	Stainless steel	1.0 kg	1

For downtilt mounting use the clamps for an appropriate mast diameter together with the downtilt kit.
Wall mounting: No additional mounting kit needed.

Material:

Reflector screen and radiator: Tin plated copper.

Flat fiberglass radome: The max. radome depth is only 69 mm. Fiberglass material guarantees optimum performance with regards to stability, stiffness, UV resistance and painting. The colour of the radome is grey.

All screws and nuts: Stainless steel.

Grounding:

The metal parts of the antenna including the mounting kit and the inner conductors are DC grounded.

Environmental conditions:

Kathrein cellular antennas are designed to operate under the environmental conditions as described in ETS 300 019-1-4 class 4.1 E.

The antennas exceed this standard with regard to the following items:

- Low temperature: –55 °C
- High temperature (dry): +60 °C

Ice protection: Due to the very sturdy antenna construction and the protection of the radiating system by the radome, the antenna remains operational even under icy conditions.

Environmental tests:

Kathrein antennas have passed environmental tests as recommended in ETS 300 019-2-4. The homogenous design of Kathrein's antenna families use identical modules and materials. Extensive tests have been performed on typical samples and modules.

Please note:

As a result of more stringent legal regulations and judgements regarding product liability, we are obliged to point out certain risks that may arise when products are used under extraordinary operating conditions.

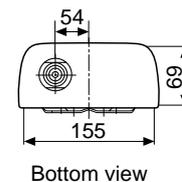
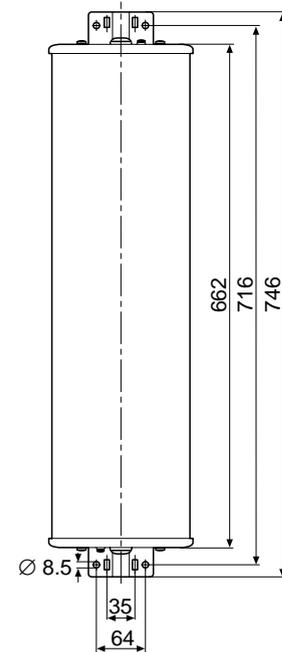
The mechanical design is based on the environmental conditions as stipulated in ETS 300 019-1-4, which includes the static mechanical load imposed on an antenna by wind at maximum velocity. Extraordinary operating conditions, such as heavy icing or exceptional dynamic stress (e.g. strain caused by oscillating support structures), may result in the breakage of an antenna or even cause it to fall to the ground. These facts must be considered during the site planning process.

The installation team must be properly qualified and also be familiar with the relevant national safety regulations.

The details given in our data sheets have to be followed carefully when installing the antennas and accessories.

The limits for the coupling torque of RF-connectors, recommended by the connector manufacturers must be obeyed.

Any previous datasheet issues have now become invalid.



Base Transceiver Station for W-CDMA System

Fujitsu started commercial delivery of a W-CDMA base transceiver station (BTS). We then dramatically increased the number of traffic channels in this BTS and reduced its power consumption. Then, in September 2002, we began mass production and delivery of the new, large-capacity BTS. This equipment conforms to the global standard specifications of the 3GPP (3rd Generation Partnership Project) and was developed using all of Fujitsu's expertise, for example, expertise in radio technology, network technology, and electronic device technology. This paper gives an overview of this large-capacity BTS and introduces its features.

1. Introduction

Fujitsu is aggressively pursuing the development of a W-CDMA system that conforms to the third-generation mobile communications system (IMT-2000). While conventional mobile phone systems center on voice services, W-CDMA systems will center on multimedia services. In order to provide multimedia services, the base transceiver station (BTS) must realize advanced functionality and high-performance, including the simultaneous transmission of voice and a variety of high-speed data services as well as high-quality transmission on the same level as fixed telephone networks. Multimedia services require much more bandwidth than voice services, so BTSs must have greater capacities to keep up with the increase in demand. In addition, it is necessary to have flexible expandability to support different equipment environments, reduce the installation size and power consumption, and provide the flexibility to adapt to changes in service contents.

In 1997, Fujitsu supplied a BTS as test equipment for an NTT DoCoMo W-CDMA system,¹⁾ and in January 2001 we started mass production and

shipment of this BTS for commercial use. Then, by using our proprietary, high-efficiency transmitter amplification technology and high-speed baseband signal processing technology, we developed a new, high-capacity BTS. Compared to the equipment currently in use, our new BTS provides four times as much channel capacity with the same power consumption and size. Mass production and shipment of the new BTS was started in September 2002.

2. About the W-CDMA system

IMT-2000 is designed to support not only voice services, but also all manner of multimedia services, including fax, e-mail, high-speed data exchange, high-definition image transmission, motion picture transmission, and Internet services. Implementing such services requires that the BTSs can simultaneously transmit voice and a variety of high-speed data services as well as provide high-quality transmission. **Figure 1** shows the network configuration of W-CDMA.

W-CDMA is a code division multiple access (CDMA) communication system that spreads data

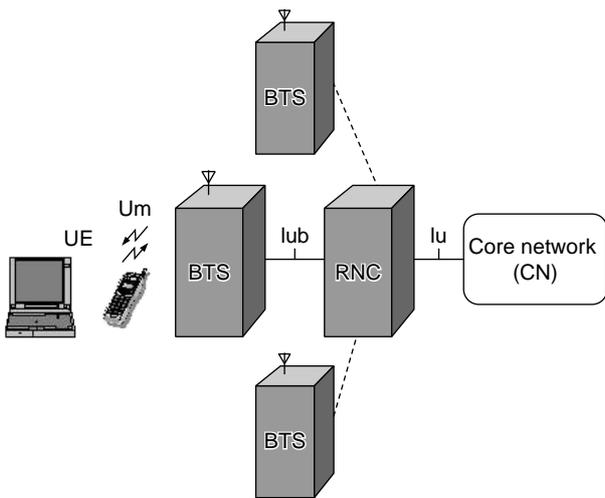


Figure 1
W-CDMA network configuration.

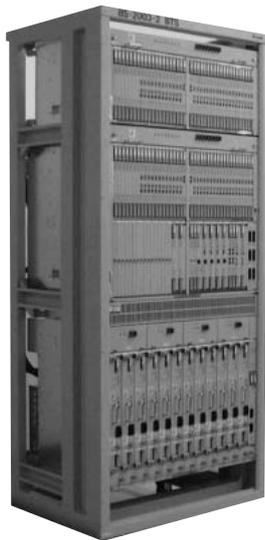


Figure 2
Large-capacity BTS.

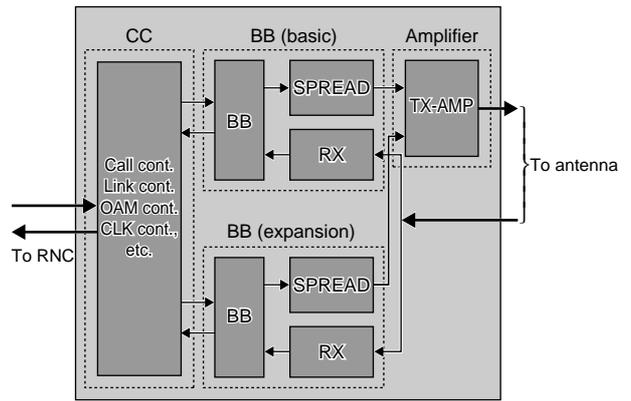


Figure 3
System configuration of large-capacity BTS.

Table 1
Main specifications of large-capacity BTS.

Item	Specification
Radio frequency band	Uplink: 1900 to 1960 MHz Downlink: 2100 to 2150 MHz
Carrier separation	5 MHz
Number of carriers	4 carriers max.
Access system	DS-CDMA/FDD
Number of sectors	6 sectors max.
Max. RF output power	20/40/80 W/sector
Channel capacity	2880 voice channels or equivalent
Transmission rate	Voice: AMR, data: 384 kb/s max.
Transmission line interface	6.3 Mb/s or 1.5 Mb/s
Equipment dimensions	800 × 600 × 1800 mm (W × D × H)

HELIAX® Coaxial Cable



Cable Type	Nominal diameter	Maximum diameter over jacket in. (mm)	Cable weight (lb/ft (kg/m))		Minimum bend radius in. (mm)	Air dielectric volume	
			Air dielectric	Foam dielectric		ft³/ 1000 ft	liters/ 1000 m
FSJ1	1/4"	0.29 (7.4)	—	0.045 (0.067)	1 (25)	—	—
LDF1	1/4"	0.345 (8.8)	—	0.06 (0.09)	3 (76)	—	—
EFX2	3/8"	0.45 (11.3)	—	0.09(0.13)	1.75 (45)	—	—
FSJ2	3/8"	0.415 (10.5)	—	0.078 (0.12)	1 (25)	—	—
LDF2	3/8"	0.44 (11.2)	—	0.08 (0.12)	3.75 (95)	—	—
FSJ4	1/2"	0.52 (13.2)	—	0.14 (0.21)	1.25 (32)	—	—
HJ4	1/2"	0.58 (14.7)	0.25 (0.37)	—	5 (125)	0.68	63
LDF4	1/2"	0.63 (15.9)	—	0.15 (0.22)	5 (125)	—	—
HJ4.5	5/8"	0.87 (22)	0.40 (0.59)	—	7 (180)	1.92	178
LDF4.5	5/8"	0.87 (22)	—	0.27 (0.39)	8 (200)	—	—
HJ5+LDF5	7/8"	1.10 (28)	0.54 (0.8)	0.33 (0.49)	10 (250)	3.5	325
LDF6	1-1/4"	1.55 (39.4)	—	0.66 (0.98)	15 (380)	1.2*	112*
HJ7+LDF7	1-5/8"	1.98 (50)	1.04 (1.55)	0.92 (1.36)	20 (510)	14	1301
HJ12	2-1/4"	2.38 (60.4)	1.16 (1.73)	—	22 (560)	21.5	1997
LDF12	2-1/4"	2.35 (60)	—	1.29 (1.91)	24 (610)	—	—

*Foam dielectric cable that allows pressurization through inner conductor air

Note: Air dielectric cable is supplied pressurized and includes an air inlet valve. Inner connectors, gaskets, silicone grease, connecting hardware, and installation instructions are packed with unattached connectors. UHF style connectors do not include gaskets at the mating interface and may require sealing or weatherproofing.

1. Inspecting and Preparing the Cable

Inspect the cable for possible shipping damage.

Andrew pressure-tests all air-dielectric cable and connector assemblies at the factory; however, you should check them for possible pressure loss before installing them. Use a tire pressure gauge to check the pressure at the cable end. Connector assemblies are factory-pressurized with dry air to 10 lb/in² (70 kPa) prior to shipment.

The maximum allowable pressure loss for air-dielectric cable assemblies is 1 lb/in² (7 kPa) in 24 hours. If this value is exceeded, check all joints for possible leaks, especially at pipe threads. Refer to Part 7 of this bulletin for pressure information. If you cannot correct the leaky condition, contact the Andrew Customer Service (see page 8) for assistance. **Important:** Do not install cable that has excessive pressure loss.

Notice: Verify the pressure-handling capability of all antenna system components before subjecting them to the system operating pressure. Andrew HELIAX cable

can handle pressures up to 30 lb/in² (207 Kpa); however, some antenna components may be damaged at such high pressures.

Factory-attached flange connectors have a blank flange attached to them to maintain cable pressure during shipment. The blank flange also protects the connector face and prevents the entry of foreign matter. *Do not remove this blank flange until after the cable is installed.*

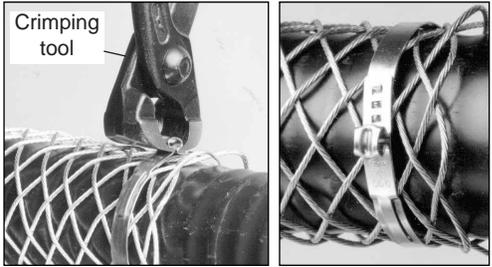
Cover all cut cable ends that are not immediately terminated to protect them from the weather and the entry of foreign matter. Seal and repressurize air-dielectric cable to prevent moisture from developing inside the cable. Use the cable end caps that were supplied with the cable shipment to cover the cable ends.

Before you hoist the cable, be sure to:

- Attach the connector at the antenna end of the cable using the instructions supplied with the connector.
- Pressure-test the assembly and apply a weatherproof covering for the assembly.

NOTICE

When the standard hoisting grip is completely laced to the cable, attach a support clamp (purchased separately) or add six wraps of two-inch plastic tape along the bottom portion of the grip. This prevents the grip from relaxing before tension is applied.

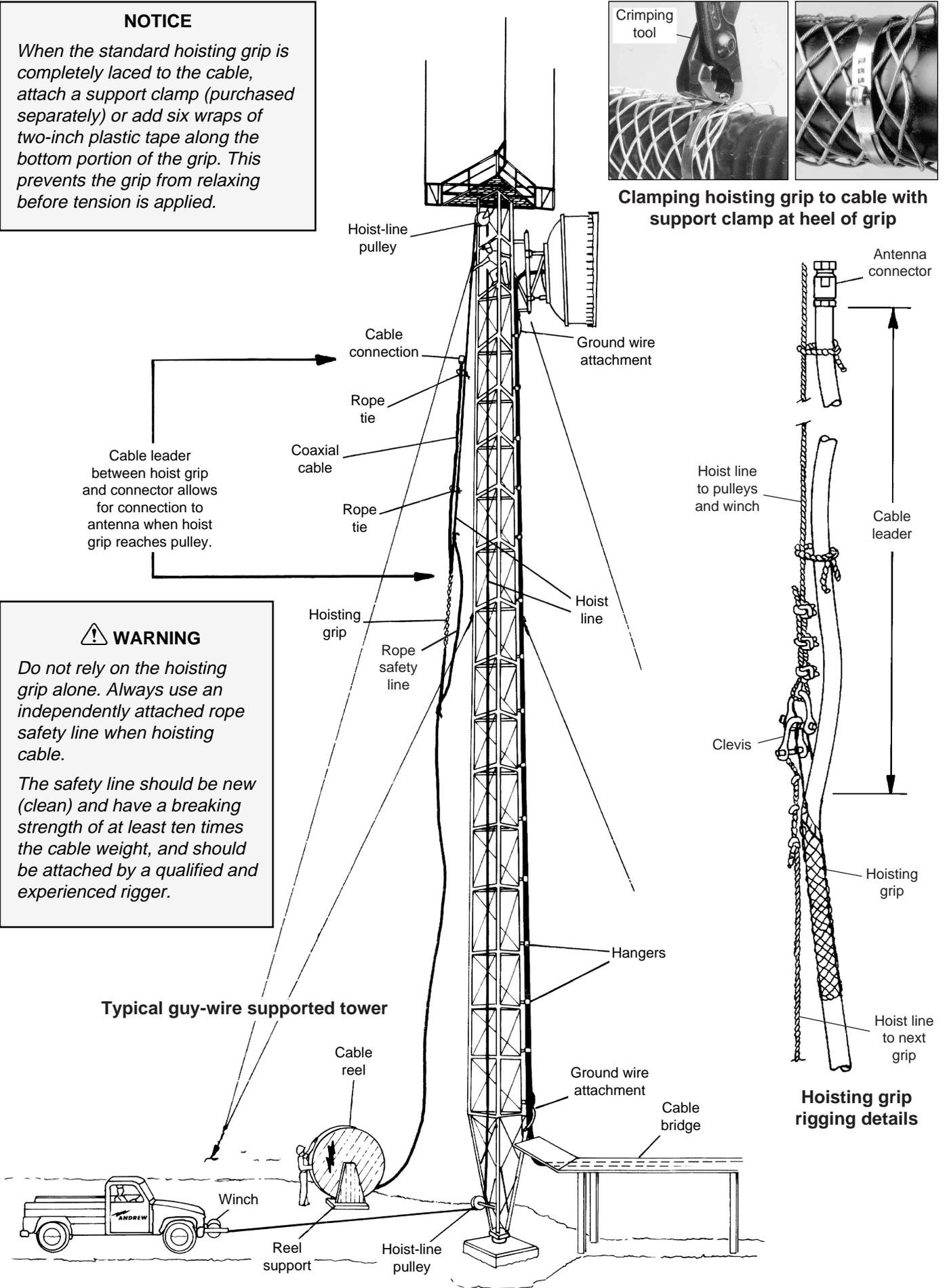


Clamping hoisting grip to cable with support clamp at heel of grip

WARNING

Do not rely on the hoisting grip alone. Always use an independently attached rope safety line when hoisting cable.

The safety line should be new (clean) and have a breaking strength of at least ten times the cable weight, and should be attached by a qualified and experienced rigger.



Typical guy-wire supported tower

Hoisting grip rigging details

Note: Avoid using pressurizable components in unpressurized systems, such as air-dielectric feeds used on antennas. Moisture can develop in these components and cause system performance problems.

2. Hoisting the Cable

Hoist Line. Use a hoist line that supports the total weight of the cable. Refer to the table for approximate cable weights per foot and per meter to calculate total cable weight.

Pulleys. Use a strong pulley at both the top and bottom of the tower to guide the hoist line, as illustrated.

Cable Reel. Support the cable reel on an axle so that the reel can rotate freely as the cable is hoisted and the cable is pulled from the bottom. Have a crew member control the rotation of the reel.

Short lengths of cable are shipped coiled and tied. Uncoil these cables along the ground away from the tower before hoisting them.

Standard and Support type Hoisting Grips. Hoisting grips are interlaced wire that fit around the cable so that the looped handle at the upper end can be pulled to cause gripping of the cable. Grips are placed at intervals of 200 ft (60 m) along the cable.

The standard hoisting grip has open loops along its length. The grip is first wrapped around the cable and then the loops are laced together for hoisting. This type can be wrapped over cable that has a connector installed. (A support clamp, available separately, is used to clamp the hoisting grip to the cable so that grip handle can be placed on a support hook in a monopole tower.)

The support hoisting grip is designed to be compressed and slid onto the cut end of the cable before connector attachment. When positioned at the desired location after cable attachment, the heel of the grip is clamped to the cable with a support clamp (included). This is done so that the grip can be used to support the cable from a support hook in a monopole tower.

Clamping Cable for Hoisting in Monopole Tower.

Some calculations need to be made before clamping the hoisting grip to the cable so that it can be hoisted to a support hook in a monopole tower. Three measurements need to be taken and added together.

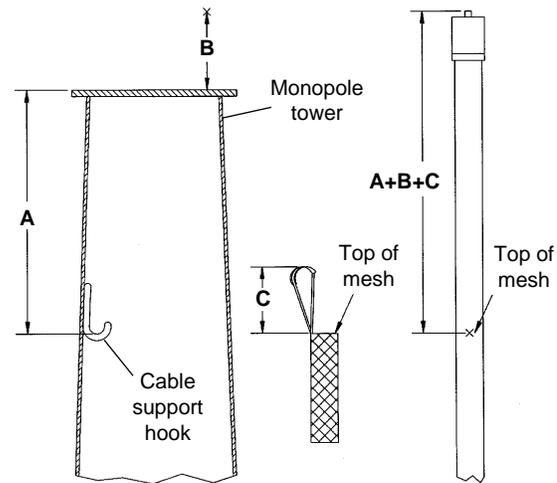
First, the distance from the top exit of the monopole to the interior cable support hook should be measured, if not provided by the manufacturer. This is much easier when done on the ground before the tower is erected.

Second, measure the distance from the top mesh of the hoisting grip to the top of the handle.

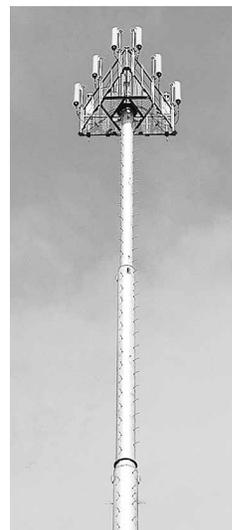
Third, calculate the length of cable protruding from the top exit of the monopole.

These three distances added together give the distance from the top of the cable connector to the point where the top of the hoisting grip's mesh should be located after attachment. When the location is found, the hoisting grip can then be clamped down with the support clamp, using

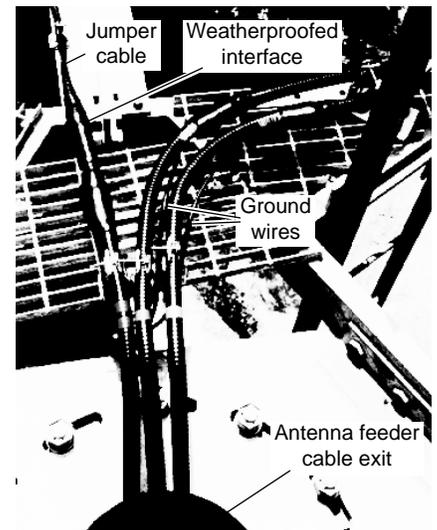
the special crimping tool. If the calculation demonstrates an insufficient length of leader cable, an additional hoisting grip may be required lower on the cable being hoisted.



Interior hook and support measurements that must be made before clamping down the hoisting grip



Self-supporting monopole tower



Top of monopole showing cables anchored to platform



Cable run from monopole to equipment building

Hoisting Procedure. Place a weatherproof protective covering over the connector on the cable end to prevent damage during hoisting. Attach a hoisting grip near the end of the cable, allowing a sufficient length, called a leader, of at least 5 ft (1.5 m) to reach the antenna input from the hoisted cable position. Tie the cable leader to the hoist line so that it does not dangle during hoisting.

When installing cable lengths more than 200 ft (60 m), add hoisting grips at intervals of 150 to 200 ft (45 to 60 m). When additional grips are used, tie the cable to the hoist line between the grips with fiber-reinforced tape at 50-ft (15-m) intervals. Make sure to allow slight slack in the cable - not in the hoist line - between grips and maintain that slack during hoisting. This slack in the cable indicates that the load is properly distributed.

Hoist the cable slowly and carefully. Prevent kinking by retarding rotation of the cable reel to control uncoiling of the cable. Avoid snags when hoisting or routing cable through and around tower members. Careless handling can cause kinks, dents, and scrapes in the cable.

Carefully apply an even pressure when bending the cable. Do not make a cable bend smaller than the minimum bending radius given in the table. If routing is so confined that a smaller bend is required, use a jumper cable.

3. Anchoring the Cable

After raising the cable to the correct height, anchor it to the support structure, starting at the top.

Cable attachment to tower lighting conduit is not recommended because this may result in damage to the conduit. Such damage may cause water entry into the conduit and eventual lighting performance problems.

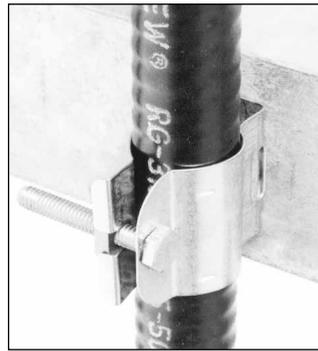
All cable should be supported within 1 to 2 feet (30 to 61 cm) of the antenna feed termination and of any cable connector. Otherwise, cable hanger spacing should be as recommended in the hanger literature for the cable type being installed. Allow enough cable at the antenna end to accommodate fine adjustments in antenna position and to prevent strain at the antenna input connection. Maintain cable support with the hoist line until anchoring is completed.

Note: *Connecting one cable hanger to another cable hanger for the purpose of anchoring one cable to another cable over the vertical run is not recommended.*

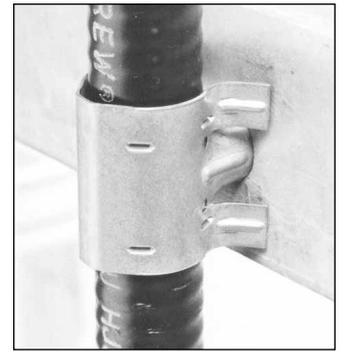
Standard and snap-in types of cable hangers are used for anchoring 1/2-inch and larger cables. Insulated hangers are required when cable is installed on a "hot" AM tower; that is, a tower used as an energy radiator.

The entire length of cable should be inspected for possible damage as it is being anchored. Dents or deformations can cause degradation in electrical performance. If the jacket has been cut, seal it with butyl and vinyl tapes (Andrew Kit 221213 is recommended).

When supporting the cable with standard or snap-in hangers is not possible (that is, cable sizes 1/2" and



Standard hanger



Snap-in hanger

smaller, jumpers, or cable near the antenna), nylon cable ties may be used.

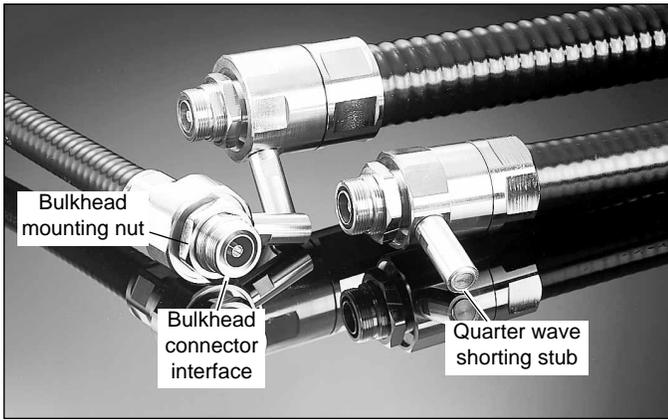
Note: *Metal strapping or hose clamps should not be used to attach cable directly to the tower. This is because they can easily crush or otherwise damage the cable, or they may cause generation of electrical noise in the system.*

4. Grounding

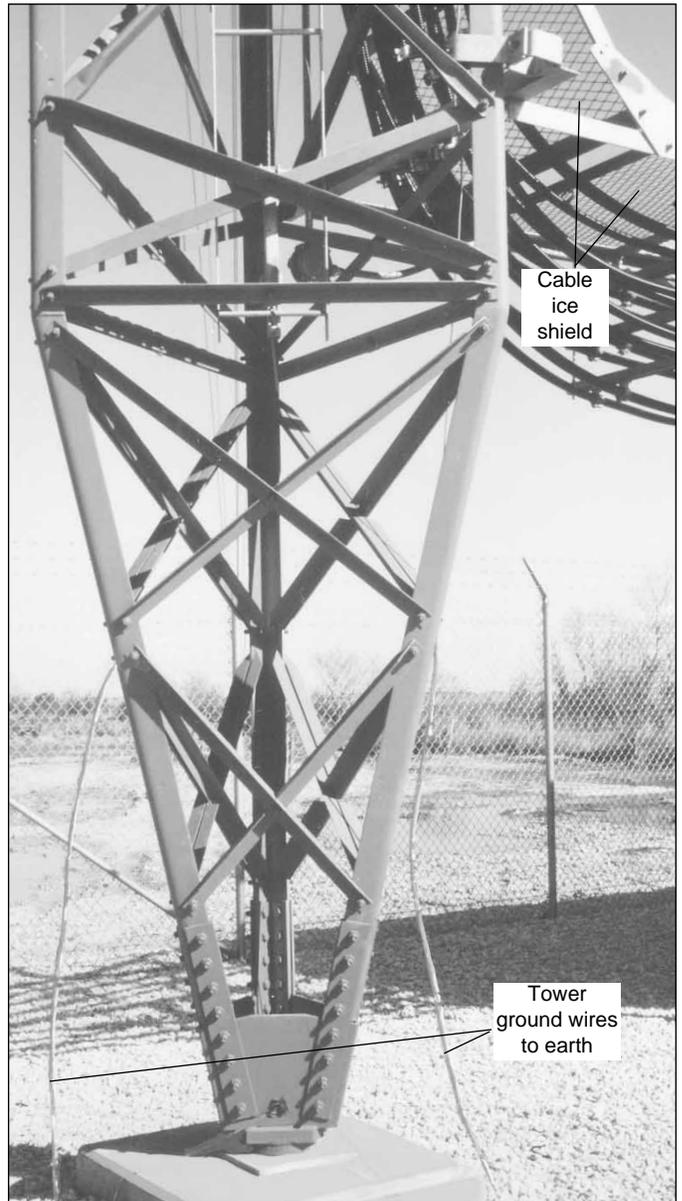
Grounding Cable. The top and bottom of the cable attached to the tower should be electrically grounded to the tower with Andrew grounding kits for lightning protection. *The antenna input connection cannot serve as the top ground point.* Also, ground the vertical cable run at midpoint if its height on the tower is greater than 200 feet (61 m). Local building codes should be followed, which may require grounding the cable outside, near the wall of the equipment building. The cable should also be grounded near the wall inside the building (per NEC Article 810-55 and 820-33 grounding requirements).

Surge Protectors. Surge protectors capable of withstanding multiple lightning strikes may be installed at the end of the cable that enters the equipment building. The surge protector is fitted to the cable end and includes a bulkhead connector interface that mounts to a ground plate with a washer and nut.

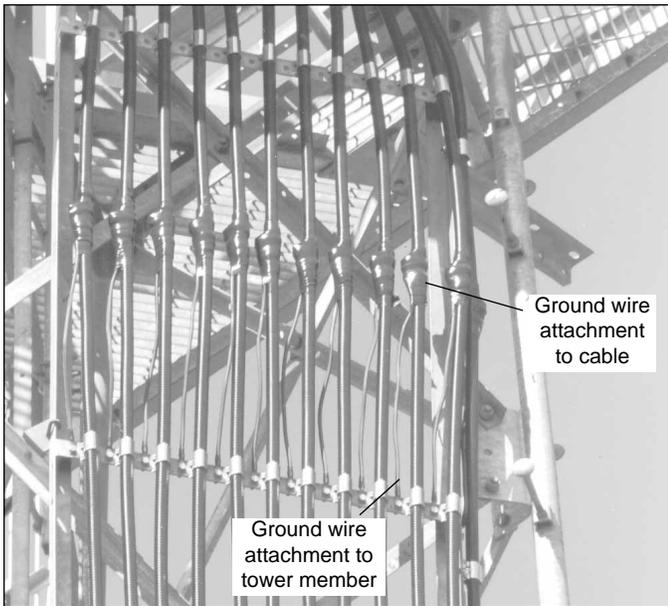
Grounding to Earth. Grounding should be continued from the tower and equipment building to an interconnected grounding system in the earth. Such a system generally consists of a group of buried ground rods welded to an underground loop of wire.



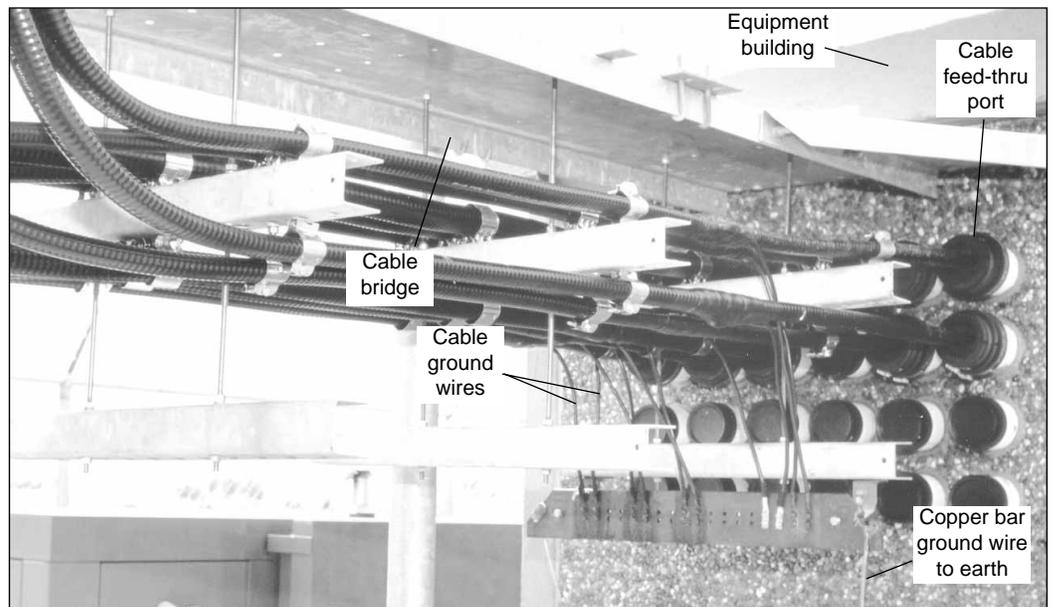
APTL surge protectors fitted to foam coaxial cables



Tower ground wire attachment and view of cable ice shield



Ground wire attachment of vertical cable run



Ground wire attachment of horizontal cable run

5. Horizontal Cable Runs

The cable may be routed horizontally from the base of the tower to the equipment building either above or below ground.

Above-ground Cable. Attach the above-ground cable to the horizontal support member, such as a cable bridge, with the same type hangers and spacings used in the vertical run. Exposed horizontal runs must be protected from the weight of accumulated ice and damage from falling ice or other objects by means of an ice shield.

Wall or Roof Feed-thru Ports. HELIAX® feed-thru ports are recommended when a cable must pass through a roof or wall of a building. Single ports or panels which contain groups of ports are available. The ArrestorPort™ II Integrated Cable Entry/Ground System is a panel with ports and a ground plate to accommodate the mounting of surge protectors.

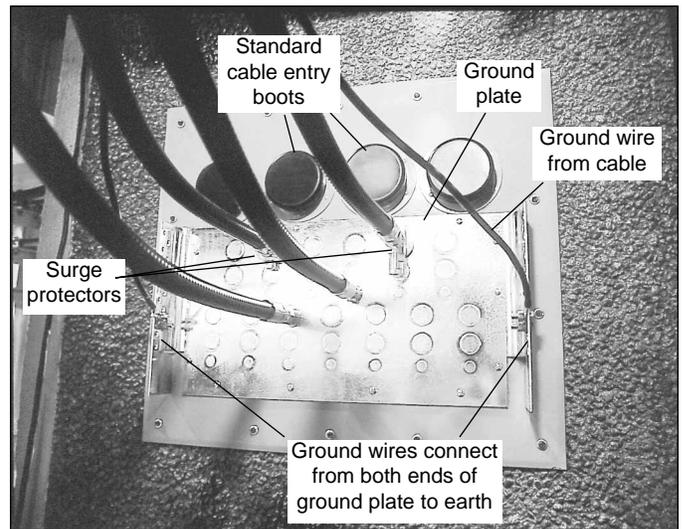
Buried Cable. Buried cable should be located below the frost line (depth) of the area and at least 3 ft (1 m). This will protect the cable from damage by heavy vehicles. Surround the cable with a 4-inch (102-mm) layer of sand to protect the jacket from stones or other sharp objects. Place location markers at convenient intervals over buried cables, especially at the locations of cable splices.

6. Cable Connections

Connector Instructions. Step-by-step installation instructions are included with each connector. Clamping and coupling torque values are given to ensure that components are tightened within established mechanical tolerances. Also included are photographs and illustrations of the tools required. Tools for cutting and chamfering cable conductors are available from Andrew to shorten installation time and provide more precise fitting of connectors.

Connector Attachment Tips. The following tips are given as a general guide for connector attachment:

- Straighten the last 6 inches (150 mm) of 1/4" to 1/2" cables before starting connector attachment.
- Straighten the last 12 inches (300 mm) of 5/8" to 2-1/4" cables before starting connector attachment.
- Use an accurate scale for all measurements.
- Avoid scoring the outer conductor when removing the cable jacket with a knife.
- Deburr conductors with a knife or file.
- Ensure that foam and conductor surfaces are free of debris and grease.
- Make sure that if a self-tapping pin is used, it is fully screwed into the inner conductor.



ArrestorPort™ II integrated cable entry and ground system with APTL bulkhead surge protectors installed

- Make sure that if an inner stub is used, it is screwed into a corrugated inner conductor so that its end is flush with the conductor.
- Use only the wrench sizes given in the instructions.
- Use a pin depth gauge to measure pin depth of the assembled connector. Incorrect depth can cause connector damage during coupling.
- Make sure that if a soldered inner connector pin is used, it is parallel to the inner conductor axis; otherwise, connector damage could result during coupling.
- Use a coil of rosin-core flux type solder with 63% tin, 37% lead, and a flux weight of 2.4% for best results on solder version connectors. For small inner connector pins, use a solder diameter of 0.031" and 0.062" for larger pins.
- Make sure that O-rings and gaskets are placed in the correct locations.
- Apply a thin coat of silicone grease to O-rings and gaskets only where indicated in the instructions. Some interface gaskets, for example, do not require grease.
- Form the cable before coupling the connector to the mating connector for properly aligned entry.

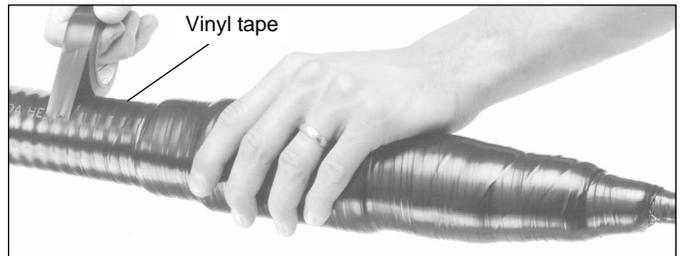
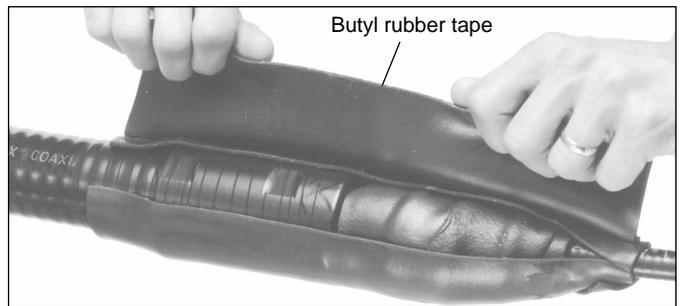
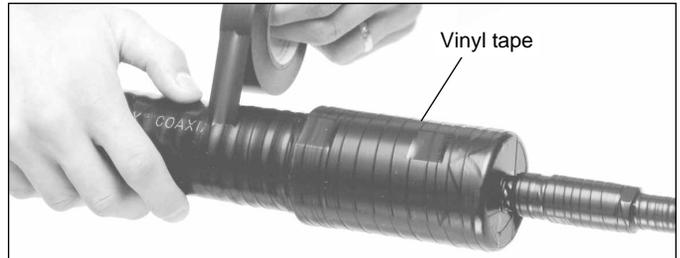
Connector Coupling Torque Values.

Type N lbf-in (N-m)	7-16 DIN lbf-in (N-m)
15-20 (1.7-2.3)	220-265 (25-30)

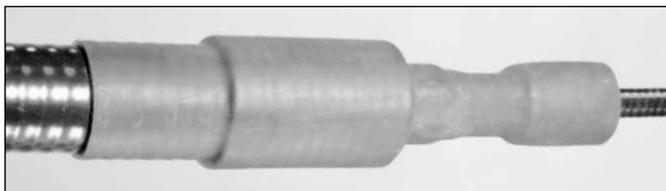
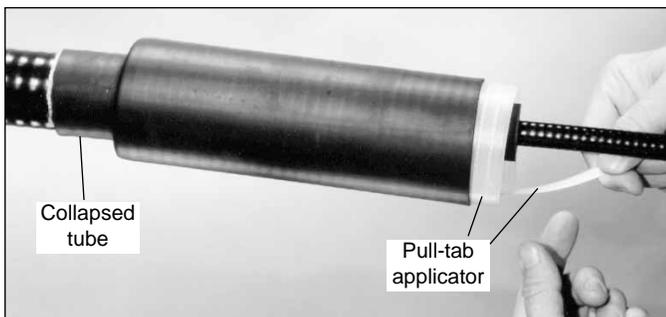
Connector Pin Depth.

Connector	Inches	Millimeters
N female	0.187/0.207	4.75/5.26
N male	0.208/0.230	5.28/5.84
7-16 DIN female	0.70/0.082	1.78/2.08
7-16 male	0.058/0.070	1.47/1.78
SMA female	0.000/-0.010	0.000/-0.25
SMA male	0.000/-0.010	0.000/-0.25
BNC female	0.196/0.206	4.89/5.23
BNC male	0.208/0.218	5.28/5.54
TNC female	0.190/0.206	4.83/5.23
TNC male	0.210/0.224	5.33/5.69
UHF female	0.063/0.103	1.60/2.62
UHF male	0.325/0.400	8.26/10.16
Mini UHF	Preset	Preset
7/8 EIA	0.469/0.500	11.91/12.70
1-5/8 EIA	0.594/0.625	15.09/15.88
3-1/8 EIA	0.906/0.937	23.01/23.80
F female	0.158/0.183	4.01/4.65
F male	0.142/0.152	3.61/3.86
HN female	0.341/0.371	8.66/9.42
HN male	0.355/0.385	9.02/9.78
LC female	0.030 max.	0.76 max.
LC male	0.531 max.	13.49 max.
SC female	0.273/0.303	6.93/7.70
SC male	0.307/0.337	7.80/8.56
CATV F male	Preset	Preset

Weatherproof Cable Connections. Protect cable connections that are exposed to wind and tower vibrations, such as a jumper connection from the main feeder to the antenna, with a weatherproofing kit. Use the 3M™ Cold Shrink™ Weatherproofing Kit or the standard Connector/Splice Weatherproofing Kit. Either kit will prevent the connection from loosening due to vibrations. The standard kit also provides moisture protection for buried cable connections.



Standard Connector/Splice Weatherproofing Kit



3M™ Cold Shrink™ Weatherproofing Kit

3M™ and Cold Shrink™ are trademarks of the Minnesota Mining Company.

7. Pressurizing Air-dielectric Cable

Pressurization is needed in air-dielectric cables because changes in temperature can cause condensation of moisture from outside air that enters the cable. This moisture can seriously impair the efficiency of system operation. Connecting a pressure source of dry air or nitrogen (dehydrator) to the cable at slightly more than atmospheric pressure will correct this condition since the moisture will be removed and air will then leak from instead of into the cable.

Pressurization can be done either by manual or automatic means, depending on the amount of cable in use and whether or not the site is attended.

Note: While Andrew HELIAX® cable can handle pressures to 30 lb/in² (207 kPa), some antenna components may not be able to handle such high pressures. Verify the pressure-handling capability of all components, including antenna feed windows, before subjecting them to the system line pressure.

Purge the Cable. Purge cable that has been allowed to lose most or all of its pressure since shipment to ensure that only dry air is in the cable. After completing all cable connections, remove the gas-port plugs of the connectors at both ends of the cable. Connect the pressure source to the port at the transmitter end and purge the cable continuously until it is dry.

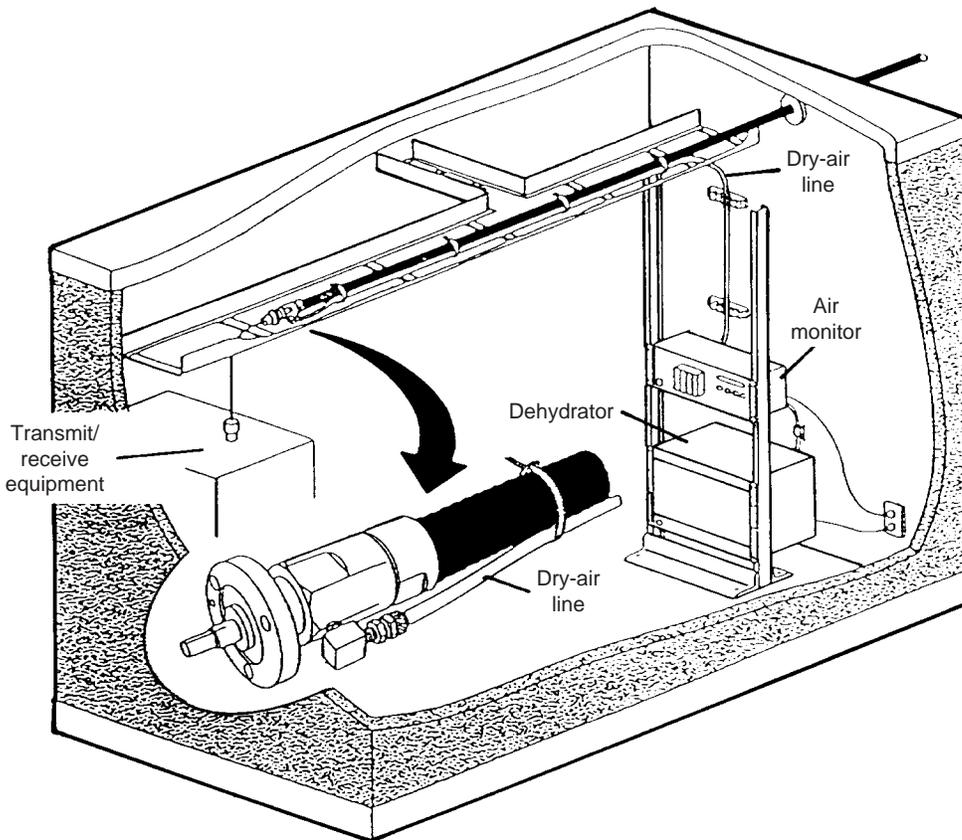
(In a dual-polarized system of Andrew antennas, purging can be done with both cable connectors at the transmitter end since there is a gas path through the feed from one input to the other.)

An alternative purging method is to pressurize the cable to 8 lb/in² (55 kPa) and, after one hour, let the air

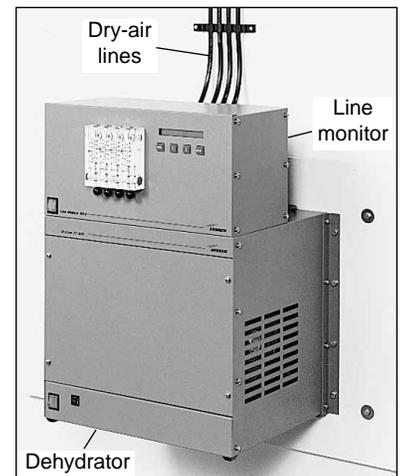
escape at transmitter end of the cable. Repeat this procedure several times, allowing one hour each time for moist air and dry air to mix.

Pressurize the System. After purging, replace one gas port plug and pressurize the cable at the other gas port. When connecting pressurizing equipment to a connector gas port or reassembling pipe fittings, first cover the threads with sealing tape to ensure a leak-proof connection.

Check for System Leaks. After installation, check the cable connections for leaks. Apply a commercial leak detector or a liquid detergent over the joints. Bubbling indicates leakage.



Equipment building showing pressurization components



Wall-mounted dehydrator and line monitor

Notice

The installation, maintenance, and removal of antenna systems requires qualified, experienced personnel. Andrew installation instructions are written for such personnel. Antenna systems should be inspected once a year by qualified personnel to verify proper installation, maintenance, and condition of equipment. Andrew disclaims any liability or responsibility for the results of improper or unsafe installation practices.



Andrew Corporation
10500 West 153rd Street
Orland Park, IL U.S.A. 60462

Telephone: 708-349-3300
FAX (U.S.A.): 1-800-349-5444
Internet: <http://www.andrew.com>

Customer Service, 24 hours: U.S.A. • Canada • Mexico: 1-800-255-1479
U.K.: 0800 250055 • Republic of Ireland: 1 800 535358
Other Europe: +44 1592 782612

Printed in U.S.A. 6/98

Copyright © 1998 by Andrew Corporation

MovingMedia RNC6000 (Radio Node Controller)

ENABLES CONTROL AND MANAGEMENT OF THE RADIO ACCESS NETWORK (RAN) IN A TD-CDMA NETWORK



- **STANDARDS-BASED**
- **HIGH CAPACITY**
- **FLEXIBLE CONFIGURATION**
- **COMMON HARDWARE PLATFORM**
- **CARRIER-CLASS**

The UTStarcom MovingMedia RNC6000 is the intelligent controller of the radio network (NodeB) in the 3GPP standard-based UMTS TDD network. The RNC6000 processes and routes voice and data traffic between circuit/packet networks and the UTStarcom MovingMedia 6000 NodeB.

Sharing a common hardware platform with the GGSN and SGSN components in the MovingMedia 6000 portfolio, the RNC manages mobility and handoff functions via an IP connection to the NodeB on the radio network and to the SGSN on the core network. The RNC6000 supports a Fast Ethernet connection to the NodeB and Fast Ethernet or Gigabit Ethernet connection to the SGSN.

The RNC can be co-located with the NodeB at a cell site or can be located centrally with the core network components of the network. The advanced design of the RNC6000 enables efficient utilization of the available radio spectrum, cell coverage optimization, enhanced cell capacity and quality of service (QoS). In addition to n+1 redundancy, the RNC6000 provides five-nine (99.999%) reliability and complete fault tolerance.

KEY FEATURES AND BENEFITS

Standard-based: Based on the 3GPP UMTS TDD standard, the RNC6000 ensures that the UTStarcom MovingMedia 6000 solutions are interoperable with standard-based network elements of other vendors.

High Capacity: A complete RNC system with two chassis can support up to 96 cells and can provide a total throughput capacity of 460Mbps, using frequency reuse factor of one at 10MHz QPSK operation. For 10MHz 16QAM operation it can support 70 cells and 460Mbps of throughput. The RNC can be co-located with the NodeB at a base station site or centralized to support multiple base station sites.

Flexible Configuration: The RNC's modular design ensures a linear and easy capacity expansion without affecting ongoing service and connection.

Common Hardware Platform: The RNC6000 is based on the same hardware as the GGSN and SGSN, which ensures tremendous cost advantage for the operator since the various network elements can be integrated into the same chassis and/or rack. In addition, operators also realize significantly lower costs in operations, management and maintenance by leveraging common hardware.

Carrier-Class: While providing carrier-class reliability, fault tolerance and system redundancy, the RNC ensures that the network meets operator requirements and delivers exceptional functionality for an incomparably low cost.



TECHNICAL SPECIFICATIONS

PERFORMANCE SPECIFICATION

- Supports 96 cells in 10MHz QPSK operation with frequency reuse factor of one with 2 chassis configuration
- Supports 70 cells in 10MHz 16QAM operation with frequency reuse factor of one with 2 chassis configuration
- 460Mbps maximum throughput
- 99.999% reliability

PHYSICAL INTERFACES

- RNC-NodeB: A T M 5 Gb or Fast Ethernet
- RNC-SGSN: Gigabit Ethernet or Fast Ethernet

POWER REQUIREMENTS

- Power Consumption: Less than 1400W per chassis
- Power Supply: -48V DC (-42V ~ -56V)

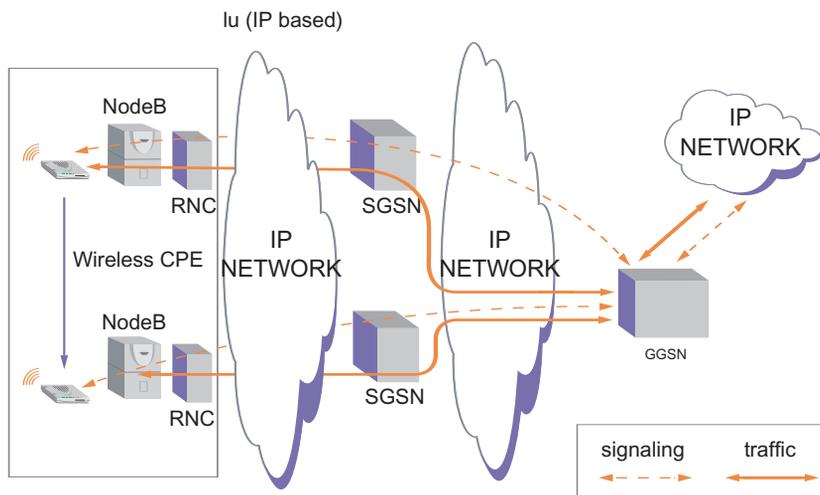
ENVIRONMENTAL

- Temperature Range
 - Normal operation: 0-45° C (32-113F)
- Humidity
 - Operating: 5%-90% (Normal Operation)
 - Less than 95% Storage
- Air Pressure: 70-106kPa

PHYSICAL CHARACTERISTICS

- Size (H x W x D): 622 x 483 x 381mm (24.9in x 19.3in x 15.2in)
- Chassis Weight: 30kgs/66lbs fully configured; 20kgs/44lbs empty chassis

UTStarcom UMTS TDD (TD-CDMA) Network



UTStarcom, Inc. USA

1275 Harbor Bay Parkway
Alameda, CA 94502, USA
Tel. 510-864-8800
Fax. 510-864-8802

www.utstar.com

About UTStarcom

Headquartered in the United States with sales, support and manufacturing facilities worldwide, UTStarcom designs, manufactures, sells and installs an integrated suite of wireless and wireline access network and switching systems. UTStarcom's complete suite of network equipment gives telecommunication service providers the means to cost-effectively provide efficient and scalable voice, data and Internet services around the globe. Copyright © 2004 UTStarcom, Inc. All Rights Reserved. UTStarcom, the UTStarcom logo, PAS and mSwitch are the registered trademarks of UTStarcom, Inc. and its subsidiaries.

0904-UTSI-DS-MM6000RNC

ACRONIMOS

CAPITULO 1

ITU Unión de Telecomunicaciones Internacional (*International Telecommunication Union*).

IMT2000 Telecomunicaciones Móviles Internacionales (*International Mobile Telecommunications 2000*).

Capitulo2

SMS Servicio de Mensajes Cortos (Short Messages Services).

WAP Protocolo de Aplicaciones Inalámbricas (Wireless Application Protocol).

WCDMA Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha (Wideband Code División Multiple Acces).

GSM Sistema de Comunicaciones Globales (Global System for Mobile Communication).

D-AMPS Sistema Avanzado de Telefonía Móvil Digital (Digital-Advanced Mobile Phone system).

MSC Centro de Conmutación Móvil (Mobile Center Switch)

HLR Registro de localización de abonados locales (Home Location Register)

VLR Registro de localización de abonados visitantes (Visitor Location Register)

BSC Estación Base Central (Station Base Controller)

BTS Tranceptor de Estación Base (Station Base Tranceptor)

PSTN Red telefónica pública conmutada (Public System Telephon Network)

FDMA Acceso Múltiple por División de Frecuencia.

TDMA Acceso Múltiple por División de Tiempo

CDMA Acceso Múltiple por División de Código

FAMA Acceso Múltiple por Asignación Fija.

DAMA Acceso Múltiple de Asignación por Demanda

FDD Duplexado por División de Frecuencia (Frequency Division Dúplex)

TDD Duplexado por División de Tiempo (Time Division Dúplex)

DTH Direct to Home.

LMDS Servicio de Distribución Local Multipunto (Local Multipoint Distribution Service).

MMDS Servicio de Distribución Multicanal Multipunto (Multichannel Multipoint Distribution Service).

VHF Frecuencias Muy Altas (Very High Frequency)

UHF Frecuencias Ultra Altas (Ultra High Frequency)

FM Modulación por Frecuencia (Frequency Modulation)

AMPS Sistema Avanzado de Telefonía Móvil (Advanced Mobile Phone System)

TACS Sistema Celular de Acceso Total (Total Access Cellular System)

PCS Servicio de Comunicación Personal (Personal Communications Services).

CDMA Acceso Múltiple por División de Código (Code Division Multiple Access)

GPRS Sistema General de Radio Paquetes (General Packet Radio System),

HSCSD Circuitos Conmutados de Alta Velocidad (High Speed Circuit Switched),

RDSI Red Digital de Servicios Integrados

FH Salto de Frecuencia (Frequency Hopping)

SIM Módulo de Identidad de Suscriptor (Subscriber Identity Module)

NSS Subsistema de Red (Network Subsystem)

SMSC Sistema Central de Mensajes Cortos (Short Message System Center)

AUC Centro de Autenticación (Authentication Center)

SS Espectro Ensanchado (Spread Spectrum)

TIA (Telecommunications Industry Association)

CDMA IS-95 Estándar IS-95 Basado en CDMA

CDMAone CDMA IS-95

CDMA 2000 o IS-136 Evolución de CDMAone

HDR (High Data Rate)

1xEV-DO (portadora 1X, EV -Evolution-, DO -Data Only-)

1xEV-DV (portadora 1X, EV -Evolution-, DV -Data and Voice)

PCU Unidad de Control de Paquetes (*Packet Unit Control*)

GGSN Nodo de Soporte compuerta GPRS (Gateway GPRS Support Node)

SGSN Nodo de Soporte del Sistema GPRS (Support GPRS System Node)

FPLMTS Future Public Land Mobile Telecommunication System

UMTS Sistema Universal de Telecomunicaciones (Universal Mobile Telephone System)

ETSI Instituto Europeo de Estandarización de Telecomunicaciones (European Telecommunications Standards Institute)

UTRA Acceso de Radio Terrestre UMTS (UMTS Terrestrial Radio Access)

DS-CDMA Secuencia Directa CDMA (Direct Sequence CDMA)

IP Protocolo de Internet (Internet Protocol)

Capítulo 3

PN Código de Seudo ruido (*Pseudo-random Noise-like Code*),

G_p Ganancia de Procesamiento radio frecuencia (RF)

FH-SS Salto de Frecuencia en SS (Frecuencia Hopping Spread Spectrum)

BPSK o 2 PSK Desplazamiento por Cambio Doble de Fase (Bi-Phase Shift Keying)

PSK. Desplazamiento por Cambio de Fase (Phase Shift Keying)

WARC Radio Conferencia Administrativa Mundial (World Administrative Radio Conference)

UTRAN Red de Acceso de Radio Terrestre (UMTS Terrestrial Radio Access Network).

MSS Sistema Satelital Móvil (Mobile Satellite System).

RNC Controlador de Red Radio (Radio Network Controller)

CN Red Central (Core Network)

RNS Sistema de Red Radio (Radio Network System)

MM Control de Movilidad (Mobility Management)

CM Administrador de Conectividad (Connection Management)

Iu-CS interfaz conmutación de circuitos

Iu-PS Interfaz Conmutación de paquetes

Nodos B (Estación Base)

FS Factores de Spreading

OVSF Factor de Ensanchamiento Ortogonal Variable (Orthogonal Variable Spreading Factor)

MAC Control de Acceso al Medio (Medium Access Control)

RRC Control de Recurso de Radio (Radio Resource Control)

RLC, Control de Radio Enlace (Radio Link Control)

PDCP Protocolo de Convergencia para Paquetes de datos (Packet Data Convergence Protocol)

BMC Control Diffusion Multidifucion (Control Broadcast/Multicast)

TM Modo transparente

UM Modo sin confirmación

AM Modo con confirmación

PDU Unidades de Protocolo

CB Difusión de Células (Cell Broadcast)

UE Equipo de Usuario (User Equipment)

CC Control de llamadas (Call Control)

SMControl de sesiones (Session Control)

RFE Entidad Funcional de Enrutado (Routing Functional Entity)

BCFE Entidad Funcional de Control de la Difusión (Broadcast Control Functional Entity)

BCCH Canal de Control de Difusión (Broadcast Control Channel)

FACH Canal de Acceso Adelante(Forward Acces Channel)

PNFE Entidad Funcional de Control del Paging (Paging and Notification Functional Entity)

GC-SAP SAP de Control General

Nt-SAP SAP de Notificación

DC-SAP SAP de Control dedicado

PCCH Canal de Control de Búsqueda (Paging control Channel)

DCCH Canal de Control Dedicado (Dedicated control Channel)

CCCH Canal de Control Común (Common control Channel)

ODCCH Canal de Control Dedicado ODMA (ODMA dedicated control channel)

OCCCH Canal de Control Común ODMA (ODMA common control Channel)

SHCCH Canal de Control de Canal Compartido (Shared channel control channel)

DTCH Canal de Trafico de Canal DE Trafico Dedicado (Dedicated traffic channel Traffic channel (TCH))

ODTCH Canal de Trafico Dedicado ODMA (ODMA dedicated traffic channel)

ODTCH Canal de Trafico Común (Common traffic channel)

BCH Canal de Difusión (Broadcast Channel)

PCH Canal de Paging (Paging Channel)

FACH Canal Acceso hacia Adelante (Forward Access Channel)

DSCH Canal Compartido de Bajada (Downlink Shared Channel)

RACH Canal de Acceso Aleatorio (Random Access Channel)

CPCH Canal de Paquetes Uplink Común (Common Packet Channel)

DPDCH Canal Físico de Datos uplink

DPCCH Canal de Control Dedicado uplink.

PRACH Canal Físico de Acceso Aleatorio

PCPCH Canal Físico de Paquete Común.

TPC Control de Poder

FBI Información de Retroalimentación

DPCH Canal físico dedicado Downlink .

DSCH Canal compartido downlink físico

CPICH Canales piloto comunes primarios y secundarios

CCPCH Canales físicos de control comunes primarios y secundarios.

SCH Canal de sincronización.

AICH Canal Indicador de Adquisición

PICH Canal Indicador de Página

STTD Codificación de Bloque Espacio/Tiempo

TSTD Diversidad de Transmisión Time Switched)

SCH (Canal de Sincronización)

S/I ó ISIR Relación Señal interferencia