

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA HIGH SPEED UPLINK PACKET ACCESS (HSUPA) Y SU POSIBLE IMPLEMENTACIÓN EN EL ECUADOR

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

CHRISTIAN DAVID VINUEZA TRUJILLO

DIRECTOR: ING. PATRICIO ORTEGA

Quito, Enero 2008

DECLARACIÓN

Yo, Christian David Vinueza Trujillo, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Christian David Vinueza Trujillo

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Christian David Vinueza Trujillo, bajo mi supervisión.

ING. PATRICIO ORTEGA

DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Jehová, mi Dios por darme la vida y la oportunidad de servirle. También le agradezco por la familia maravillosa que me ha dado. Ellos me han apoyado de manera incondicional para poder realizar este proyecto de titulación.

Agradezco mucho a toda mi familia por el apoyo que me han brindado, a mis padres por su amor y consejos, a mi hermano por su ejemplo y comprensión y a mi hermanita por su cariño.

Mi gratitud vaya también hacia mis amigos y compañeros que he tenido en la universidad por su ánimo, ejemplo y todos los momentos compartidos durante estos años.

También agradezco a los profesores que he tenido, quienes me han formado durante todos estos años de estudio. En especial agradezco al Ing. Patricio Ortega por su ayuda al realizar el presente proyecto de titulación.

Christian David Vinueza Trujillo

DEDICATORIA

A mi familia, con mucho amor.

Christian

RESUMEN	1
PRESENTACIÓN	2
1. EVOLUCIÓN DE LA TELEFONÍA CELULAR	3
<i>1.1. INTRODUCCIÓN</i>	3
1.1.1. RESEÑA HISTÓRICA.....	3
1.1.2. CONCEPTOS BÁSICOS DE LA TELEFONÍA CELULAR.....	4
1.1.2.1. Terminal.....	4
1.1.2.2. Radio Base.....	5
1.1.2.3. Central o MSC.....	5
1.1.2.4. Enlaces.....	5
1.1.2.5. Portadora.....	5
1.1.2.6. Ancho de banda.....	5
1.1.2.7. Banda de frecuencia.....	6
1.1.2.8. Canal.....	6
1.1.2.9. Celda.....	6
1.1.2.10. Reuso de frecuencia.....	7
1.1.2.11. Handover.....	8
1.1.2.12. Codificación.....	9
1.1.2.13. Modulación.....	9
<i>1.2. MÉTODOS DE ACCESO</i>	10
1.2.1. FDMA: FREQUENCY DIVISION MULTIPLE ACCESS.....	11
1.2.1.1. OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing.....	14
1.2.1.2. OFDMA: Orthogonal Frequency Division Multiple Access.....	15
1.2.2. TDMA: TIME DIVISION MULTIPLE ACCESS.....	16
1.2.2.1. TDM Síncrono.....	17
1.2.2.2. TDM Estadístico.....	17
1.2.3. CDMA: CODE DIVISION MULTIPLE ACCESS.....	19
1.2.3.1. WCDMA: Wideband code division media access.....	20
1.2.4. DUPLEXADO.....	21
1.2.4.1. FDD: Frequency Division Duplex.....	22
1.2.4.2. TDD: Time division dúplex.....	22
<i>1.3. GENERACIONES EN LA TELEFONÍA CELULAR</i>	23
1.3.1. PRIMERA GENERACIÓN (1G).....	23
1.3.1.1. AMPS: Advanced Mobile Phone System.....	24
1.3.1.2. TACS: Total Access Communications System.....	25
1.3.1.3. NMT: Nordic Mobile Telephones.....	25
1.3.1.4. NTT: Nippon Telegraph & Telephone.....	26
1.3.2. SEGUNDA GENERACIÓN (2G).....	27
1.3.2.1. D-AMPS: Digital Advanced Mobile Phone System.....	29
1.3.2.2. PDC: Personal Digital Communications.....	29
1.3.2.3. GSM: Global Sistem for Mobile Communications.....	30
1.3.2.4. CDMAone: Code Division Multiple Access one.....	31
1.3.3. SEGUNDA GENERACIÓN AVANZADA (2.5G).....	33
1.3.3.1. HSCSD: High Speed Circuit Switched Data.....	33
1.3.3.2. GPRS: General Packet Radio Service.....	33
1.3.3.3. CDMA2000 1xRTT.....	34
1.3.4. TERCERA GENERACIÓN (3G).....	36
1.3.4.1. EDGE: Enhanced Data rates for Global Evolution.....	36

1.3.4.2.	CDMA 2000 EVDO	38
1.3.4.3.	WCDMA.....	40
1.3.4.4.	HSPA	41
1.3.4.5.	WiMax	44
1.3.5.	CUARTA GENERACIÓN (4G) Y EL FUTURO DE LA TELEFONÍA CELULAR.....	45
1.3.5.1.	LTE.....	46
1.3.5.2.	UMB	47
1.3.5.3.	Tecnologías inalámbricas de datos	48
1.4.	CONVERGENCIA CON REDES DE DATOS.....	49
1.4.1.	DESARROLLO DE REDES DE DATOS	50
1.4.2.	CONVERGENCIA EN LAS TELECOMUNICACIONES	52
1.4.2.1.	Convergencia de Industrias.....	53
1.4.2.1.1.	Operadores fijos	53
1.4.2.1.2.	Operadores móviles.....	54
1.4.2.1.3.	Operadores híbridos	54
1.4.2.1.4.	Operadores de Cable	55
1.4.2.1.5.	xVNOs.....	55
1.4.2.1.6.	ISPs	55
1.4.2.1.7.	Proveedores de contenido.....	56
1.4.2.2.	Convergencia de Redes.....	56
1.4.2.2.1.	IMS: IP Multimedia Subsystem	57
1.4.2.2.2.	UMA: Unlicensed Mobile Access.....	59
1.4.2.2.3.	IPv6.....	60
1.4.2.2.4.	MPLS: Multi Protocol Level Switching	62
1.4.2.3.	Convergencia de Servicios.....	63
1.4.2.3.1.	Voz.....	63
1.4.2.3.2.	Televisión.....	64
1.4.2.3.3.	Mensajería:.....	65
1.4.2.3.4.	E-mail.....	65
1.4.2.3.5.	Roaming	65
1.4.2.3.6.	Número único.....	65
1.4.2.3.7.	Buzón de voz.....	66
1.4.2.3.8.	Billing.....	66
1.4.2.4.	Convergencia de terminales.....	66
1.4.2.4.1.	Múltiple acceso	66
1.4.2.4.2.	Múltiples frecuencias	67
1.4.2.4.3.	Personalización.....	67
2.	UMTS: UNIVERSAL MOBILE TELECOMMUNICATIONS SYSTEM.....	68
2.1.	INTRODUCCIÓN.....	68
2.1.1.	PROCESO DE ESTANDARIZACIÓN DE UMTS.....	68
2.1.1.1.	IMT-2000 y la estandarización de sistemas de tercera generación.....	68
2.1.1.2.	3GPP y la estandarización de UMTS.....	71
2.1.2.	UMTS DESDE EL RELEASE 99 AL RELEASE 8.....	74
2.1.2.1.	Release 99.....	74
2.1.2.2.	Release 4.....	75
2.1.2.3.	Release 5.....	75
2.1.2.4.	Release 6.....	76
2.1.2.5.	Release 7.....	76
2.1.2.6.	Release 8.....	77

2.2.	<i>ARQUITECTURA FÍSICA DE UMTS</i>	78
2.2.1.	ARQUITECTURA GENERAL DE LA RED.....	78
2.2.1.1.	Dominio de equipo de usuario	79
2.2.1.1.1.	Dominio del módulo de identidad de servicios de usuario.....	79
2.2.1.1.2.	Dominio de equipo móvil.....	79
2.2.1.2.	Dominio de infraestructura	80
2.2.1.2.1.	Dominio de Red de Acceso	80
2.2.1.2.2.	Dominio de Red Central.....	81
2.2.1.3.	Interfaz Uu	84
2.2.1.3.1.	Procesamiento de la señal en transmisión	85
2.2.1.3.2.	Procesamiento de la señal en recepción	91
2.2.2.	ARQUITECTURA EN EL RELEASE 99	92
2.2.2.1.	3G Mobile Switching Centre	93
2.2.2.2.	3G Home Location Register	94
2.2.2.3.	3G Serving GPRS Support Node.....	94
2.2.2.4.	3G Gateway GPRS Support Node	95
2.2.3.	ARQUITECTURA EN EL RELEASE 4	96
2.2.3.1.	MSC Server	96
2.2.3.2.	Media Gateway	97
2.2.3.3.	GMSC Server.....	97
2.2.4.	ARQUITECTURA EN EL RELEASE 5	97
2.2.4.1.	Home Subscriber Server	98
2.2.4.2.	Signalling Gateway.....	99
2.2.4.2.1.	Transport Signalling Gateway Function.....	99
2.2.4.2.2.	Roaming Signalling Gateway Function.....	100
2.2.4.3.	Circuit Swiched Gateway	100
2.2.4.4.	IP Multimedia Subsystem.....	100
2.2.4.4.1.	Media Gateway Control Function	100
2.2.4.4.2.	Call State Control Function.....	101
2.2.4.4.3.	Media Resource Funtion	102
2.2.5.	ARQUITECTURA EN EL RELEASE 6	102
2.2.5.1.	Broadcast-Multicast Service Centre.....	103
2.3.	<i>ARQUITECTURA DE PROTOCOLOS</i>	104
2.3.1.	Modelo Referencial de Protocolos en el interfaz de radio Uu.....	105
2.3.1.1.	Capa Física.....	106
2.3.1.1.1.	Servicios de la capa física	106
2.3.1.1.2.	Funciones de la capa física	106
2.3.1.1.3.	Canales de Transporte	107
2.3.1.1.4.	Canales Físicos.....	108
2.3.1.2.	Capa de Enlace.....	110
2.3.1.2.1.	Servicios de la subcapa MAC	110
2.3.1.2.2.	Funciones de la subcapa MAC	110
2.3.1.2.3.	Canales Lógicos	111
2.3.1.2.4.	Servicios de la subcapa RLC.....	112
2.3.1.2.5.	Funciones de la subcapa RLC	112
2.3.1.2.6.	Servicios de la subcapa PDCP.....	113
2.3.1.2.7.	Funciones de la subcapa PDCP	113
2.3.1.2.8.	Servicios de la subcapa BMC.....	114
2.3.1.2.9.	Funciones de la subcapa BMC	114
2.3.1.3.	Capa de Red	114
2.3.1.3.1.	Servicios de la subcapa RRC.....	115

2.3.1.3.2.	Funciones de la subcapa RRC	115
2.3.2.	MODELO REFERENCIAL DE PROTOCOLOS EN LA UTRAN	116
2.3.2.1.	Protocolos en el interfaz Iub	117
2.3.2.2.	Protocolos en el interfaz Iu-CS	120
2.3.2.3.	Protocolos en el interfaz Iu-PS	121
2.3.2.4.	Protocolos en el interfaz Iur	122
2.3.3.	MODELO REFERENCIAL DE PROTOCOLOS EN EL CN	122
2.3.3.1.	Protocolos en el interfaz E	124
2.3.3.2.	Protocolos en el interfaz Gn	125
2.3.4.	MODELO COMBINADO DE PROTOCOLOS	126
2.3.4.1.	Capa de Red de Transporte	127
2.3.4.2.	Capa de Red de Radio	127
2.3.4.3.	Capa de Red del Sistema	128
2.4.	<i>ARQUITECTURA DE SERVICIOS Y APLICACIONES</i>	129
2.4.1.	CARACTERÍSTICAS DE LOS SERVICIOS	130
2.4.1.1.	Arquitectura QoS	131
2.4.1.1.1.	Tráfico Conversacional	131
2.4.1.1.2.	Tráfico Afluente	131
2.4.1.1.3.	Tráfico Interactivo	132
2.4.1.1.4.	Tráfico Diferible	132
2.4.1.2.	OSA	134
2.4.1.2.1.	Interfaces del sistema	134
2.4.1.2.2.	Interfaces del servicio	134
2.4.1.3.	Seguridad	134
2.4.1.3.1.	Seguridad en la UTRAN	135
2.4.1.3.2.	Seguridad en las capas de Red y Sistema	137
2.4.1.3.3.	Seguridad en los servicios y aplicaciones	138
2.4.2.	SUBSISTEMAS DE SERVICIOS	139
2.4.2.1.	Heredados de GSM	139
2.4.2.2.	Facilitador de Navegación	140
2.4.2.3.	USAT	142
2.4.2.4.	LCS	142
2.4.2.5.	IMS Mecanismos de servicio	144
2.4.3.	CLASIFICACIÓN DE LOS SERVICIOS	145
2.4.3.1.	Servicio de acceso móvil a internet e intranets móviles	145
2.4.3.2.	Servicios basados en contenido	146
2.4.3.3.	Servicio de mensajes multimedia	146
2.4.3.4.	Servicios basados en la localización	146
2.4.3.5.	Servicios de voz ricos y simples	147
2.4.3.6.	Servicios de red inteligente	147
3.	LA TECNOLOGÍA HIGH SPEED UPLINK PACKET ACCESS	148
3.1.	<i>INTRODUCCIÓN</i>	148
3.1.1.	ESTANDARIZACIÓN DE HSDPA	149
3.1.2.	ESTANDARIZACIÓN DE HSUPA	149
3.2.	<i>ARQUITECTURA Y PROTOCOLOS EN HSPA</i>	150
3.2.1.	ARQUITECTURA RRM	150
3.2.2.	PROTOCOLOS EN EL PLANO DE USUARIO	152
3.2.2.1.	Protocolo MAC	153
3.2.2.2.	Protocolo RRC	154

3.2.3.	IMPACTO EN LAS INTERFACES DE LA UTRAN Y NUEVAS FUNCIONALIDADES.....	154
3.3.	<i>HSDPA</i>	156
3.3.1.	FUNCIONAMIENTO DE HSDPA	156
3.3.1.1.	High Speed Downlink Shared Channel (HS-DSCH).....	158
3.3.1.1.1.	Codificación del HS-DSCH	159
3.3.1.1.2.	Modulación del HS-DSCH.....	162
3.3.1.1.3.	Adaptación de enlace del HS-DSCH.....	163
3.3.1.2.	High Speed Shared Control Channel (HS-SCCH).....	164
3.3.1.3.	High Speed Dedicated Physical Control Channel (HS-DPCCH)	165
3.3.1.4.	Fractional Dedicated Physical Channel (F-DPCH).....	166
3.3.2.	MANEJO DE RECURSOS DE RADIO EN HSDPA.....	167
3.3.2.1.	Algoritmos en el RNC	167
3.3.2.1.1.	Asignación de Recursos	167
3.3.2.1.2.	Control de admisión	169
3.3.2.1.3.	Control de movilidad.....	170
3.3.2.2.	Algoritmos en el Nodo B	173
3.3.2.2.1.	Adaptación del enlace en HS-DSCH.....	173
3.3.2.2.2.	Control de potencia en HS-SCCH.....	174
3.3.2.2.3.	Programación de paquetes.....	174
3.4.	<i>HSUPA</i>	175
3.4.1.	FUNCIONAMIENTO DE HSUPA	175
3.4.1.1.	Enhanced Dedicated Channel (E-DCH)	176
3.4.1.1.1.	CRC en E-DCH.....	177
3.4.1.1.2.	Segmentación del bloque de código en E-DCH	177
3.4.1.1.3.	Codificación en E-DCH	178
3.4.1.1.4.	HARQ en E-DCH.....	178
3.4.1.1.5.	Segmentación en los canales físicos del E-DCH.....	178
3.4.1.1.6.	Interleaving y mapeo en el canal físico del E-DCH	178
3.4.1.1.7.	Scheduling en E-DCH.....	179
3.4.1.2.	E-DCH Dedicated Physical Data Channel (E-DPDCH)	180
3.4.1.3.	E-DCH Dedicated Physical Control Channel (E-DPCCH).....	182
3.4.1.4.	E-DCH HARQ Indicator Channel (E-HICH)	183
3.4.1.5.	E-DCH Relative Grant Channel (E-RGCH)	184
3.4.1.6.	E-DCH Absolute Grant Channel (E-AGCH).....	184
3.4.2.	MANEJO DE RECURSOS DE RADIO EN HSUPA.....	185
3.4.2.1.	Algoritmos en el RNC	185
3.4.2.1.1.	Distribución de recursos.....	185
3.4.2.1.2.	Admisión de control.....	186
3.4.2.1.3.	Administración de la movilidad	187
3.4.2.2.	Algoritmos en el Nodo B	187
3.4.2.2.1.	Programación de paquetes.....	187
3.5.	<i>HSPA FRENTE A OTRAS TECNOLOGÍAS</i>	188
3.5.1.	HSPA VS EV-DO	188
3.5.2.	HSPA vs WiMax.....	191
3.6.	<i>APLICACIONES SOPORTADAS POR HSPA</i>	194
3.6.1.	NAVEGACIÓN	194
3.6.2.	VIDEO JUEGOS EN LÍNEA	195
3.6.3.	VOZ SOBRE IP	195
3.6.4.	PUSH-TO-TALK.....	195
3.6.5.	STREAMING	195

3.6.6.	VIDEO CONFERENCIA	196
3.6.7.	TELEVISIÓN	196
3.7.	<i>TERMINALES</i>	197
3.7.1.	CAPACIDAD	197
3.7.2.	TERMINALES DISPONIBLES EN EL MERCADO	198
4.	IMPLEMENTACIÓN DE HSUPA EN EL ECUADOR	200
4.1.	<i>INTRODUCCIÓN</i>	200
4.2.	<i>MARCO REGULATORIO</i>	200
4.2.1.	ORGANISMOS DE REGULACIÓN	200
4.2.1.1.	Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL)	200
4.2.1.2.	Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL)	202
4.2.1.3.	Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPTTEL)	203
4.2.2.	CONTRATOS DE CONCESIÓN.....	204
4.2.3.	ESPECTRO RADIOELÉCTRICO	204
4.3.	<i>OPERADORAS DE TELEFONÍA CELULAR</i>	205
4.3.1.	TECNOLOGÍA	206
4.3.1.1.	Conecel	206
4.3.1.2.	Otecel.....	206
4.3.1.3.	Telecsa	207
4.3.2.	ABONADOS.....	208
4.3.3.	TARIFAS	211
4.4.	<i>HSUPA EN EL MUNDO</i>	212
5.	CONSIDERACIONES PARA IMPLEMENTAR HSUPA EN ECUADOR	215
5.1.	<i>EL MERCADO DE SERVICIOS DE BANDA ANCHA EN ECUADOR</i>	215
5.1.1.	PENETRACIÓN DE LA BANDA ANCHA	216
5.1.2.	TECNOLOGÍAS PARA PROVEER BANDA ANCHA.....	217
5.1.3.	EMPRESAS QUE PROVEEN BANDA ANCHA	219
5.2.	<i>CONSIDERACIONES SOBRE LAS TARIFAS DE LOS SERVICIOS DE BANDA ANCHA EN ECUADOR</i>	221
5.2.1.	TARIFAS LOCALES	221
5.2.2.	TARIFAS HSPA	224
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	227
6.1.	<i>CONCLUSIONES</i>	227
6.1.1.	CONCLUSIONES TECNOLÓGICAS	227
6.1.2.	CONCLUSIONES COMERCIALES	228
6.1.3.	CONCLUSIONES GENERALES	231
6.2.	<i>RECOMENDACIONES</i>	232
	BIBLIOGRAFÍA.....	234
	ANEXOS	238

RESUMEN

En el capítulo 1 se presenta una descripción de los diferentes métodos de acceso y las diferentes generaciones celulares, así como las redes de siguiente generación. Además, se explica la actual tendencia a fusionar redes de datos con redes celulares.

En el capítulo 2 se detallan las características básicas de la tecnología celular de tercera generación Universal Mobile Telecommunications System (UMTS), su arquitectura de red y los requerimientos necesarios para implementar una red de este tipo.

El capítulo 3 describe las características de HSUPA, tomando como base los cambios realizados en HSDPA para soportar gran ancho de banda en transmisión de datos. También la implementación combinada de estas dos tecnologías sobre una red UMTS. Además, se realiza la comparación de HSUPA frente a otras tecnologías de alta capacidad para datos y los terminales disponibles.

En el capítulo 4 se analiza la situación del Ecuador para poder implementar una tecnología de tercera generación referente a la parte regulatoria. También, la situación actual de las 3 operadoras móviles del país en cuanto a la tecnología que disponen y el impacto comercial de implementar una red de tercera generación con alta capacidad de datos como es HSUPA. Además, se mostrará el impacto que ha tenido HSUPA en el mundo y las operadoras que la han implementado.

En el capítulo 5 se considera la situación del mercado en el Ecuador tomando en cuenta la demanda que existe de servicios de banda ancha y los costos que representarían para los clientes. Esto a su vez permite concluir la factibilidad de implementar HSUPA en el país. El capítulo 6 contiene las conclusiones y recomendaciones.

PRESENTACIÓN

La comunicación y el acceso a información constituyen necesidades fundamentales en la sociedad del siglo XXI. Ahora más que nunca la comunicación debe ser rápida, eficiente, asequible y accesible a todos. Además, en vista de que vivimos en la llamada Sociedad de la Información, esta debe poder compartirse y estar disponible en todo momento sin importar el lugar o el momento en el cual se desee acceder a ella.

Para satisfacer estas necesidades las tecnologías celulares se desarrollan cada vez más a prisa, haciendo posibles nuevos servicios y aplicaciones para los usuarios. La implementación de redes y equipos de tercera generación celular en gran parte del mundo traza el camino hacia el cual Ecuador deberá avanzar cuando el mercado lo demande.

Una de estas tecnologías es HSUPA, que por ser una tecnología de gran ancho de banda permite innovadoras aplicaciones, compartir gran cantidad de información y mantenerse comunicado a través de un único terminal.

En este Proyecto de Titulación se realizará un estudio de esta tecnología, comparándola con otras similares y considerando los requerimientos para su posible implementación en el Ecuador en corto plazo. Para que HSUPA sea implementado en el Ecuador se deben existir las condiciones de mercado, tecnológicas y regulatorias apropiadas. Un factor importante que será analizado es la tendencia que existe para implementar esta tecnología a nivel de Latinoamérica como un referente para nuestro país.

CAPITULO 1

1. EVOLUCIÓN DE LA TELEFONÍA CELULAR

1.1. INTRODUCCIÓN

En los albores del siglo XXI las Telecomunicaciones avanzan a un ritmo vertiginoso. De estas, la telefonía móvil celular es uno de los campos que mayores transformaciones y desarrollo está alcanzando.

Varios aspectos tecnológicos, comerciales, militares y sociales han impulsado el aparecimiento, desarrollo y expansión de la Telefonía móvil celular en el mundo entero.

Los principales cambios tecnológicos que han impulsado a la Telefonía celular son: el uso de medios inalámbricos en lugar de medios guiados para transmisión y recepción de señales, la necesidad de tener movilidad en los terminales, el cambio de tecnologías analógicas a digitales, la necesidad de servicios de datos y no solo de voz en los terminales, el deseo de mayores velocidades en la conexión, entre otros.

A continuación se presenta una breve reseña de la evolución tecnológica de la telefonía celular tomando en cuenta estos cambios. También se explican algunos conceptos básicos.

1.1.1. RESEÑA HISTÓRICA

1849 Primera demostración de un teléfono realizada por Antonio Santi Giuseppe Meucci en la Habana Cuba (lo llamó teletrófono)¹.

1893 Se construye el primer Radiotransmisor por parte de Nikola Tesla, dando inicio a las comunicaciones inalámbricas.

¹ <http://www.wikipedia.com>

1901 Marconi instala en un vehículo un transmisor de radio, introduciendo el concepto de movilidad en las comunicaciones inalámbricas a través de radiofrecuencia¹.

1947 AT&T desarrolla el concepto de las celdas o células para tener mayor capacidad de usuarios por medio del reuso de frecuencias².

1973 Martin Cooper, gerente de Motorola realiza la primera llamada desde un teléfono celular portátil³.

1979 El primer sistema comercial de telefonía celular es de la empresa NTT de Japón⁴.

1983 Se crea AMPS como el primer estándar de telefonía celular en el mundo. La tecnología AMPS es analógica y únicamente para voz.

1988 Se crea el nuevo estándar TDMA. La tecnología TDMA es digital y permite envío de datos a baja velocidad².

1.1.2. CONCEPTOS BÁSICOS DE LA TELEFONÍA CELULAR

1.1.2.1. Terminal

También conocido como teléfono, unidad móvil, estación móvil, equipo de usuario (UE, en los sistemas UMTS). Es el encargado de adecuar las señales generadas por y para los usuarios. Se comunica por radio con la estación base. Consta básicamente de una antena, transceiver y circuitería de control.

¹ BERNAL, Iván, Visión general de inalámbricas.pdf, Quito, marzo 2007

² <http://www.monografías.com>

³ JIMÉNEZ, Juan José, Evolución e historia de la telefonía celular, septiembre 2003

⁴ JIMÉNEZ, Juan José, Evolución e historia de la telefonía celular, septiembre 2003

1.1.2.2. Radio Base

También se conoce como nodo B en el sistema UMTS. Se encarga de comunicar el terminal con la central conmutada. Puede mantener varias comunicaciones en la misma celda a través de un conjunto de transmisores y receptores.

1.1.2.3. Central o MSC

El MSC (Mobile Switching Center) es la base de la comunicación pues se encarga de la conmutación, de ahí que también se le llame CCM (Central de Conmutación). Coordina a las estaciones base y permite comunicarse entre sí a usuarios de la red móvil y también con usuarios de otras redes fijas y móviles.

1.1.2.4. Enlaces

Sirven para conectar la Radio base con el MSC, entre MSCs o entre el MSC y otras redes. Estos enlaces pueden ser inalámbricos (por ejemplo a través de microondas) o cableados mediante fibra óptica o cobre.

1.1.2.5. Portadora

Es la frecuencia principal, encargada de llevar la información. En una comunicación celular se utilizan 2 portadoras, una para transmisión y otra para recepción. En una celda se dispone de un conjunto de portadoras. En un mismo canal puede transmitir varias portadoras.

1.1.2.6. Ancho de banda

Conjunto de frecuencias o espectro que es ocupado por la señal. Depende de factores como la tecnología utilizada, velocidad de transmisión, ruido en el canal.

1.1.2.7. Banda de frecuencia

Conjunto de frecuencias que se asignan a un operador de telefonía celular para utilizar en las comunicaciones celulares.

1.1.2.8. Canal

Frecuencia utilizada para enviar información o realizar operaciones de control. Existen básicamente 2 tipos de canales:

- De usuario o voice channel: puede ser para transmisión (uplink channel) o para recepción (downlink channel)
- De control: utilizados para establecimiento, mantenimiento y desconexión de la llamada.



Fig. 1.1 Canales de voz y control

1.1.2.9. Celda

Área geográfica en la que se utiliza una determinada frecuencia para dar cobertura celular. Puede tener diferentes formas, generalmente se consideran hexagonales. Existen diferentes tipos de celdas según el tamaño: macroceldas, microceldas, femtoceldas. Las celdas pueden ser adyacentes o estar superpuestas ya sea parcial o completamente.

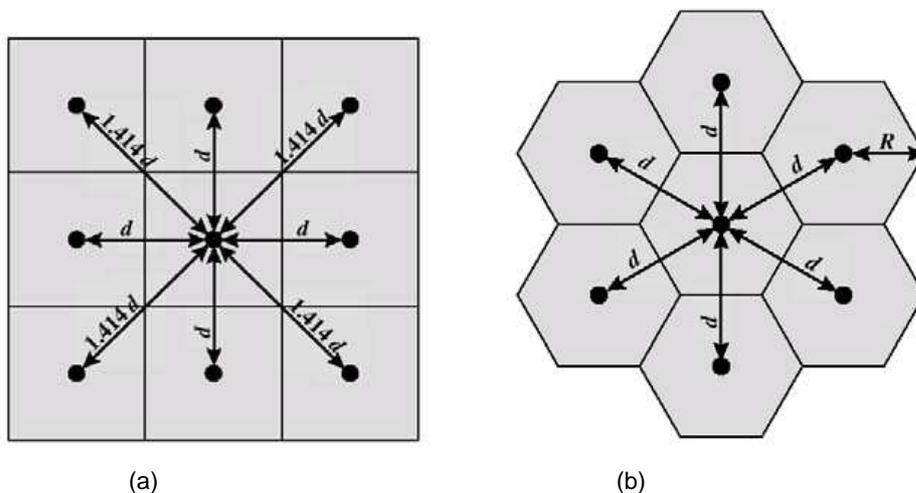


Fig. 1.2

Las celdas hexagonales son geoméricamente apropiadas. (a) Las celdas cuadradas tienen 4 vecinos a una distancia d y 4 vecinos a $1.414d$. (b) Las celdas hexagonales tienen 6 vecinos a una distancia d .

1.1.2.10. Reuso de frecuencia

Es utilizar las mismas frecuencias en diferentes celdas separadas por una distancia mínima para evitar la interferencia por canal compartido. La distancia depende del radio de la celda. Esto permite utilizar mejor el espectro y soportar una mayor cantidad de usuarios en la red.

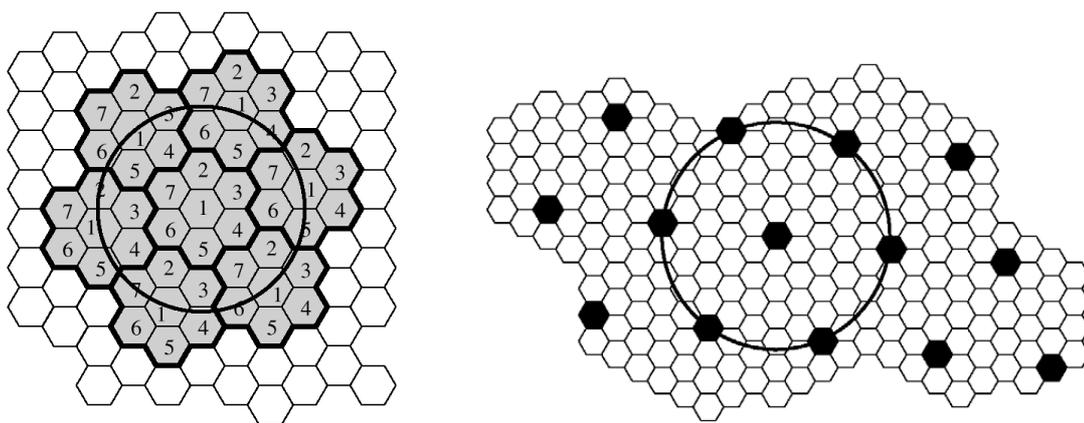


Fig. 1.3

Generalmente se utilizan arreglos de 7 celdas (factor de reuso), las frecuencias se reutilizan a una distancia mínima para evitar interferencias

1.1.2.11. Handover

También conocido como Handoff. Es el procedimiento que permite el paso de un canal a otro sin perder conexión, puede ocurrir en una misma celda (inter-cell) o de una celda a otra (intra-cell). El proceso de handover es imperceptible y transparente para el usuario pues tarda milisegundos. Existen varios tipos de handoff entre ellos:

- Hard Handoff (movilidad a baja velocidad)
- Soft Handoff (movilidad a alta velocidad)

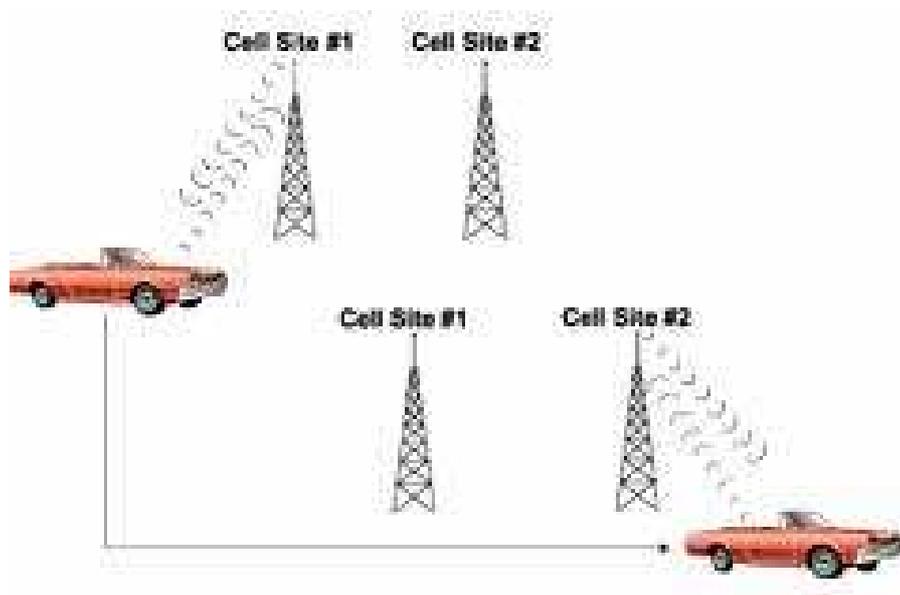


Fig. 1.4

Hard Handoff: al pasar de una celda a otra el móvil deja de recibir la señal de la radio base origen hasta engancharse a la radio base destino.

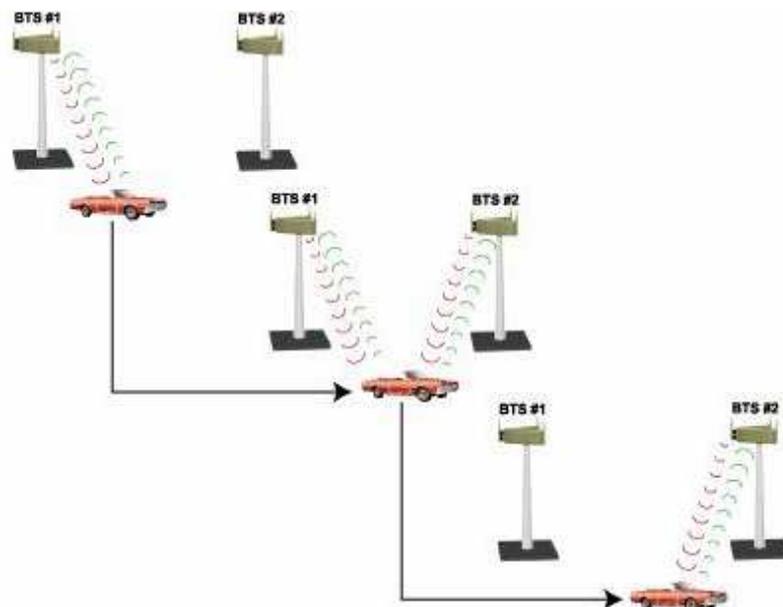


Fig. 1.5 Soft Handoff: al pasar de una celda a otra el móvil deja de recibir las señales de la radio base origen y de la radio base destino.

1.1.2.12. Codificación

Adecuar la señal para adaptarla al medio de transmisión. La codificación permite reducir el BER (errores en la transmisión), una mejor sincronización (recuperación de señal de reloj) y apropiada forma del espectro (reducción de la componente continua).

1.1.2.13. Modulación

Es la alteración sistemática de la portadora (generalmente una señal de alta frecuencia) de acuerdo a la señal modulante (señal en banda base). Se requiere de un equipo modulador/demodulador tanto en recepción como en transmisión para recuperar la información correctamente. Algunos tipos de modulación digital son:

- De amplitud (ASK)
- De frecuencia (FSK)
- De fase (PSK)
- De cuadratura (QAM)

1.2. MÉTODOS DE ACCESO

Uno de los aspectos más importantes en la comunicación celular es el método de acceso utilizado por los dispositivos móviles para conectarse a las radio bases, también se conoce como el interfaz aire (CAI¹). Cada una de estas técnicas o métodos de acceso permite que varios usuarios simultáneamente mantengan comunicación utilizando los mismos recursos, por ello su nombre de técnicas de acceso *múltiple*.

Una estación o un equipo no ocupa la capacidad total del enlace, por eso lo mejor es compartirlo para mejorar el rendimiento y permitir una mayor cantidad de usuarios.

Acceso múltiple no es lo mismo que multiplexación aunque se basan en los mismos principios. La multiplexación es la asignación *fija* de un ancho de banda a cada uno de los usuarios, que generalmente *no son remotos*, debido a que sus requerimientos no varían en el tiempo o lo hacen con muy poca frecuencia. Los recursos de ancho de banda *alcanzan* para todos los usuarios. Algunos tipos de multiplexación son: FDM, TDM, WDM, CDM, OFDM.

En el acceso múltiple se lleva a cabo entre sitios *remotos* (por ejemplo comunicaciones satelitales y celulares). La asignación de recursos es *dinámica* en función de las necesidades de los usuarios. Esto se realiza a costa de la pérdida de una pequeña fracción de tiempo y/o ancho de banda. Los recursos *no alcanzan* para todos por lo que existe una *pelea* entre los usuarios por obtener ancho de banda.

Existen una variedad de técnicas de acceso múltiple con sus respectivas ventajas y desventajas frente a otras. Las diferentes tecnologías celulares pueden combinar varias técnicas de acceso para aumentar la capacidad del sistema.

¹ Common Air Interface

Sin embargo no todas son compatibles entre sí, lo cual es un factor fundamental para tomar en cuenta al realizar la migración de una tecnología a otra, por ejemplo un terminal GSM¹ (que combina TDMA y FDMA) no es compatible con una red CDMA pero sí con una red UMTS² (que utiliza WCDMA como interfaz aire). También existen tecnologías que pese a utilizar el mismo método de acceso no son compatibles, por ejemplo UMTS y FOMA³ son compatibles pues las dos tecnologías utilizan WCDMA como su técnica de acceso, sin embargo AMPS y DECT⁴ no son compatibles pese a que ambas utilizan FDMA.

A continuación se analiza las principales técnicas de acceso y sus características más relevantes.

1.2.1. FDMA: FREQUENCY DIVISION MULTIPLE ACCESS

Consiste en dividir o segmentar el ancho de banda disponible para obtener varios canales los cuales transmiten de continuo es decir, todo el tiempo. En cada canal de un ancho de banda limitado se transmite una portadora. Además, se deja bandas de guarda entre cada canal para evitar interferencias.

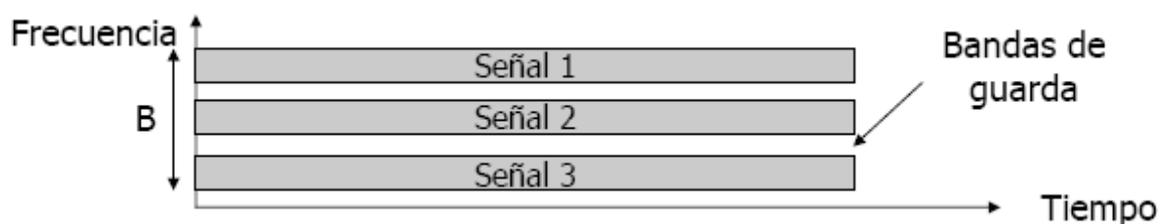


Fig.1.6

Canales y bandas de guarda en FDM

¹ Global System for Mobile Communications
² Universal Mobile Telecommunication System
³ Freedom of Mobile Multimedia Access
⁴ Digital European Cordless Telephone

Las señales que comparten el mismo recurso pueden interferirse mutuamente. Estas se consideran tolerables en cuanto se pueda entender el mensaje. Es decir, el límite permitido de interferencia es tal que las señales de un canal, no incrementen la probabilidad de error de otro.

Para la multiplexación FDM se necesita de un modulador para la transmisión, mientras que para recepción un demodulador y filtros.

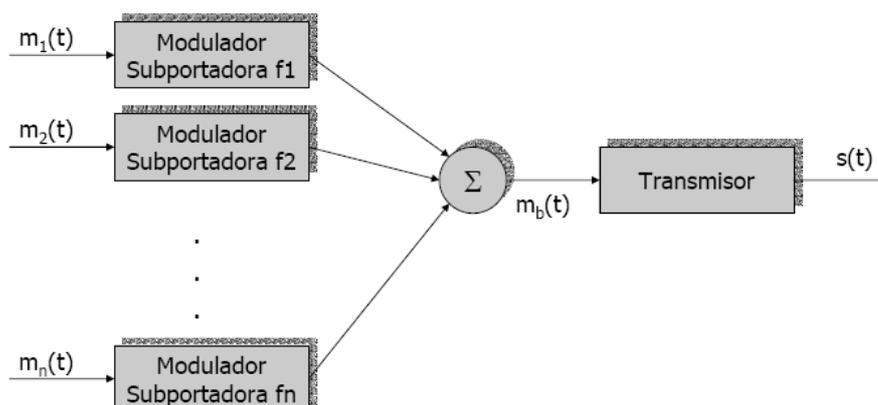


Fig.1.7

Esquema básico de un transmisor para FDM

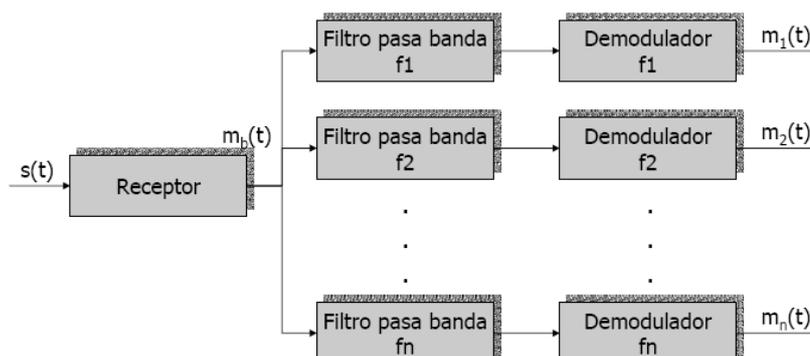


Fig.1.8

Esquema básico de un receptor para FDM

El acceso por división de frecuencia se utiliza principalmente en sistemas analógicos como AMPS¹ y en sistemas satelitales. En comunicaciones celulares se combina con otras técnicas de acceso múltiple para lograr una mayor capacidad.

Las desventajas de este tipo de acceso son los intervalos sin transmisión donde se desperdicia el canal y la implementación de filtros de precisión para reducir interferencias. Una clara ventaja es que no requiere sincronización y estos sistemas son más simples.

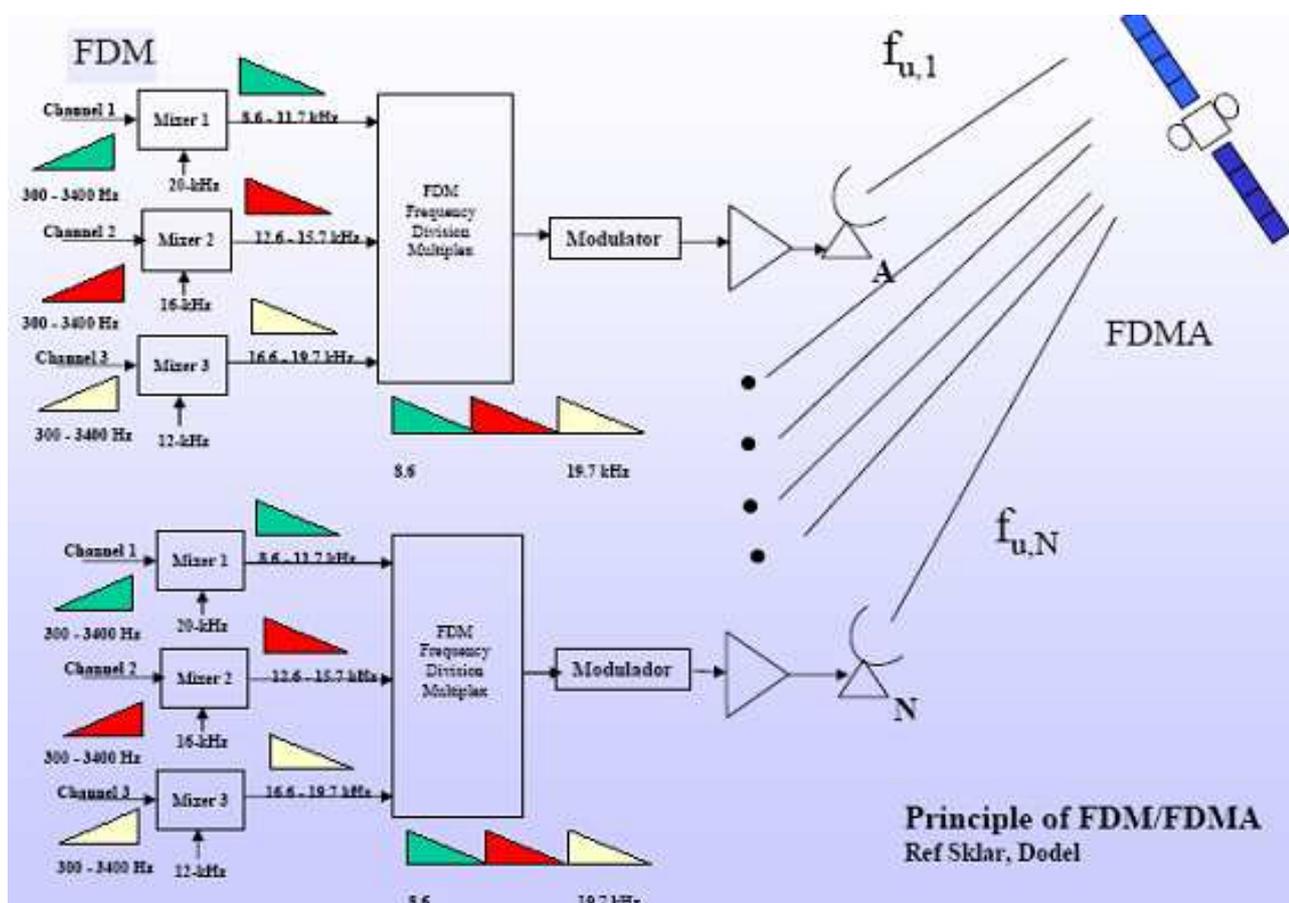


Fig.1.9

Multiplexación FDM vs. Acceso FDMA (sistema satelital)

¹ Advanced Mobile Phone System

1.2.1.1. OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing

Un caso particular de FDM es OFDM, que consiste en utilizar frecuencias ortogonales para la multiplexación de señales.

En FDM se produce un desperdicio de ancho de banda por tener que separar las frecuencias para evitar interferencia entre los canales (ver Fig. 1.10).

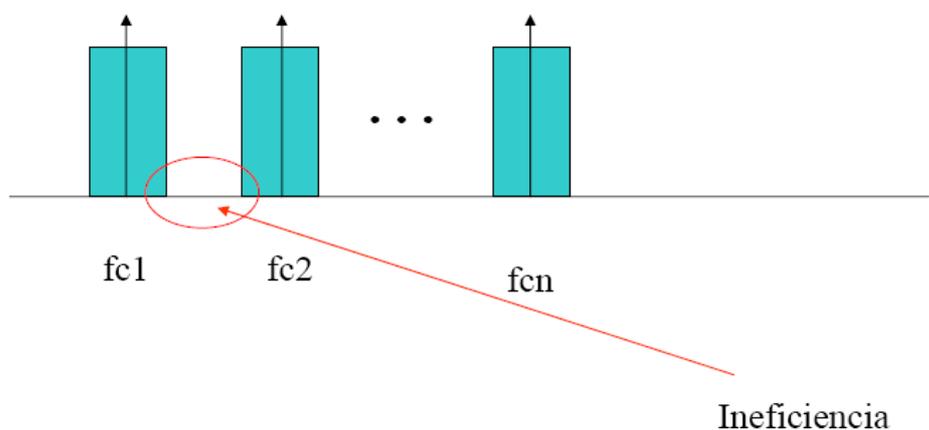


Fig. 1.10

Con FDM existe ineficiencia debido a las bandas de guarda

En cambio al utilizar frecuencias ortogonales entre sí, las subportadoras pueden traslaparse (ver Fig. 1.11) permitiendo más cantidad de canales y mayores anchos de banda por canal.

También OFDM presenta claras ventajas frente a FDM en lo que se refiere a la interferencia ya que sus portadoras son ortogonales (el ciclo debe ser múltiplo entero de $1/T$).

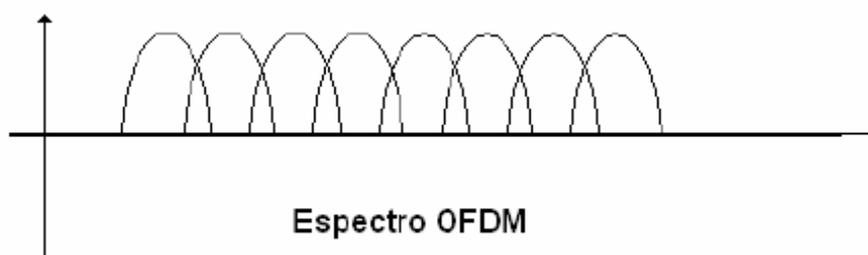


Fig.1.11

Con OFDM se utiliza mejor el espectro

1.2.1.2. OFDMA: Orthogonal Frequency Division Multiple Access

OFDMA al igual que OFDM utiliza múltiples subportadoras sin espaciamiento entre sí. Sin embargo, las subportadoras son divididas en subgrupos a los que se conoce como subcanal. Las subportadoras que forman un subcanal no deben ser adyacentes.

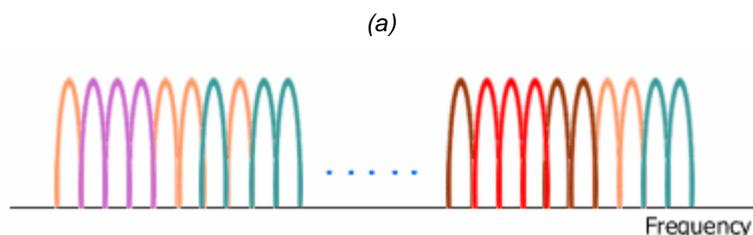


Fig. 1.12

(a) OFDMA: Subportadoras del mismo color representan un mismo subcanal
 (b) Multiplexación OFDM vs. Acceso OFDMA

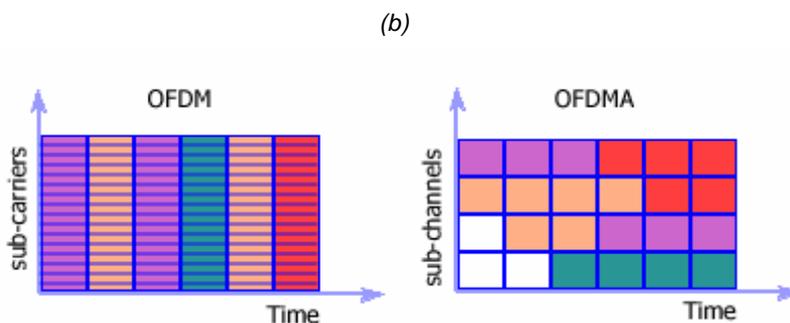


Figure. Uplink Subchannelization in WiMAX
 In OFDM, only one SS transmits in one time slot.
 In OFDMA, several SS's can transmit at the same time slot over several sub-channels.

Scalable OFDMA (OFDMA) añade escalabilidad a OFDMA por medio de mantener constante el espaciamiento entre las subportadoras pero asigna anchos de banda variable según la necesidad del canal. Logrando reducir la complejidad de canales de bajo ancho de banda y aumento el rendimiento de canales de gran ancho de banda. Esta técnica es utilizada por Mobile WiMax.

OFDM/OFDMA/SOFDMA son técnicas utilizadas por redes inalámbricas de datos WiFi y WiMax así como en tecnologías ADSL y WiMedia UWB. Sin embargo, también se ha empezado a utilizar en sistemas celulares, por ejemplo Motorola ha realizado pruebas donde se han logrado anchos de banda de hasta 300Mbps y movilidad de 100 km/h (a 20Mbps) sin perder la conexión al realizar handover¹.

Estas técnicas han permitido que el múltiple acceso por división de frecuencia utilizado principalmente para sistemas celulares analógicos ahora se utilice para sistemas celulares digitales.

1.2.2. TDMA: TIME DIVISION MULTIPLE ACCESS

Consiste en dividir el tiempo en ranuras (time slots). Cada usuario dispone de todo el ancho de banda para transmitir pero solo por un espacio limitado de tiempo.

A un mismo usuario se puede asignar varias ranuras, por tanto el canal de un usuario correspondería al total de ranuras que dispone.

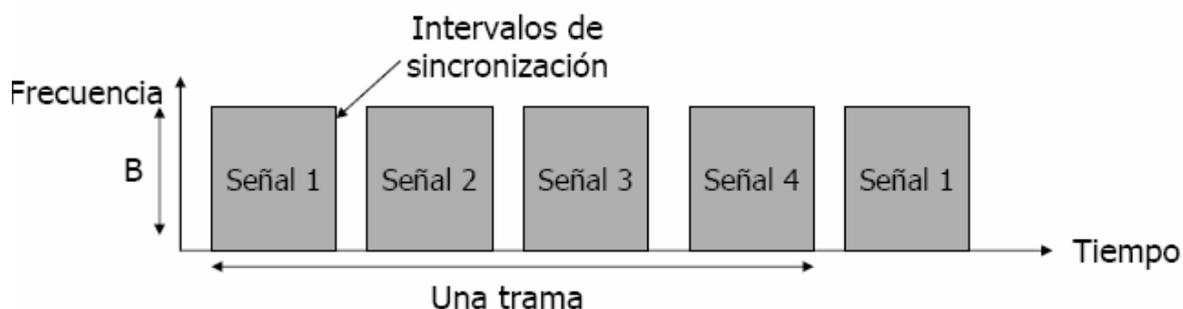


Fig. 1.13

Ranuras de tiempo en TDM

Existen dos tipos de acceso múltiple por división de tiempo: síncrona y estadística.

¹ Tele-semana: OFDM ¿El camino a 4G?, 2004

1.2.2.1. TDM Síncrono

En el caso síncrono se pre asignan las ranuras temporales y fijan a la fuente. Se transmiten las ranuras con o sin información, lo cual genera un desaprovechamiento del canal (ver Fig. 1.14).

1.2.2.2. TDM Estadístico

En el caso estadístico se realiza una reserva dinámica bajo demanda de las ranuras temporales. No se asigna ranura si no hay información para transmitir. Lo que permite mejorar el rendimiento (ver Fig.1.14).

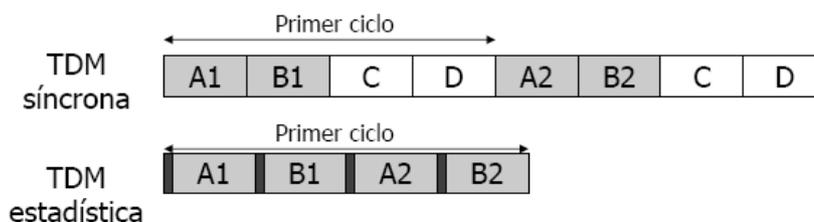


Fig. 1.14

TDM síncrono vs. TDM estadístico.

Hay 4 fuentes A, B, C y D. En el primer ciclo C y D no tienen datos para transmitir.

Las señales que comparten el mismo recurso pueden interferirse mutuamente. Estas se consideran tolerables en cuanto se pueda entender el mensaje. Es decir el límite permitido de interferencia es tal que las señales de un canal, no incrementen la probabilidad de error de otro.

Para la multiplexación TDM se necesita realizar un sondeo y memorias (buffers) para mantener guardada la información hasta cuando se pueda transmitir.

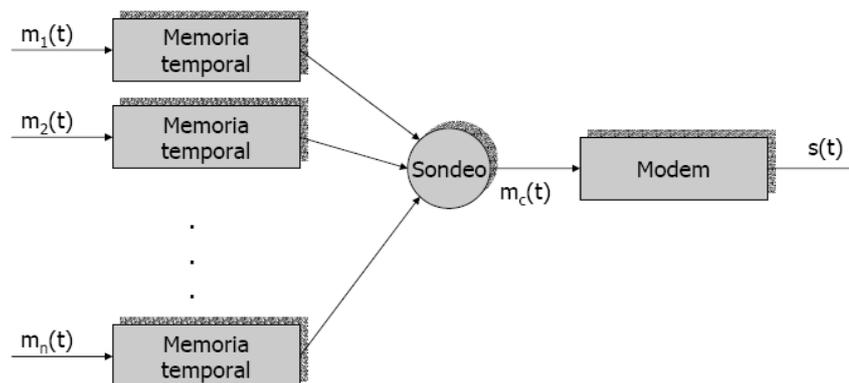


Fig. 1.15 Esquema básico de un transmisor TDM

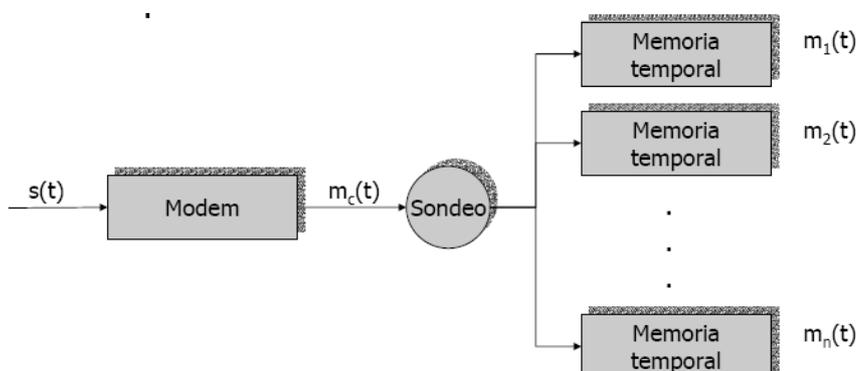


Fig. 1.16 Esquema básico de un receptor TDM

El método de acceso por división de tiempo se utiliza en sistemas digitales como D-AMPS¹ y USDC². TDMA requiere de sincronismo y mecanismos de cancelación de interferencia inter símbolo debido a múltiples trayectos. Sin embargo, permite la transmisión discontinua o a ráfagas, y es fácil la asignación de múltiples ranuras a un usuario.

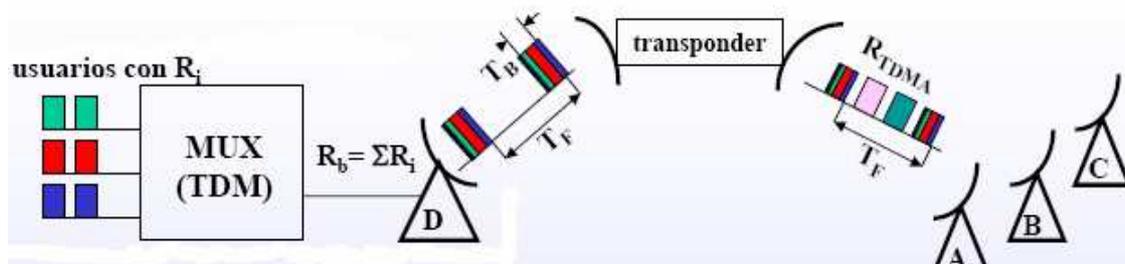


Fig. 1.17

Multiplexación TDM vs. Acceso TDMA (sistema satelital)

¹ Digital-Advanced Mobile Phone System

² US Digital Cellular

1.2.3. CDMA: CODE DIVISION MULTIPLE ACCESS

Las diferentes estaciones transmiten simultáneamente y ocupan todo el ancho de banda o espectro de frecuencias. Y consiste en la aplicación de la técnica de espectro expandido (spread spectrum), utilizado en algunas aplicaciones militares desde los años 40.

Las señales se separan mediante un código diferente para cada una, estos códigos ensanchan la señal para ocupar un ancho de banda mayor al que normalmente se utilizaría.

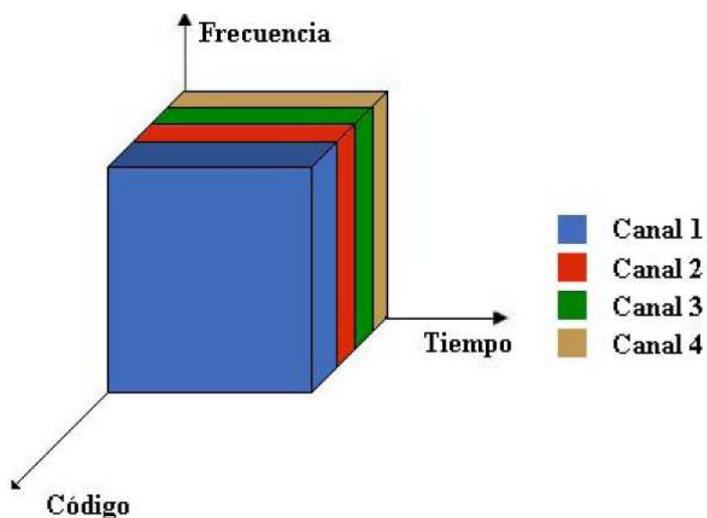


Fig. 1.18

CDMA transmite todo el tiempo y utiliza todo el espectro de frecuencias

Los transmisores utilizan un código único para transmitir y los receptores utilizan también códigos para recuperar la señal deseada. Se requiere que todas las señales tengan aproximadamente la misma potencia en recepción (problema cerca-lejos), por lo cual se utiliza un control dinámico de la potencia de transmisión.

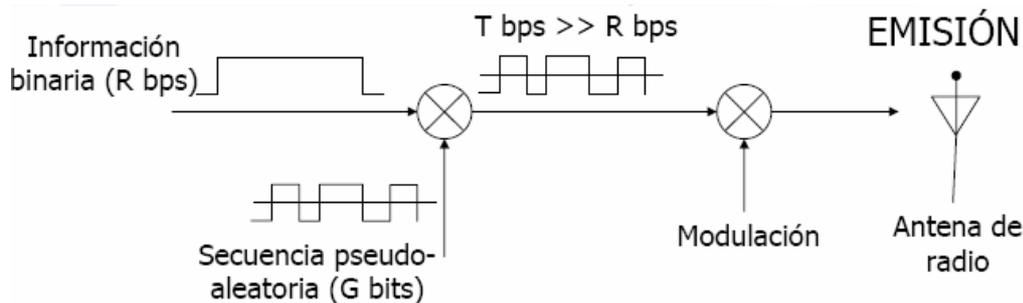


Fig. 1.19 Esquema básico de un transmisor CDM. Se realiza el ensanchamiento (spreading) antes de modular la señal para transmitirla

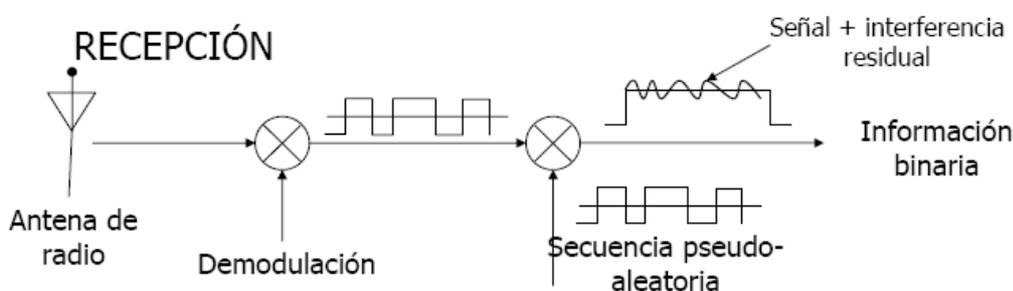


Fig. 1.20 Esquema básico de un receptor CDM. Se utiliza el mismo código para recuperar la señal

Existen varios tipos de CDMA según la técnica utilizada para expandir el espectro:

- FH-CDMA: Frequency Hopping
- DS-CDMA: Direct Sequence
- TH-CDMA: Time Hopping
- TD-CDMA: Time Sequence
- HM-CDMA: Hybrid Modulation
- MC-CDMA: Multi Carrier

1.2.3.1. WCDMA: Wideband code division media access

WCDMA se basa en DS-CDMA. Sin embargo, además de efectuar un ensanchamiento del espectro por secuencia directa (Spreading), se realiza una alternación de la señal (Scrambling) previa a su transmisión. Este proceso se tratará con mayor detalle en el capítulo 2.

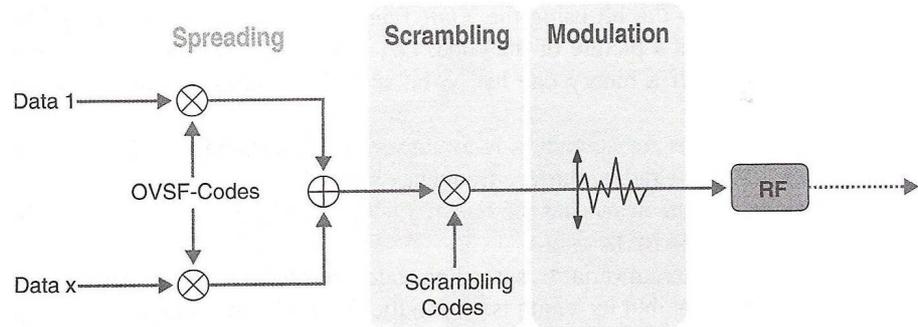


Fig. 1.21 Proceso de spreading, scrambling y modulación en WCDMA

WCDMA es utilizado como el interfaz aire por los sistemas de tercera generación UMTS y FOMA. En el Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (UMTS) la técnica WCDMA permite tener una capacidad 8 veces superior a CDMA.

Como se ha visto las tres principales técnicas de acceso múltiple utilizadas en sistemas celulares son: FDMA, TDMA y CDMA.

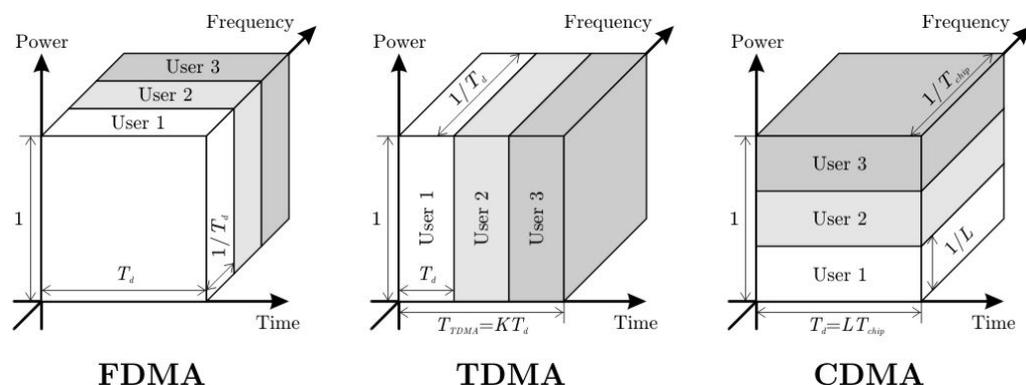


Fig. 1.22 Principales técnicas de acceso múltiple

1.2.4. DUPLEXADO

La comunicación puede ser de tres tipos: Simplex (en una solo sentido), Half Duplex (en dos sentidos pero de forma alternada) y Full Duplex (en dos sentidos de manera simultánea). Existen dos métodos para realizar la comunicación full dúplex en los sistemas celulares: FDD y TDD.

1.2.4.1. FDD: Frequency Division Duplex

Se utiliza dos canales simples separados que se utilizan simultáneamente cada uno posee una frecuencia fija. El canal que transmite de la radio base al terminal se conoce como canal directo. Mientras que el canal que transmite del terminal a la radio base se conoce como canal reverso.

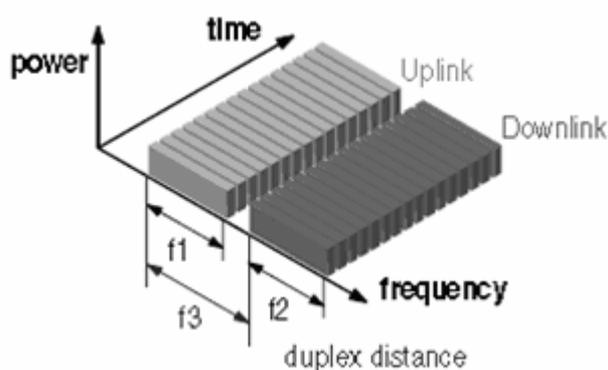


Fig. 1.23 FDD es ideal para servicios simétricos

1.2.4.2. TDD: Time division dúplex

Consiste en dividir en el tiempo un canal simple. Una parte del tiempo se utiliza para transmitir de la radio base al terminal y la otra parte del terminal a la radio base. Los tiempos son muy pequeños de forma que es imperceptible para el usuario. TDD se utiliza principalmente para aplicaciones asimétricas.

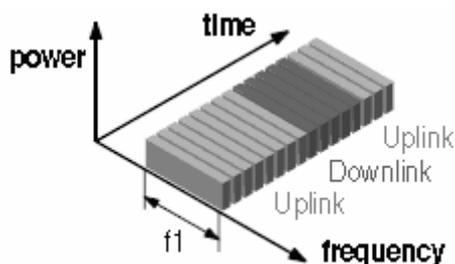


Fig. 1.24 TDD es ideal para servicios asimétricos

1.3. GENERACIONES EN LA TELEFONÍA CELULAR

Las diferentes tecnologías de telefonía celular han sido agrupadas en varias generaciones, la primera de ellas caracterizada por ser para transmisión únicamente de voz y por ser analógica. La segunda generación digitalizó la voz e introdujo la transmisión de datos a baja velocidad. La tercera generación abarca las tecnologías que permiten transmitir datos a alta velocidad y con gran movilidad. La cuarta generación implica la transmisión de voz y datos sobre el protocolo IP.

A continuación se explican las tecnologías que forman parte de cada una de estas generaciones y sus principales características.

1.3.1. PRIMERA GENERACIÓN (1G)

Aparece a partir de 1979, las tecnologías que pertenecen a esta generación son analógicas y se caracterizan por ser únicamente para transmisión de voz. La técnica de acceso utilizada es FDMA y para la comunicación full dúplex se utiliza FDD.

La calidad de la comunicación y la seguridad no son muy buenas en las tecnologías que pertenecen a esta generación. Tampoco había posibilidad de roaming debido a la incompatibilidad entre ellas.

El handover tampoco era efectivo perdiéndose un porcentaje elevado de llamadas al pasar de una celda a otra, sobre todo si el dispositivo móvil se desplazaba a alta velocidad. Las principales tecnologías de esta generación son: AMPS, TACS, NMT y NTT.

1.3.1.1. AMPS: Advanced Mobile Phone System

En 1979, la FCC¹ autorizó a la compañía AT&T el desarrollo de un sistema celular en la ciudad de Chicago. Este sistema apareció comercialmente en 1983.

Para la asignación de espectro se utilizó la banda de 850 MHz y se reservó un ancho de banda de 40 MHz para un solo operador. Después se decidió dividir el espectro entre dos operadores asignando 20 MHz a cada uno, conocidas como banda A y banda B. Finalmente, en 1986 se asignó 5 MHz adicionales para cada operador sumando un total de 25 MHz en cada banda.

Banda	Downlink (radio base a móvil)		Uplink (móvil a radio base)		Total
	Bandwidth	Bandwidth	Bandwidth	Bandwidth	
A y B (MHz)	869 – 894	25	824 – 849	25	50
A (MHz)	869.0 – 880.0	12.5	824.0 – 835.0	12.5	25
	890.0 – 891.5		845.0 – 846.5		
B(MHz)	880.0 – 890.0	12.5	835.0 – 845.0	12.5	25
	891.5 – 894.0		846.5 – 849.0		

Tabla 1.1 Asignación de espectro AMPS

La técnica de acceso FDMA permite un canal por portadora. Se utiliza modulación FM para la voz. Cada portadora de AMPS utiliza un ancho de 30 KHz, permitiendo un máximo de 832 canales disponibles de los cuales 42 fueron utilizados para control y señalización, dejando 790 canales de usuario.

El duplexado es FDD, por tanto para una comunicación full dúplex se necesitan 2 canales por usuario, entonces cada usuario utiliza un ancho de banda total de 60 KHz. La velocidad de datos de AMPS es de 9.6 Kbps utilizados para control y utiliza modulación FSK.

¹ Federal Communications Commission

1.3.1.2. TACS: Total Access Communications System

En 1982, el gobierno de Inglaterra anunció la creación de la tecnología TACS, que comercialmente apareció en 1985. Las operadoras que lo proveyeron fueron Cellnet y Vodafone.

Para la asignación de espectro se utilizó la banda de 900 MHz y originalmente se asignaron 50 MHz para el servicio celular. Para downlink desde 935 a 960 MHz y en uplink desde 890 a 915 MHz.

La técnica de acceso es FDMA, con un canal por portadora. Se disponía de 1000 canales ya que el ancho de banda por canal era de 25 KHz. El ancho de banda total utilizado por usuario era de 50 KHz. Para la voz también se utilizaba modulación FM. Para el canal de control la velocidad de datos era de 8 Kbps utilizando modulación FSK.

1.3.1.3. NMT: Nordic Mobile Telephones

En los países escandinavos (Dinamarca, Suecia, Finlandia y Noruega) apareció en 1981 la tecnología NMT en la banda de 450 MHz y luego en 1986 en la banda de 900 MHz. Ambas tecnologías utilizaban FDMA para el acceso, FM para modular la voz y FSK para modular datos a una velocidad de 1.2 Kbps.

Para NMT450 se asignaron 9 MHz para las dos bandas. Para downlink desde 463 a 467.5 MHz y en uplink desde 453 a 457.5 MHz. Los canales podían tener un ancho de banda de 25 KHz o de 20 KHz, permitiendo 180 o 225 canales respectivamente.

Para NMT900 se asignaron 50 MHz para las dos bandas. En downlink desde 935 a 960 MHz y en uplink desde 890 a 915 MHz. Los canales podían tener un ancho de banda de 25 KHz o de 12.5 KHz, permitiendo 1000 o 2000 canales respectivamente.

1.3.1.4. NTT: Nippon Telegraph & Telephone

En 1979, apareció el primer sistema comercial de telefonía celular en Japón conocido como NTT.

Para la asignación de frecuencia se utilizó la banda de 900 MHz. El ancho de banda reservado fue de 30 MHz para las dos bandas. Para downlink desde 870 a 885 MHz y en uplink desde 925 a 940 Mhz.

Como en otros casos la técnica de acceso fue FDMA. El ancho de banda por canal fue de 25 KHz permitiendo un total de 600 canales. En datos presenta una velocidad de 0.3 Kbps.

Parámetro	AMPS	TACS	NMT450	NMT900	NTT
Frecuencia uplink (MHz)	824 – 849	890 – 915	453 – 457.5	890 – 915	925 – 940
Frecuencia downlink (MHz)	869 – 894	935 – 960	463 – 467.5	935 – 960	870 – 885
Separación Tx/Rx (MHz)	45	45	10	45	55
Ancho de banda de canal (KHz)	30	25	25/20	25/12.5	25
Canales	832	1000	180/225	1000/2000	600
Modulación voz	FM	FM	FM	FM	FM
Modulación datos	FSK	FSK	FSK	FSK	FSK
Técnica acceso	FDMA	FDMA	FDMA	FDMA	FDMA
Velocidad datos (Kbps)	9.6	8	1.2	1.2	0.3
Cobertura RB (Km)	2 – 25	2 – 20	1.8 – 40	1.8 – 40	5 – 10

Tabla 1.2

Comparación entre tecnologías de Primera Generación

1.3.2. SEGUNDA GENERACIÓN (2G)

La segunda generación en la telefonía móvil celular se caracterizó principalmente por digitalizar la voz. También se empezaron a brindar servicios de datos a los usuarios, como por ejemplo SMS, MMS, transferencia de datos, navegación WAP, entre otros. Sin embargo, la velocidad de estos servicios era relativamente baja.

Otro factor decisivo fue el cambio en el interfaz aire o método de acceso utilizado por el terminal a la radio base, se empezaron a utilizar TDMA y CDMA.

Otros de los beneficios de digitalizar la telefonía fueron la reducción del tamaño de los terminales, menor consumo de potencia y por tanto la mayor duración de las baterías.

En 1G las bandas utilizadas fueron de 850 y 900 MHz (con excepción de NMT450 que operaba en 450 MHz), por otra parte para la segunda generación se empezó a utilizar la bandas de 1800 (DCS¹) y 1900 MHz (PCS²). Estas nuevas bandas permitieron hasta 6 nuevos operadores (ver figuras 23 y 24). Sin embargo, muchas operadoras migraron de tecnología pero no de banda por lo que tenemos también 2G en las bandas de 800 y 900 MHz, este fue el caso de algunos países de Latinoamérica, a algunas operadoras se asignó espectro en más de una banda.

Para realizar roaming en diferentes redes y también para poder ser vendidos en diferentes mercados muchos teléfonos funcionan en más de una banda, algunos son cuatribandas (850³, 900, 1800 y 1900 MHz). Sin embargo, actualmente se están empezando a utilizar otras bandas.

¹ Digital Communications System

² Personal Communication Services

³ La banda de 850 MHz en algunos casos es llamada de 800 MHz.

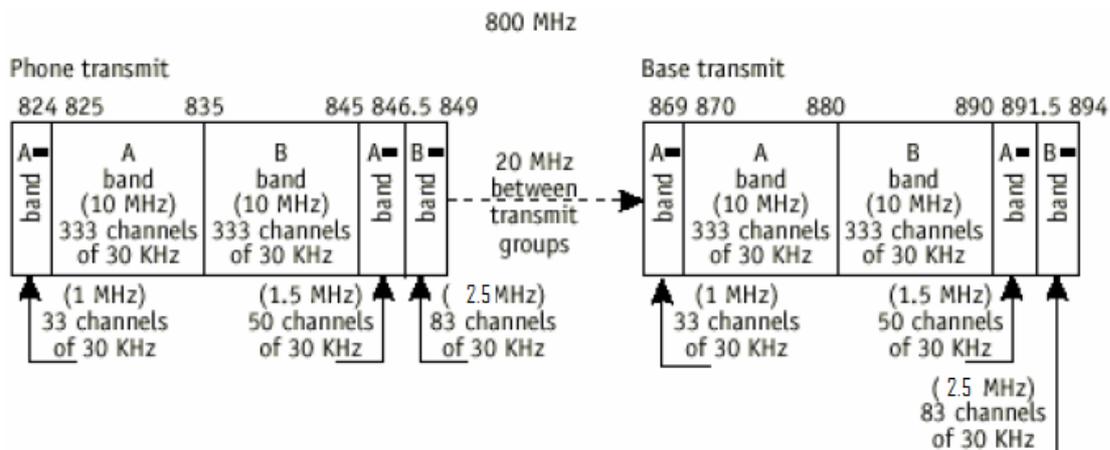


Fig. 1.25

Asignación de espectro en la banda de 800MHz. Se asigna un ancho de banda total de 25 MHz a cada operador

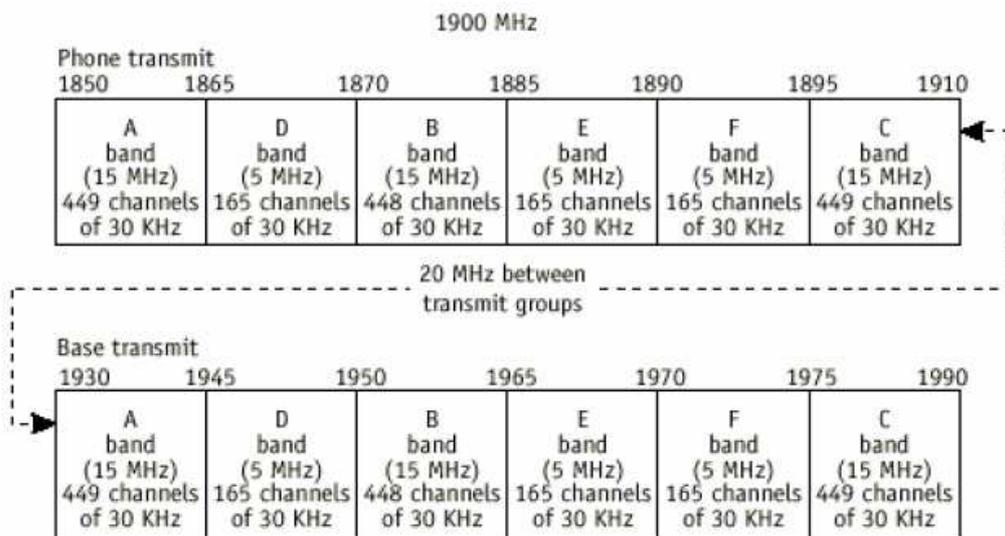


Fig. 1.26

Asignación de espectro en la banda de 1900MHz. Se asigna un ancho de banda total de 30 MHz a los operadores A, B y C y 10 MHz a los operadores D, E y F.

A continuación se indican las características más importantes de las principales tecnologías de la segunda generación:

1.3.2.1. D-AMPS: Digital Advanced Mobile Phone System

En 1990, aparece el estándar IS-54 que utiliza como método de acceso TDMA. El sistema USDC¹ utiliza el estándar IS-54 y es completamente compatible con AMPS al utilizar la misma infraestructura de red y permitir teléfonos duales AMPS/USDC, por ser una tecnología digital se le conoce como D-AMPS o AMPS digital.

Después aparecen el estándar IS-54B y en 1994 el estándar IS-136, el cual sirve tanto para la banda de 800 MHz como para la nueva banda de 1900 MHz. Todos estos estándares utilizan TDMA como método de acceso. Para mantener la compatibilidad con AMPS, se mantienen muchas de sus características, por ejemplo el ancho de banda por portadora es de 30 KHz, sin embargo al utilizar TDMA se divide el tiempo en 3 ranuras, lo que permite triplicar la capacidad de los sistemas digitales con respecto a sus predecesores analógicos.

La modulación para el canal de voz es $4/\pi$ DQPSK². Bajo el estándar IS-136 (revisión de IS-54), D-AMPS tiene una velocidad de 48.6 Kbps en el canal de voz. Cada trama tiene una longitud de 1944 bits transmitidos en 40 ms. El canal de control utiliza la misma modulación que AMPS, es decir FSK, a una velocidad de 9.6 Kbps.

1.3.2.2. PDC: Personal Digital Communications

En 1991, la empresa japonesa NTTDoCoMo empezó a utilizar este estándar en reemplazo de los antiguos sistemas analógicos NTT y JTACS³. PDC también es conocido como JDC (Japanese Digital Communications).

¹ United States Digital Cellular

² Differential Quadrature Phase Shift Keying

³ Japanese Total Access Communications System: es la versión japonesa de TACS.

Utiliza como técnica de acceso TDMA y opera en las bandas de 800, 900 y 1500 MHz. Puede alcanzar velocidades de hasta 9.6 Kbps. Para el duplexado utiliza FDD. PDC divide el tiempo en 3 time slots o ranuras y el ancho de banda que utiliza por portadora es de 25 KHz.

1.3.2.3. GSM: Global Sistem for Mobile Communications

En 1982, en Europa se forma un grupo de trabajo conocido como Groupe Special Mobile, con el objetivo de unificar los estándares analógicos incompatibles entre sí y garantizar roaming en todos los países y transparente al usuario.

Aparece comercialmente por primera vez en Finlandia en 1991. Se utilizan las bandas 900 y 1800 MHz, sin embargo después lo adopta Norteamérica en la banda de 1900 y Latinoamérica en la de 800 MHz. Conforme se desarrollo el sistema mantuvo las siglas GSM pero el significado actual es Global System for Mobile Communications.

GSM utiliza como técnica de acceso TDMA dividiendo el tiempo en 8 ranuras que duran 0.577 ms (también puede ser dividido en 16 ranuras). Para el duplexado se utiliza FDD. Cada portadora tiene un ancho de 200 KHz. Lo que permite disponer de 124 canales que pueden utilizados 8 por cada uno (en la práctica 7 porque uno se deja para control). Utiliza para la dispersión Frequency Hopping a una velocidad de 217 saltos por segundo.

La modulación utilizada en GSM es GMSK¹ (con un factor de 0.3). La velocidad es de 270.83 Kbps, lo cual equivale a una trama de 1250 bits (8*156.25 transmitidos en 4.615 ms). Para el canal de voz full rate la velocidad es de 13 Kbps y para datos full rate 9.6 Kbps.

¹ Gaussian Minimum Shift Keying

En la banda de 900 MHz, utilizan para downlink desde 935 a 960 MHz y para uplink de 890 a 915 MHz.

Envía diferentes canales lógicos por medio de los canales físicos. Los canales lógicos que utiliza GSM son:

- Canales de tráfico (TCH): para Voz codificada y para Datos de usuario
- Canales de control: de difusión(BCH), comunes de control (CCCH) y dedicados de control (DCCH)

GSM se convirtió en el estándar con mayor difusión a nivel mundial. Actualmente tiene 2500 millones de abonados a nivel mundial en 218 países¹, incluidos los abonados GPRS/EDGE y UMTS/HSPA.

Otro elemento importante de esta tecnología es la aparición de la tarjeta SIM² o chip. Esta tarjeta inteligente, que puede insertarse en cualquier terminal GSM, contiene información sobre el perfil del usuario, capacidad para almacenar información de contactos, configuración de SMS, MMS, clave de seguridad de usuario, etc. Existen tarjetas de diferentes capacidades: 64 Kb, 128 Kb y 256 Kb. Estas tarjetas también son utilizadas en las tecnologías UMTS donde se conoce como USIM.

1.3.2.4. CDMAone: Code Division Multiple Access one

En 1993, la TIA adoptó el estándar IS-95 de Qualcomm que utiliza como método de acceso CDMA. Apareció comercialmente por primera vez en 1995 en Estado Unidos. Sin embargo, el origen de este sistema se remonta a los años 40 donde fue utilizado en aplicaciones militares. Se le conoce como CDMAone. Es el sistema predecesor de la tecnología CDMA2000.

¹ Informa Telecoms & Media, Junio 2007

² Subscriber Identity Module

La técnica de acceso CDMA se encarga de expandir el espectro por medio de utilizar códigos y tiene muchas variantes, para IS-95 se utilizó DS-SS (Direct Sequence - CDMA). Para la duplexado utiliza el modo FDD.

Cada portadora en IS-95 tiene un ancho de banda de 1.25 MHz. El protocolo IS-95A soporta velocidades de 9.6 a 14.4 Kbps mientras que el protocolo IS-95B soporta velocidades de hasta 64 Kbps, la diferencia está en que la versión B se basa en conmutación de paquetes mientras que la versión A utiliza conmutación de circuitos. La velocidad de spreading es constante y es de 1.288 Mcps. La modulación en datos utilizada es BPSK para uplink y QPSK para downlink. Mientras que la modulación para el spreading es OQPSK para uplink y QPSK para downlink.

La tabla 1.3 muestra la comparación entre las tecnologías de segunda generación.

Parámetro	D-AMPS	PDC	GSM	IS-95A	IS-95B
Frecuencias	800/1900	800/900/ 1400/1500	800/900/ 1800/1900	800/1800	800/1800
Conmutación	Circuitos	Circuitos	Circuitos	Circuitos	Paquetes
Ancho de banda de canal (KHz)	30	25	200	1250	1250
Canales por portadora	3	3	8	52-62	52-62
Modulación voz	4/π DQPSK	4/π DQPSK	GMSK	OQPSK/QPSK*	OQPSK/QPSK*
Modulación datos	FSK	FSK	GMSK	BPSK/QPSK	BPSK/QPSK
Técnica acceso	TDMA	TDMA	TDMA	CDMA	CDMA
Tipo de dispersión	No	No	Frequency Hopping	Direct Sequence	Direct Sequence
Velocidad datos (Kbps)	9.6	9.6	9.6	14.4	64

*Modulación de spreading

Tabla 1.3

Comparación entre tecnologías de Segunda Generación 2G

1.3.3. SEGUNDA GENERACIÓN AVANZADA (2.5G)

Las tecnologías que forman parte de esta categoría se caracterizan por la mejora en la velocidad de transmisión de datos para los sistemas existentes, entre las principales tenemos:

1.3.3.1. HSCSD: High Speed Circuit Switched Data

Como su nombre indica utiliza conmutación de circuitos. Es una mejora para el servicio de datos para los sistemas GSM, utiliza el mismo interfaz aire. Un avance respecto a GSM es la utilización de varios métodos de corrección de errores seleccionados de acuerdo a la calidad del enlace, que permite tener una velocidad de hasta 14.4 Kbps en un time slot.

Otra mejora de esta tecnología consiste en asignar varias ranuras de tiempo a un mismo usuario (máximo 4) para lograr una mayor capacidad para transferir datos. Al utilizar varias ranuras de tiempo para un mismo usuario se pueden alcanzar velocidades de 57.6 Kbps (4×14.4 Kbps) o en condiciones adversas 38.4 Kbps (4×9.6 Kbps).

1.3.3.2. GPRS: General Packet Radio Service

Es una tecnología de conmutación de paquetes. También es utilizada como una mejora en la transmisión de datos de los sistemas GSM, utiliza el mismo interfaz aire.

El esquema de codificación variable utilizado por GPRS permite tener diferentes velocidades. Mientras más robusta es la codificación menor es la velocidad y viceversa. Para un codificación CS-1 la velocidad por time slot será de 8 Kbps mientras que para CS-4 se puede alcanzar hasta 20 Kbps. La selección del esquema de codificación depende de la distancia de la estación móvil a la BTS.

Al ser una tecnología de conmutación de paquetes la transmisión es por ráfagas y la asignación del ancho de banda es por demanda. La asignación de time slots depende de la capacidad del terminal y de la celda en la que se encuentre (esta asignación variable se conoce como multislot class). Se pueden alcanzar velocidades de 115 Kbps.

Esquema de Codificación	Modulación	Velocidad por ranura (Kbps)
CS-1	GMSK	8.0
CS-2	GMSK	12.0
CS-3	GMSK	14.4
CS-4	GMSK	20.0

Tabla 1.4 Velocidades con los diferentes tipos esquemas de codificación en GPRS

1.3.3.3. CDMA2000 1xRTT

La familia CDMA2000 abarca algunas tecnologías, entre ellas 1xRTT, 1xEV, 3xRTT y su desarrollo está a cargo del grupo 3GPP2. La tecnología 1xRTT¹ es considerada como 2.5G y alcanza velocidades de hasta 153 Kbps en el Rel 0 y hasta 307 Kbps en el Rel 1. Es compatible con su predecesor CDMAone (IS-95). En promedio la velocidad de 1x está entre 60 y 100 Kbps.

Utiliza DS-CDMA como método de acceso y para la duplexión FDD. El ancho de banda por portadora es de 1.25 Mhz. Y un chip rate de 1.2288 Mchip/s. La modulación que se utiliza para el enlace de bajada es QPSK y para subida BPSK. Utiliza conmutación de circuitos para la voz y conmutación de paquetes para datos.

Como ya hemos mencionado dentro de la familia CDMA2000 también se estandarizó la tecnología 3x, es decir 3 portadoras para alcanzar un chip rate de 3.6864 Mchip/s. Es importante mencionar que las tres portadoras (es decir MultiCarrier-CDMA) se utilizan únicamente en downlink mientras que para uplink se utiliza secuencia directa (DS-

¹ RTT: Radio Transmission Technology

CDMA), sin embargo la velocidad es la misma en DL y UL. Utiliza un ancho de banda de 3.75 MHz (aproximadamente 5 MHz si se consideran las bandas de guarda). La tecnología 3xRTT no ha sido implementada comercialmente por ninguna operadora.

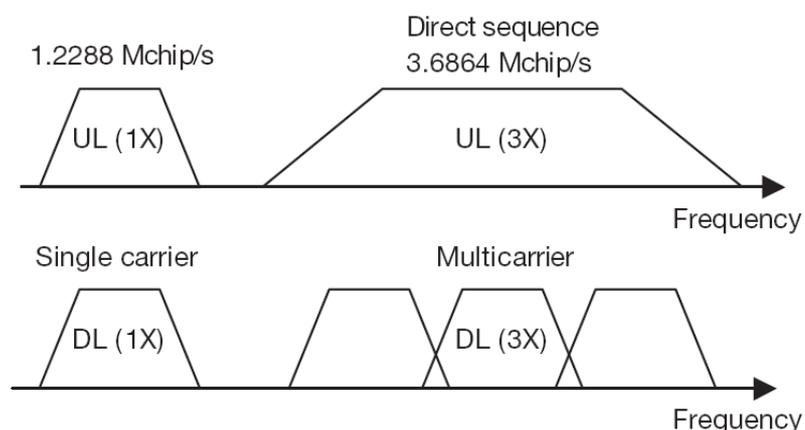


Fig. 1.27 Uplink y Downlink en CDMA2000 1x y 3x

Dentro de la familia CDMA2000 se ha definido el uso de múltiples portadoras: 1, 3, 6, 9, 12 y hasta un máximo de 15. Así como también anchos de banda variables desde 1.25 hasta 20 MHz. Sin embargo, comercialmente se ha implementado solo de una portadora. La tabla 1.5 muestra una comparación entre las tecnologías 2.5G.

Parámetro	HSCSD	GPRS	1x Rel 0	1x Rel 1
Conmutación	Circuitos	Paquetes	Paquetes	Paquetes
Ancho de banda de canal (KHz)	200	200	1250	1250
Canales por portadora	8	8	52-62	52-62
Técnica acceso	TDMA	TDMA	CDMA	CDMA
Tipo de dispersión	Frequency Hopping	Frequency Hopping	Secuencia directa	Secuencia directa
Voz y datos simultáneamente	No	No	No	Sí
Velocidad x time slot (Kbps)	14.4	20.0	153	307
Max. Time slots combinados	4	1	1	1
Velocidad x usuario (Kbps)	57.6	20.0	153	307

Tabla 1.5 Comparación entre tecnologías de 2.5G

1.3.4. TERCERA GENERACIÓN (3G)

La IMT-2000 ha definido los siguientes requerimientos para que una tecnología sea considerada como 3G:

- Velocidad de 144 Kbps para movilidad total en exteriores (120 km/h)
- Velocidad de 384 Kbps para movilidad limitada (10 km/h)
- Velocidad de 2 Mbps para ambientes estacionarios.

Las tecnologías que cumplen con estos requerimientos y son consideradas como de tercera generación son:

1.3.4.1. EDGE: Enhanced Data rates for Global Evolution

Originalmente las siglas significaban Enhanced Data rates for GSM Evolution, sin embargo puede ser implementada en otros sistemas. La tecnología EDGE es una mejora en la parte de datos para los sistemas conmutados de paquetes como GPRS y para sistemas conmutados de circuitos por ejemplo IS-136. Cuando se implementa sobre GPRS se le conoce como EGPRS (Enhanced GPRS), mientras que cuando se instala sobre sistemas IS-136 se conoce como ECSD (Enhanced CSD).

EDGE puede ser una tecnología 2G o 3G dependiendo de la implementación, por eso a veces se la clasifica como una tecnología 2.75G. Equipos EDGE de clase 4 o superior son considerados 3G. Esta tecnología es capaz de ofrecer una velocidad de datos de hasta 384 Kbps y teóricamente hasta 473.6 Kbps en la capa física, con lo cual satisface los requerimientos de la IMT-2000 para redes de tercera generación.

Las mejoras que se incorporan en EDGE son: una nueva técnica de modulación, tolerancia a los errores en la transmisión y un nuevo mecanismo de adaptación de enlace.

En lo referente a la modulación GPRS utiliza GMSK mientras que EDGE combina GMSK y 8-PSK. Al utilizar 8-PSK se puede transmitir 3 bits por símbolo triplicando la capacidad del sistema alcanzando velocidades de hasta 59.2 Kbps por time slot.

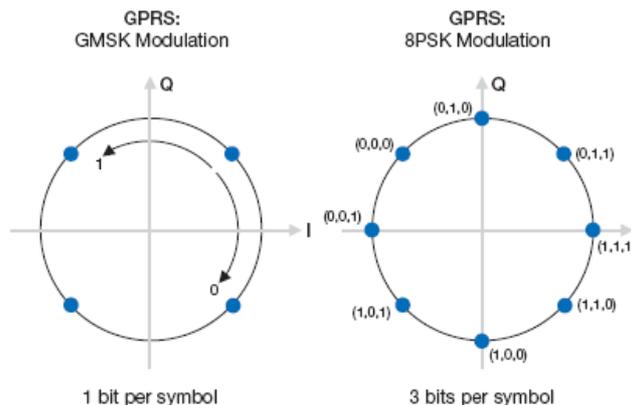


Fig. 1.28 Modulación GMSK vs. 8PSK

Para lograr una tolerancia en la transmisión de errores EDGE no retransmite paquetes errados, a diferencia de GPRS puede resegmentar los paquetes y añadir mayor redundancia.

Parte de la adaptación de enlace que realiza EDGE, es la utilización de 9 esquemas de codificación y modulación (MCSs) que son seleccionados según la calidad del enlace. Los primeros cuatro son correspondientes a los de GPRS.

Esquema de Codificación y modulación	Modulación	Velocidad por ranura (Kbps)
MCS-1	GMSK	8.4
MCS-2	GMSK	11.2
MCS-3	GMSK	14.8
MCS-4	GMSK	17.6
MCS-5	8PSK	22.4
MCS-6	8PSK	29.6
MCS-7	8PSK	44.8
MCS-8	8PSK	54.4
MCS-8	8PSK	59.2

Tabla 1.6 Velocidades con los diferentes esquemas de codificación y modulación en EGPRS

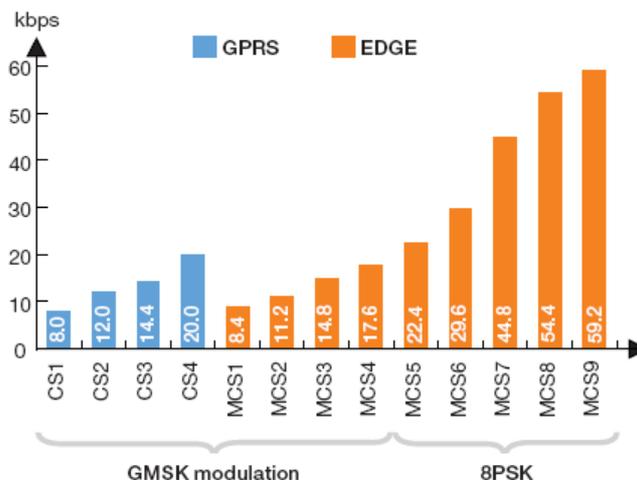


Fig. 1.29 Velocidades de GPRS vs. EDGE según el esquema de codificación

Se han conseguido mejoras para la tecnología EDGE que serán publicadas por la 3GPP en el Rel. 7 y se conoce como: Evolved EDGE. Entre las mejoras estarán la reducción de la latencia, utilización de nuevos esquemas de modulación como QPSK, 16 QAM y 32 QAM, logrando una velocidad de hasta 473.6 Kbps en cada time slot tanto para UL como para DL.

La implementación de esta tecnología resulta económicamente más conveniente que migrar a otra 3G, en vista de que no se realizan cambios en el core network y también la gran aceptación que han tenido los sistemas GSM a nivel mundial, sin embargo puede ser implementada también en otras tecnologías que utilicen TDMA como método de acceso.

1.3.4.2. CDMA 2000 EVDO

Es la evolución de CDMA2000 1x y utiliza una única portadora. EVDO significa: Evolution Data Optimized o Evolution Data Only. Es compatible con los sistemas CDMAone y CDMA2000 1xRTT al utilizar una o varias portadoras de 1.25 MHz y un chip rate de 1.2288 Mchip/s.

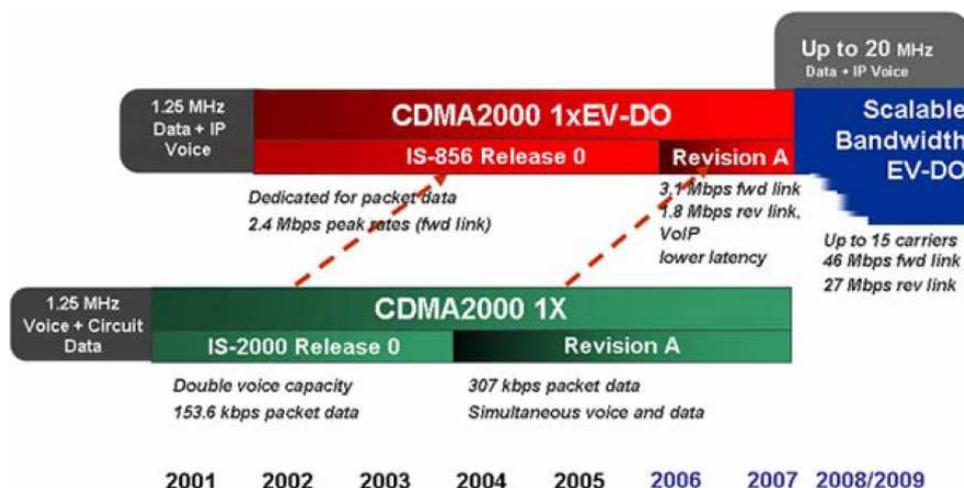
Existen varias revisiones o mejoras a la tecnología EVDO. En la Rev. 0 alcanza velocidades de hasta 2.4 Mbps en downlink y mantiene los 153 Kbps en uplink.

EVDO Rev. A soporta VoIP (voz sobre IP) y reduce la latencia. Además la velocidad máxima para downlink es de 3.1 Mbps y para uplink alcanza hasta 1.8 Mbps.

EV-DO Rev. B fue publicada en mayo 2006. Es un sistema Multi portadora. Se introduce la modulación 64-QAM. Con la utilización de 15 portadoras y un ancho de banda de 20 Mhz se alcanza velocidades de 73.5 Mbps en DL y 27 Mbps en UL¹. Actualmente se encuentra en desarrollo la Rev. C que incluirá técnicas como OFDM y MIMO.

Existe otro desarrollo conocido como EVDV: Evolution Data and Voice, que permite velocidades de 3.1 Mbps en DL y 1.8 Mbps en UL. La diferencia con EVDO es que en EVDV se puede transmitir voz y datos en la misma portadora. Sin embargo, el desarrollo de esta tecnología fue detenido en 2005 por Qualcomm debido a la falta de interés en implementarlo por parte de operadores celulares.

Fig. 1.30 Evolución familia CDMA 2000



¹ TYAGI, Deepa, CDMA2000 1x and beyond

1.3.4.3. WCDMA

Wideband CDMA es el nombre de la técnica de acceso utilizada por varios estándares 3G. Se le llama de banda ancha porque la portadora es de 5 MHz en lugar de 1.25 MHz. La técnica utilizada para dispersar el espectro es direct sequence (DS-SS-SS). La velocidad de chip es de 3.84 Mcps. Se pueden alcanzar velocidades de hasta 2 Mbps. En promedio se tiene una velocidad de 384 Kbps en DL y 64 Kbps en UL.

Puede operar con los dos modos de duplexión FDD y TDD. Sin embargo, no son compatibles entre sí. Cuando se utiliza TDD se combina TDMA junto con CDMA (TD-SS-SS).

Existen dos estándares que utilizan WCDMA como técnica de acceso y FDD en el duplexado. El primero en aparecer comercialmente fue el estándar japonés FOMA, sin embargo el de mayor implementación ha sido el estándar europeo UMTS. Los dos estándares son compatibles entre sí. Una diferencia entre ellos es que FOMA divide el tiempo en 16 time slots mientras que UMTS en 15.

Por su parte, a las técnicas de acceso que utilizan WCDMA y TDD se les conoce como UMTS TDD, en lugar de llamar WCDMA a la técnica de acceso lo más común es decir que el interfaz aire es TD-SS-SS. Utiliza también un ancho de banda de 5 MHz y un chip rate de 3.84 Mcps, sin embargo también existe la opción de 10 MHz y chip rate de 7.68 Mcps. Actualmente se ha implementado en 17 países¹. Al igual que en FDD no se necesita sincronización con las radio bases.

También es posible tener sincronización con las radio bases, esta técnica se conoce como TD-SS-SS (Time Division Synchronous CDMA). En China por ejemplo se implementó TD-SS-SS como

¹ UMTS-Alliance: Deployments

tecnología 3G. El ancho de banda utilizado es de 1.66 Mhz y un chip rate de 1.28 Mcps.

Banda (MHz)	Downlink (Mhz)	Uplink (MHz)
2100	2110 – 2170	1920 – 1980
1900	1930 – 1990	1850 – 1910
1800	1805 – 1880	1710 – 1785
1700	2110 – 2155	1710 – 1755
850	869 – 894	824 – 849
850	875 – 885	830 – 840
2600	2620 – 2690	2500 – 2570
900	925 – 960	880 – 915
1800	1845 – 1880	1750 – 1785
1700	2110 – 2170	1710 – 1770

Fuente: www.wikipedia.com

Tabla 1.7

Bandas de Frecuencia para WCDMA FDD

Banda (MHz)	DL/UL (Mhz)
1900	1900 – 1920
2100	2010 – 2025
1800	1850 – 1910
1900	1930 – 1990
1900	1910 – 1930
2600	2570 – 2620

Fuente: www.wikipedia.com

Tabla 1.8

Bandas de Frecuencia para WCDMA TDD

La técnica de acceso WCDMA será analizada con más detalle en el capítulo 2, principalmente en sus características utilizadas en el estándar UMTS.

1.3.4.4. HSPA

High Speed Packet Access se conoce como una tecnología 3.5G y abarca las técnicas HSDPA y HSUPA utilizadas para la mejora de datos para los sistemas que utilizan WCDMA como interfaz aire.

Puede ser implementada parcialmente, es decir solo HSDPA para mejorar la transmisión en downlink. Pero también es común implementar en conjunto con HSUPA para mejorar el rendimiento en uplink. HSPA puede operar en los dos modos TDD y FDD.

Con HSDPA se alcanza velocidades de 14.4 Mbps (hasta 20 Mbps en sistemas MIMO). Se utiliza 16 QAM y QPSK en la modulación mientras que en WCDMA se utiliza solo QPSK¹. Con HSUPA se alcanza un máximo de 5.7 Mbps. Se utiliza QPSK para la modulación.

HSDPA fue estandarizado con el Rel. 5 publicado por la 3GPP en 2002 mientras que HSUPA en el Rel. 6 publicado en 2004. Sin embargo, los esfuerzos por lograr mayores velocidades continúan con la elaboración del Rel. 7 el cual se conoce como HSPA+ o Evolved HSPA que soportará velocidades de 48 Mbps en DL y 11 Mbps en UL.

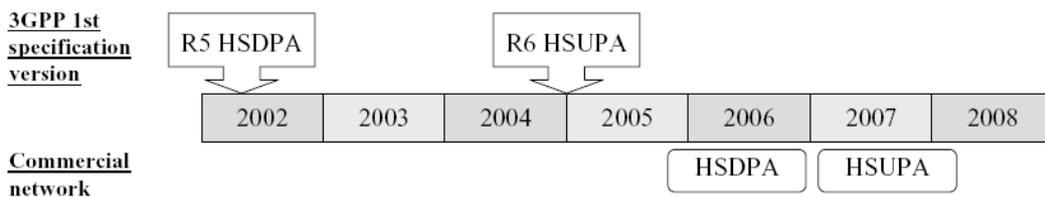


Fig. 1.31 Estandarización e implementación de HSPA

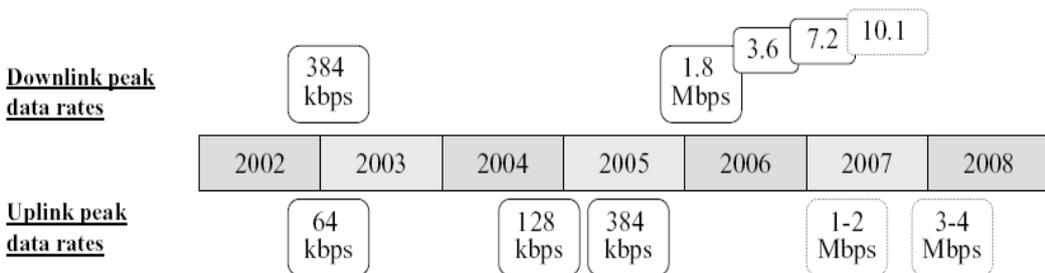


Fig. 1.32 Evolución de la velocidad de transmisión desde WDMA hasta HSUPA

¹ KREHER, R, RÜDEBUSCH,T, UMTS Signalling, 2007.

La evolución de los sistemas celulares han seguido básicamente dos caminos: uno el de GSM y otro el de CDMA (Fig. 1.33). Estandarizados por la 3GPP y 3GPP2 respectivamente.

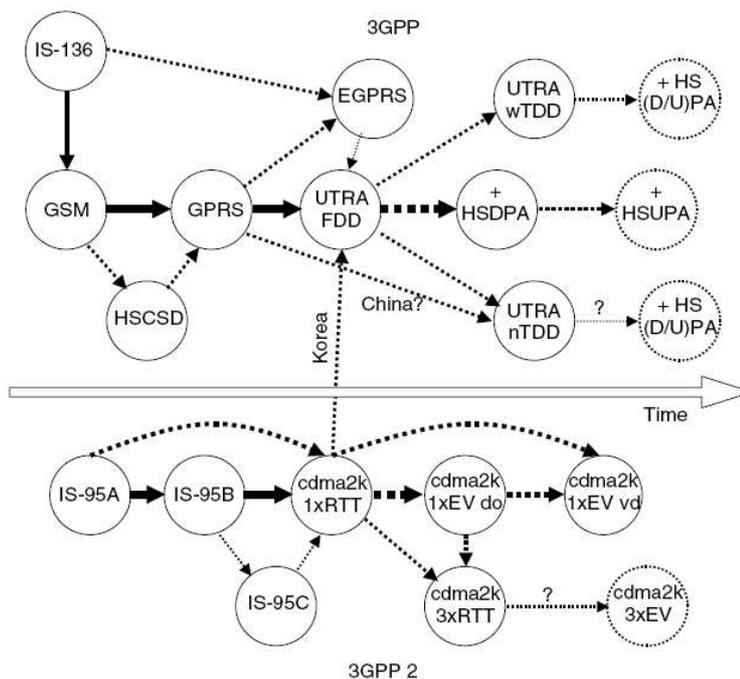


Fig. 1.33

Evolución de los sistemas celulares desde la 2G hasta 3G

La tabla 1.9 muestra una comparación entre las tecnologías 3G:

Parámetro	EDGE		EVDO			WCDMA		HSPA	
	EDGE	Evolved	Rel 0	Rel A	Rel B	UMTS	TDD	HSDPA	HSUPA
Ancho banda MHz	0.2	0.2	1.25	1.25	5 20	5	5 10	5	5
Modulación DL	GSMK/ 8PSK	QPSK 16/32QAM	8/QPSK 16QAM	8/QPSK 16QAM	64QAM	QPSK	16 QAM	QPSK 16QAM	QPSK
Modulación UL	GSMK/ 8PSK	QPSK 16/32QAM	BPSK	BPSK	64QAM	OQPSK	16 QAM	QPSK	QPSK
Técnica acceso	TDMA	TDMA	CDMA	CDMA	CDMA	CDMA	CDMA TDMA	CDMA	CDMA
Tipo de dispersión	No	No	Direct Sequence	Direct Sequence	Multi Carrier	Direct Sequence	Direct Sequence	Direct Sequence	Direct Sequence
Duplexión	FDD	FDD	FDD	FDD	FDD	FDD	TDD	FDD TDD	FDD TDD
Velocidad DL (Mbps)	0.474	1.9	2.4	3.1	73.5	0.384	16	14.4	14.4
Velocidad UL (Mbps)	0.474	0.947	0.153	1.8	27	0.384	16	0.384	5.76

Tabla 1.9

Comparación entre tecnologías de 3G

1.3.4.5. WiMax

Las siglas WiMax corresponden a Worldwide Interoperability for Microwave Access y es el nombre comercial del estandar 802.16 de la IEEE. La versión fija se conoce como 802.16d aunque el nombre oficial es 802.16-2004, mientras que la versión móvil se la llama 802.16e aunque su nombre oficial es 802.16-2005. La futura versión 802.16m es la que se consideraría como pre-4G. Sin embargo, en octubre de 2007 la ITU clasificó a WiMax como tecnología 3G¹.

Utiliza como técnica de acceso OFDMA y SOFDMA (Scalable OFMD). Otra técnica utilizada es MIMO. Opera en las bandas de 2.5 GHz y 3.5 GHz, aunque también puede hacerlo en la banda de 5 GHz que no es licenciada. Para la duplexión puede utilizar TDD o FDD.

Para el estándar 802.16d la velocidad máxima es de 72 Mbps (la velocidad es compartida entre el número de usuarios). La cobertura máxima con línea de vista es de 50 km y sin línea de vista es de 15 km².

Por su parte el estándar 802.16e soporta una movilidad de 120 km/h, utiliza ancho de banda variables desde 1.25 MHz hasta 20 MHz. Utiliza modulación QPSK, 16-QAM y 64-QAM en DL y QPSK, 16-QAM en UL. Para la duplexión el modo seleccionado es TDD.

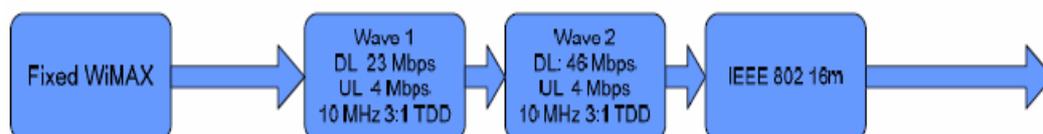


Fig. 1.34 Evolución de WiMax

¹ Fuente: Tele-semana: La ITU le baja los galones a WiMax, octubre 2007

² Fuente: Tele-semana Plus: WiMAX ¿Hay realmente dos?, marzo 2007

WiBro es la versión Coreana de WiMax, opera en 2.3 GHz y utiliza un ancho de banda de 8.75 MHz y soporta una movilidad de hasta 60 km/h. WiMax por su parte puede ser implementada en diferentes bandas y utilizar anchos de banda variables. Es destacado que WiMax tiene mejor eficiencia espectral que otras tecnologías.

Además de WiMax otras tecnologías inalámbricas de datos son: iBurst (802.20 que utiliza HC-SDMA¹) con una velocidad de 64 Mbps e HIPERMAN (que utiliza OFDM) con una velocidad de 57 Mbps.

1.3.5. CUARTA GENERACIÓN (4G) Y EL FUTURO DE LA TELEFONÍA CELULAR

La International Telecommunication Union (ITU) es el organismo internacional encargado de producir una definición oficial de lo que será la cuarta generación de la telefonía celular. Un trabajo similar fue realizado años atrás por este mismo organismo al definir los requerimientos de la tercera generación, las tecnologías que cumplieron con ese requerimiento forman parte de la familia IMT-2000. Ahora las tecnologías de 4G serán parte de la familia IMT-Advanced.

Entre algunos de los posibles requerimientos que las tecnologías deberán cumplir están: velocidades de hasta 100 Mbps con alta movilidad y 1 Gbps a baja movilidad, comunicación totalmente IP (por ejemplo una arquitectura IMS² en el CN), compatibilidad entre las diferentes tecnologías, esquemas de modulación de alto nivel y métodos de acceso más complejos, handoff entre redes heterogéneas y roaming mundial.

Algunas tecnologías aparecen en el escenario como posibles candidatas, sin embargo lo más apropiado es llamarlas por el momento Pre-4G, entre ellas tenemos: LTE y UMB.

¹ HC-SDMA: High Capacity Spatial Division Multiple Access

² IP Multimedia Subsystem

1.3.5.1. LTE

Las siglas LTE corresponden al nombre Long Term Evolución, y es la siguiente evolución de las redes UMTS/HSPA hacia 4G. Esta tecnología es estandarizada por la 3GPP y será presentada inicialmente en 2008 en el Rel. 7 y después incluirá mejoras en el Rel. 8.

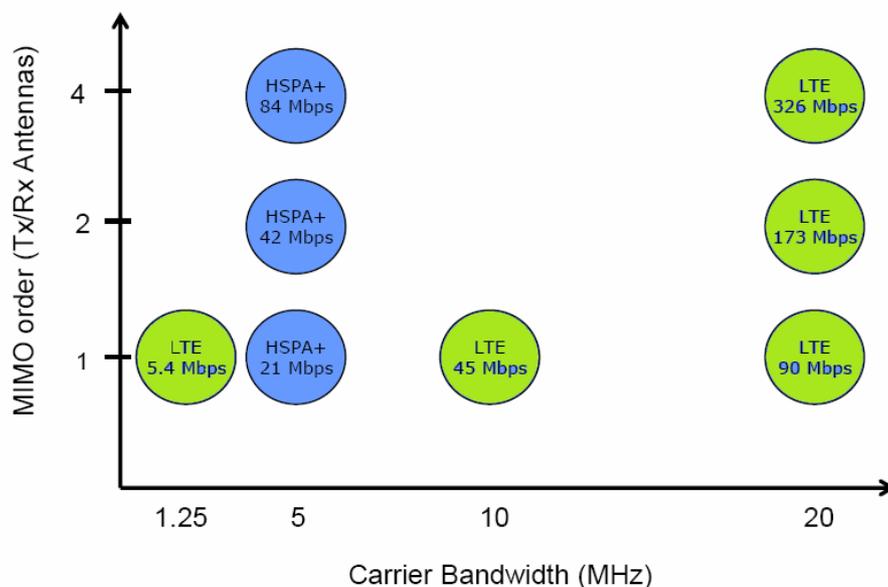


Fig. 1.35 Velocidad de HSPA y LTE utilizando MIMO y diferentes anchos de banda

Los aspectos más importantes son un nuevo método de acceso: OFDMA para DL y SC-FDMA en UL, sin embargo se mantiene la compatibilidad con WCDMA. También se incorpora el uso de MIMO en los dispositivos. Es una tecnología totalmente IP, basada en IMS como parte de la arquitectura en el Core Network. LTE está diseñado para operar con varios anchos de banda desde 1.25 MHz hasta 20 MHz.

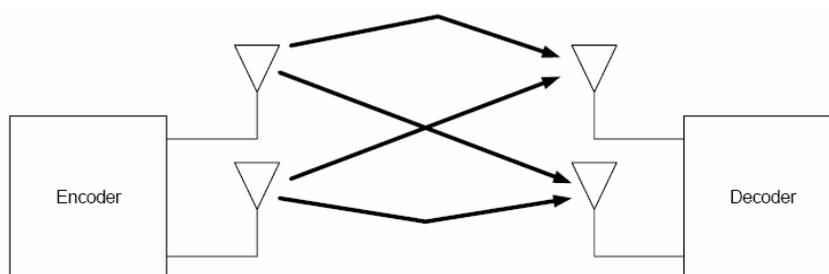


Fig. 1.36 Ejemplo de un arreglo de antenas MIMO 2x2

Puede operar en los dos modos FDD y TDD, alcanzando velocidades de hasta 326 Mbps en DL y 86.4 en UL para un ancho de 20 MHz y con una configuración 4x4 en las antenas. Se reduce la latencia a 10 ms y se mejora la eficiencia espectral. Utiliza esquemas de modulación elevados como 16 y 64 QAM.

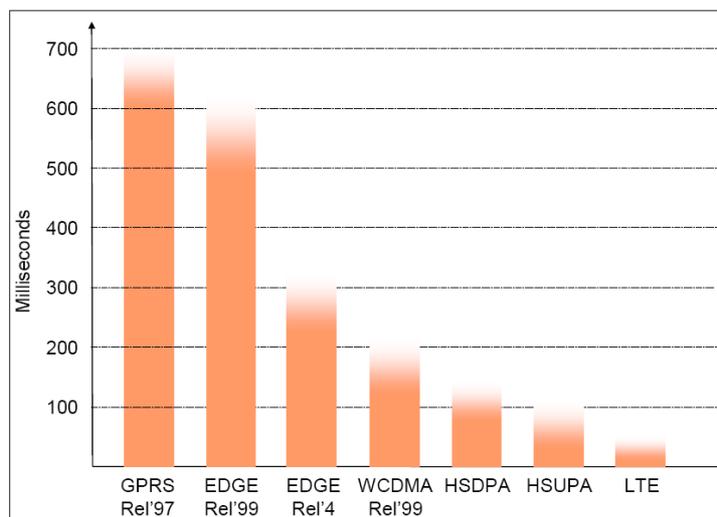


Fig. 1.37 Reducción en la latencia de las tecnologías GPRS/EDGE/WCDMA/HSPA/LTE

1.3.5.2. UMB

Ultra Mobile Broadband (UMB) es la evolución hacia 4G de la familia CDMA2000. Es estandarizado por el grupo 3GPP2 y publicado en este año 2007. También es una tecnología totalmente IP y con movilidad completa.

Utiliza OFDMA como método de acceso y también utiliza MIMO en los receptores. Puede alcanzar una velocidad de 288 Mbps en donwlink y 75 Mbps en uplink utilizando una configuración de antenas de 4x4 y con un ancho de 20 MHz. El ancho de banda es variable desde 1.25 Mhz hasta 20 Mhz igual que LTE. Para la duplexión utiliza el modo FDD.

También se reduce la latencia a 14.3 msec para soportar VoIP¹. Las bandas en las que puede operar esta tecnología son: 450, 700, 850, 1700, 1900, 1700/2100, 1900/2100 y 2500 MHz.

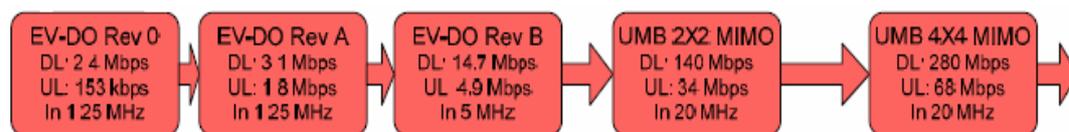


Fig. 1.38 Evolución de CDMA 2000 hacia UMB

1.3.5.3. Tecnologías inalámbricas de datos

La convergencia entre las redes de datos y de telefonía celular, tema trataremos más adelante, ha posicionado a algunas tecnologías de datos como posibles candidatos para la 4G. La más importante de ellas es la tecnología WiMax. Actualmente es considerada 3G por la ITU, pero tecnologías que evolucionen a partir de ella podrían considerarse 4G.

Además de WiMax otras tecnologías inalámbricas de datos son: iBurst (802.20 que utiliza HC-SDMA) con una velocidad de 64 Mbps y HIPERMAN (que utiliza OFDM) con una velocidad de 57 Mbps y Wi-Fi Mesh.

Como ya se mencionó el desarrollo de 3G, se realizó principalmente en dos caminos el de UMTS como evolución de GSM y el de la familia CDMA2000 como evolución de IS-95.

Sin embargo, el camino hacia 4G tiene un competidor adicional y es el de las tecnologías inalámbricas de datos. Esto se puede ver en la Fig. 1.39.

¹Fuente: www.3gpp2.org

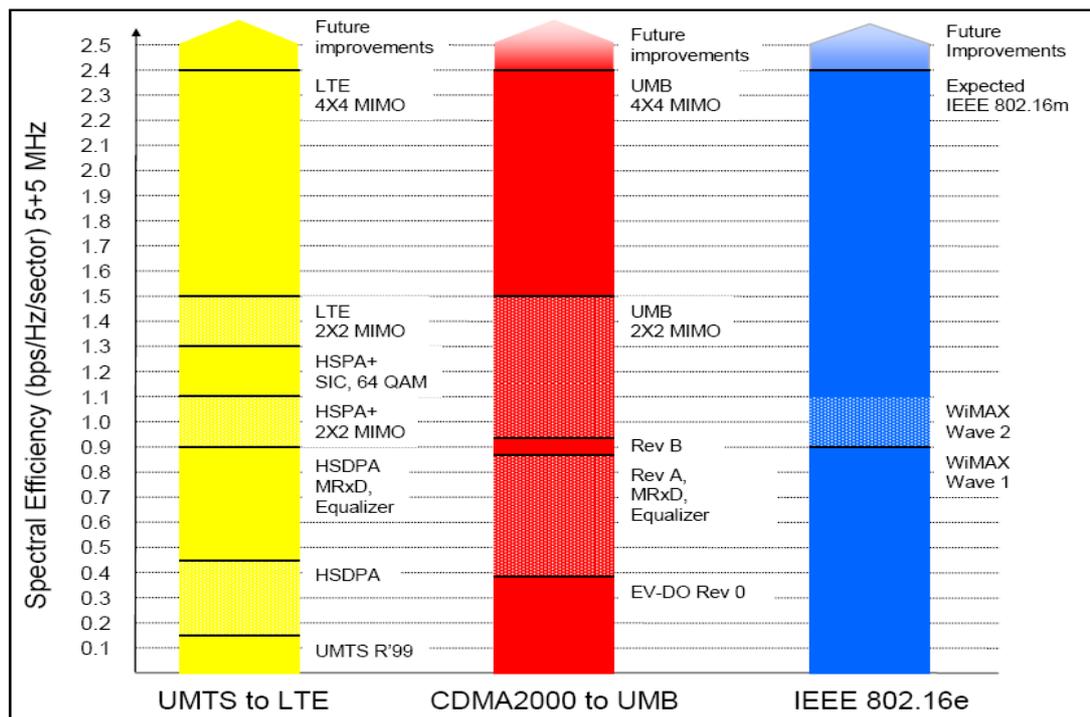


Fig. 1.39 Eficiencia espectral de LTE, UMB y WiMax

1.4. CONVERGENCIA CON REDES DE DATOS

La telefonía celular empezó con la transmisión de voz pero luego fue incorporando servicios de datos que se han convertido en un aspecto fundamental de su desarrollo.

Por otra parte, las redes de datos inalámbricas empezaron transmitiendo únicamente datos. Sin embargo, con la incorporación de VoIP¹, la voz ahora también es considerada como datos. También se ha alcanzado una convergencia entre redes fijas y móviles tanto celulares como de datos.

Estos cambios han impulsado una convergencia entre redes, servicios y aplicaciones. A continuación analizamos el desarrollo que han tenido las redes de datos y luego la convergencia que se está alcanzando desde diferentes puntos de vista.

¹ Voice over IP (Voz sobre IP)

1.4.1. DESARROLLO DE REDES DE DATOS

Las redes de datos pueden ser cableadas o inalámbricas, fijas o móviles, de baja o alta velocidad, de corto o de gran alcance. En muchos casos lo más deseable es tener gran movilidad, gran cobertura y alta velocidad, aunque mucho depende de la aplicación en la que se vaya a utilizar y el costo de implementar una red de ese tipo. Por ello el desarrollo de las redes de datos abarca diferentes aspectos además de la velocidad y cobertura como por ejemplo: seguridad, interoperabilidad, aplicaciones soportadas, etc.

Una manera de clasificar las redes de datos es por el área de cobertura:

- PAN (Personal Area Network): hasta 10m
- LAN (Local Area Network): hasta 10 km
- MAN (Metropolitan Area Network): hasta 100 km
- WAN (Wide Area Network): más de 100 km

Existen varios organismos encargados del desarrollo y estandarización de las redes y tecnologías de datos. Uno de estos organismos es la IEEE¹, que bajo el proyecto 802 (80 por el año y 2 por el mes en el que inicio su trabajo) se ha estandarizado una gran cantidad de tecnologías de transmisión de datos tanto cableados como inalámbricos. Entre algunas de los estándares cableados tenemos: 802.3 (Ethernet) y 802.5 (Token Ring). En lo referente a las tecnologías inalámbricas, los principales estándares son: 802.11 (Wi-Fi), 802.15 (Bluetooth, Zigbee) y 802.16 (WiMax).

Otro de los organismos importantes encargado de emitir estándares es la ETSI². Entre las principales tecnologías estandarizadas tenemos: HiperLAN e HiperMAN.

¹ Institute of Electrical and Electronics Engineers

² European Telecommunications Standard Institute

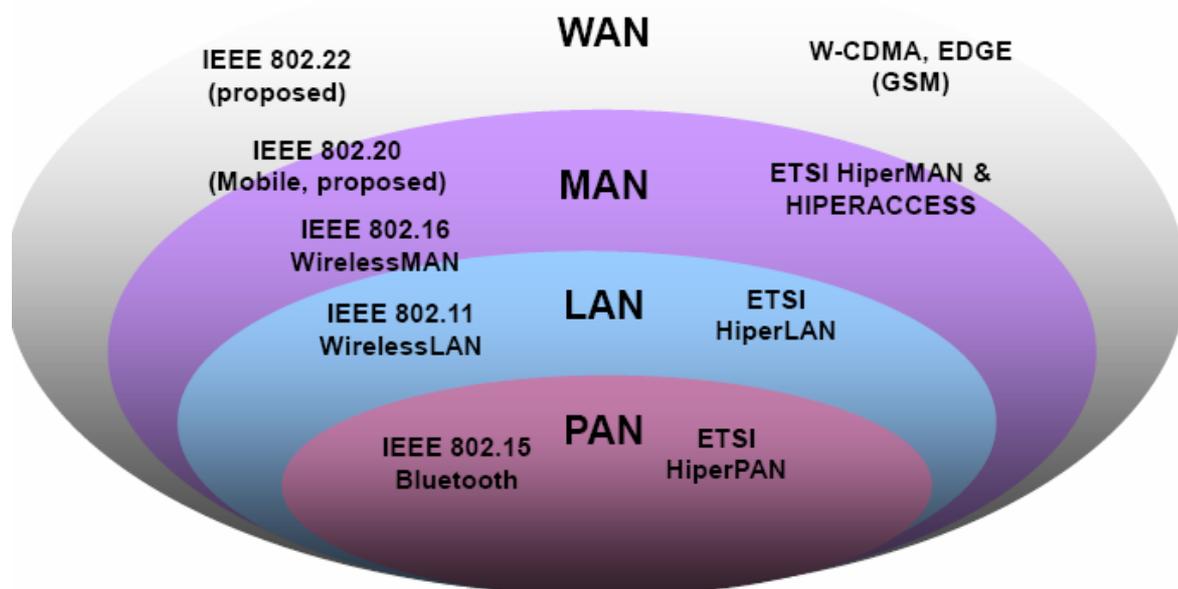


Fig. 1.40 Redes inalámbricas de datos

Tecnología	Tipo	Estándar	Alcance	Velocidad	Frecuencias
Bluetooth	WPAN	802.15.1	10 m	1 Mbps	2.4 GHz
		802.15.1+EDR	30 m	3 Mbps	2.4 GHz
UWB	WPAN	802.15.3a	10 m	480 Mbps	3.1 a 10.6 GHz
ZigBee	WPAN	802.15.4	20 m	250 Kbps	2.4 GHz 868 y 915 MHz
WiFi	WLAN	802.11a	50 m	54 Mbps	5 GHz
		802.11b	100 m	11 Mbps	2.4 GHz
		802.11g	100 m	54 Mbps	2.4 GHz
		802.11n	500 m	100 Mbps	2.4 y 5 GHz
HomeRF	WLAN	SWAP-CA	100 m	20 Mbps	2.4 GHz
HiperLAN	WLAN	ETSI /BRAN	10 km	54 Mbps	5 GHz
WiMax	WMAN	802.16d	15 y 50 km	75 Mbps	2 a 11 GHz
		802.16e	5 km	30 Mbps	2 a 6 GHz
HiperMAN	WMAN	ETSI /BRAN	4 y 50 km	63 Mbps	2 a 11 GHz
Hiperaccess	WMAN	ETSI /BRAN	5 km	25 Mbps	40.5 a 43.5 GHz

Tabla 1.10

Principales tecnologías inalámbricas de datos

1.4.2. CONVERGENCIA EN LAS TELECOMUNICACIONES

El término convergencia se refiere a la integración de diversos aspectos para lograr un funcionamiento armonioso, la convergencia es confluir o arribar a un punto en común.

En el ámbito de las telecomunicaciones hablar de convergencia implica hablar de la integración de aplicaciones, servicios, de facturación, de redes, de industrias y de terminales, por mencionar algunos.

Un actor principal de la convergencia es el usuario final. Para él, la convergencia debe ser transparente. Sin embargo, esto no significa que no participe, de hecho la convergencia debe dar al usuario más que nunca la capacidad de personalizar sus aplicaciones, servicios y terminales. La convergencia para él significa tener acceso a estos servicios en cualquier lugar, en cualquier momento y en cualquier dispositivo, con la mejor calidad posible y al mejor costo.

Es común utilizar las siglas FMC (Fixed-Mobile Convergence) para referirse a la convergencia fijo-móvil. Y se define como la integración de las tecnologías cableadas y no cableadas¹. Sin embargo, fijo no es igual que cableado y móvil que inalámbrico. Tampoco la convergencia se limita a que una misma empresa provea servicios de telefonía fija y móvil o celular. La convergencia va más allá.

A continuación vamos a analizar la convergencia desde cuatro aspectos diferentes pero relacionados todo ellos, a saber: convergencia de industrias, convergencia de redes, convergencia de servicios y convergencia en los terminales.

¹ Fixed-Mobile Convergence: Understanding the Marriage of Wireless and Wireline Technologies, 3G Americas, July 2007

1.4.2.1. Convergencia de Industrias

La convergencia de Industrias se evidencia por las fusiones y alianzas estratégicas de empresas de diversos sectores. Por ejemplo, las alianzas entre US West y Time Warner, o Disney, ABC y Capital Cities, o Bertelsmann y America On Line¹. En este nuevo escenario los operadores de telecomunicaciones no solo ofrecen tráfico de voz o servicios de datos sino también contenidos como música, videos, noticias y deportes. Los sectores que participan cada vez más de esta integración son: la industria de Telecomunicaciones, Informática, Entretenimiento y Medios. Esta convergencia es dirigida principalmente por intereses económicos.

Sin embargo, otra faceta de la convergencia de industrias es el hecho de que una misma empresa provea otro tipo de servicios, por ejemplo cada vez hay más operadoras móviles incursionando en servicios de datos fijos y viceversa, operadoras de cable proveyendo acceso a internet, etc. Dentro de un mismo sector de la industria también se producen fusiones, compras de empresas estratégicas para poder proveer nuevos servicios. Por otra parte, uno de los principales obstáculos es la regulación de los países que muchas veces limita lo que un operador puede ofrecer. A continuación se muestra los cambios que están experimentando las diversos tipos de operadores frente a la convergencia:

1.4.2.1.1. Operadores fijos

El mayor reto que enfrentan los operadores fijos es la disminución de suscriptores y la caída en el tráfico de voz. Esto se debe a la reducción en las tarifas celulares y otras alternativas menos costosas como VoIP. En respuesta a estos cambios las operadoras

¹Las Telecomunicaciones Multimedia, Telefónica I+D, Octubre 2003

fijas están instalando WLAN, soluciones IP, operando como MVNOs, instalando fibra óptica en los hogares para ofrecer telefonía, internet y televisión. Actualmente ya ofrecen servicios de banda ancha como DSL pero la cobertura constituye un factor que impulsa a pensar en soluciones inalámbricas que son más rápidas de implementar.

1.4.2.1.2. Operadores móviles

En vista de la gran penetración que ha alcanzado la telefonía celular en muchos países, casi hasta alcanzar la saturación del mercado, uno de los retos que los operadores móviles enfrentan es captar nuevos suscriptores y mantener los actuales. Esto ha llevado en muchos casos a una guerra de tarifas y consecuentemente una disminución en los ingresos o ARPU por el servicio de voz. La reacción de muchos operadores ha sido implementar redes de datos de gran velocidad. Sin embargo, lo que en realidad puede diferenciarlo de sus competidores y permitirle captar clientes son las aplicaciones innovadoras y competitivas, por eso la interacción con proveedores de contenido y desarrolladores de aplicaciones es un factor clave.

1.4.2.1.3. Operadores híbridos

Los operadores híbridos o fijo-móvil tienen la capacidad de abarcar ambos mercados de una manera más eficiente que siendo solo móviles o solo fijos. El manejar una red convergente y la experiencia en ambas líneas del negocio les permite adaptarse más fácilmente a los cambios e implementar nuevas tecnologías. Sin embargo, uno de los mayores retos que enfrentan es la restricción regulatoria que muchas veces existe para los servicios fijos, restricciones que incluyen el cambio en las tarifas, haciendo difícil el combinar servicios regulados y no regulados.

1.4.2.1.4. Operadores de Cable

Los operadores de cable ya han incursionado con éxito en brindar otros servicios además de la TV al ofrecer telefonía y acceso a internet. Sin embargo, el reto que enfrentan es la competencia de las ofertas emergentes de IPTV.

También la necesidad de tener movilidad en los terminales exige un nuevo enfoque en las ofertas y tecnologías disponibles. Las MVNO son una opción aunque también pueden desarrollar sus propias redes para proveer servicios móviles. La experiencia que tienen en el manejo de contenidos y sus relaciones con las difusoras (tanto de televisión como de radio) les brinda una ventaja a la hora de competir.

1.4.2.1.5. xVNOs

Los operadores virtuales (Virtual Network Operators) pueden ser de dos tipos: fijos (FVNO) o móviles (MVNO). Un VNO no necesita de una infraestructura de red propia, más bien puede arrendarla a un carrier que tenga las licencias para prestar el servicio. La clave del éxito radica en poseer la capacidad de diferenciarse de los operadores tradicionales y captar nichos específicos de mercado con nuevas alternativas. Para los operadores fijos esta es una opción atractiva para ofrecer servicios inalámbricos y viceversa. El crecimiento de VNO ha generado una mayor integración fijo-móvil.

1.4.2.1.6. ISPs

La VoIP es uno de los servicios que más rápido se desarrolla en el sector de las telecomunicaciones y al ser internet el medio más común para transmitirla, los Proveedores de Servicios de Internet

ISPs adquieren mayor importancia y juegan un papel clave en la convergencia. Muchos de ellos constituyen una fuerte competencia para operadoras de telefonía fija y móvil. Un reto que enfrentan es la calidad de la voz. La regulación tampoco está muy clara para este sector. Campos en los que pueden incursionar es la VoIP sobre redes de datos inalámbricas como WiMax y WiFi.

1.4.2.1.7. Proveedores de contenido

Como se mencionado los contenidos y aplicaciones es lo que añade valor a las redes cableadas e inalámbricas de banda ancha. Por ello la interacción entre operadoras (fijas y celulares) y empresas proveedoras de contenido y/o desarrolladoras de aplicaciones es mayor. Por una parte las operadoras desean tener mayor control sobre el tipo de aplicaciones que se desarrolla y la variedad del contenido para lograr diferenciarse de su competencia. Y por otra parte los proveedores del contenido desean mayor interacción con los usuarios y que las operadoras no limiten la oferta que ellos disponen.

1.4.2.2. Convergencia de Redes

La convergencia de redes está directamente relacionada con la convergencia de servicios. La convergencia de la red implica un Core Network unificado o consolidado, capaz de proveer una variedad de servicios a través de múltiples accesos. La convergencia de la red reduce los costos de operación y facilita la administración.

Estas nuevas redes son conocidas como NGN (Next Generation Networks) redes de siguiente generación. Son redes totalmente IP, capaces de proveer los servicios actuales y nuevos a costos reducidos. Existen varias tecnologías que pueden ser utilizadas en las NGN, entre ellas tenemos: IMS, MPLS, UMA, IPv6.

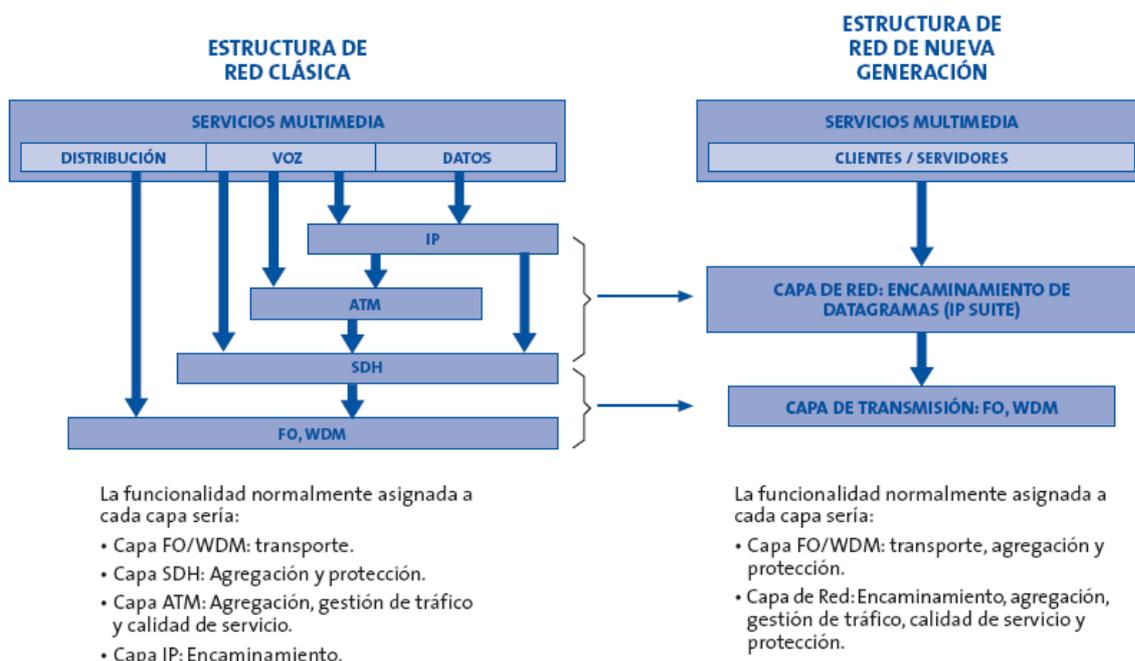


Fig. 1.41

Arquitectura clásica de red vs. Arquitectura de redes NGN

1.4.2.2.1. IMS: IP Multimedia Subsystem

IMS es una arquitectura basada en IP que permite el acceso a aplicaciones multimedia a través de un Core Network consolidado independiente del tipo de acceso. IMS utiliza el protocolo Session Initiation Protocol (SIP)¹ para establecer sesiones y entregar las diversas aplicaciones al usuario independiente del tipo de acceso.

IMS es estandarizado por el grupo 3GPP. Su aparición inicial fue en el Rel. 5 para ser utilizado en redes UMTS, después el Rel. 6 permitía la interacción con otras redes (WLAN e Internet). Además de la 3GPP, otras asociaciones han adoptado a IMS como la tecnología para lograr la convergencia fijo-móvil entre ellos: 3GPP2, ETSI, TISPAN (para operadores fijos), CableLabs (para operadores de cable) y ATIS NGN².

¹ Estandarizado por la IETF: Internet Engineering Task Force

² The Alliance for Telecommunications Industry Solutions Next Generation Network Focus Group

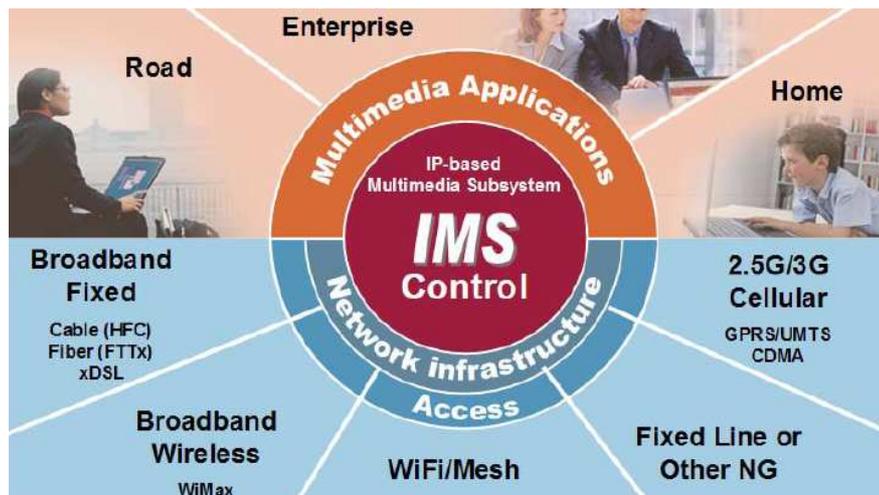


Fig. 1.42 IMS permite múltiples accesos a múltiples aplicaciones

IMS es compatible con las tecnologías no-IMS, por ejemplo las basadas en conmutación de circuitos. Sin embargo el objetivo al implementar una red IMS es finalmente migrar a un ambiente totalmente IP de conmutación de paquetes. IMS ahorra costos de mantenimiento de la red y permita la rápida adopción de nuevas aplicaciones tipo Web sin tener que añadir nuevos elementos a la red.

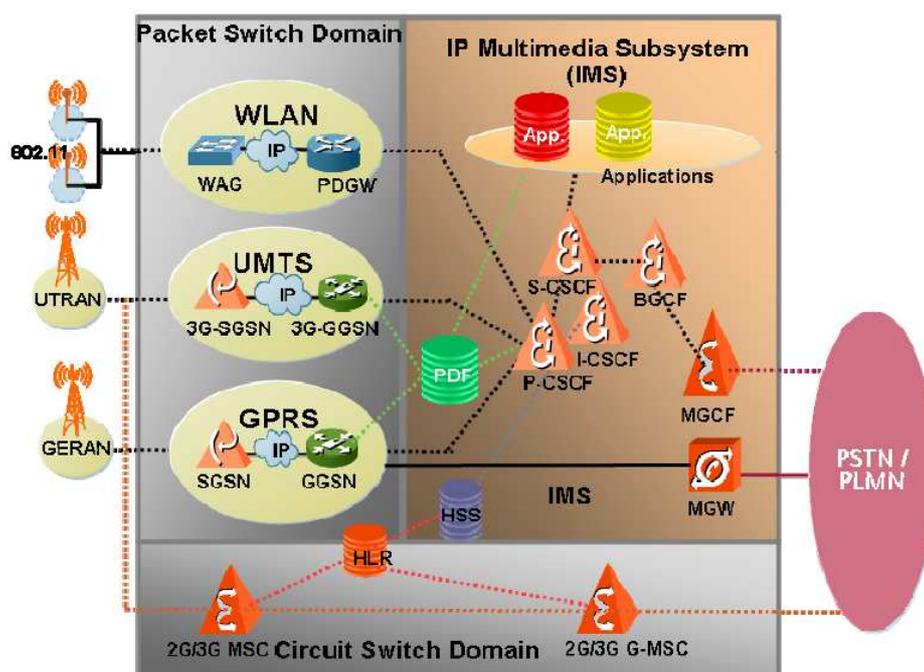


Fig. 1.43 Implementación de IMS en una red UMTS

1.4.2.2. UMA: Unlicensed Mobile Access

UMA es un estándar de 3GPP que permite a los suscriptores acceso a servicios basados en conmutación de circuitos, conmutación de paquetes y en la arquitectura IMS. El acceso se realiza sobre redes tipo IP (Bluetooth, WiFi, WiMax, Internet, DSL). Las redes tipo IP utilizan espectro no licenciado, de ahí el nombre de la tecnología. También es conocida como Generic Access Network (GAN).

La tecnología UMA permite el roaming, transparente para el usuario, entre redes celulares y redes tipo IP públicas o privadas al usar dispositivos móviles dual-mode.

Para permitir el acceso, el estándar UMA define un nuevo elemento en la red de acceso, el UMA Network Controller (UNC) y los protocolos de señalización y usuario necesarios para lograr un tráfico IP efectivo.

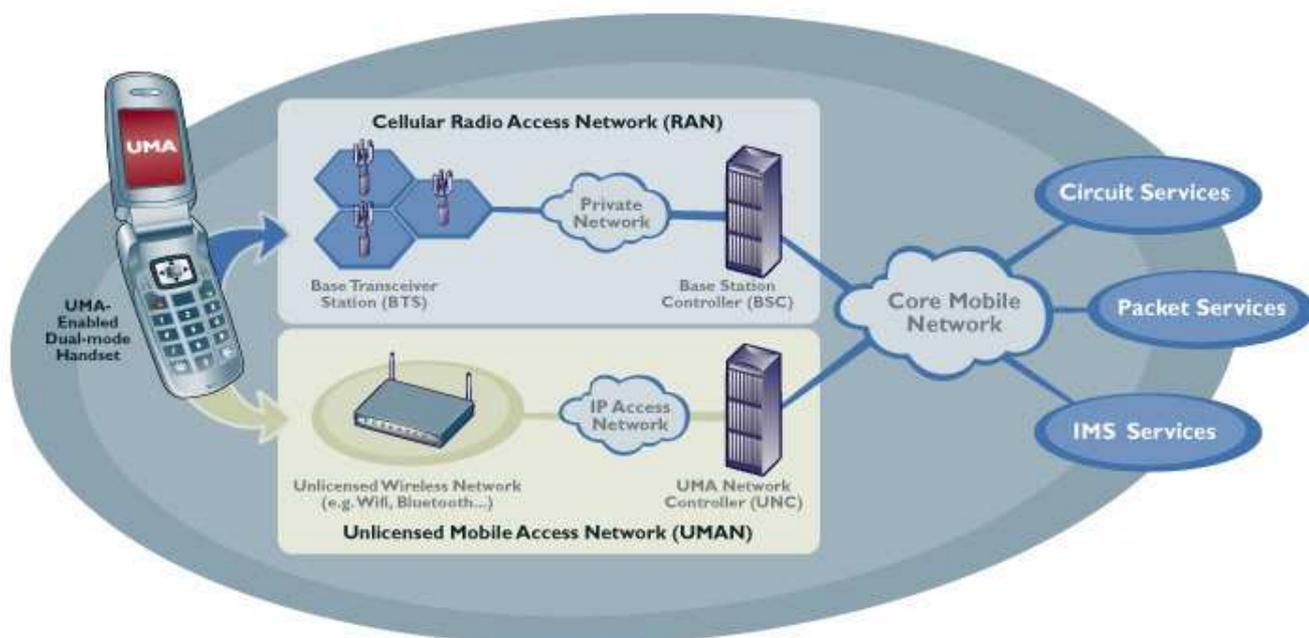


Fig. 1.44 UMA permite servicios de voz, datos e IMS a través de un acceso IP

IMS y UMA son tecnologías más bien complementarias que competidoras. No son competidoras por varias razones por ejemplo:

UMA no utiliza SIP para establecer sesiones, UMA permite el roaming para accesos inalámbricos mientras que IMS lo hace tanto para cableados como para inalámbricos, finalmente UMA no permite la personalización por usuario como lo hace IMS sino por dispositivo.

Son complementarias en el sentido de que UMA permite un acceso rápido a la red IMS, por ejemplo IMS sabe qué tipo de aplicación enviar (resolución y tamaño variable si es PC o teléfono) y UMA utiliza la red IP que es más veloz que una red celular.

1.4.2.2.3. IPv6

IPv6 es la versión 6 del Protocolo de Internet, que es un protocolo del nivel de red del modelo OSI. Su objetivo es encaminar los paquetes a través de la red. IP es uno de los protocolos más utilizados a nivel mundial.

IPv6 está destinado a sustituir al estándar IPv4. Una de las principales limitaciones de IPv4 es que soporta 2^{32} direcciones de red diferentes, lo cual no es suficiente para la cantidad de equipos que existen en el mundo.

Si bien existen varias técnicas que permiten optimizar las direcciones de red no son suficientes para cada terminal celular y dispositivo electrónico que eventualmente utilizará una dirección IP. IPv6 soporta 2^{128} direcciones de red con lo cual no habrá que preocuparse porque se vayan alguna vez a terminar.

Otro aspecto en el que IPv4 necesitaba ser mejorado era en la seguridad, donde el cifrado era opcional. Por su parte IPv6 utilizado cifrado obligatorio y soporta además autenticación.

IPv6 también permite realizar unicast, multicast y anycast, mientras que IPv4 básicamente utilizaba broadcast. Esto evita sobrecargar innecesariamente a la red.

La configuración de IPv6 es automática y no manual como en IPv4. Además IPv6 soporta QoS (calidad de servicio) que es fundamental para servicios en tiempo real que se provee a través de las operadoras de telefonía.

Sin embargo, la transición de IPv4 a IPv6 es un proceso de varios años, por lo cual IPv6 fue diseñado para soportar tal transición. Teniendo esto en cuenta IMS, que originalmente fue diseñado para soportar IPv6, soporta servicios IPv4 e IPv6.

IPv6 Areas in a Mobile Wireless Architecture

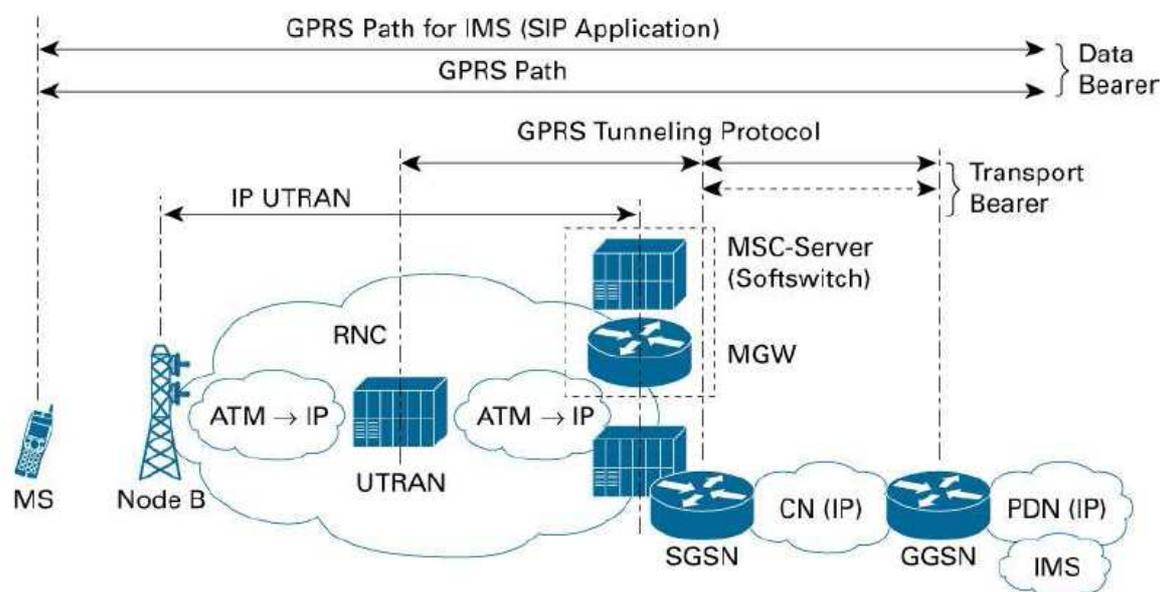


Fig. 1.45

En la arquitectura de las redes móviles de 3G el protocolo IP es utilizado en la red de acceso, core network y en la comunicación con otras redes.

1.4.2.2.4. MPLS: Multi Protocol Level Switching

Multi Protocol Level Switching o simplemente MPLS es un mecanismo para el transporte de datos que funciona entre la capa de enlace de datos y la capa de red del modelo de referencia OSI. Fue diseñado para unificar el servicio de transporte de datos para las redes basadas en conmutación de circuitos y conmutación de paquetes.

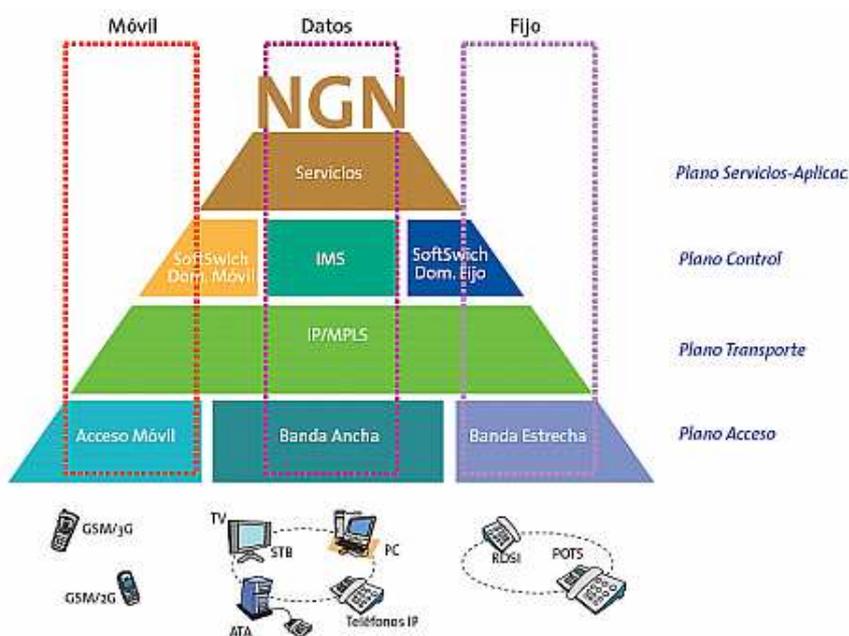


Fig. 1.46 IP y MPLS trabajan en conjunto para el transporte de los datos mientras que IMS se encarga de la gestión de los servicios que se entregan a los usuarios

Una de las mejoras más importantes que introduce MPLS es que permite establecer VPNs en capa 2 y capa 3. Esto es muy importante para proveer servicios de forma segura. Otra utilidad importante de MPLS frente a la convergencia es en el transporte de los datos, es decir en el Backbone de la red. Dependiendo del tipo de servicio, las operadoras utilizan diferentes tecnologías de transporte como Ethernet, ATM y Frame Relay. MPLS soporta todos los diferentes tipos de tráfico y funciona en conjunto con IP.

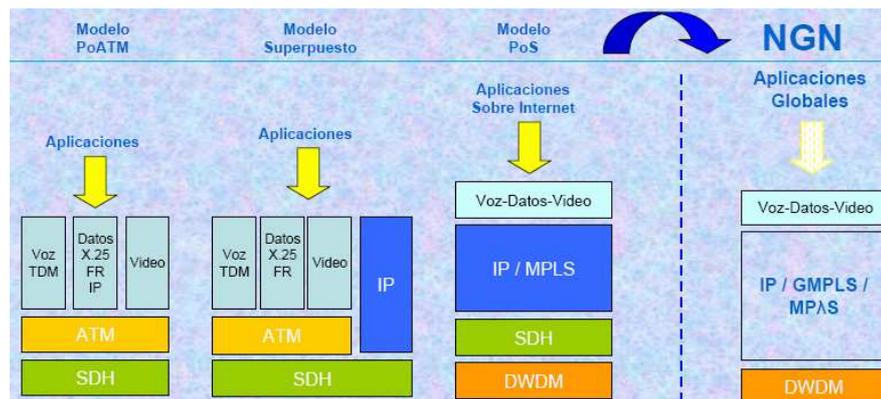


Fig. 1.47

MPLS y su evolución GMPLS soportan tráfico TDM, ATM, Frame Relay

1.4.2.3. Convergencia de Servicios

La convergencia de servicios puede ser visto desde diferentes puntos de vista. Una manera de definirla sería como la entrega varios servicios en un mismo dispositivo. En este contexto es común utilizar los términos triple y cuádruple play. Triple play es la integración de los servicios de: telefonía (voz), internet (datos) y televisión (video). Mientras que cuádruple play es la integración de: voz, datos, video y movilidad (inalámbrico).

Otra forma de abordar la convergencia de servicios es analizar la manera en que están evolucionando los servicios a medida que se va desarrollando la convergencia. Por ejemplo servicios como la voz, mensajería, televisión, e-mail han cambiado y lo seguirán haciendo.

1.4.2.3.1. Voz

La voz sobre IP (VoIP) es el servicio estrella para lograr la convergencia. Este servicio reemplazará a la voz a través de conmutación de circuitos. Dependiendo el medio que se utiliza se habla de VoIP sobre 3G, WiMax, WiFi. Un término relacionado es la Telefonía sobre IP (ToIP). Desde el punto de vista técnico la VoIP es

la tecnología que permite enviar voz en una red IP, mientras que la ToIP es la manera como se presta el servicio de voz y como se lo cobra.

Otro servicio que se puede incluir en esta categoría es Push to talk sobre IP. Para estos servicios es indispensable la calidad del servicio, el handover y garantizar la continuidad del servicio pese a utilizar otro tipo de servicios como descargas o navegación.

1.4.2.3.2. Televisión

Existen varios conceptos relacionados al servicio de televisión. Por ejemplo Internet TV se refiere a los canales tradicionales de televisión y nuevos canales exclusivos de internet a los cuales se puede tener acceso de manera gratuita y legal a través de internet.

Por otra parte IPTV es utilizado para referirse al contenido que es pagado y que se accede a través de una plataforma IP incluye a los canales de cable (broadcast y pay per view) y descargas de videos (VoD: video on demand).

Además tenemos lo que se conoce como Movi TV que es la televisión o videos en dispositivos móviles servicio que es pagado.

Como se observa la convergencia en el servicio de televisión incluye a los operadores de cable, las emisoras de canales locales y mundiales así como a los sitios de descargas de videos.

Entre los retos que se enfrentan es determinar que contenido es gratuito y cuál debe ser cobrado, como manejar la publicidad, generación de contenidos y lograr interactividad con el usuario.

1.4.2.3.3. Mensajería:

La tendencia es a unificar los diferentes tipos de mensajería: mensajería corta (SMS), mensajería multimedia (MMS), mensajería instantánea (IM).

Gracias al concepto de always on es decir, siempre conectado y a través del acceso de internet la mensajería instantánea será la opción preferida y más rentable para el usuario, la cual permite envío de texto, fotos, sonidos, etc.

1.4.2.3.4. E-mail

Tener el correo electrónico en un único buzón de entrada es una tendencia actual. Por ejemplo BlackBerry permite tener unificados los correos de Yahoo, Gmail, Hotmail y otros. Además permite acceso al correo empresarial en todo momento.

1.4.2.3.5. Roaming

En roaming las expectativas son muy grandes, tener cobertura mundial, roaming entre redes, capacidad de utilizar otras redes como respaldo ante fallas, seleccionar la mejor red en función de calidad y costos, acceso a contenidos locales y mundiales.

1.4.2.3.6. Número único

Un objetivo de la convergencia es simplificar la vida al usuario, en ese sentido el tener un único número sea para su móvil o fijo se presenta como alternativa. La portabilidad numérica también permitirá conservar su número independiente de la operadora que escoja.

1.4.2.3.7. Buzón de voz

Partiendo del mismo principio de simplificar otro servicio que converge es el de poseer un único buzón de voz independiente de si el usuario es fijo o móvil. Incluso un buzón laboral y personal consolidado y accesible todo el tiempo. El buzón de voz debe ser personalizable.

1.4.2.3.8. Billing

La facturación o billing consolidado es otro de los servicios de la convergencia que resulta atractivo para los usuarios al tener una sola cuenta para pagar por Internet, cable, telefonía, descargas de contenido etc. Un reto que se enfrenta en este campo es cómo facturar el consumo que se realiza conectado a otras redes sin tener que enviar al usuario facturas de cada operador del que utilizó su infraestructura de red.

1.4.2.4. Convergencia de terminales

Los terminales cada vez tienen mayores aplicaciones y capacidad. La convergencia de servicios se relaciona directamente con el desarrollo de los terminales, ya que se debe disponer de equipos capaces de soportar esos servicios. Los teléfonos cada vez combinan mejor las prestaciones ofrecidas por las cámaras digitales, iPods, reproductores de MP3, PDAs y displays con resoluciones de alta calidad. Además para lograr los objetivos de la convergencia se requiere que los terminales evolucionen en otros aspectos como por ejemplo:

1.4.2.4.1. Múltiple acceso

Los teléfonos deben soportar diferentes tecnologías como 3G, WLAN, WPAN, WMAN, xDSL para ello debe soportar múltiples

técnicas de acceso como CDMA, OFDMA, TDMA. Un ejemplo de ello es que muchos celulares actualmente incluyen Bluetooth y WiFi.

1.4.2.4.2. Múltiples frecuencias

También los dispositivos deben ser multibandas para poder ofrecer por ejemplo roaming mundial. Entre las bandas más utilizadas tenemos: 450, 850, 900, 1700, 1800, 1900, 2100, 2600, 5000 MHz.

1.4.2.4.3. Personalización

La personalización del terminal es muy importante, para lo cual se requiere de manejo de perfiles que permiten utilizar diferentes terminales sin que eso signifique un cambio en la experiencia del usuario. IMS soporta este tipo de funcionalidad para lo cual se requiere de autenticación. Otra opción es por medio de utilizar tarjetas ISIM (que reemplazarían a las SIM y USIM).



Fig. 1.48

Personalización de terminales por medio de ISIM

CAPITULO 2

2. UMTS: UNIVERSAL MOBILE TELECOMMUNICATIONS SYSTEM

2.1. INTRODUCCIÓN

La implementación de redes de tercera generación sigue creciendo por todo el mundo. UMTS es la que está alcanzando mayor despliegue a nivel mundial. Existen 181 operadoras en 77 países que ya han implementado esta tecnología y 63 más en 110 países que tienen planeado hacerlo para el próximo año¹. UMTS se implementa sobre redes GSM que están desplegadas en 218 países. En conjunto estas dos tecnologías tienen una base de clientes de más de 2500 millones.

En vista del gran éxito que ha tenido el estándar UMTS y por ser la base para implementar HSPA es importante conocer el proceso de estandarización que llevó a su desarrollo y las mejoras implementadas con cada Release publicado.

2.1.1. PROCESO DE ESTANDARIZACIÓN DE UMTS

Primero se va a mencionar el proceso de estandarización de todos los sistemas de tercera generación a cargo de la ITU y luego el desarrollo del estándar UMTS a cargo inicialmente de ETSI y luego del 3GPP.

2.1.1.1. IMT-2000 y la estandarización de sistemas de tercera generación

El organismo internacional responsable del proceso de estandarización de los sistemas 3G es la ITU a través del IMT-2000 o International Mobile Telecommunications 2000, que es el encargado de definir los estándares. Empezó su trabajo en 1985 originalmente llamado Future

¹ 3G Americas: Global UMTS HSPA Operator Status, Agosto 2007

Public Land Mobile Telecommunications System (FPLMTS) bajo la supervisión de la ITU-Radio communication sector (ITU-R) para cumplir los siguientes objetivos:

- Personalización: servicios de comunicación personal a través de un uso eficiente del espectro y mejora de terminales.
- Globalización: usuarios serán capaces de comunicarse y recibir servicios uniformes en cualquier lugar del mundo con un único terminal.
- Multimedia: servicios multimedia con alta velocidad y calidad de transmisión. Para lo cual se definieron las siguientes velocidades: 144 Kbps a alta movilidad, 384 Kbps en exteriores a baja movilidad y 2 Mbps en ambientes interiores. Los servicios debían ser para ambientes públicos, privados y de negocios.

Una vez definidos los objetivos de la tercera generación, la ITU invitó a presentar las propuestas de tecnologías que cumplieran los requerimientos en 1998. Como resultado 10 sistemas terrestres y 6 satelitales fueron presentados. Los 10 sistemas terrestres fueron clasificados según el tipo de acceso en TDMA y CDMA.

La ITU-R creó un grupo de trabajo encargado de producir las recomendaciones para los sistemas terrestres 3G en lo referente al acceso de radio, a este grupo se le llamó ITU-R TG8/1.

La ITU a continuación establece una fase de armonización, para que las tecnologías que coincidían sean presentadas en una sola propuesta. Esto dio origen a la formación del 3GPP para estandarizar las tecnologías con acceso WCDMA tanto para FDD como para TDD y el 3GPP2 para el acceso CDMA multicarrier o la familia CDMA2000. En 1999, la ITU aprobó las siguientes tecnologías como 3G:

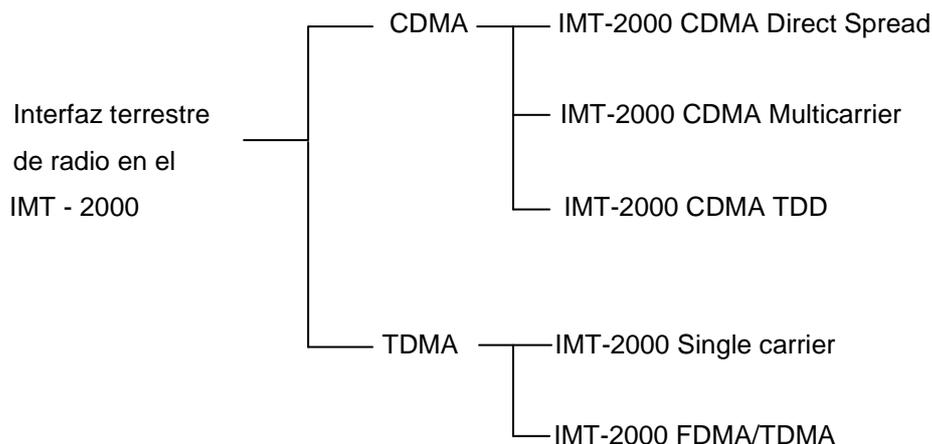


Fig. 2.1

Interfaces terrestres de radio en el IMT-2000

Por su parte la ITU-Telecommunication Standardization sector (ITU-T) también creó un grupo de trabajo conocido como ITU-T SG11 para elaborar recomendaciones en los aspectos independientes del acceso de radio, como el Core Network (ver Fig. 2.2).

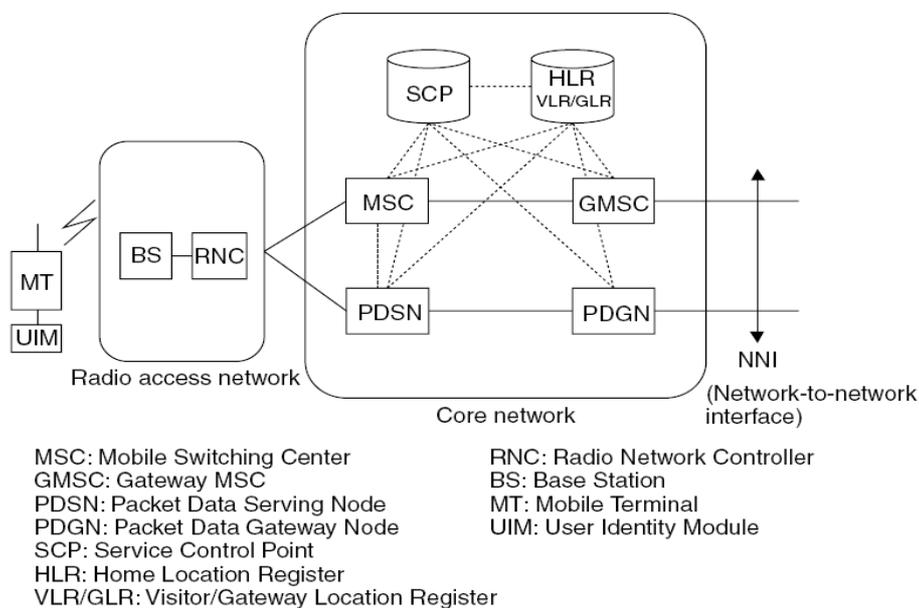


Fig. 2.2

Configuración lógica según la recomendación Q.1711 del IMT-2000

El trabajo empezó en 1993, consecuentemente se adoptaron oficialmente las recomendaciones Q.1701 (Framework: señalización y familias de tecnologías) y Q.1711 (Network Functional Model: arquitectura de la red) en 1999.

Otra recomendación importante del ITU-T adoptada para los sistemas de tercera generación fue la E.164 utilizada para definir el plan de numeración.

Además, la ITU definió el espectro a ser utilizado para los sistemas de tercera generación. En la World Administrative Radio Conference de 1992 (WARC-92) se asignó para IMT-2000 un total de 230 MHz en la banda de 2 GHz (1885-2025 MHz, 2110-2200 MHz).

Sin embargo, en la World Radiocommunication Conference del 2000 (WRC-2000) se aprobó un ancho de banda adicional de 519 MHz para los sistemas 3G distribuidos en las bandas de 800 (806-960 MHz), 1.7 GHz (1710-1885MHz) y 2.5 GHz (2500-2690 MHz)¹.

2.1.1.2. 3GPP y la estandarización de UMTS

El Third Generation Partnership Project (3GPP) es el foro encargado de la estandarización de UMTS, así como también de GSM/EDGE y HSPA/LTE. El foro 3GPP inició en el año 1998, está formado por los siguientes organismos: ETSI de Europa, TTA de Corea, ATIS de USA, ARIB y TTC de Japón y CCSA de China. Además formar parte del 3GPP otros organismos en representación del mercado como al Foro IPv6, la asociación GSM y el foro UMTS.

El 3GPP está dividido en grupos de especificaciones técnicas TSG encargados de diferentes aspectos:

¹ TACHIKAWA, Keiji, W-CDMA: Mobile Communications System

- TSG RAN: a cargo de la red de acceso para UMTS/HSPA/LTE
- TSG CT: a cargo del core network y los terminales
- TSG SA: a cargo de servicios y aspectos del sistema
- TSG GERAN: a cargo de la red de acceso pero para GSM/GPRS/EDGE.

El trabajo de estos grupos es coordinado por el Project Co-ordination Group (PCG).

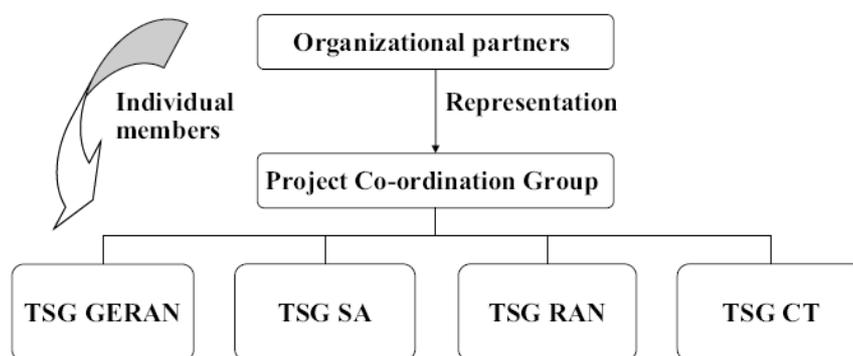


Fig. 2.3 Estructura del 3GPP

Cada TSG está formado por varios WG (Work Group), por ejemplo TSG RAN está formado por:

- TSG RAN WG1: responsable de la capa física
- TSG RAN WG2: responsable de las capas 2 y 3
- TSG RAN WG3: responsable de interfaces internas de la RAN
- TSG RAN WG4: rendimiento y requerimientos de RF
- TSG RAN WG5: responsable de las pruebas de terminales

En la figura 2.4 se puede observar la estructura completa del Third Generation Partnership Project (3GPP).



Fig. 2.4 Grupos de trabajo del 3GPP

EL 3GPP publica cada cierto tiempo nuevas especificaciones conocidas como Release. Cada organismo que forma parte del 3GPP tiene el compromiso de elaborar publicaciones de sus estándares en base a estas especificaciones.

El estándar UMTS publicado por ETSI, se basa en estas especificaciones. Otros estándares de tercera generación que se basan en las especificaciones de 3GPP son FOMA y UMTS TDD.

Un trabajo similar se realiza en el 3GPP2 encargado de estandarizar la familia de tecnologías CDMA2000 o CDMA multicarrier, lo que incluye a UMB. Los organismos que lo conforman son: TIA de USA, TTA de Corea, ARIB y TTC de Japón y CCSA de China. Y de parte del mercado tenemos a organismo como CDG, el foro IPv6, IA450 y MobileIGNITE. El 3GPP2 consta de 4 TSG:

- TSG A: interfaces de acceso
- TSG C: familia CDMA2000
- TSG S: servicios y aspectos del sistema
- TSG X: core network

2.1.2. UMTS DESDE EL RELEASE 99 AL RELEASE 8

EL origen de UMTS se remonta hacia GSM, si bien son dos tecnologías completamente diferentes. Desde su mismo inicio UMTS fue concebido para ser compatible con GSM y constituir su evolución hacia la 3G.

GSM fue estandarizado en varias fases. La fase uno fue completada en 1990, GSM soporta una velocidad de CS de hasta 9.6 Kbps. Las bandas utilizadas fueron las de 900 MHz y 1800 MHz.

La fase 2 fue completada en 1995 donde se añade la banda de 1900 MHz con una velocidad de CS de 57.6 Kbps y se incluyen otros servicios suplementarios.

Después se denomina como fase 2+ a la evolución de GSM a través de los Rel. 96, 97 y 98. Se alcanza velocidades de 171.2 Kbps con GPRS y posteriormente 473.6 Kbps con EDGE. Se utiliza las bandas de 850, 700, 450 y 480 MHz para el despliegue de GSM.

A partir del Rel. 99 aparece por primera vez UMTS. En este Release y posteriores también se incluyen mejoras a GSM/GPRS/EDGE. Sin embargo, este trabajo se centra en los aspectos más relevantes para UMTS.

2.1.2.1. Release 99

Publicado en marzo del 2000. Se definen los requerimientos básicos para implementar una UMTS RAN. UMTS utiliza WCDMA como interfaz aire y FDD para la duplexión. La portadora es de 5 MHz y la velocidad de transmisión es de 2 Mbps.

UMTS utiliza una red acceso diferente a la de GSM, sin embargo en el CN comparten muchos elementos. La parte de PS es la misma mientras

en la parte de CS se reutiliza gran parte de la arquitectura de GSM. En este Release también se definen las interfaces que utiliza UMTS para comunicarse con el CN.

2.1.2.2. Release 4

Es publicado por la 3GPP en el 2001. Se introducen cambios en el dominio del CN y se crean nuevas interfaces de comunicación. Para el transporte se puede utilizar ATM o IP en el dominio de voz CS. Otras características introducidas en el Rel. 4 son:

- Multimedia en el dominio CS
- Handover para aplicaciones en tiempo real para el dominio PS
- Soporte a IPv6 como opcional
- MMS: Multimedia Messaging Service
- QoS para PS

2.1.2.3. Release 5

Es publicado en el 2002. Se mejora la velocidad del canal de datos para downlink (HSDPA) y se prepara la estructura de la red para que sea totalmente IP en lugar de ATM. Se introduce IMS. Entre los principales avances tenemos:

- Todas las interfaces se conectan a redes IP
- HSS (Home Subscriber Server) reemplaza al HLR/AuC/EIR
- IMS: soporte de IPv6 y uso de SIP para establecer sesiones
- HSDPA: nuevo canal de alta velocidad en downlink (HS-DSCH) que permite velocidades de hasta 14.4 Mbps
- QoS en el dominio PS para todo el trayecto (end to end)

2.1.2.4. Release 6

Publicado en el año 2004 y comercialmente implementado en el 2007. El Rel. 6 mejora la velocidad en el canal de subida o uplink (HSUPA). Se introduce MBMS, interoperabilidad entre UMTS y WLAN. Las principales mejoras son:

- HSUPA: se utiliza el canal E-DCH para alcanzar velocidades de hasta 5.76 Mbps.
- Handover entre 3G y WLAN
- Servicio PoC: Push-to-Talk over Cellular
- Servicio PSS: Packet-Switched Streaming
- MBMS: Multimedia Broadcast Multicast Service para texto, video, audio, fotos.
- IMS fase 2: QoS para voz y multimedia, VoIP, video conferencia

2.1.2.5. Release 7

Publicado por la 3GPP en 2007. Se mejora las velocidades de uplink y downlink (HSPA+). Se utiliza MIMO, se define LTE. Entre las principales mejoras tenemos:

- Utilización de 64 QAM para la modulación
- CPC: conexión de paquetes continua para usuarios de datos
- MIMO: Multiple Input Multiple Output, uso de múltiples antenas en los receptores
- Introducción de LTE/EUTRAN
- Fusión del Nodo B y el RNC en la RAN
- VoIP over Cellular
- Reducción de latencia y round trip time

2.1.2.6. Release 8

En desarrollo por parte del 3GPP. Se utilizará OFDMA como técnica de acceso, ancho de banda de la portadora variable desde 1.25 MHz hasta 20 MHz¹. Entre las principales características tenemos:

- Introducción de SAE o EPS en la arquitectura de la red.
- Soporte para acceso no WCDMA
- OFDMA como interfaz aire
- MIMO: configuraciones de 4x4
- Beamforming: antenas inteligentes
- IMS común para FMC
- Prioridad de servicio en multimedia

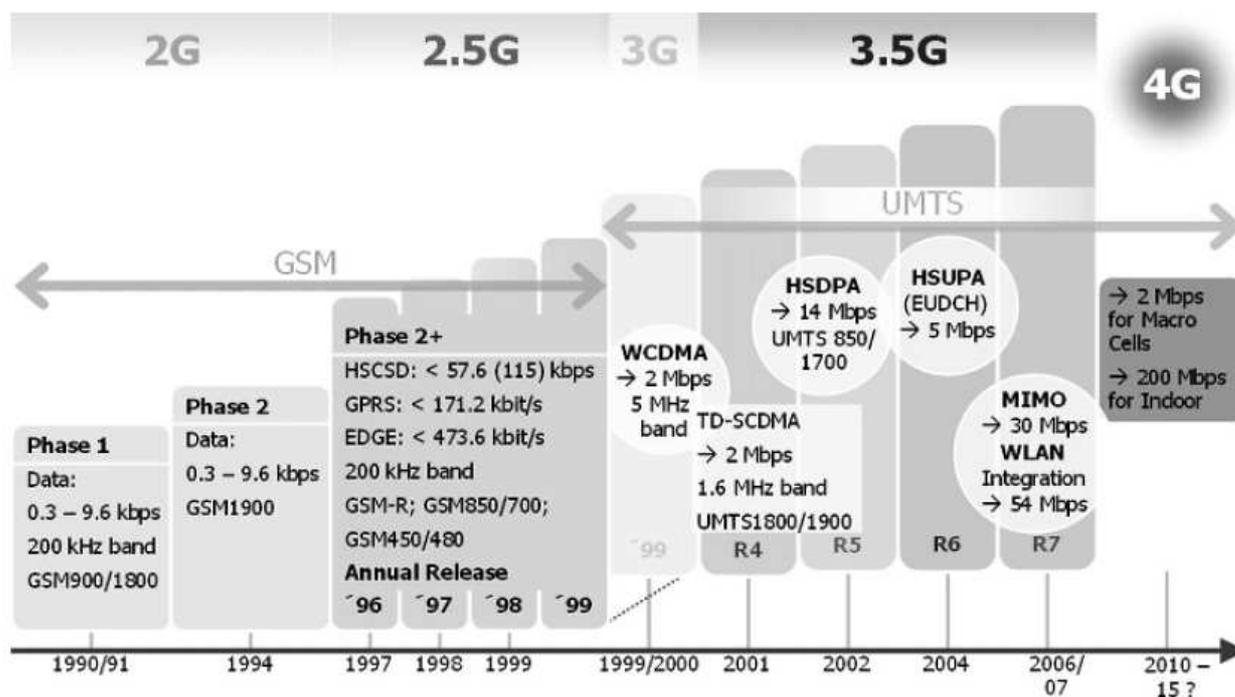


Fig. 2.5

Evolución de UMTS en el 3GPP

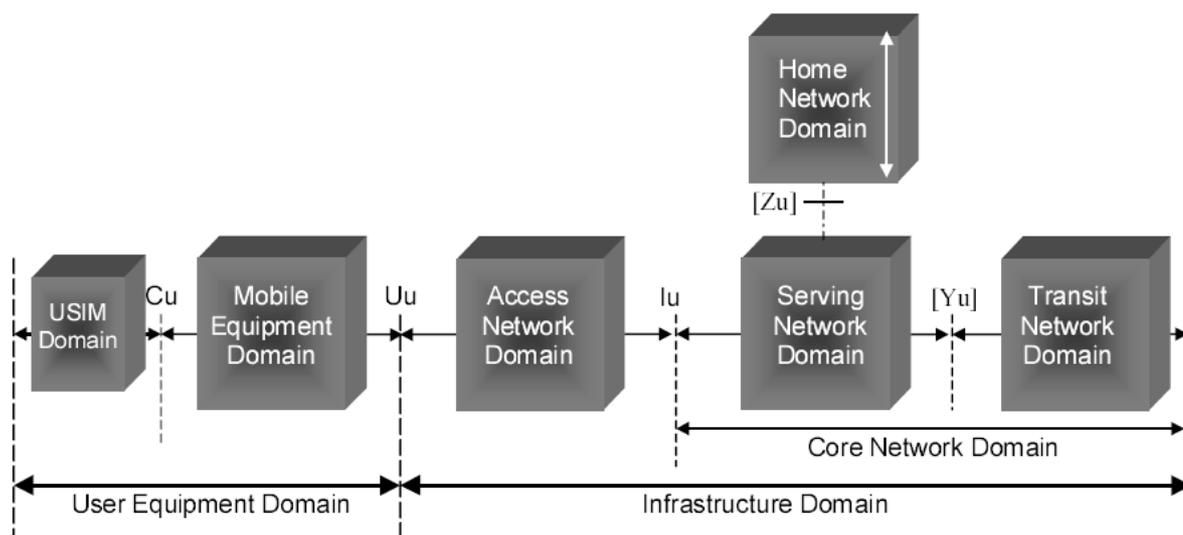
¹ 3G Americas: UMTS Evolution from Release 7 to Release 8 HSPA y SAE/LTE, Julio 2007

2.2. ARQUITECTURA FÍSICA DE UMTS

La arquitectura del sistema UMTS abarca los siguientes aspectos: arquitectura estructural o física de la red, la arquitectura de los protocolos y la arquitectura de los servicios. Esta sección cubre la arquitectura física. Primero se menciona de manera general los dominios que forman parte de la estructura del sistema UMTS y luego se detalla la evolución de la arquitectura según los Releases publicados.

2.2.1. ARQUITECTURA GENERAL DE LA RED

El sistema UMTS se encuentra formado por dos dominios principales: el dominio de equipo de usuario (UE) y el dominio de infraestructura. El punto de referencia entre los dos dominios se conoce como Uu que es el interfaz aire de UMTS. Cada uno de estos dominios a su vez se encuentra formado por otros subdominios.



- Cu = Reference point between USIM and ME
- Iu = Reference point between Access and Serving Network domains
- Uu = Reference point between User Equipment and Infrastructure domains, UMTS radio interface
- [Yu] = Reference point between Serving and Transit Network domains
- [Zu] = Reference point between Serving and Home Network domains

Fig. 2.6

Dominios en el sistema UMTS

2.2.1.1. Dominio de equipo de usuario

Está formado por el dominio del módulo de identidad de servicios de usuario (USIM) y por el dominio de equipo móvil (ME). Se refiere a los dispositivos, teléfonos y tarjetas inteligentes que son utilizadas por el usuario. El punto de referencia entre los dos subdominios se conoce como Cu.

2.2.1.1.1. Dominio del módulo de identidad de servicios de usuario

Contiene información y procedimientos para una identificación de única y segura del usuario además de su perfil, un ejemplo son las smart cards.

2.2.1.1.2. Dominio de equipo móvil

Consta de tres partes: la Terminación Móvil (MT), que es la entidad encargada de la radio transmisión y las funciones relacionadas, el Adaptador de Terminal (TA), que realiza todas las modificaciones necesarias a la información, y el Equipo Terminal (TE) que contiene las aplicaciones end-to-end.

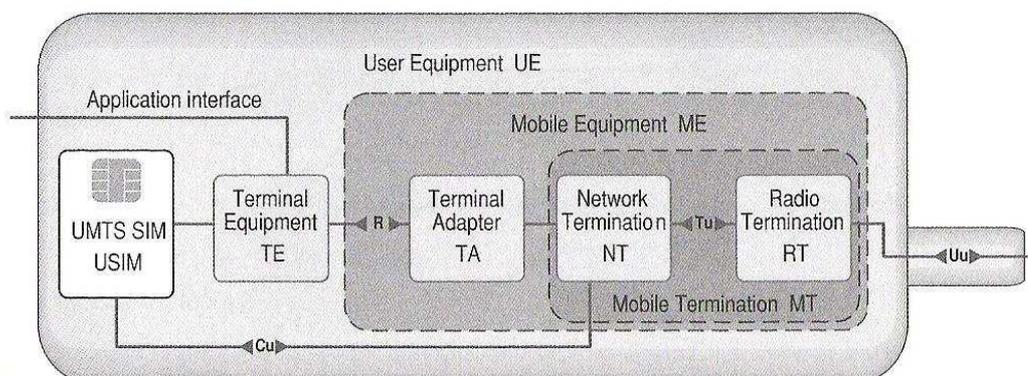


Fig. 2.7

Dominio de Equipo de Usuario (UE)

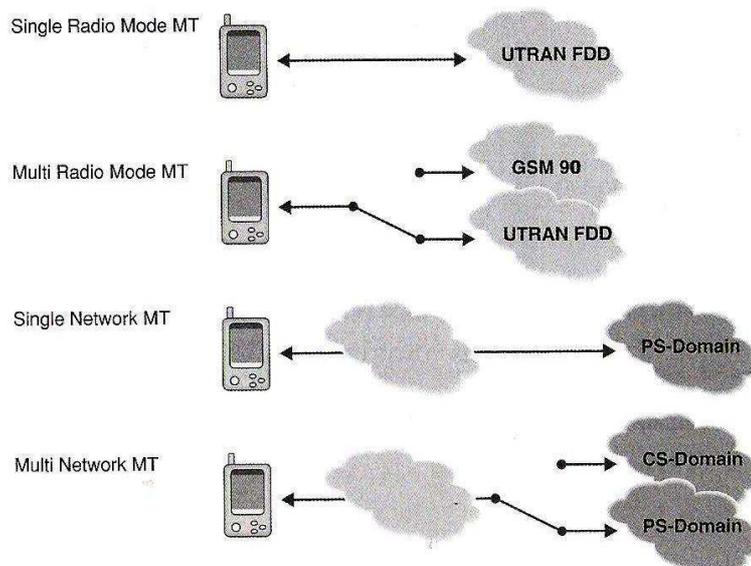


Fig. 2.8

Tipos de Terminaciones móviles o MTs

2.2.1.2. Dominio de infraestructura

Está formado por el dominio de la Red de Acceso (RA) y el dominio de la Red Central (CN).

2.2.1.2.1. Dominio de Red de Acceso

En el sistema UMTS al dominio de red de acceso se le conoce como UTRAN que significa UMTS Terrestrial Radio Access Network. La UTRAN se comunica con el UE a través del interfaz Uu y con el CN a través del interfaz Iu¹.

Está formada por varios RNS: Radio Network Subsystem. En cada RNS tenemos un RNC que controla uno o varios nodos B.

¹ Iu-CS para conexiones de voz y Iu-PS para conexiones de datos

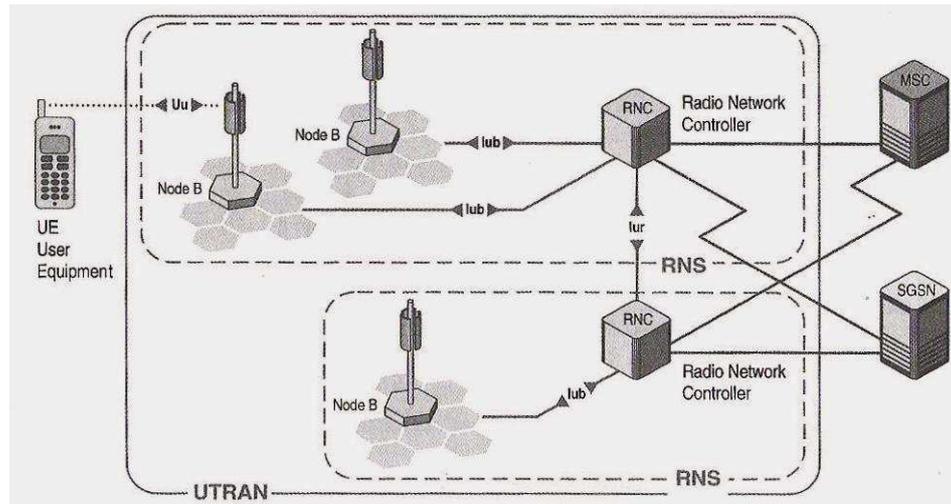


Fig. 2.9 Dominio de Red de Acceso (UTRAN). Está formada por varios RNSs

- RNC: Radio Network Controller

Es el principal elemento de la RNS, controla el uso del recurso de radio. Existen tres tipos de RNC: Serving (SRNC), Drift (DRNC) y Controlling (CRNC). Entre sus funciones están: control de admisión de llamada, control de potencia y control de congestión. La comunicación entre RNCs es realizada mediante el interfaz Iur.

- Nodo B

Provee la conexión de radio entre el UE y la red, se encarga de la transmisión y recepción de la señal. Existen tres tipos de nodos B: UTRA-FDD, UTRA-TDD y Dual mode. Se conecta al RNC a través del interfaz Iub.

2.2.1.2.2. Dominio de Red Central

El Core Network o Red Central (CN) en el sistema UMTS se basa en la red de los sistemas GSM. Es la encargada del transporte de la información y de la conmutación de circuitos y paquetes. Se encarga de conectar a los usuarios entre sí y con otras redes móviles y fijas

para servicios de voz y datos. Está formada por tres dominios: el de Red Servidora (Serving Network), el de Red Base (Home Network o Home Environment) y el de Red de Transporte (Transit Network).

- Dominio de Red Servidora (SN)

La SN se conecta a la AN a través del interfaz Iu. Representa las funciones de la CN que son locales al punto de acceso del usuario y por tanto cambia cuando el usuario se mueve.

En el dominio de SN se encuentran el dominio CS (conmutación de circuitos) y el dominio PS (conmutación de paquetes). La SN está formada por varios elementos de red, los principales y sus funciones se indican en la tabla 2.1.

Elemento del Serving Network	Funciones Principales
MSC: Mobile Switching Centre	Se encarga de la conmutación en el dominio CS.
VLR: Visitor Location Register	Base de datos que almacena una copia del perfil del usuario. Almacena información de usuarios de otras redes. Se aloja en MSC y desempeña sus funciones para el dominio CS.
SGSN: Serving GPRS Support Node	Control de autenticación y movilidad. Conversión de protocolos IP del backbone a los utilizados por la UTRAN. Se encarga de la conmutación de datos funciona en el dominio PS.
SCP: Service Control Point	Contiene la lógica de los servicios de red inteligente (ej. servicios prepago). Desempeña sus funciones en el dominio CS.

Tabla 2.1 Elementos del dominio SN

- Dominio de Red Base (HN o HE)

La HN se conecta a la SN a través del interfaz Zu. Representa las funciones de la CN que son conducidas a una ubicación permanente independiente del lugar de acceso del usuario. Entre las funciones que desempeña son la gestión de suscripción y datos de los abonados. La HN está formada por varios elementos de red, los principales y sus funciones se indican en la tabla 2.2.

Elemento del Home Network	Funciones Básicas
HLR: Home Location Register	Base de datos que almacena una copia del perfil del usuario. Almacena la información de la ubicación del usuario a nivel del dominio SN.
AuC: Authentication Centre	Realiza funciones de identificación de usuarios.
EIR: Equipment Identity Register	Base de datos que contiene permisos e información relativa al equipo terminal.

Tabla 2.2
Elementos del dominio HN

- Dominio de Red de Transporte (TN)

La TN se conecta a la SN a través del interfaz Yu. Se encarga de la comunicación entre la SN y la parte remota. Controla el establecimiento y liberación de conexiones. Se encarga del transporte de la información de tráfico y señalización dentro de la red y hacia otras redes a través de la red troncal. La TN está formada por varios elementos de red, los principales y sus funciones se indican en la tabla 2.3.

Elemento del Transit Network	Funciones Básicas
MGW: Media Gateway	<p>Conmutación de la información hacia la red troncal.</p> <p>Procesamiento y adecuación de la información.</p>
GMSC: Gateway Mobile Switching Centre	<p>Control de conexiones entrantes y salientes.</p> <p>Establecer rutas de llamadas hacia el MSC.</p>
GSGN: Gateway GPRS Support Node	<p>Enrutamiento de los paquetes.</p> <p>Manejo de direcciones IP.</p> <p>Gestión de la calidad de servicio.</p>

Tabla 2.3
Elementos del dominio TN

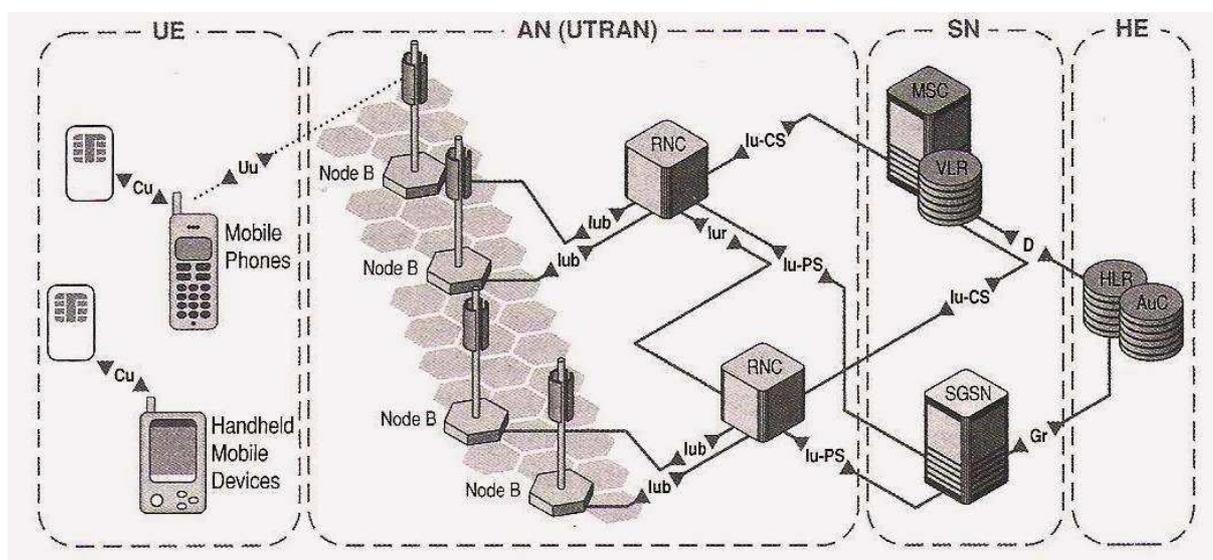


Fig. 2.10

Elementos del dominio de SN y del dominio de HE

2.2.1.3. Interfaz Uu

Es el interfaz que une los dos dominios principales: el de usuario y el de infraestructura. El interfaz aire Uu utiliza la tecnología WCDMA. Las principales características de WCDMA son las siguientes:

- Puede utilizar los dos tipos de duplexión: FDD y TDD.
- La técnica de acceso utilizada es DS-SS de banda ancha.
- La velocidad de chip es constante e igual a 3.84 Mcps.
- La velocidad de datos es variable de 7.5 Kbps a 1920 Kbps por canal.
- El ancho de banda de la portadora es de 5 MHz, se puede aumentar la capacidad del sistema incrementando el número de portadoras.
- La duración de las tramas es constante e igual a 10 ms y se dividen en 15 ranuras de 666.6 us ($2/3$ de ms) cada una.
- Las estaciones bases no necesitan sincronismo.
- Utiliza propagación por múltiples trayectos, para ello emplea receptores RAKE.
- Emplea detección coherente mediante el uso de símbolos pilotos o un piloto común.

2.2.1.3.1. Procesamiento de la señal en transmisión

El procesamiento de la señal en transmisión consta básicamente de los siguientes pasos: modulación en baja frecuencia, dispersión (spreading), alternación (scrambling) y modulación en alta frecuencia.

- *Modulación de la señal en baja frecuencia:* el objetivo de esta modulación inicial es lograr mayor eficiencia en la expansión del espectro. A la entrada del modulador tenemos bits mientras que a la salida tenemos símbolos. La modulación que se utiliza para el enlace de subida es BPSK, donde cada símbolo lleva un bit. Mientras que para el enlace de bajada se utiliza QPSK, donde cada símbolo lleva dos bits.

- *Dispersión de la señal:* en esta etapa se multiplica a la señal modulada en baja frecuencia por una función de dispersión. Los objetivos de esta etapa son ensanchar la señal y diferenciar los canales o conexiones. Para expandir el espectro se utiliza DS que consiste en la generación de un código de dispersión binario con la velocidad de 3.84 Mcps.

El código de dispersión también es llamado Secuencia de Pseudoruido (PN Pseudonoise) o Código de Canalización (Channelization Code). En WCDMA el código de dispersión utilizado es OVSFC (Orthogonal Variable Spreading Factor Code). Este código tiene un factor de dispersión (SF) que es variable dependiendo de la velocidad de datos, el SF determina el número de bits que tiene el código (2^n).

EL SF es inversamente proporcional a la velocidad de la señal, es decir a mayor velocidad existen menos posibilidades de códigos diferentes. Los posibles valores de SF para WCDMA son¹:

- FDD Uplink: 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256
- FDD Downlink: 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512
- TDD: 1, 2, 4, 8, 16

La asignación de códigos depende de la velocidad de símbolo y de la existencia de un código diferente para cada canal, las siguientes tablas muestran cómo puede realizarse la selección del SF para diferentes velocidades en el modo FDD que es utilizado por UMTS.

¹ Para transmisiones de señalización únicamente se utiliza un SF de 256.

Factor de dispersión	Velocidad de chip (Mcps)	Velocidad de símbolo (Ksps)	Velocidad de bit (Kbps)	Velocidad efectiva ¹ (Kbps)
256	3.84	15	15	7.5
128	3.84	30	30	15
64	3.84	60	60	30
32	3.84	120	120	60
16	3.84	240	240	120
8	3.84	480	480	240
4	3.84	960	960	480

Fuente: WCDMA for UMTS

Tabla 2.4
Valores del SF en uplink para WCDMA

Factor de dispersión (SF)	Velocidad de chip (Mcps)	Velocidad de símbolo (Ksps)	Velocidad de bit (Kbps)	Velocidad efectiva (Kbps)
512	3.84	7.5	15	7.5
256	3.84	15	30	15
128	3.84	30	60	30
64	3.84	60	120	60
32	3.84	120	240	120
16	3.84	240	480	240
8	3.84	480	960	480
4	3.84	960	1920	960

Fuente: WCDMA for UMTS

Tabla 2.5
Valores del SF en downlink para WCDMA

¹ La velocidad efectiva de usuario es aproximada y se considera un factor de $\frac{1}{2}$ para codificación.

- *Alternación de la señal:* es el proceso de multiplicar la señal dispersada por otro código binario (función de alternación) pero sin alterar el ancho de banda de la señal, para ello la duración del bit del código binario es igual a la duración del chip de la señal dispersada.

El objetivo de esta etapa es distribuir uniformemente la potencia en el espectro. Además la alternación permite diferenciar las comunicaciones en el enlace de bajada para los usuarios de celdas o sectores diferentes. En el enlace de subida permite diferenciar las transmisiones de terminales diferentes.

Los códigos utilizados para el *enlace de subida* pueden ser largos o cortos. Los códigos cortos tienen un chip rate de 256 cps¹, mientras que los códigos largos están limitados a 3.84 Mcps. Se dispone de varios millones de diferentes códigos por lo que no es necesaria la planificación de códigos. Los códigos cortos se seleccionan de la familia de códigos extendida S(2) y los largos de la familia de códigos Gold.

Los códigos utilizados para el *enlace de bajada* son códigos largos. La familia de códigos utilizada son los Gold. Sin embargo el número de códigos utilizados está limitado a 512 de otra forma el proceso de búsqueda del código correcto en la celda sería excesivo. Por ello se requiere planificación de códigos en la celda.

La tabla 2.6 presenta una comparación entre el proceso de dispersión de la señal (spreading) y el proceso de alternación (scrambling).

¹ Los códigos cortos son utilizados cuando la estación base utiliza receptores RAKE.

Parámetro	Códigos de canalización	Códigos de alternación
Uso	UL: separación de los canales físicos de datos y de control de un mismo usuario DL: separación de las conexiones de diferentes usuarios en la misma celda o sector	UL: separación entre transmisiones de terminales diferentes DL: separación de las conexiones de usuarios en celdas o sectores diferentes
Longitud	UL: 4 – 256 DL: 4 – 512	UL: 38400 chips 256 chips DL: 38400 chips
Número de códigos	2^n , donde n es el SF	UL: varios millones DL: 512
Familia de códigos	OVSF	UL: Largo: Gold Code Corto: Extended S(2) DL: Largo: Gold Code
Dispersión	Sí, se aumenta el ancho de banda	No, se mantiene el ancho de banda

Tabla 2.6 Comparación entre Spreading y Scrambling

- *Modulación de la señal en alta frecuencia:* el objetivo es adaptar la señal al medio de transmisión. Para el enlace de subida se utiliza la modulación OQPSK y para el enlace de bajada QPSK. La modulación OQPSK retrasa la señal con respecto a QPSK en 0.5 bits. El proceso que se sigue en QPSK es:
 - Conversión serie/paralelo.
 - Construcción de dos secuencias a velocidad $V/2$, separando en una secuencia los bits pares y en otra los bits impares.

- Cada secuencia obtenida modula una portadora desfasada 90° respecto a la siguiente.
- Se suman las señales resultantes

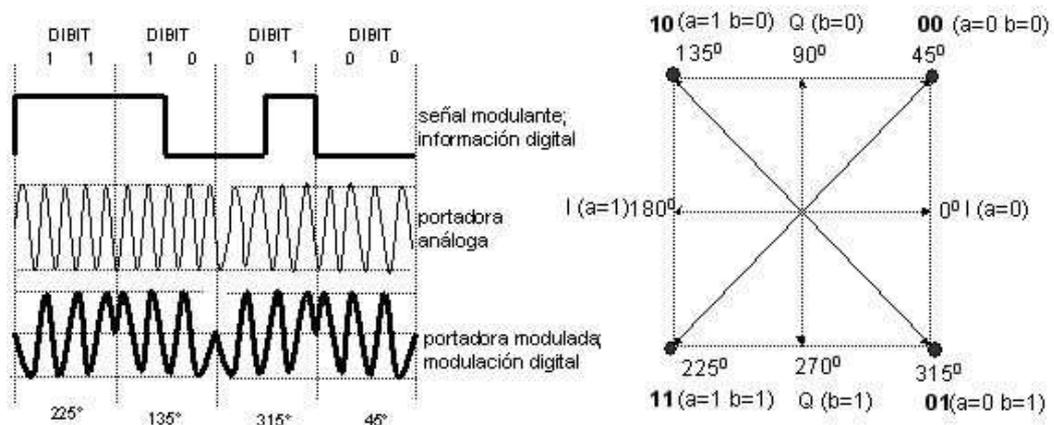


Fig. 2.11

En la modulación QPSK se usan 2 bits para representar cada uno de los 4 estados y estos se encuentran desfasados 90 grados respecto al siguiente.

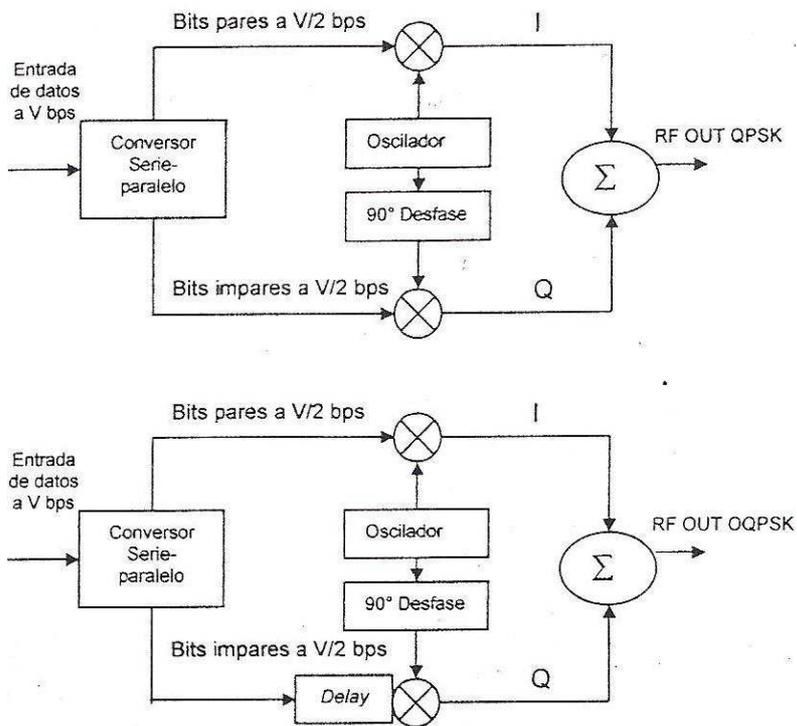


Fig. 2.12

Modulación OQPSK vs QPSK

2.2.1.3.2. Procesamiento de la señal en recepción

El procesamiento de la señal en recepción se realiza básicamente el proceso inverso que en transmisión, es decir demodular en alta y baja frecuencia la señal recibida y multiplicar por las mismas funciones de scrambling y spreading, además se requiere una etapa inicial de filtrado.

Un factor a tomar en cuenta es la recepción de múltiples trayectorias, estas pueden fortalecer la señal (diversidad de multitrayectoria) o cancelarla (desvanecimiento rápido). Para que no se produzca una cancelación de la señal, las diferentes componentes de la multitrayectoria deben estar separadas al menos el T_c (tiempo de chip), es decir $0.26\mu s$ ($1/3.84\text{Mcps}$). También se debe evitar que las señales estén desfasadas lo cual produce la cancelación.

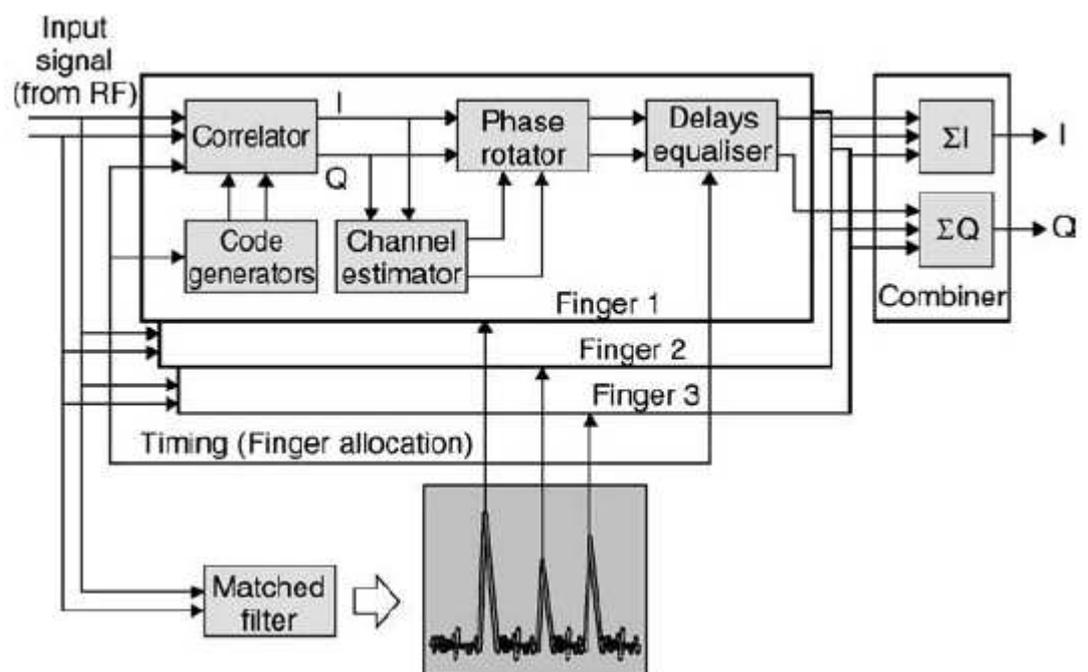


Fig.2.13

Diagrama de Boques de un receptor RAKE en WCDMA

2.2.2. ARQUITECTURA EN EL RELEASE 99

Como ya se ha mencionado, la arquitectura física de UMTS se basa en la arquitectura de red de GSM/GPRS (figura 2.14). En el Release 99 (también conocido como Release 3) el CN es el mismo y no se añaden elementos de red. Mientras que la AN es completamente diferente y no utiliza los elementos de red de GSM, se añaden nuevos interfaces para comunicarse con el CN.

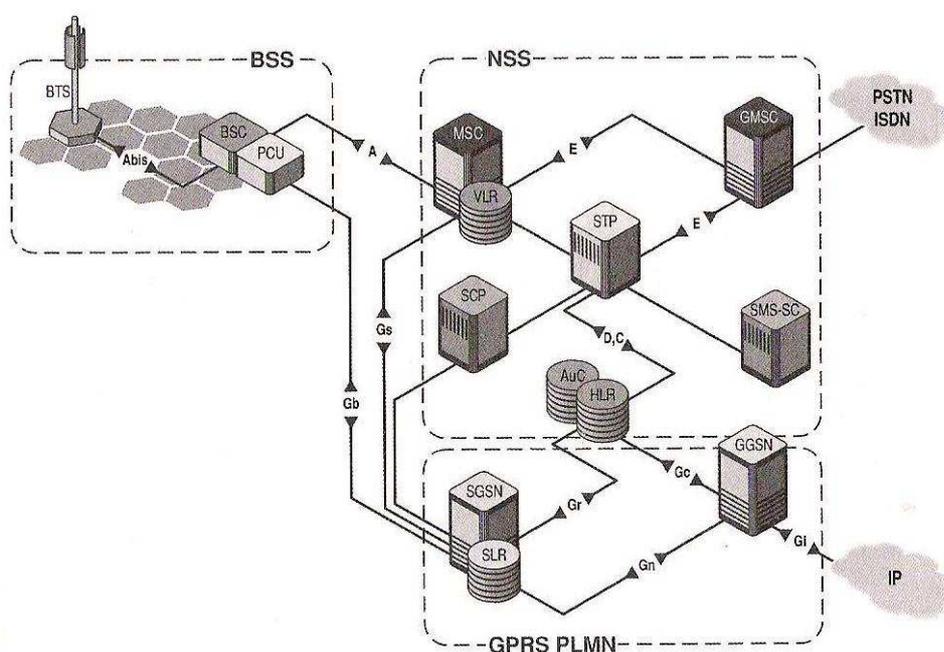


Fig. 2.14 Red GSM/GPRS

En GSM la red de acceso se conoce como BSS y está formada por la BTS, BSC y PCU. En UMTS la red de acceso se llama UTRAN y está formada por varios RNS. Cada RNS está formado por los Nodos B y los RNC. La AN está formada por la UTRAN y BSS (figura 2.15).

El CN está formado por dos dominios: el CS (conocido como NSS en GSM) y el PS (conocido como GPRS PLMN en GSM). Entre los elementos que forman parte del dominio CS tenemos: MSC, VLR, GSMC, STP, SCP, HLR, EIR, AuC y SMSC. En el dominio PS tenemos: SGSN, SLR y GGSN.

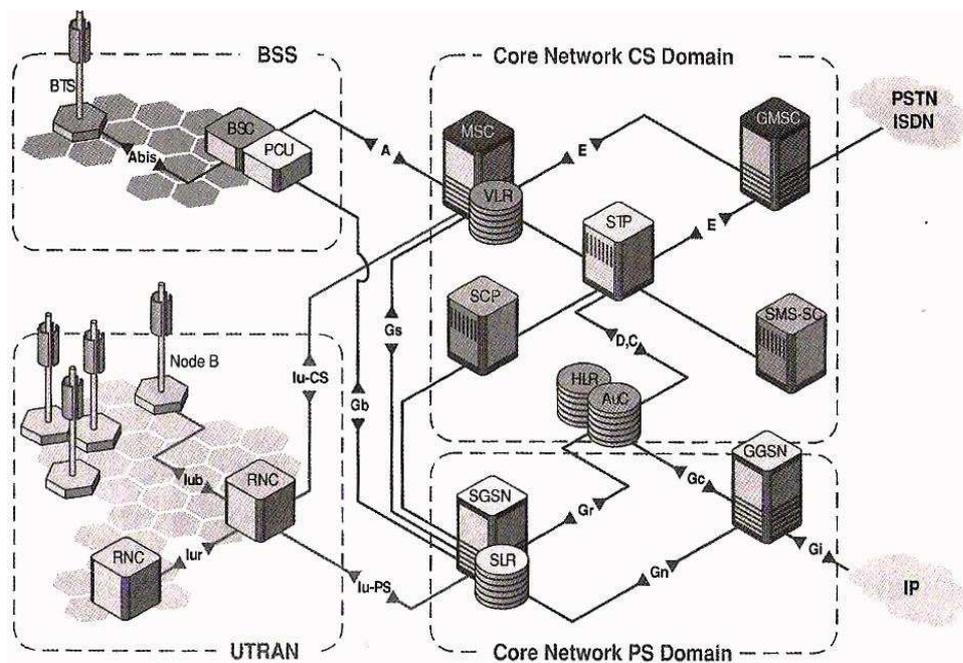


Fig .2.15
Red UMTS Rel.3 (Rel.99)

En la sección 2.2.1.2.2 se enlistaron algunas funciones básicas de los elementos de red. A continuación se indica más en detalle las nuevas funciones que los elementos de red deben desempeñar en el sistema UMTS, solo se indican los elementos de red que necesitan evolucionar sea en hardware o software.

2.2.2.1. 3G Mobile Switching Centre

Es el elemento más importante del CN. Incluye el VLR y el SSP que atienden el acceso vía BSS o por UTRAN mediante los interfaces A y Iu respectivamente. El interfaz Iu para la UTRAN necesita de una actualización de hardware en el MSC (por ejemplo una nueva tarjeta plug-in o una nueva plataforma externa ATM).

Un único 3GMSC controla todos los servicios del dominio CS para los ambientes 2G/3G permitiendo interoperabilidad entre ellos. Entre sus funciones tenemos:

- Soporte de transmisiones ATM y TDM.
- Codificación de voz y adaptación para el usuario de los servicios de datos tipo CS.
- Conversión de protocolos 3G a 2G (por ejemplo WCDMA RANAP a GSM BSSAP).

2.2.2.2. 3G Home Location Register

El 3G HLR junto al AuC y el EIR almacenan de forma centralizada toda la información de suscripción de los usuarios 2G/3G. Las operadoras activan los diferentes perfiles en una única base de datos. Para migrar de un 2G HLR se requiere de una actualización de software. Es considerado parte del dominio CS, sin embargo también almacena información de los servicios PS de los usuarios. Las funciones principales del 3G HLR son:

- Almacenar el perfil del usuario: identidad, servicios disponibles (semi-dinámica), movilidad y ubicación (dinámica).
- Autenticación
- Identidad del terminal o los terminales utilizados por un usuario.

2.2.2.3. 3G Serving GPRS Support Node

El 3G SGSN se encarga del control y manejo del tráfico desde la AN hacia el dominio PS. Utiliza el interfaz Gb para comunicarse con BSS y el interfaz Iu para conectarse a la UTRAN. También se conecta con el MSC a través del mismo interfaz Gs utilizado por el 2G SGSN. Entre sus funciones están:

- Provee un interfaz entre la UTRAN (Iu) y el CN (Gn, Gp). El interfaz físico Iu generalmente utiliza ATM STM-1 mientras que los interfaces físicos Gn y Gp pueden utilizar Ethernet o ATM.

- Provee un interfaz de red SS7 para comunicarse con el HLR (Gr), EIR (Gf) y SMSC (Gd). Los interfaces Gr, Gf y Gd generalmente utilizan conexiones E1-PCM o T1-PCM. En algunos casos se puede utilizar IP o X.25 para conectarse al SMSC.
- Provee conexión con el Charging Gateway a través del interfaz Ga.
- Soporte para IPv6.
- Manejo de Movilidad, establecimiento de sesiones, tunneling, QoS.
- Soporte para telefonía IP y aplicaciones multimedia en tiempo real.

Una diferencia importante entre el 2G SGSN y el 3G SGSN, es que en el 3G SGSN no se realiza cifrado ni compresión de la información ya que esto se realiza en el RNC.

2.2.2.4. 3G Gateway GPRS Support Node

El 3G GGSN realiza la función de comunicar la red GPRS/3G con las redes externas. Para su evolución desde un 2G GGSN a un 3G GGSN se necesita una actualización de software. Entre las funciones principales tenemos:

- Soporte para GPRS y 3G.
- Soporte para múltiples puntos de acceso por GGSN y múltiple PDP por dirección IP.
- Soporte para IPv6 y QoS.
- Múltiples protocolos de enrutamiento: RIP, OSPF, IGRP, BGP4, DVMPR.

2.2.3. ARQUITECTURA EN EL RELEASE 4

En Release 4 introduce nuevos cambios en la estructura de la red de UMTS. En la AN la GPRS/EDGE Radio Access Network (GERAN) reemplaza a la GSM BSS. El principal cambio se produce en el CN y es la evolución del MSC/VLR en dos elementos el MSC Server y el Media Gateway (MGW).

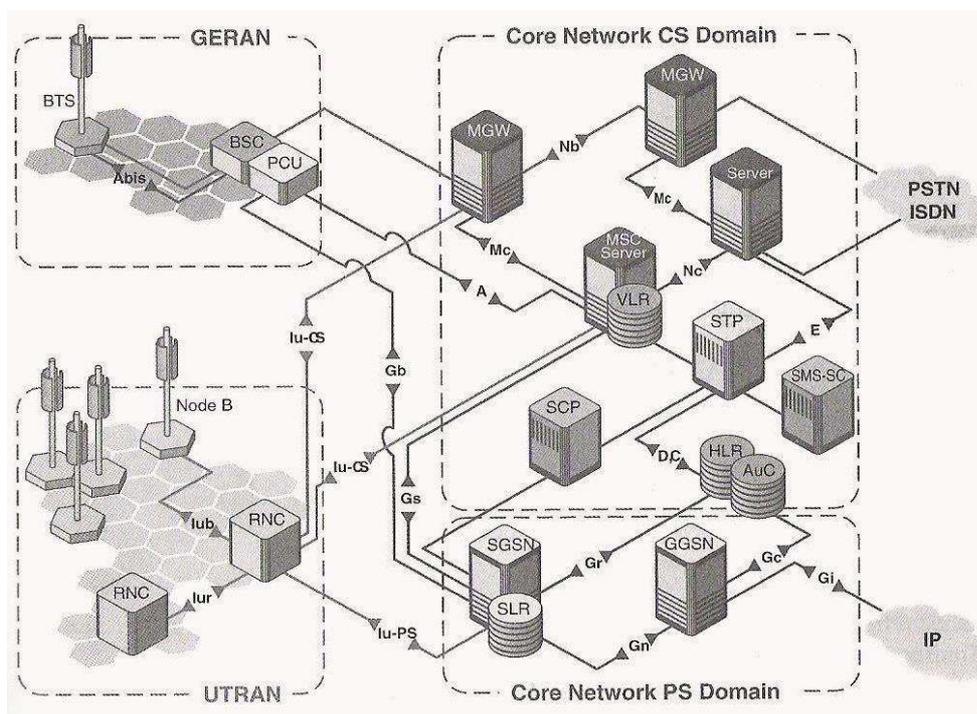


Fig. 2.16 Red UMTS Rel. 4

2.2.3.1. MSC Server

Para cubrir las funciones desempeñadas por el 3G MSC se necesita del MSC Server y un MGW. Sin embargo, un MSC Server puede controlar a varios MGW. Para el control de las conexiones entre el UE y el MSC Server y entre el MSC Server y el MGW se puede utilizar el protocolo SIP.

El MSC Server contiene al VLR y realiza las funcionalidades de control, entre ellas:

- Control de la Comunicación (CM).
- Control de la Movilidad (MM).

2.2.3.2. Media Gateway

Puede existir uno o varios Media Gateways (MGW). El MGW realiza las siguientes funciones:

- Conmutación de la información en el dominio CS.
- Adecuación de la información.
- Cancelación de eco.
- Conversión de paquetes en el caso de usar llamadas VoIP.

2.2.3.3. GMSC Server

Para cubrir las funciones de un 3G GMSC se necesita del GMSC Server y un MGW. El GMSC Server desempeña las siguientes funciones:

- Control de la comunicación hacia redes externas.
- Control de la movilidad hacia redes externas.

2.2.4. ARQUITECTURA EN EL RELEASE 5

En la AN el Release 5 define el tráfico como IP tanto para la GERAN como para la UTRAN. Por lo cual todas las interfaces son basadas en IP en lugar de ATM. Se añaden nuevos elementos en el CN: HSS, SGW, CS-GW y un subsistema llamado IMS (MRF, CSCF, MGCF).

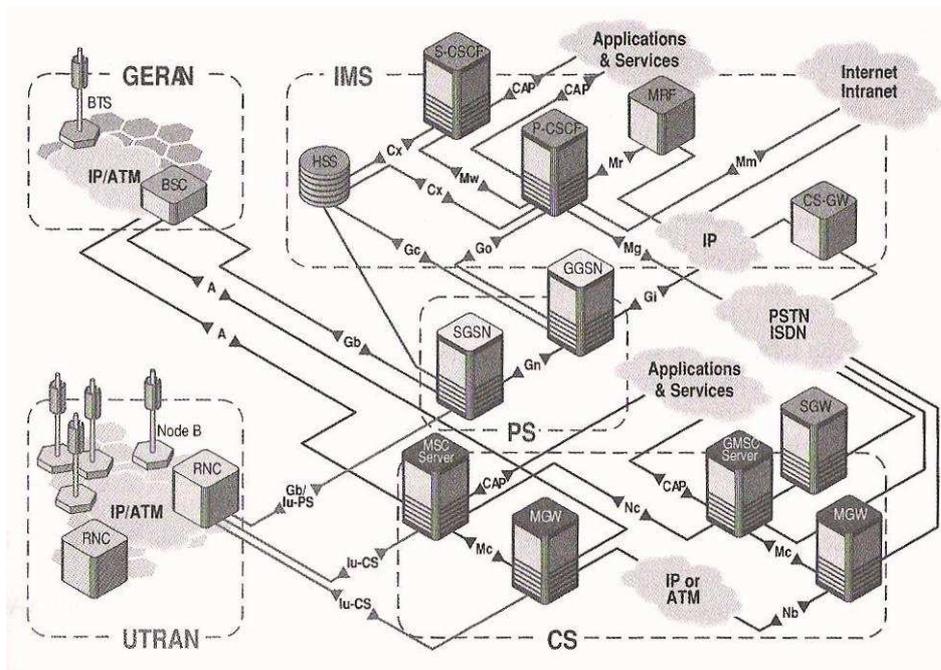


Fig. 2.17 Red UMTS Rel. 5

2.2.4.1. Home Subscriber Server

El HSS es la base de datos maestra que reemplaza al HLR, AuC y EIR y desempeña todas las funciones que estos elementos realizaban. El HSS contiene la siguiente información del usuario:

- Identificación, numeración, direccionamiento e información de seguridad (autenticación y autorización).
- Localización.
- Perfiles: servicios disponibles y descripción de los servicios.

El HSS es capaz de comunicarse de con elementos del dominio CS y PS a través de los interfaces que se muestran en la figura 2.18.

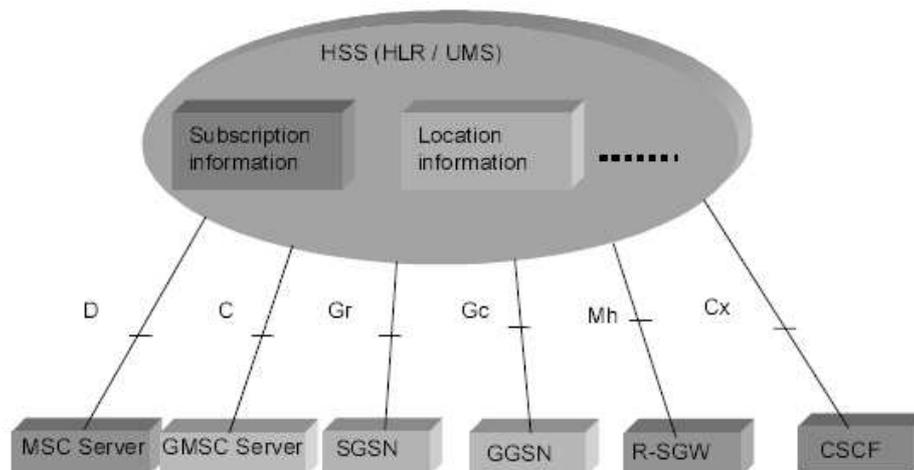


Fig. 2.18

Interfaces que utiliza el HSS para comunicarse con los elementos del CN

2.2.4.2. Signalling Gateway

El SGW es el encargado de traducir la señalización para el dominio CS, en el que actúa como Gateway para la información de señalización hacia y desde la PSTN/ISDN. El SGW es dividido en dos funciones: el T-SGW y R-SGW.

2.2.4.2.1. Transport Signalling Gateway Function

Sirve como punto de terminación de una red PSTN/PLMN y el dominio CS. Las funciones son:

- Direccionar la señalización correspondiente a una llamada desde o hacia la PSTN/PLMN en una portadora IP y enviarla hacia o desde el MGCF.
- Debe proveer direccionamiento de PSTN/PLMN a IP y viceversa a nivel de transporte.

2.2.4.2.2. Roaming Signalling Gateway Function

Se encarga del roaming desde un dominio CS de una red 2G a una red R99 y viceversa. Y en el dominio PS de una red GPRS a una R00 y viceversa. Sus funciones son:

- Conversión de señalización en la capa de transporte (Sigtran SCTP/IP a SS/ MTP)
- Asegurar la interrelación a nivel de transporte entre SS7 y las interfaces de señalización MAP_E y MAP_G basadas en IP en un ambiente 2G/R99 MSC/VLR.

2.2.4.3. Circuit Swiched Gateway

El CS-GW desempeña la función de Gateway o pasarela entre el dominio IMS y la PSTN/ISDN.

2.2.4.4. IP Multimedia Subsystem

En el subsistema basado en el protocolo IP y que permite acceso a diferentes aplicaciones multimedia. IMS consta de tres funciones: MGCF, CSCF y MRF.

2.2.4.4.1. Media Gateway Control Function

Sirve como punto de terminación de una red PSTN/PLMN y el dominio IMS. Entre sus funciones tenemos:

- Comunicarse con el CSCF.
- Realizar la conversión de protocolos entre redes legacy (ejemplo ISUP, R1/R2) y los protocolos R00 para el control de llamadas.
- Comunicarse con el MGW.

- Seleccionar el CSCF dependiendo del número de encaminamiento de la llamada entrante de las redes heredadas.

2.2.4.4.2. *Call State Control Function*

El CSCF puede ser dividido lógicamente en tres funciones: el CSCF Servidor (S-CSCF), el CSFC Proxy (P-CSCF) y el CSCF Interrogador (I-CSCF)

- *Serving Call State Control Function:* Soporta comunicaciones MO y MT. Provee el SPD (Base de datos para los perfiles de servicio) y la funcionalidad AH (manejo de direcciones). Soporta la interacción de señalización para el UE a través del interfaz Gm. El HSS envía la información de usuario al CSCF para ser almacenada. Realiza el manejo de la llamada.
- *Interrogating Call State Control Function:* Soporta comunicaciones MT y determina el ruteo para las llamadas MT. El I-CSCF en el dominio IMS se puede comparar al GSMC en el dominio CS. El I-CSCF pregunta al HSS para obtener información que permita establecer llamadas que van hacia el S-CSCF. Provee la funcionalidad ICGW (Pasarela para llamadas entrantes) y la funcionalidad AH.
- *Proxy Call State Control Function:* Maneja el mapeo y traslación de direcciones. Maneja el control de llamada (CCF) para ciertos tipos de llamadas como llamadas emergentes e interceptadas.

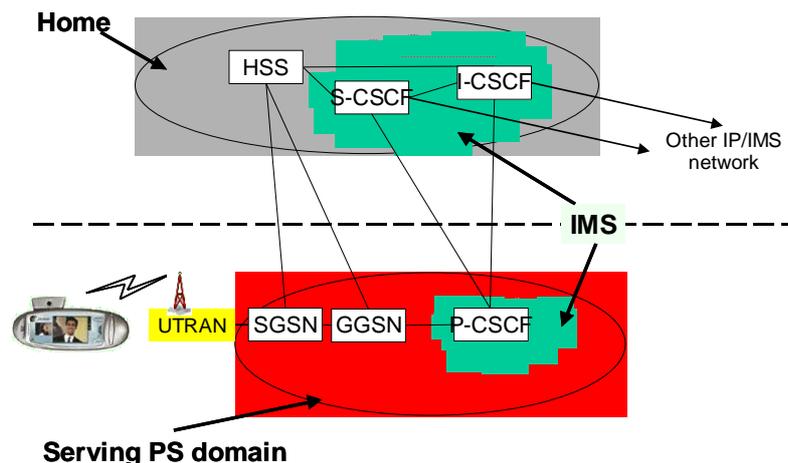


Fig. 2.19 Funciones CSCF en la arquitectura IMS

2.2.4.4.3. Media Resource Function

Este elemento del dominio IMS se encarga de desempeñar las siguientes funcionalidades:

- Realizar conferencias o llamadas multiparte/multimedia, es decir realiza las mismas funciones que un Multimedia Conference Unit en una red H.323.
- Control de portadoras entre GGSN y MGW para las conferencias multiparte/multimedia.
- Comunicarse con el CSCF para validación de servicios y establecer sesiones para conferencias multiparte/multimedia.

2.2.5. ARQUITECTURA EN EL RELEASE 6

En el Release 6 los dominios PS e IMS prácticamente son integrados. Además se introduce un nuevo servicio conocido como Multimedia Broadcast Multicast Service el cual requiere de una nueva funcionalidad en el CN, llamada BM-SC.

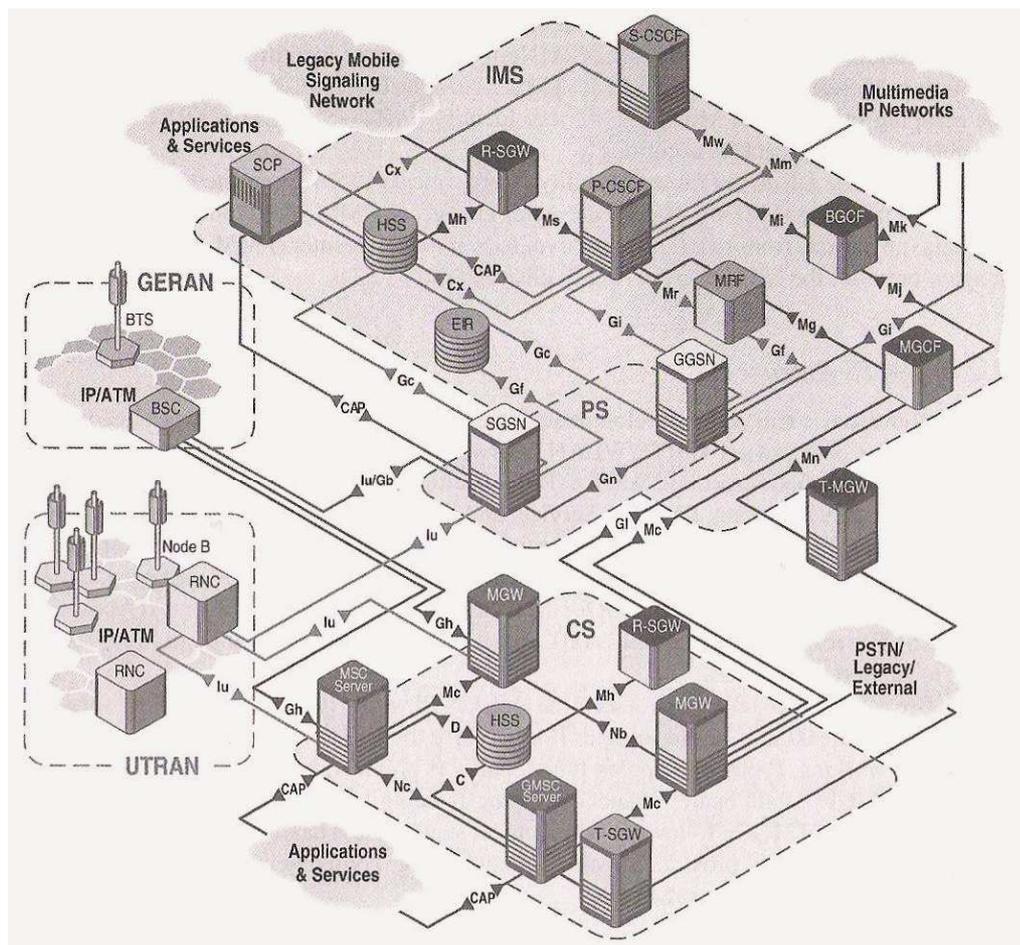


Fig. 2.20 Red UMTS Rel. 6

2.2.5.1. Broadcast-Multicast Service Centre

El BM-SC es el punto de entrada de la PLMN interna y los proveedores de contenido MBMS hacia el CN. Sus funciones son:

- Función de Membrecía: Provee autorización y genera los registros para el cobro de los servicios de MBMS.
- Función de Sesión y Transmisión: Programa las sesiones y transmisiones MBMS.
- Función de Proxy y Transporte: Actúa como un agente Proxy para la señalización entre GGSNs y otras funciones del BM-SC transparentes al GGSN.
- Función de Anuncio de Servicios: anuncio de servicios muticast y broadcast.

- **Función de Seguridad:** junto al UE maneja la seguridad de los servicios MBMS lo que incluye autenticación de usuarios y protección de información.

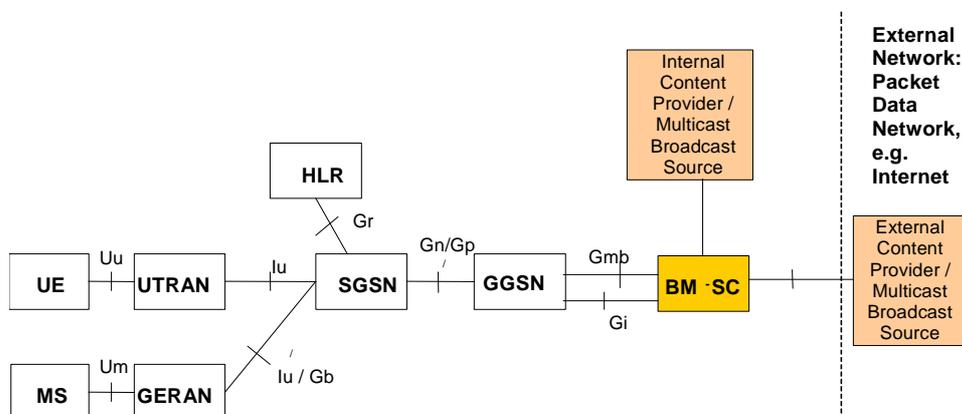


Fig. 2.21 El BM-SC en la arquitectura de red UMTS

2.3. ARQUITECTURA DE PROTOCOLOS

Desde el punto de vista de los protocolos utilizados en UMTS, la arquitectura de la red está dividida en estratos. En los estratos además los protocolos se encuentran definidos en capas y planos.

Un estrato es un conjunto de protocolos relacionados con algún aspecto de los servicios proporcionados por uno o varios dominios. Existen dos estratos: de acceso (incluye los dominios ME y UTRAN) y de no acceso (incluye los dominios USIM, de servicio y el estrato de acceso).

Cada una de las capas cumple una función específica, independiente de las otras capas, cada capa utiliza protocolos estandarizados y provee servicios a la capa superior a través de los SAPs o puntos de acceso al servicio. En UMTS las capas se basan en el modelo de referencia OSI que son: física, de enlace de datos, de red, de transporte, sesión, presentación y aplicación.

Dependiendo del tipo de información que se desea enviar se utilizarán dos planos: el plano de usuario para datos de usuario o el plano de control para señalización del sistema.

El desarrollo de la arquitectura de protocolos fue dividida en varios grupos de trabajo en el 3GPP, por lo que se tienen tres modelos de referencia de protocolos en: el Interfaz Uu, la UTRAN y el CN.

2.3.1. Modelo Referencial de Protocolos en el interfaz de radio Uu

Se definen 3 capas que de acuerdo a su posición en la arquitectura se conocen como capa 1 o física, capa 2 o de enlace y capa 3 o de red. Aunque el modelo de referencia OSI ha sido aplicado en su diseño, las capas no se corresponden exactamente.

La capa 2 está formada por las subcapas MAC, RLC, BMC y PDCP. La capa 3 está formada por varias subcapas, una de ellas es la subcapa RRC. Cada capa y subcapa provee servicios a las capas superiores y tiene definidas sus responsabilidades e interfaces para comunicarse con las otras. La figura muestra las capas y subcapas que forman parte del modelo de referencia en el interfaz Uu así como también los 2 planos en los que se subdivide.

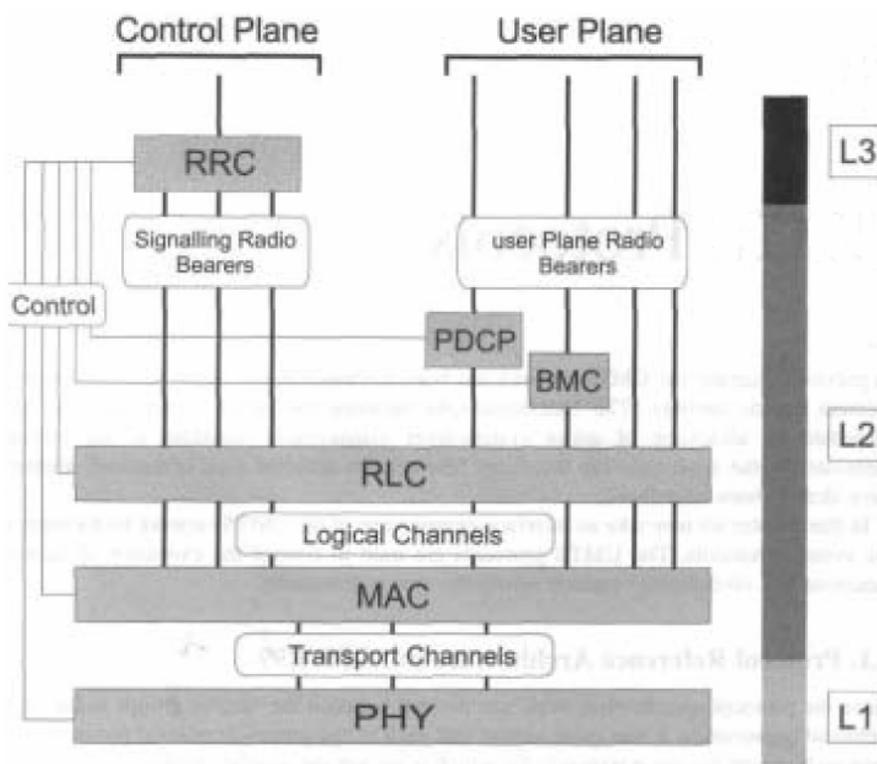


Fig. 2.22 Modelo referencial de protocolos en el interfaz de radio

2.3.1.1. Capa Física

Esta es la capa que está en contacto con el medio de transmisión a través de los canales físicos y se corresponde con la capa 1 del modelo de referencia OSI. Se la conoce como radio physical layer o capa física de radio. Es utilizada para los planos: de usuario y de control.

2.3.1.1.1. Servicios de la capa física

Provee servicios de transmisión de información a la subcapa MAC y capas superiores a través de los canales de transporte.

2.3.1.1.2. Funciones de la capa física

Algunas funciones que desempeña esta capa ya se han mencionado al analizar la tecnología WCDMA en el interfaz Uu (sección 1.2.3.1). Las principales funciones que desempeña esta capa son:

- Segmentar y encapsular la información.
- Mapeo de los canales de transporte en los canales físicos.
- Establecer, mantener y liberar las conexiones.
- Adaptar la señal al medio.
- Multiplexación y demultiplexación.
- Detección de errores y reporte a capas superiores.
- Codificación y decodificación.
- Modulación/Spreading y Demodulación/De-spreading.
- Handover suave, más suave y fuerte entre sistemas, modos del sistema y frecuencias dentro del mismo modo.
- Control de potencia.
- Reconocimiento de celda.
- Sincronización en tiempo y frecuencia.
- Soporte de sincronización en uplink (solo para TDD).

2.3.1.1.3. Canales de Transporte

Los canales de transporte se clasifican en dos grupos: dedicados y comunes¹. La tabla 2.7 indica los canales de transporte, el tipo de canal, modos en los que es utilizado, sentido y sus funciones.

Nombre	Siglas	Tipo	Modo	Sentido	Release	Descripción
Random Access Channel	RACH	Común	FDD	UL	99, 4,5,6	Petición de acceso al servicio.
			TDD			Control de acceso basado en ALOHA ranurado.
Forward Access Channel	FACH	Común	FDD	DL	99,4,5,6	Información de control cuando el sistema conoce la localización del UE.
			TDD			
Broadcast Channel	BCH	Común	FDD	DL	99,4,5,6	Difunde información de control general del sistema y específica de una celda.
			TDD			
Paging Channel	PCH	Común	FDD	DL	99,4,5,6	Aviso de llamada para un UE.
			TDD			
Downlink Shared Channel	DSCH	Común	TDD	DL	99,4,5,6	Datos de usuario en un canal compartido.
						Tráfico de control.
Uplink Shared Channel	USCH	Común	TDD	UL	99,4,5,6	Datos de usuario en un canal compartido.
						Tráfico de control.
High Speed Downlink Shared Channel	HS-DSCH	Común	FDD	DL	5, 6	Datos de usuario a alta velocidad en un canal compartido.
			TDD			
Common Packet Channel	CPCH	Común	FDD	UL	99,4	Paquetes de usuario para tráfico en ráfagas.
Dedicated Channel	DCH	Dedicado	FDD	UL	99,4,5,6	Datos de usuario e información de control.
			TDD	DL		
Enhanced Dedicated Channel	E-DCH	Dedicado	FDD	UL	6	Datos de usuario a alta velocidad.
			TDD			

Tabla 2.7 Canales de Transporte

¹ La información sobre los canales de transporte utilizados por WCDMA se basa en el Release 6 TS 25.211, TS 25.221, TS 25.301 y TS 25.302

2.3.1.1.4. Canales Físicos

Están definidos por una frecuencia portadora, códigos de canalización, códigos de alternación y duración específica. Se los clasifica en dos grupos: dedicados y comunes¹. Los canales de transporte se encapsulan en los canales físicos.

Nombre	Siglas	Tipo	Modo	Sentido	Releases	Descripción
Dedicated Physical Data Channel²	DPDCH	Dedicado	FDD	UL	99,4,5,6	Lleva la información de usuario del canal de transporte DCH.
			TDD	DL		
Dedicated Physical Control Channel	DPCCH	Dedicado	FDD	UL	99,4,5,6	Lleva la información de control del canal de transporte DCH.
			TDD	DL		
E-DCH Dedicated Physical Data Channel	E-DPDCH	Dedicado	FDD	UL	6	Lleva la información de usuario del canal de transporte E-DCH.
E-DCH Dedicated Physical Control Channel	E-DPCCH	Dedicado	FDD	UL	6	Lleva la información de usuario del canal de transporte E-DCH.
HS-DSCH Dedicated Physical Control Channel	HS-DPCCH	Dedicado	FDD	UL	5,6	Lleva la información de señalización de feedback Hybrid ARQ en UL para el canal de HS-DSCH.
Fractional Dedicated Physical Channel	F-DPCH	Dedicado	FDD	DL	6	Desempeña las mismas funciones que el DPCH pero no utiliza codificación STTD.
E-DCH Relative Grant Channel	E-RGCH	Dedicado	FDD	DL	6	Lleva información de Grants relativa al canal E-DCH.
E-DCH Hybrid ARQ Indicator Channel	E-HICH	Dedicado	FDD	DL	6	Lleva el indicador de reconocimiento del Hybrid ARQ del canal E-DCH.

Tabla 2.8
Canales Físicos Dedicados

¹ La información sobre los canales de transporte utilizados por WCDMA se basa en el Release 6 TS 25.211, TS 25.221, TS 25.301 y TS 25.302

² Un canal DPCH está formado por un DPCCH y uno o varios DPDCH. Para FDD en DL y TDD estos canales se encuentran multiplexados en el tiempo.

Nombre	Siglas	Tipo	Modo	Sent	Release	Descripción
Physical Random Access Channel	PRACH	Común	FDD TDD	UL	99,4,5,6	Lleva el canal de transporte RACH.
Physical Common Packet Channel	PCPCH	Común	FDD	UL	99,4	Lleva el canal de transporte CPCH.
Physical Node B Synchronisation Channel	PNBSCH	Común	TDD	UL	4,5,6	Utilizado para la sincronización de usuarios en la celda y/o nodos B.
Common Pilot Channel	CPICH	Común	FDD	DL	99,4,5,6	Primario P-CPICH referencia para medidas de potencia de toda la celda. Secundario S-CPICH se transmite a una parte de la celda.
Common Control Physical Channel	CCPCH	Común	FDD TDD	DL	99,4,5,6	Primario P-CCPCH que lleva al BCH. Secundario S-CCPCH que lleva al FACH y PCH.
Synchronisation Channel	SCH	Común	FDD TDD	DL	99,4,5,6	Utilizado por el terminal para encontrar la celda.
Physical Downlink Shared Channel	PDSCH	Común	FDD	DL	99,4	Lleva el canal de transporte DSCH.
Acquisition Indicator Channel	AICH	Común	FDD	DL	99,4,5,6	Lleva las respuestas a las peticiones de acceso.
Access Preamble Acquisition Indicator Ch	AP-AICH	Común	FDD	DL	99,4	Transporta los indicadores API del canal CPCH.
Collision Detection/Ch Assigment Indicator Ch	CD/CA-ICH	Común	FDD	DL	99,4	Transporta los indicadores CDI y CDI/CAI.
Paging Indicator Channel	PICH	Común	FDD TDD	DL	99,4,5,6	Informa al terminal que lea el PCH.
CPCH Status Indicator Channel	CSICH	Común	FDD	DL	99,4	Lleva la información del estado del canal CPCH.
HS-DSCH Shared Control Channel	HS-SCCH	Común	FDD TDD	DL	5,6	Transporta la señalización del canal HS-DSCH.
HS-DSCH Physical DL Shared Channel	HS-PDSCH	Común	FDD TDD	DL	5,6	Lleva el canal de transporte HS-DSCH.
High-Speed Shared Information Channel	HS-SICH	Común	TDD	DL	5,6	Lleva información de control de capas superiores y el CIQ del HS-DSCH.
E-DCH Absolute Grant Channel	E-AGCH	Común	FDD	DL	6	Lleva el canal de transporte E-DCH.
MBMS Indicator Channel	MICH	Común	FDD TDD	DL	6	Lleva los indicadores de MBMS.

Tabla 2.9 Canales Físicos Comunes

2.3.1.2. Capa de Enlace

La capa de enlace de datos de radio o simplemente capa de enlace está formada por cuatro subcapas: MAC, RLC, PDCP y BMC.

2.3.1.2.1. Servicios de la subcapa MAC

Es utilizada en los planos: usuario y control. Los servicios que presta la subcapa Medium Access Control (MAC) a las capas superiores son:

- Transferencia de información de capas superiores a través de los canales lógicos (ver sección 2.3.1.2.3).
- Redistribución de recursos de radio y parámetros MAC en respuesta a la subcapa RRC.
- Reporte de calidad de enlace y volumen de tráfico a la subcapa RRC.

2.3.1.2.2. Funciones de la subcapa MAC

Las principales funciones de esta subcapa son:

- Mapeo de los canales lógicos en los canales de transporte.
- Selección del formato apropiado de transporte para cada canal de transporte.
- Manejo de prioridades entre flujo de datos en un mismo UE.
- Manejo de prioridades entre UEs por medio de asignamiento dinámico.
- Identificación de UEs en canales comunes.
- Multiplexación y demultiplexación de PDUs de capas superiores.

- Monitoreo del volumen de tráfico.
- Cifrado de la información.
- Selección del ASC para transmisiones RACH.

2.3.1.2.3. Canales Lógicos

Canales lógicos: La subcapa MAC es la encargada de proveer servicios de transferencia de datos a las capas superiores a través de los canales lógicos. Se los clasifica en dos grupos: de control y de tráfico.

Nombre	Siglas	Tipo	Modo	Sentido	Release	Descripción
Broadcast Control Channel	BCCH	Control	FDD TDD	DL	99,4,5,6	Difunde información de control general del sistema y específica de una celda.
Paging Control Channel	PCCH	Control	FDD TDD	DL	99,4,5,6	Aviso de llamada al UE.
Dedicated Control Channel	DCCH	Control	FDD TDD	UL DL	99,4,5,6	Intercambio de información control entre UE y red.
Common Control Channel	CCCH	Control	FDD TDD	UL DL	99,4,5,6	Transmisión de peticiones de acceso al servicio y mensajes de concesión de acceso.
Shared Control Channel	SHCCH	Control	TDD	UL DL	99,4,5,6	Transmisión de información de control entre la red y los UEs.
MBMS point to multipoint Control Channel	MCCH	Control	FDD TDD	DL	6	Envío de información de control desde la red hacia un grupo de terminales.
MBMS point to multipoint Scheduling Channel	MSCH	Control	FDD TDD	DL	6	Envío de información de itinerarios control desde la red hacia un grupo de terminales.
Dedicated Traffic Channel	DTCH	Tráfico	FDD TDD	UL DL	99,4,5,6	Transferencia de datos dedicado.
Common Traffic Channel	CTCH	Tráfico	FDD TDD	DL	99,4,5,6	Transferencia de datos desde la red hacia todos o algunos terminales.
MBMS point to multipoint Traffic Channel	MTCH	Tráfico	FDD TDD	DL	6	Transferencia de datos desde la red hacia un grupo de terminales.

Tabla 2.10 Canales Lógicos

2.3.1.2.4. *Servicios de la subcapa RLC*

RLC se utiliza en el plano de control a través de las portadoras de radio de señalización (SRB) y en plano de usuario a través de las portadoras de radio (RB). Los servicios que presta la subcapa Radio Link Control (RLC) a las capas superiores son:

- Establecimiento y liberación de conexiones RLC.
- Transferencia de información en modo transparente (Tr), que incluye transporte de los PDUs de capas superiores sin añadir información protocolaria, sin embargo sí realiza segmentación y re-ensamble de información.
- Transferencia de información en modo unacknowledge o no confirmado (UM), que incluye detección de errores, entrega única y entrega inmediata.
- Transferencia de información en modo acknowledge o confirmado (AM), que incluye entrega libre de errores, entrega única, entrega en secuencia y entrega fuera de servicio.
- Entrega de confirmaciones de envío a capas superiores.
- Configuración de QoS desde la capa 3.
- Notificación de errores irrecuperables.

2.3.1.2.5. *Funciones de la subcapa RLC*

Las principales funciones que se realizan en esta subcapa son:

- Segmentación y re-ensamble de PDUs de longitud variable en PUs de la capa RLC más pequeños.
- Entrega de información en diferentes modos.
- Concatenación.
- Secuenciamiento de PDUs de capas superiores.

- Detección y corrección de errores.
- Detección de duplicación.
- Control de flujo.
- Función de suspensión/resumen de envío de información.

2.3.1.2.6. Servicios de la subcapa PDCP

Se lo utiliza solo en el plano de usuario y para conexiones de datos. Algunos de los servicios que presta la subcapa Packet Data Convergence Protocol (PDCP) a las capas superiores son:

- Recepción y transmisión de PDUs de la red en modo transparente.
- Recepción y transmisión de PDUs de la red en modo unacknowledge.
- Recepción y transmisión de PDUs de la red en modo acknowledge.

2.3.1.2.7. Funciones de la subcapa PDCP

Las principales funciones que se realizan en la subcapa PDCP son:

- Mapear los PDUs desde un protocolo de red hacia una entidad RLC.
- Comprimir en la entidad transmisora y descomprimir en la entidad receptora la información redundante de control de los PDUs (header compression y decompression).
- Compresión y descompresión de cabeceras TCP/IP si es necesario.

2.3.1.2.8. *Servicios de la subcapa BMC*

Se lo utiliza solo en el plano de usuario y para conexiones de datos. Algunos de los servicios que presta la subcapa Broadcast/Multicast Control (BMC) a las capas superiores son:

- Transmisiones de broadcast en modo transparente y unacknowledge.
- Transmisiones de multicast en modo transparente y unacknowledge.

2.3.1.2.9. *Funciones de la subcapa BMC*

Las funciones esenciales que se realizan en la subcapa BMC son:

- Almacenamiento de mensajes de broadcast para una celda.
- Monitoreo del volumen de tráfico y solicitudes de recursos de radio del CBS.
- Programación de envíos de mensajes BMC.
- Transmisión de mensajes BMC al UE.
- Entrega de mensajes de broadcast a capas superiores (NAS).

2.3.1.3. Capa de Red

Esta capa es la responsable de transmitir la información desde el origen hasta el destino. Para la capa de red dentro del modelo referencial de protocolos en el interfaz de radio Uu, se han definido los servicios y funciones únicamente de la subcapa RRC.

2.3.1.3.1. *Servicios de la subcapa RRC*

A este protocolo se lo utiliza en el plano de control. Algunos de los servicios que presta la subcapa Radio Resource Control (RRC) en el estrato Uu son:

- Control general: provee servicio compartido para envío de información de control en broadcast para todos los UE en un área geográfica.
- Notificación: provee paging y servicio de broadcast a un determinado UE.
- Control dedicado: provee servicio de establecimiento y liberación de conexiones y transferencia de mensajes usando estas conexiones.

2.3.1.3.2. *Funciones de la subcapa RRC*

Las funciones principales de esta subcapa son:

- Broadcast de información provista por el estrato de acceso y no acceso.
- Establecimiento, re-establecimiento, mantenimiento y liberación de conexiones RRC entre un UE y la UTRAN.
- Establecimiento, reconfiguración y liberación de portadoras de radio.
- Asignamiento, reconfiguración y liberación de recursos de radio para conexiones RRC.
- Función de movilidad para conexiones RRC.
- Ruteo de PDUs de capas superiores.
- Control de solicitudes de QoS.
- Control de potencia en lazo externo.
- Control de cifrado.

- Selección inicial de celda y re-selección en modo idle.
- Configuración inicial y ubicación de recursos para CBS.
- Control avanzado de timing.

2.3.2. MODELO REFERENCIAL DE PROTOCOLOS EN LA UTRAN

Esta arquitectura está formada por capas y planos. Existen dos capas: capa de red de radio (RNL, Radio Network Layer) y capa de transporte de red (TNL, Transport Network Layer). Los protocolos que se utilizan en la capa RNL son propios de UMTS, mientras que los utilizados en la capa TLN son protocolos no exclusivos de UMTS y que son utilizados por otras tecnologías, esta es la razón para separar la arquitectura en estos dos planos. La capa TLN agruparía a las capas inferiores del modelo OSI.

En cuanto a los planos se pueden distinguir 4: plano de usuario, plano de control, plano de control de transporte de red y plano de usuario de transporte de red.

El *plano de usuario* maneja la información de voz o datos del usuario. El *plano de control* se encarga de la señalización, incluye el protocolo de aplicación (AP) que es diferente para cada interfaz y la portadora de señalización para transportar el AP.

El *plano de control de transporte de red* es utilizado para el control de la señalización en la capa TNL. No incluye información de la capa RNL pero si utiliza el protocolo ALCAP para configurar las portadoras de datos y una portadora de señalización para transportar el ALCAP. Finalmente, el *plano de usuario de transporte de red* incluye las portadoras de datos para el plano de usuario y la portadora de señalización para el AP del plano de control.

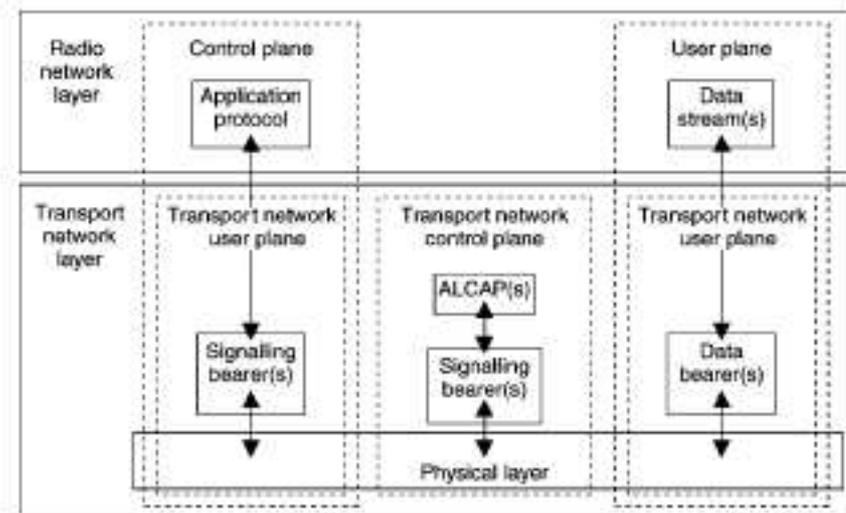


Fig. 2.23 Modelo referencial de protocolos en la UTRAN

2.3.2.1. Protocolos en el interfaz Iub

La interfaz Iub es una interfaz interna de la UTRAN y está entre un Nodo B y un RNC.

Los protocolos utilizados en el plano de control se muestran en la figura y a continuación se explica brevemente su función:

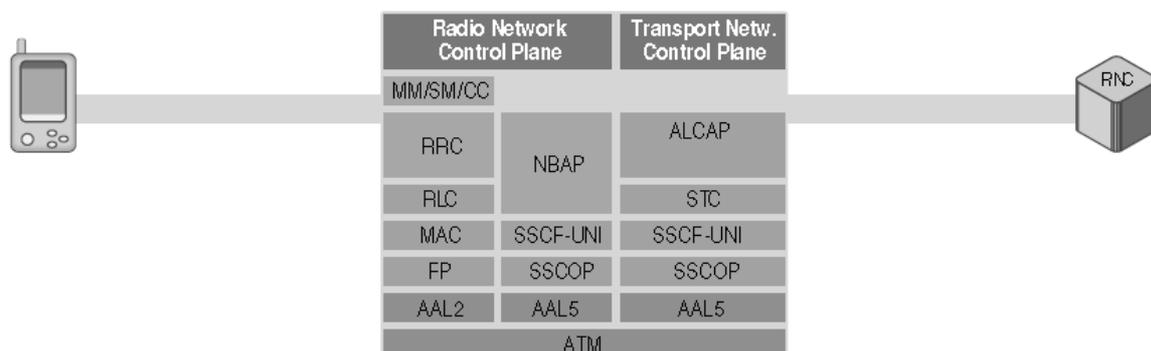


Fig. 2.24 Protocolos en el interfaz Iub plano de control

- ATM: Modo de Transferencia Asíncrona. Tecnología utilizada para la transmisión, en la capa física utiliza SDH sobre fibra óptica. La unidad más pequeña de ATM es la celda que es

transmitida en un canal virtual. Varios canales virtuales son enviados a través de un camino virtual.

- AAL: Capa de Adaptación de ATM. Para transmitir protocolos superiores sobre ATM es necesario tener subcapas de adaptación. Estas subcapas tienen un servicio específico de adaptación (SSCS) y una adaptación común (CPS). En UMTS se utilizan dos tipos de AAL: AAL2 y AAL5.
- FP: Protocolo de Framing: utilizado en los interfaces Iub y Iur para el entramado de los canales utilizados entre el SRNC y un Nodo B.
- SSCOP: Protocolo de Servicio Específico Orientado a la Conexión. Provee mecanismos para el establecimiento y liberación de conexiones para el intercambio confiable de señalización.
- MAC: Protocolo de Acceso al Medio. Coordina el acceso a la capa física. Mapea los canales lógicos en los canales de transporte. Además selecciona el TFP apropiado dependiendo de la velocidad de transmisión.
- SSCF: Función de Coordinación de Servicio Específico. No es un protocolo pero es una función interna de coordinación que realiza adaptación interna de la información entrante y saliente las capas superiores. Hay dos tipos: Usuario-Red-I/F (SSCF-UNI) y Red-Red-I/F (SSCF-NNI).
- RLC: Protocolo de Control del Enlace de Radio. Ofrece servicios de transporte a las capas superiores (RBSs).
- RRC: Protocolo de Control de Recursos de Radio. Provee servicio de transferencia de información para el NAS y es responsable en UMTS de la configuración de las capas 1 y 2.
- NBAP: Parte de Aplicación del Nodo B. Protocolo utilizado para configurar y manejar el Nodo B por parte del RNC. Además se utiliza para configurar los canales utilizados por los interfaces Iub y Uu.

- STC: Convertidor de Señalización de Transporte. Utilizado por la TNL. Es una función interna encargada de convertir primitivas (ej. MTP3, MTP3B) según los requerimientos.
- ALCAP: es el nombre genérico para el protocolo de transporte de señalización utilizado para levantar y bajar las portadoras de transporte. En UMTS se llama AAL2L3.
- MM: Manejo de Movilidad. Es un término genérico para las funciones específicas de movilidad provistas por la PLMN.
- SM: Manejo de Sesiones. Protocolo que crea, modifica, monitorea y termina sesiones entre varios participantes.
- CC: Control de Llamadas. Incluye procedimientos básicos para control de llamadas móviles, entre ellos establecimiento de llamada, Fase de información de llamada, Despeje de llamada, etc.

Los protocolos utilizados en el plano de usuario se muestran en la figura y a continuación se explica brevemente la función de los protocolos aún no especificados:

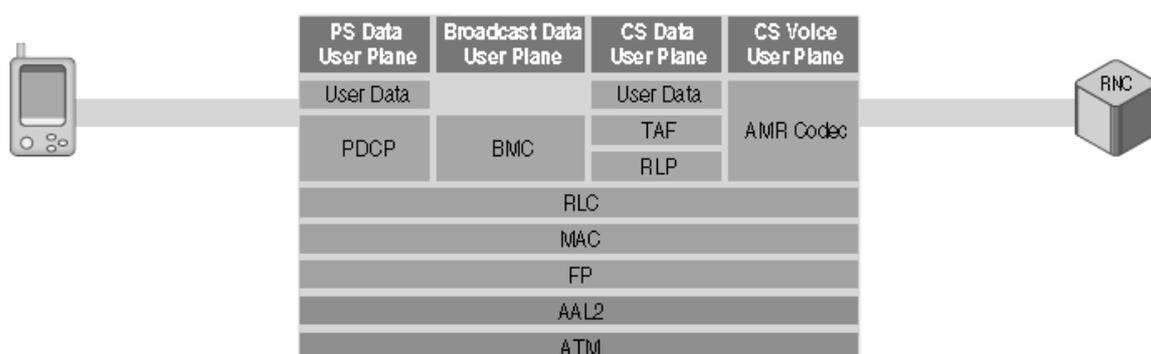


Fig. 2.25 Protocolos en el interfaz de usuario en el plano de usuario

- PDCP: Protocolo de Convergencia de Paquetes de Datos. Protocolo que se utiliza en el plano de usuario en el dominio PS.
- BMC: Protocolo de Broadcast y Multicast. Protocolo que se utiliza en el plano de usuario. Adapta los servicios de broadcast y multicast al interfaz de radio.

- TAF: Función de Adaptación de Terminal. Un protocolo de conversión que soporta conexiones de diferentes tipos de TEs y MTs.
- RLP: Protocolo de Enlace de Radio. Protocolo que controla las transmisiones de datos en el dominio CS.
- AMR: Adaptive Multirate. Ofrece un amplio rango de velocidades.

2.3.2.2. Protocolos en el interfaz Iu-CS

La interfaz Iu-CS es una interfaz externa de la UTRAN y comunica al RNC y el 3GMSC. Se lo utiliza en el dominio CS.

Los protocolos utilizados en el plano de control y de usuario se muestran en la figura y a continuación se explica brevemente la función de los protocolos aún no especificados:

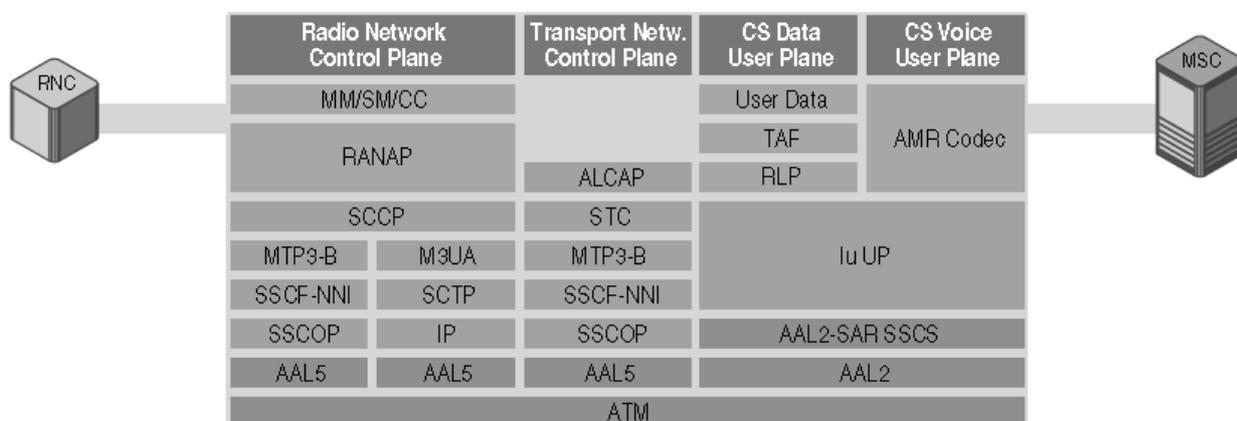


Fig. 2.26 Protocolos en el interfaz Iu-CS planos de Control/Usuario

- IP: Protocolo de Internet. Es un protocolo que provee servicios no orientados a la conexión entre redes, incluye direccionamiento, seguridad, especificación del tipo de servicio, fragmentación y re-ensamble de información.

- SCTP: Protocolo de Control de Transmisión de Flujo. Es un protocolo de transporte que provee transferencia de datos con confirmaciones, libre de errores y sin duplicaciones.
- MTP3-B: Parte de Transferencia de Mensajes de nivel 3 de Banda ancha. Provee identificación y transporte a los mensajes de capas superiores.
- M3UA: MTP de nivel 3 para Adaptación de Usuario.
- SCCP: Parte de Control de Señalización de Conexión. Provee un servicio para transferencia de mensajes entre dos puntos de señalización de la misma red o redes diferentes.
- RANAP: Parte de Aplicación de Radio Acceso de Red. Provee la señalización entre la UTRAN y el CN. Incluye servicios de control general, de notificación y servicios dedicados de control.

2.3.2.3. Protocolos en el interfaz Iu-PS

La interfaz Iu-PS es una interfaz externa de la UTRAN y comunica al RNC y el 3GSGSN. Se lo utiliza en el dominio PS.

Los protocolos utilizados son los mismos que en la interfaz Iu-CS tanto para el plano de control como para el de usuario y se muestran en la figura.

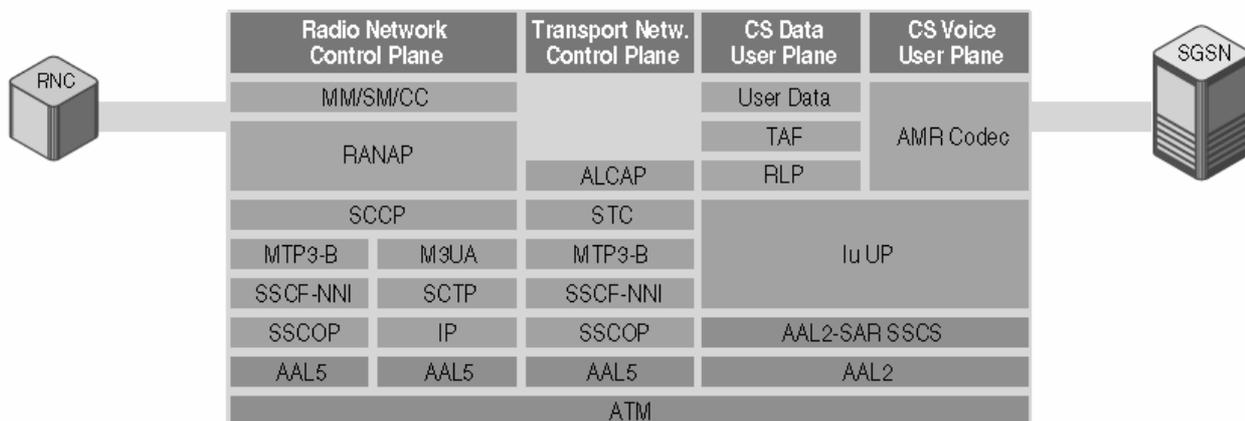


Fig. 2.27 Protocolos en el interfaz Iu-PS planos de Control/Usuario

2.3.2.4. Protocolos en el interfaz Iur

La interfaz Iur es una interfaz interna de la UTRAN y comunica a un RNC con otro RNC.

Los protocolos utilizados en el plano de control y de usuario se muestran en la figura y a continuación se explica brevemente la función de los protocolos aún no especificados:

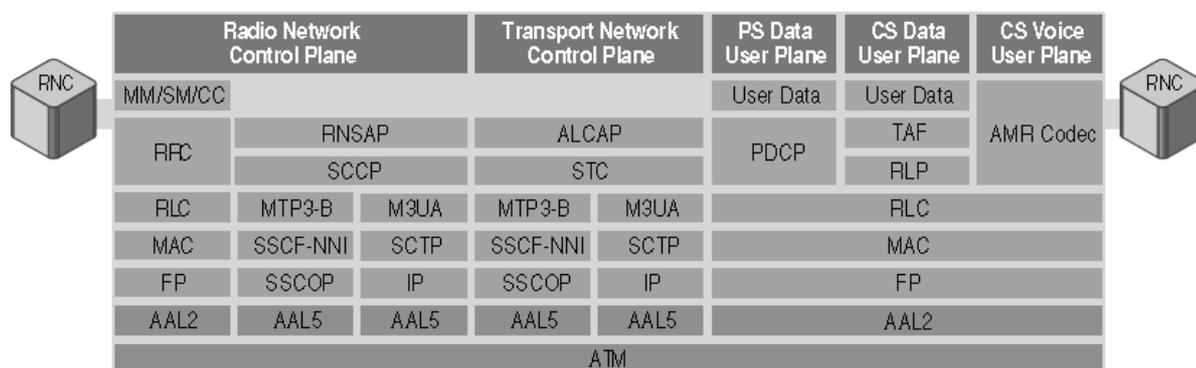


Fig. 2.28 Protocolos en el interfaz Iur planos de Control/Usuario

- RNSAP: Parte de Aplicación del Subsistema de Red de Radio. Es un protocolo de comunicación utilizado en el interfaz Iur para comunicar RNCs. Sus principales funciones son: administración del enlace de radio, reconfiguración de los canales físicos, transferencia de señalización CCCH.

2.3.3. MODELO REFERENCIAL DE PROTOCOLOS EN EL CN

La arquitectura de protocolos del CN para UMTS se deriva de la arquitectura de GSM/GPRS. Por lo tanto se distinguen cinco conjuntos de protocolos:

- *Protocolos del estrato de no-acceso entre UEs y el CN:* estos protocolos son transportados sobre la conexión de señalización en el acceso inicial y la fase de establecimiento de la conexión de señalización. Se distinguen dos subcapas en el estrato de no acceso, la una es de administración de movilidad o MM (en el dominio PS se usa el protocolo GMM y en el dominio de CS el protocolo MM), y la otra es de control de la comunicación o CM (consta de cuatro funciones: SM, CC, SS y GSMS/SMS).
- *Protocolos de control de señalización de red entre redes servidoras y redes base:* utiliza el protocolo MAP para controlar las interfaces C, D, E, F y G originales del sistema GSM y las interfaces Gc, Gr, Gf y Gs originales del sistema GPRS.
- *Protocolos de la red de backbone de paquetes de datos:* también es adoptado el conjunto de paquetes utilizados en el dominio PS del sistema GPRS. Se reutilizan todos los protocolos y los basados en IP. El único nuevo protocolo es GTP o Protocolo de Tunneling para GPRS que se utiliza en las interfaces Gn y Gp. El protocolo GTP es dividido en dos sub-protocolos: GTP-C para el plano de control y GTP-U para el plano de usuario.
- *Protocolos de control de la red de tránsito:* se utilizan para comunicarse con otras redes. En el caso del dominio CS generalmente protocolos internacionales correspondientes a las redes PSTN/ISDN (por ejemplo ISUP) mientras que para el dominio PS son redes basadas en IP.
- *Protocolos de control de servicio:* se utiliza el protocolo CAP o CAMEL Application Part que es un protocolo basado en transacción y que puede utilizar el servicio TCAP y la señalización SS7 para efectuar las tareas de control.

Existen varias interfaces utilizadas por el CN para comunicar a los elementos de red entre sí. A continuación se indican las principales junto con los protocolos que utilizan tal como se hizo en la sección anterior.

2.3.3.1. Protocolos en el interfaz E

El interfaz E es utilizado en el dominio CS para comunicar el MSC con el GMSC y el GMSC y el STP.

Los protocolos utilizados en el plano de control y de usuario se muestran en la figura y a continuación se explica brevemente la función de los protocolos aún no especificados:

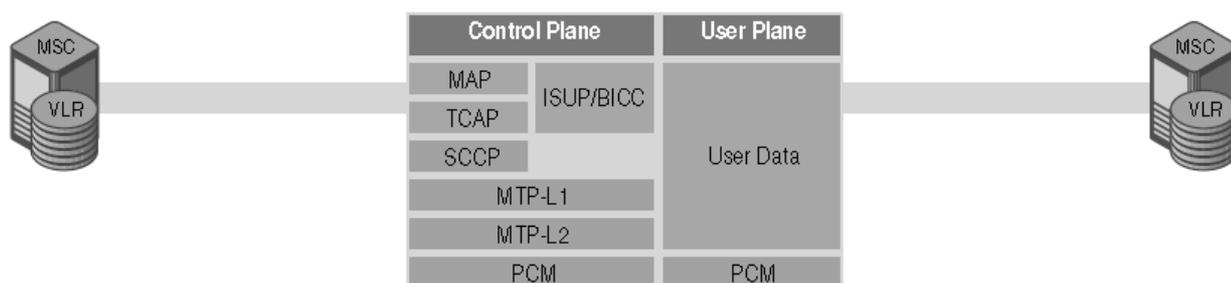


Fig. 2.29 Protocolos en el interfaz E planos de Control/Usuario

- PCM: Modulación de Pulsos Codificados. A una señal analógica se convierte en una señal digital por medio de un filtrado, muestreo, cuantificación y codificación.
- MTP-L1: Parte de Transferencia de Mensajes de nivel 1.
- MTP-L2: Parte de Transferencia de Mensajes de nivel 2.
- MAP: Parte de Aplicación Móvil. Permite comunicaciones en tiempo real entre nodos en redes móviles. Por ejemplo transferencia de información de localización del VLR al HLR.
- TCAP: Parte de Aplicación de Capacidad de Transacción. Permite el desarrollo de inteligencia avanzada en redes por

medio de soportar intercambio de información entre puntos de señalización a través de conexiones SCCP.

- ISUP: Parte del Usuario de ISDN. Parte de la capa del protocolo SS7 utilizado para configurar, administrar y liberar llamadas de voz y datos.

2.3.3.2. Protocolos en el interfaz Gn

El interfaz Gn es utilizado en el dominio PS para comunicar el SGSN y el GGSN.

Los protocolos utilizados en el plano de control y de usuario se muestran en la figura y a continuación se explica brevemente la función de los protocolos aún no especificados:

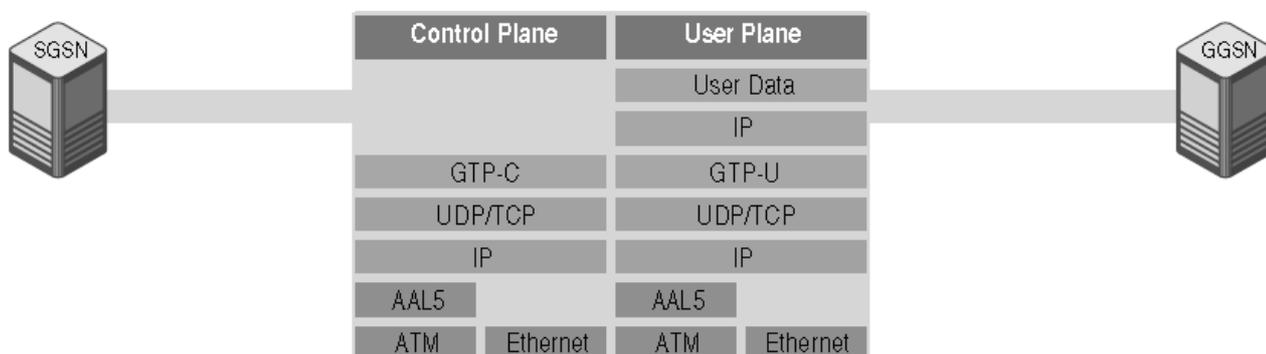


Fig. 2.30 Protocolos en el interfaz E planos de Control/Usuario

- Ethernet: Tecnología basada en CSMA/CD para el acceso al medio de transmisión.
- GTP-C: Protocolo de Tunneling para GPRS en el plano de Control. Los mensajes GTP son intercambiados entre GSNs para crear, actualizar y borrar túneles GTP, para administrar trayectos y para comunicar GSN y Charging Gateways.
- GTP-U: Protocolo de Tunneling para GPRS en el plano de Usuario. Los mensajes GTP son intercambiados entre GSNs o

entre un GSN y un RNC para administrar trayectos, detectar errores, transportar datos de usuarios y mensajes de señalización.

- TCP: Protocolo de Transmisión de Control: Es un protocolo de transporte orientado a la conexión, se encapsula sobre el protocolo IP.
- UDP: Protocolo de Datagrama de Usuario. Es un protocolo de transporte no orientado a la conexión, se encapsula sobre el protocolo IP.

2.3.4. MODELO COMBINADO DE PROTOCOLOS

Esta arquitectura de protocolos abarca todas las interfaces que utiliza UMTS en el UE, la UTRAN y el CN en vista de ello se conoce como modelo combinado. Divide los protocolos en capas y planos. Las tres capas que forman parte de la arquitectura son: Red de Transporte, Red de Radio y Red del Sistema. Por otra parte los planos son: de control y de usuario. Los protocolos del plano de control interactúan entre sí a través de las diferentes capas para asegurar una administración correcta de recursos y servicios. De manera similar los protocolos el plano de usuario también interactúan para asegurar el flujo de datos punto a punto a través de la red.

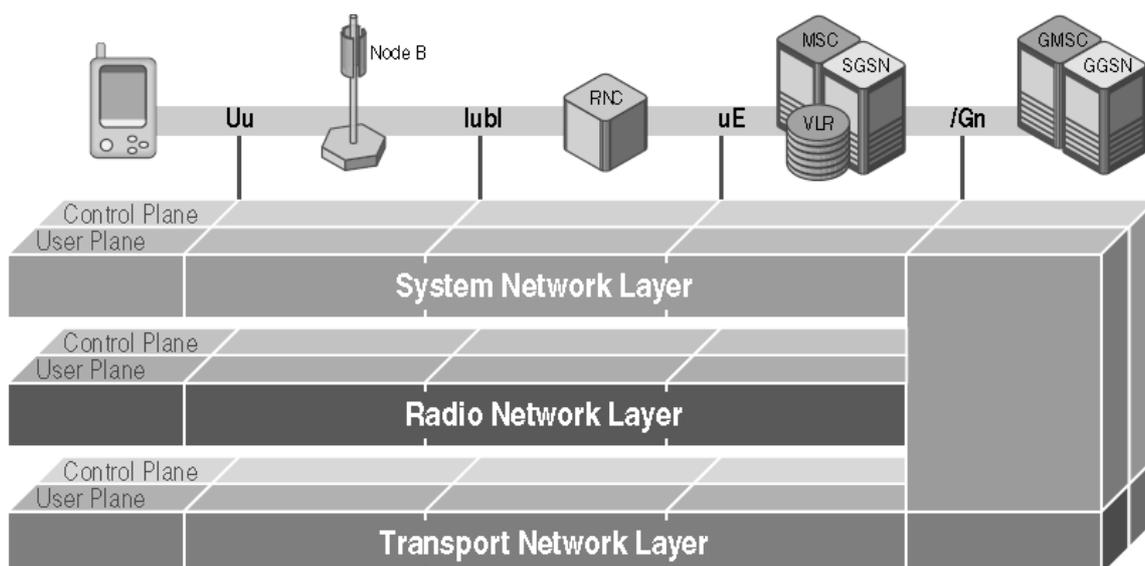


Fig. 2.31 modelo referencial combinado

2.3.4.1. Capa de Red de Transporte

La función de esta capa es proveer servicios de transporte a todos los elementos de la red a través de las interfaces mencionadas anteriormente. Los protocolos utilizados en esta capa no son específicos de la tecnología UMTS.

En más detalle la red de transporte se encarga de la adecuación de la señal al medio físico, de la transmisión de los datos, de la Multiplexación, de la conmutación y del enrutamiento.

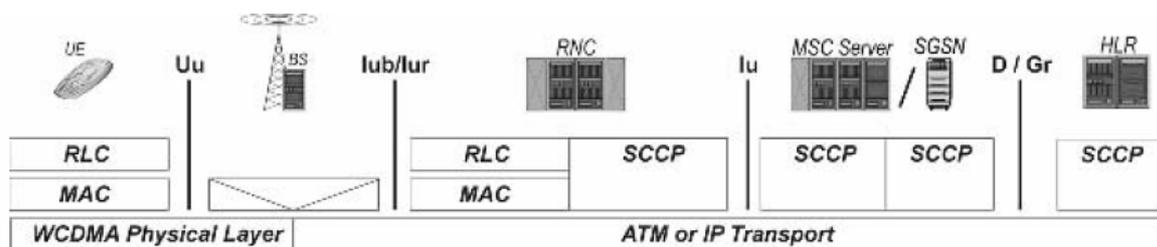


Fig. 2.32 Capa de Red de Transporte plano de control

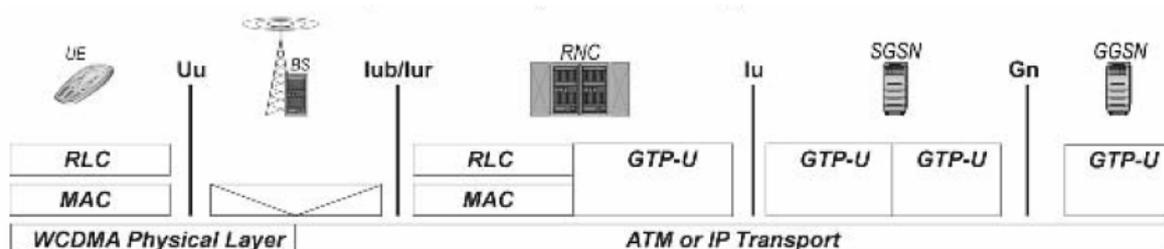


Fig. 2.33 Capa de Red de Transporte plano de usuario (dominio PS)

2.3.4.2. Capa de Red de Radio

Esta capa se extiende desde el UE a través de toda la UTRAN y termina en la interfaz Iu al margen del CN. La función de los protocolos de esta capa es de controlar el establecimiento, mantenimiento y liberación de las portadoras del servicio de radio y transferir datos de usuarios entre el UE y la UTRAN.

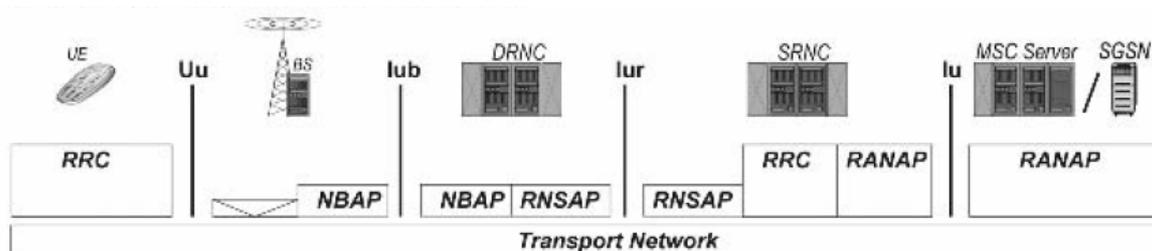


Fig. 2.34 Capa de Red de Radio plano de control

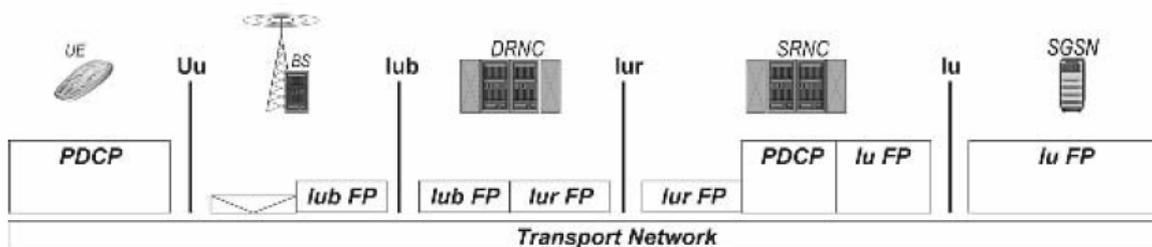


Fig. 2.35 Capa de Red de Radio plano de usuario

2.3.4.3. Capa de Red del Sistema

Mientras que la red da radio hace posible la comunicación a través de la UTRAN por medio de establecer un camino hacia el terminal, es la Red del Sistema es la que crea la comunicación con los servicios para esos usuarios. La capa de Red del Sistema funciona sobre la capa de Red de Radio y en el CN.

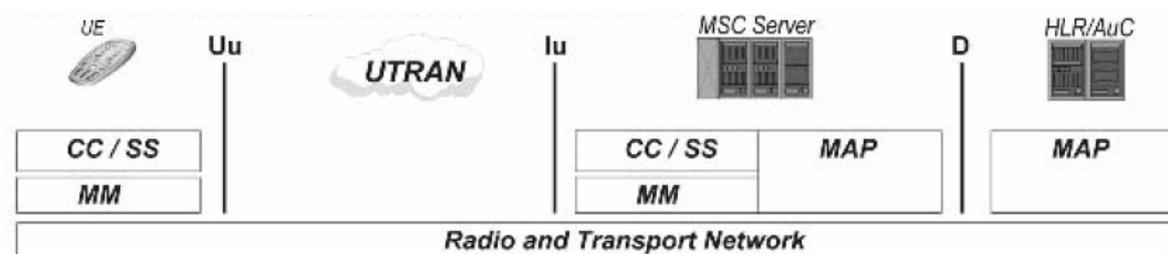


Fig. 2.36 Capa de Red del Sistema plano de control

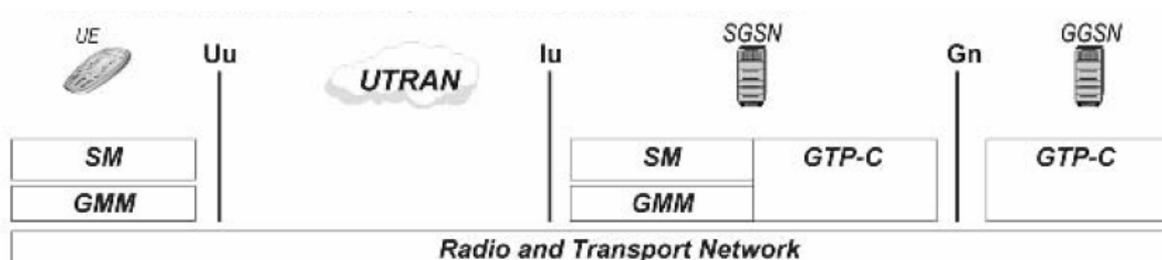


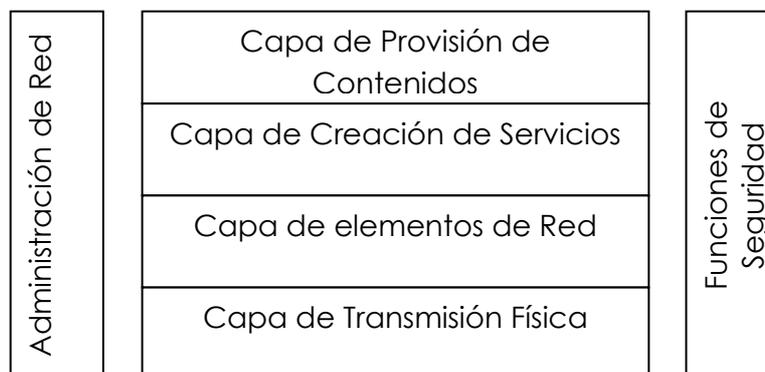
Fig. 2.37 Capa de Red del Sistema plano de usuario

2.4. ARQUITECTURA DE SERVICIOS Y APLICACIONES

Un servicio está definido como el conjunto de actividades destinadas a satisfacer una necesidad de los usuarios. En el contexto de telecomunicaciones se refiere a todos los servicios ofrecidos por las redes, operadores o proveedores de servicios que son entregados al usuario final. Por otra parte, las aplicaciones se definen como acciones específicas que se realizan sobre los servicios utilizados. Es decir un mismo servicio puede tener varias aplicaciones que lo utilizan.

Desde el punto de vista del servicio, la arquitectura de UMTS tiene el modelo que se presenta en la figura 2.38. Se ha dividido en cuatro capas. La primera capa se encarga de la transmisión física. La segunda capa corresponde a los elementos de la red. La tercera capa es para la creación de los servicios finales y la cuarta capa es para la provisión de contenidos.

Fig. 2.38 Arquitectura de UMTS desde el punto de vista de los Servicios



En este esquema una operadora puede ser quien se encarga únicamente de entregar los servicios y aplicaciones al usuario final o también puede participar en la creación de ellos, esto dependerá del modelo de negocio adoptado.

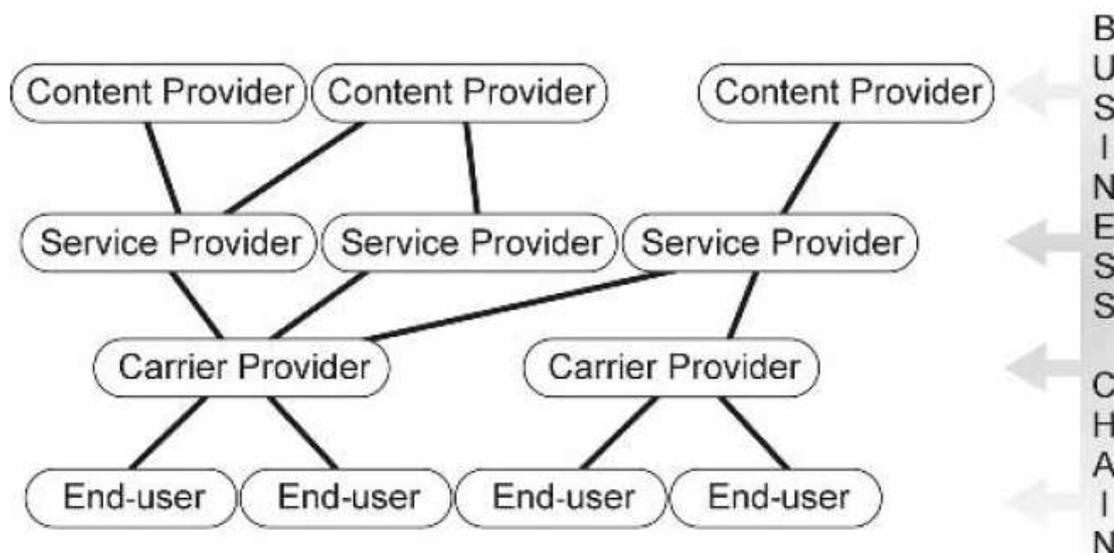


Fig. 2.39

En la arquitectura de servicios se distingue entre proveedores de servicios, contenido y transporte

2.4.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS SERVICIOS

En general para que un determinado servicio tenga éxito debe tener las siguientes características:

- Simplicidad en la red y en el servicio: si el servicio es muy complicado de entender y utilizar para el usuario simplemente no lo va a hacer. Por otro lado, si su implementación y/o administración en la red es muy compleja, esto generará aumento considerable del OPEX y del CAPEX, que podrían convertir a un servicio en no rentable.
- Red de transporte uniforme: independiente del tipo de servicio, la red debe ser capaz de transportar y entregar de manera adecuada todos los servicios. Crear un tipo de transporte según el servicio convertiría a la red en costosa e ineficiente.
- Esquemas de cobro acordes con el servicio: un servicio puede ser cobrado por tiempo, por datos transferidos, por suscripción, etc.
- Disponibilidad total: el servicio debe estar disponible al usuario a toda hora y en cualquier lugar.

Dentro de la tecnología UMTS se han definido otras características técnicas que se deben cumplir para la realización de los servicios, por ejemplo la calidad de servicio (QoS), creación y ejecución adecuada del servicio y la seguridad y privacidad de los mismos. A continuación se explican las principales:

2.4.1.1. Arquitectura QoS

La calidad de servicio se refiere a la adecuada asignación de recursos para un determinado servicio (por ejemplo ancho de banda, velocidad, BER). Es decir garantizar una entrega satisfactoria del servicio en un tiempo determinado desde la percepción del usuario final.

Dentro de la arquitectura de QoS utilizada en UMTS se han definido cuatro tipos de tráfico:

2.4.1.1.1. Tráfico Conversacional

Las comunicaciones en tiempo real de audio y video forman parte de este tipo de tráfico. Este tipo de tráfico está caracterizado por retardos pequeños y variaciones mínimas de retardo en la entrega de los SDUs. Ejemplo de este tipo de tráfico es la telefonía, video conferencia, videotelefonía, VoIP.

2.4.1.1.2. Tráfico Afluente

Este tráfico abarca las aplicaciones para descarga de contenidos multimedia para su reproducción en línea, se lo llama streaming y puede ser de audio y de video. Este tipo de tráfico es unidireccional (hacia el usuario) y soporta retardos y variaciones de retardos moderados que dependen de la aplicación utilizada por el usuario.

2.4.1.1.3. *Tráfico Interactivo*

Se refieren a comunicaciones dentro del esquema pedido-respuesta, en la cual se espera que el servidor envíe respuesta al usuario en un lapso razonable. Un factor esencial es el tiempo de retardo de round trip o salto. Otra característica es el envío de paquetes con un bajo BER. Ejemplos de este tipo de tráfico es la navegación web, acceso remoto y consultas a bases de datos.

2.4.1.1.4. *Tráfico Diferible*

También conocido como tráfico de background. Es un tipo de tráfico en el que no se espera una respuesta inmediata. Por lo tanto no es sensible a los tiempos de retardo, sin embargo si es necesaria la entrega de los paquetes de datos libres de errores. Ejemplos de este tipo de tráfico son: correo electrónico y descarga de archivos.

En función del tipo de tráfico se pueden ajustar los atributos de QoS. Los parámetros que son ajustables en la QoS son:

- Velocidad máxima.
- Velocidad garantizada.
- Orden de entrega.
- Tamaño máximo del SDU.
- Información sobre el formato del SDU.
- Radio de error del SDU.
- Radio de error residual de bits.
- Entrega de SDUs erróneos.
- Retraso en la transferencia.
- Manejo de prioridad de tráfico.
- Prioridad de locación y retención.
- Indicación de señalización.

La realización técnica de la combinación de varios parámetros QoS que forman un tipo de tráfico con ciertas características se conoce como portadora. Una portadora por tanto es un conjunto de recursos de red establecidos para satisfacer ciertos requerimientos de QoS y por tanto un pedido de servicio de un usuario final. La siguiente gráfica muestra las portadoras que se utilizan en UMTS y como se combinan entre sí.

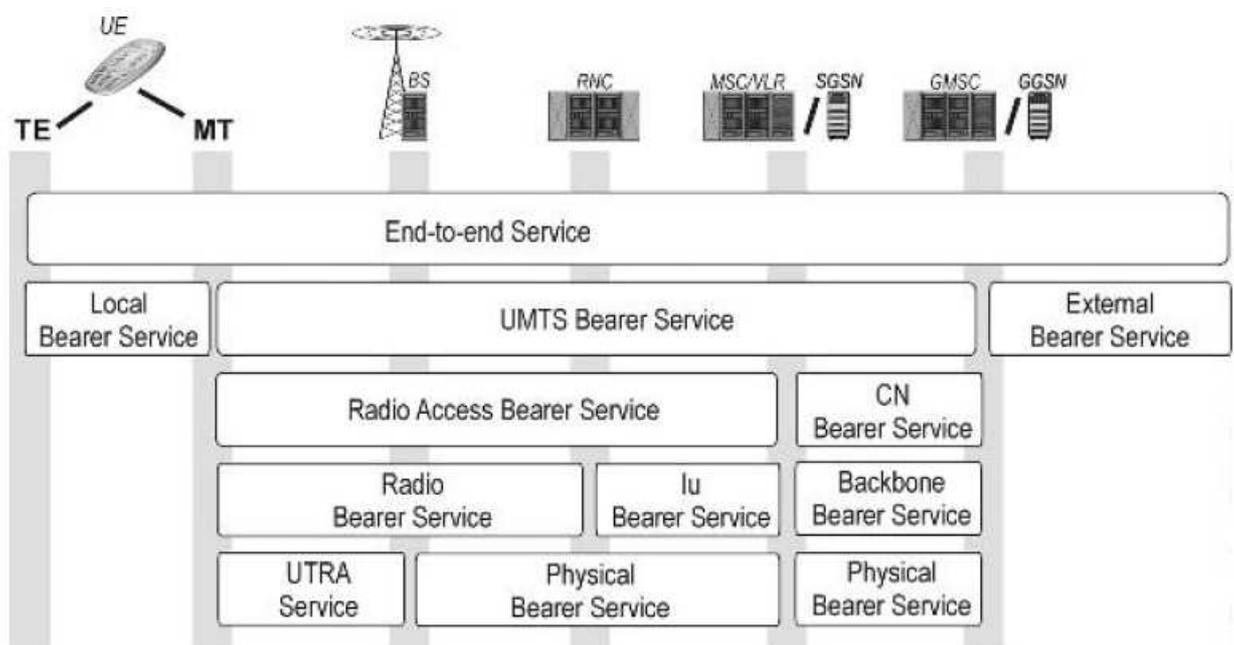


Fig. 2.40

Portadoras de servicio en UMTS para garantizar QoS

La 3GPP persigue el objetivo de que la red UMTS sea totalmente IP. La entrega de la información en IP se conoce como “del mejor esfuerzo”, es decir no está garantizada. Para lograr tener calidad de servicio en una red IP los mecanismos utilizados por QoS son complejos y diversos entre ellos: Protocolo de Reservación (RSVP), Servicios Diferenciados (DiffServ) y MPLS.

2.4.1.2. OSA

La arquitectura de servicios abierta (OSA) permite la rápida creación de servicios y su correcta ejecución al establecer una estructura independiente del servicio y de la tecnología de red utilizada. Se emplea esta arquitectura para todo tipo de servicios de voz y datos.

OSA define los interfaces que deben utilizarse en la comunicación: interfaces del sistema e interfaces del servicio.

2.4.1.2.1. Interfaces del sistema

Permiten desarrollar funcionalidades generales para todos los servicios, entre ellas: seguridad, manejo de perfiles de usuario, registros de servicio.

2.4.1.2.2. Interfaces del servicio

Se aplican únicamente a servicios específicos, las funcionalidades son: ubicación de usuario, control de llamadas, mensajería.

2.4.1.3. Seguridad

La seguridad en las redes UMTS no es exclusiva de los servicios y aplicaciones. Sin embargo este tema es crítico para el éxito de los servicios razón por la cual ha sido incluido en esta sección. Además la seguridad en UMTS no se limita al acceso (entre UE y UTRAN) sino a través de toda la red y hacia agentes externos como otras redes y proveedores de servicios y contenidos.

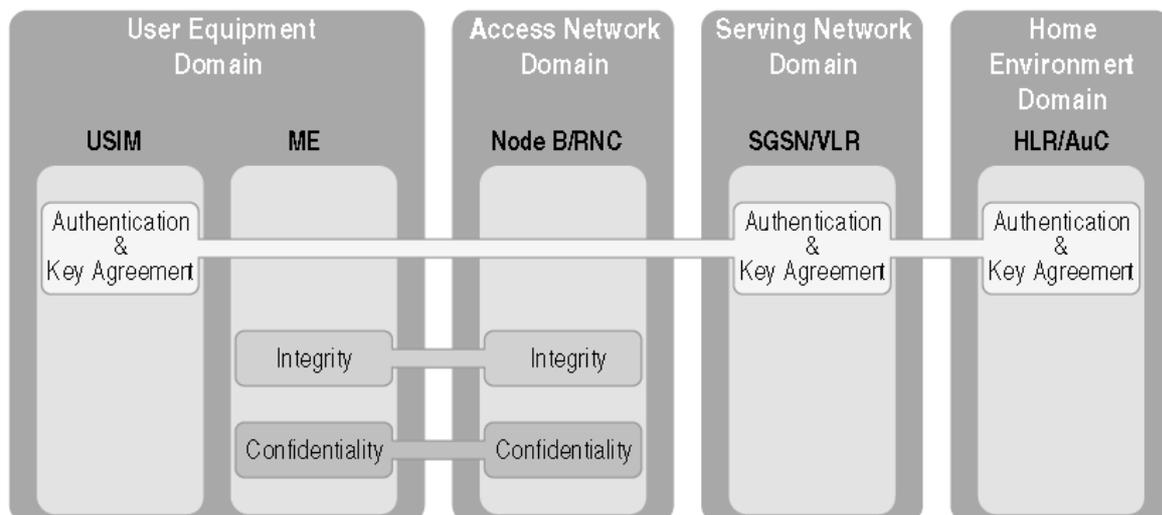


Fig. 2.41 Arquitectura de Seguridad en UMTS

2.4.1.3.1. Seguridad en la UTRAN

En UMTS se mejoran los métodos utilizados para dar seguridad en GSM y se introducen nuevos procedimientos:

- *Identidades temporales*

Esta técnica es heredada de GSM. La identidad permanente del usuario tanto en GSM como en UMTS es el IMSI. Sin embargo, la identificación del usuario en UMTS se realiza en la mayoría de los casos mediante identidades temporales: para el dominio CS se usa TMSI y para el dominio PS se usa el P-TMSI.

- *Autenticación mutua*

La técnica de autenticación también es heredada desde los sistemas GSM pero se añaden otras características. El usuario se autentica hacia la red. Sin embargo en UMTS se añade la autenticación de la red hacia el usuario. Además se realiza un acuerdo de claves (el proceso completo se conoce como AKA: Authentication & Key Agreement), donde se genera la clave de

cifrado y de integridad necesaria para los siguientes pasos. Las entidades envueltas en la autenticación son la red base (HN), la red servidora (SN) y el terminal (específicamente la USIM). Otro procedimiento que se utiliza a partir del Rel. 99 es la autenticación del usuario hacia la USIM.

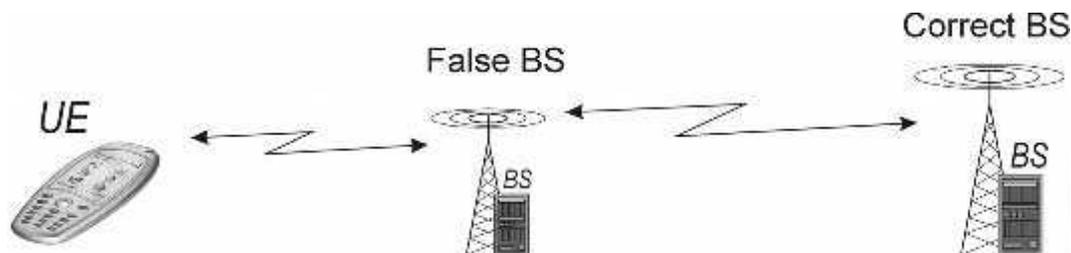


Fig. 2.42 El uso de BS falsas se evita con autenticación mutua

- *Integridad*

También es implementada en GSM. La integridad es utilizada para asegurar que la información de señalización entre el usuario y la red no ha sido manipulada. La integridad de la información se realiza en la subcapa RRC y por lo tanto en la comunicación entre el terminal y el RNC igual que la encriptación. Para lograrlo utiliza las claves generadas previamente en la etapa de autenticación.

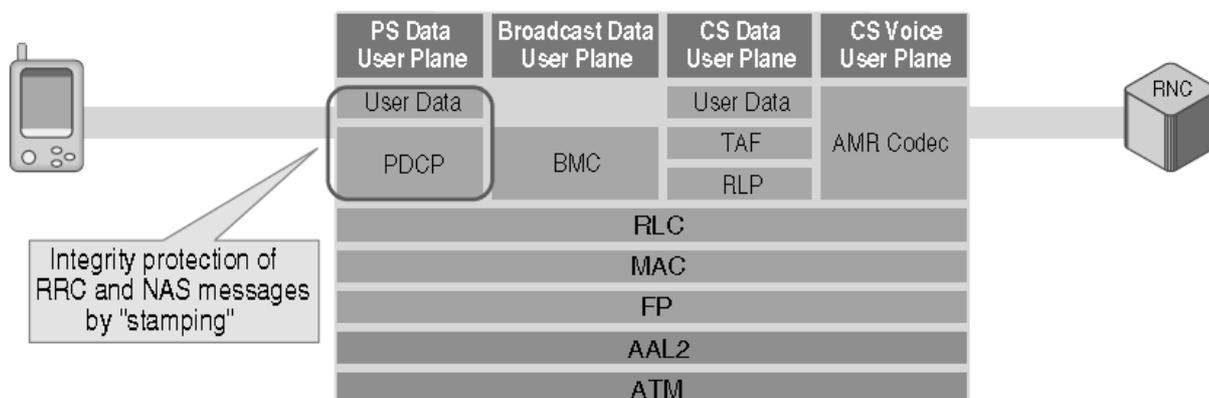


Fig. 2.43 La Integridad se realiza entre el UE y el RNC

- *Confidencialidad*

Se utiliza para mantener la información privada de fuentes no deseadas. Para lograrlo se utiliza la encriptación o cifrado de la información tanto de usuario como de señalización. El algoritmo utilizado es el de KASUMI. Parte de la confidencialidad también es la posición e identidad del usuario.

2.4.1.3.2. *Seguridad en las capas de Red y Sistema*

Una debilidad en los sistemas GSM es que la información es transmitida de forma insegura a través de otras redes. En UMTS la información se protege utilizando el protocolo de Seguridad IP (IPSec) que provee confidencialidad e integridad en las comunicaciones a nivel de la capa IP. En el caso de las redes que utilizan SS7 se utiliza un mecanismo de seguridad desarrollado a partir del protocolo MAP y se llama MAPSec, que de igual forma provee confidencialidad e integridad.

- *IPSec*

IPSec es estandarizado por la IETF. IPSec es obligatorio en IPv6 pero opcional en IPv4. Los principales componentes de IPSec son: Cabecera de Autenticación (AH), Encapsulamiento de Seguridad de la Carga (ESP) e Intercambio de Claves de Internet (IKE).

ESP provee confidencialidad e integridad mientras AH solo provee solo integridad. Puede utilizarse uno o los dos mecanismos para proveer redundancia. Por su parte IKE se utiliza previo a estos mecanismos para acordar las claves de cifrado y autenticación.

- *MAPSec*

Existen 3 modos de funcionamiento. En el modo 0 no hay protección, en el modo 1 se protege la integridad y en el modo 2 se protege la integridad y confidencialidad de la información.

2.4.1.3.3. Seguridad en los servicios y aplicaciones

En la capa de aplicación (según el modelo de referencia OSI) tenemos algunos mecanismos que pueden ser utilizados para la seguridad. Los principales son: MIME Seguro (S-MIME) y Privacidad Muy Buena (PGP).

En la capa de sesión se utilizan los mecanismos SSL, TLS (su versión WTLS es utilizado en las sesiones WAP) y RADIUS que se usa para lograr AAA (autorización, autenticación y accounting).

Finalmente, en las redes UMTS que utilizan el subsistema IMS cuentan con sus propios mecanismos de seguridad. La seguridad en IMS se basa en tres principios:

- Seguridad permanente entre el UE y el HSS utilizando el módulo de seguridad del ISIM.
- Seguridad temporal entre el TE y el P-CSCF utilizando IPsec ESP.
- Todo el tráfico de control entre los diferentes nodos es protegido utilizando IPsec ESP y AH.

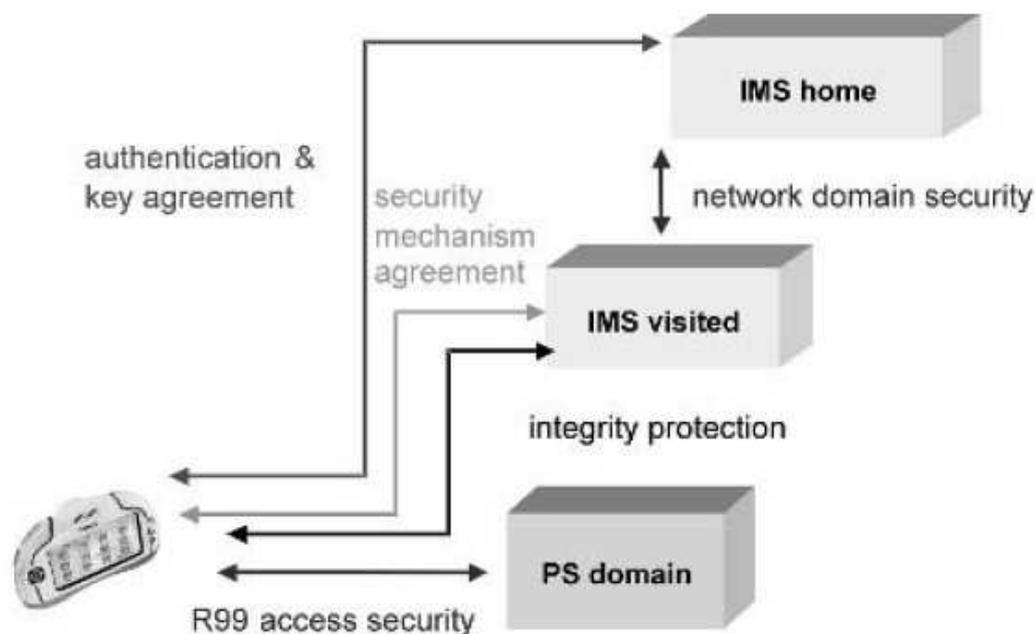


Fig. 2.44 Seguridad en IMS

2.4.2. SUBSISTEMAS DE SERVICIOS

Hasta aquí se ha definido que es un servicio y las características que debe tener. A continuación nos centramos en los servicios que se pueden brindar en UMTS. La sección 2.4.2 describe los elementos de red necesarios para crear los servicios llamados subsistemas de servicio y en la sección 2.4.3 se incluye la clasificación de los tipos de servicios que hay en UMTS.

2.4.2.1. Heredados de GSM

UMTS ha heredado todos los servicios de GSM tanto del dominio CS como del PS. UMTS reutiliza todos los elementos del CN de GSM para prestar estos servicios, sin embargo desde el Rel. 4 se introducen dos nuevos elementos que son el MSC Server y el MGW para añadir capacidad y escalabilidad al sistema.

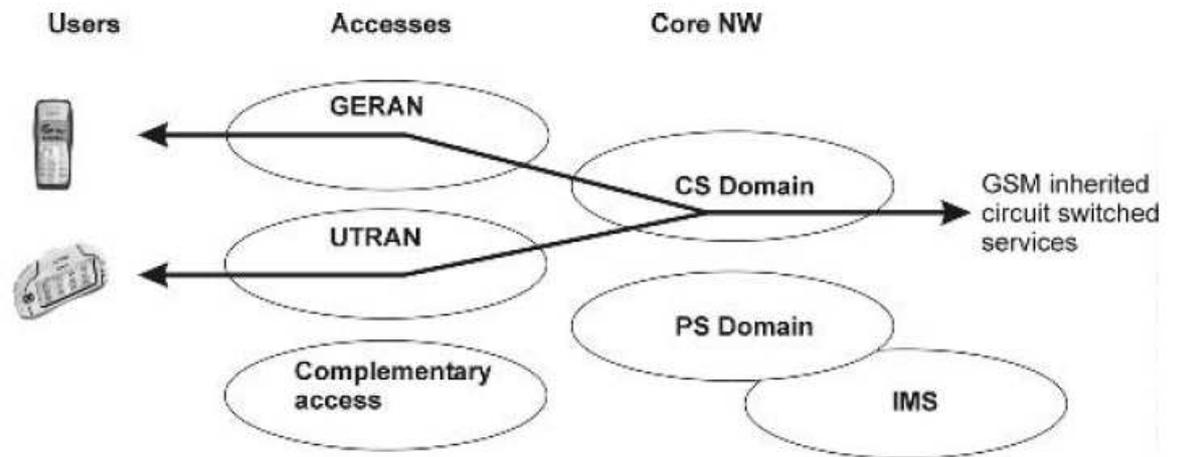


Fig. 2.45 Subsistema de servicios CS heredados de GSM

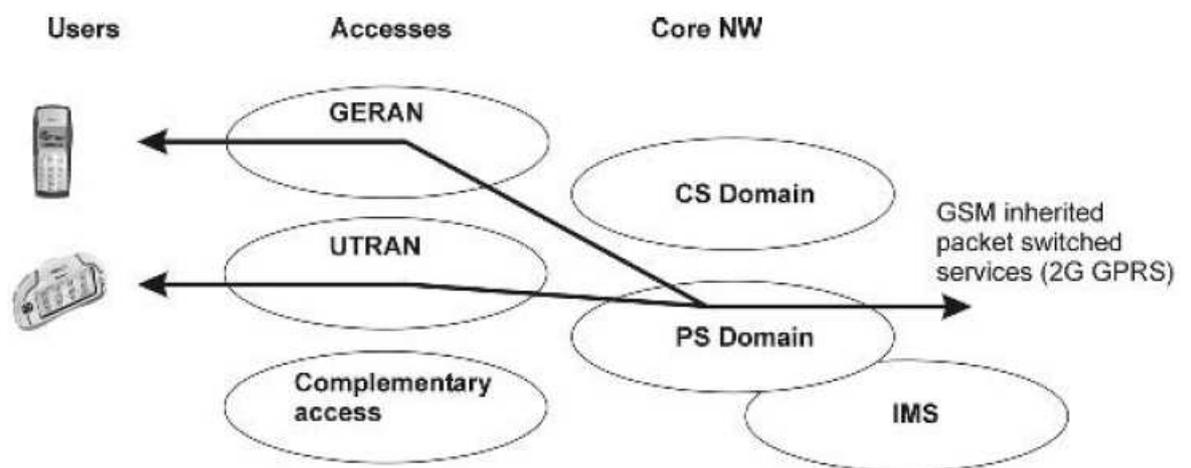


Fig. 2.46 Subsistema de servicios PS heredados de GSM

2.4.2.2. Facilitador de Navegación

Las aplicaciones para navegación deben ser complejas y deben ser capaces de soportar varios tipos de medios provistos por los servidores. Por ejemplo, el lenguaje utilizado para las páginas de Internet en su mayoría es XHTML que contiene HTML y WML (Wireless Mark-up Lenguaje) que da soporte para visualizar las páginas en terminales móviles. Sin embargo, para las imágenes y animaciones se utilizan

otros formatos como BMP, JPG, GIF, TIFF, PNG. El soporte a estos formatos es responsabilidad del terminal no de la red.

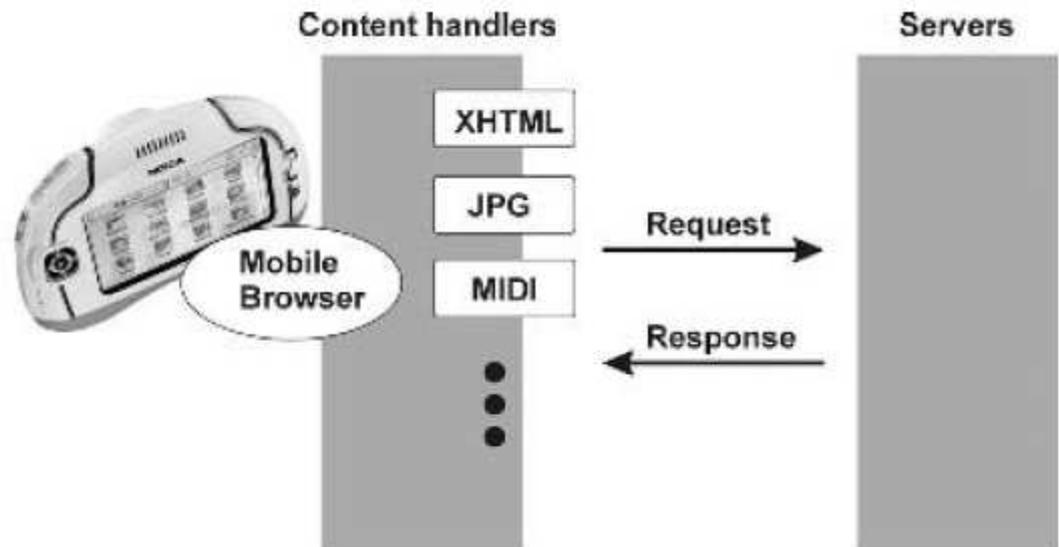


Fig. 2.47 Manejo de varios protocolos por parte del UE

Desde el punto de vista de la red, la navegación (browsing facilities) es una plataforma que provee un servicio básico que consiste en hacer disponibles conexiones y ser capaz de realizar dichas conexiones hacia servidores externos, lo cual realiza a través del dominio PS o si la red tiene implementado a través del subsistema IMS.

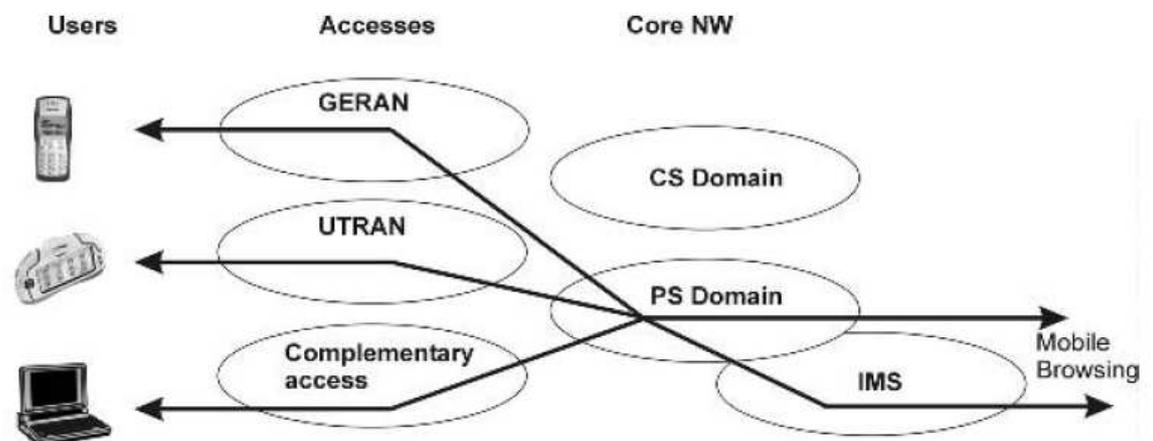


Fig. 2.48 Subsistema Facilitado de Navegación

2.4.2.3. USAT

Físicamente la UMTS SIM card es similar a un GSM Subscriber Identity Module (SIM) pero tiene características más avanzadas como mayor capacidad de procesamiento y de almacenamiento.

La USAT es una plataforma independiente que se utiliza para manipular la USIM, por ejemplo el menú del terminal para ofrecer más servicios y navegación. Se puede modificar además parámetros del suscriptor como el IMSI.

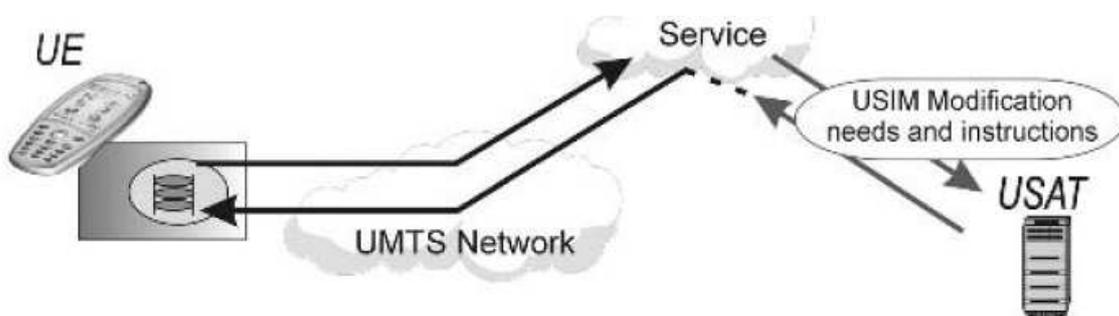


Fig. 2.49 Subsistema de servicios USAT

2.4.2.4. LCS

Existen varios métodos utilizados para localizar la posición de un usuario (location communication services). En las redes UMTS si el acceso es la GERAN se utilizan: Posicionamiento basado en el ID de la celda, Posicionamiento E-OTD y Posicionamiento GPS. Por otra parte si el acceso es por la UTRAN se emplea: Posicionamiento basado en el ID de la celda (llamado SAI), Posicionamiento OTDOA y Posicionamiento GPS.

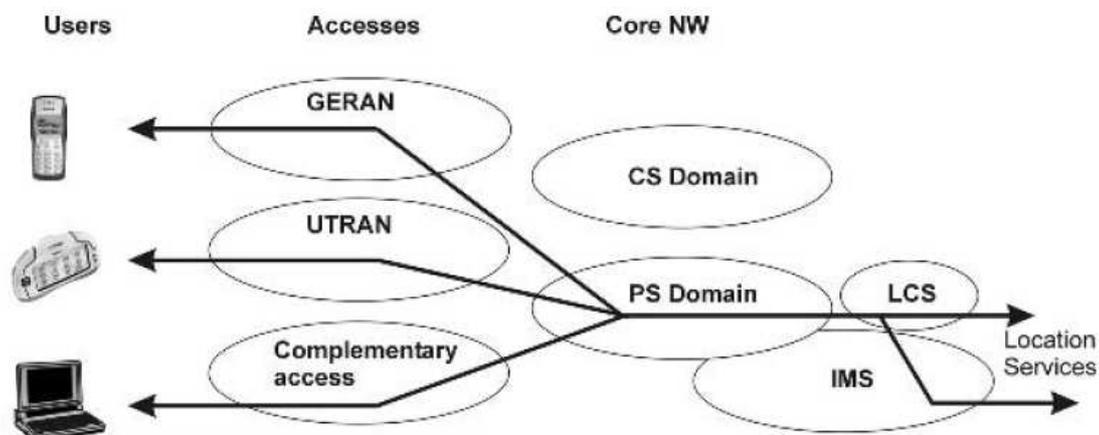


Fig. 2.50 Subsistema de localización

La funcionalidad de servicios de localización en el sistema UMTS se halla distribuida en varios elementos de la red. El principal elemento es la Pasarela Móvil del Centro de Localización (GMLC). También se utiliza el SRNC para obtener información para el posicionamiento de usuarios debido a que controla el soft handover. En caso de que se use GPS se tiene un elemento de red dedicado que es el SMLC.

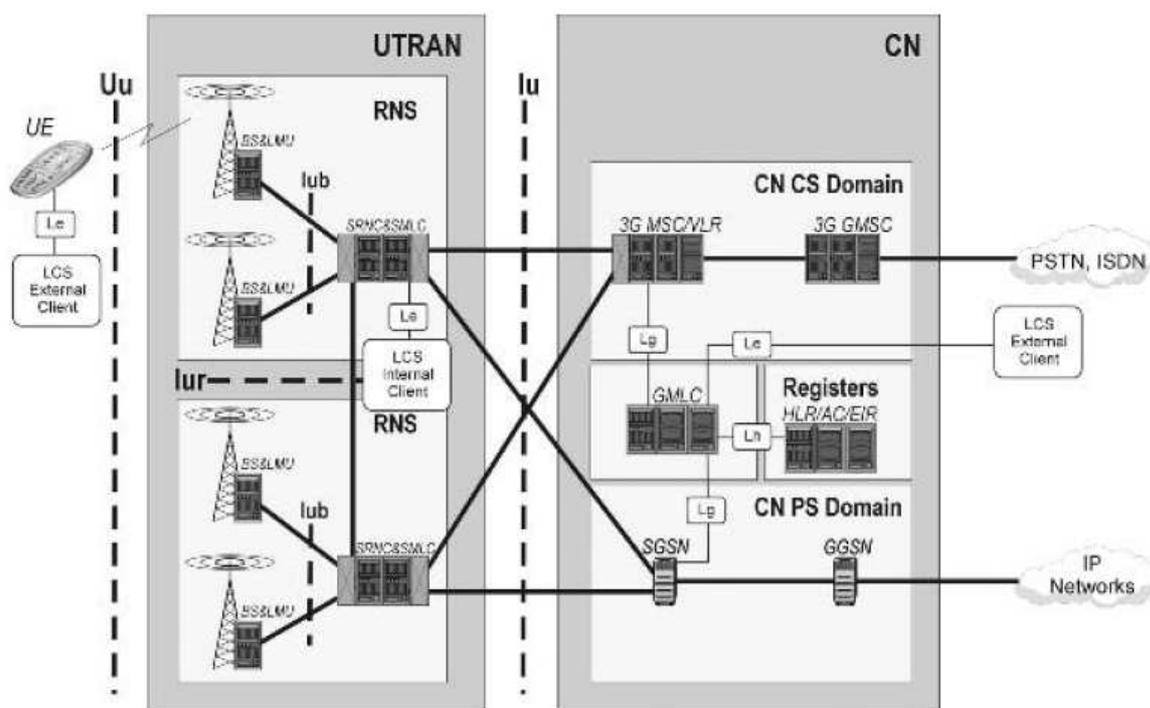


Fig. 2.51 Arquitectura del Subsistema LCS

2.4.2.5. IMS Mecanismos de servicio

Existen varios mecanismos de servicio propios del subsistema IMS, uno de ellos es el de browsing mencionado en el punto 2.4.2.2, otros dos son: mensajería y presencia (en la sección 1.5.2.2.1 se analiza de forma más detallada la estructura de la arquitectura IMS).

En la parte de mensajería existen tres tipos de servicios: instantánea, basada en sesiones y diferida. Cada uno de estos tipos de mensajería tiene sus propias características lo cual los convierte en servicios separados dentro de la red, aunque para el usuario pueden parecer muy similares.

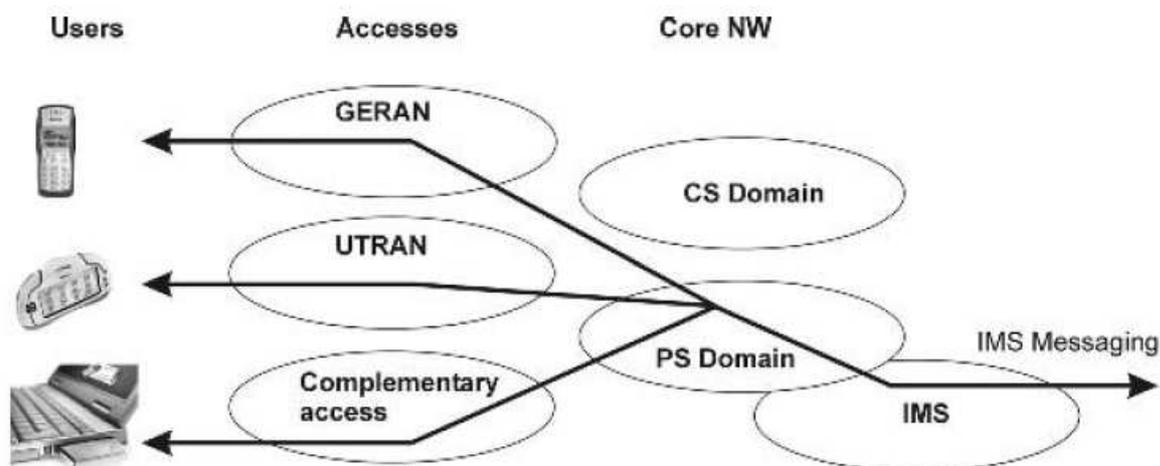


Fig. 2.52 Subsistema de servicios IMS de messaging

En cuanto al mecanismo de presencia brindado por IMS consiste en hacer visible a otros usuarios el estado de un suscriptor lo que incluye disponibilidad del terminal, disponibilidad de la persona, actividad realizada, capacidad del terminal, ubicación.

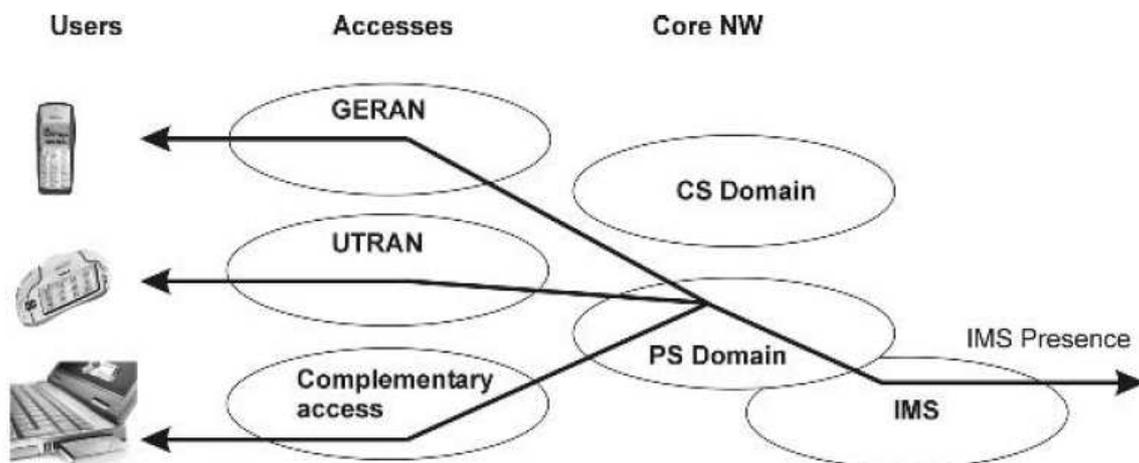


Fig. 2.52 Subsistema de servicios IMS de presencia

2.4.3. CLASIFICACIÓN DE LOS SERVICIOS

Los servicios se clasifican tomando en cuenta el tipo de tráfico si es de voz o datos, el destino de conexión hacia una red o hacia una persona, la localización del usuario entre otros. Los servicios UMTS se han agrupado en seis categorías.

2.4.3.1. Servicio de acceso móvil a internet e intranets móviles

Permite el acceso móvil a redes públicas como internet y redes privadas como una red empresarial, la red privada puede tener además acceso a internet. El objetivo es llevar al equipo móvil todas las funcionalidades y seguridades que se tiene en la red fija.

Algunas de las aplicaciones que pueden utilizar este servicio son: internet móvil (a mayor velocidad), juegos en red, uso del terminal móvil como modem para dar acceso a un equipo fijo, conexiones bancarias, administración y monitoreo de equipos a través de la conexión a la red de la empresa.

2.4.3.2. Servicios basados en contenido

También llamado customised infotainment. Debido a que el terminal puede asociarse con cada usuario se puede entregar información personalizada dependiendo del perfil y preferencias establecidas para cada usuario.

Las aplicaciones que se basan en este servicio son: e-learning, cursos en línea, anuncios de publicidad y promociones, descargas personalizadas (por ejemplo software, música, videos), recordatorios de eventos, comercio electrónico, aplicaciones con marcación de voz.

2.4.3.3. Servicio de mensajes multimedia

El servicio de MMS ya es bien conocido en las redes de 2G y 2.5G el cual también está presente en UMTS con la ventaja de una mayor velocidad y mayor capacidad por mensaje.

Las aplicaciones que utilizan este servicio son: foto álbum electrónico, reportes multimedia, mensajería multimedia.

2.4.3.4. Servicios basados en la localización

Utilizan el subsistema LCS y permiten localizar la posición del usuario dentro de la cobertura de la red e incluso en otras redes en las que este haciendo roaming.

Las aplicaciones de este servicio son muy variadas entre ellas se puede mencionar la localización y control vehicular, localización de otros usuarios, navegación, publicidad personalizada dependiendo de la posición (por ejemplo al entrar a un centro comercial), información y mapas de localización de sitios de interés, restaurantes, gasolineras, hospitales, carreteras (por ejemplo google proporciona la aplicación

maps mobile que usa gps y la aplicación my location que en cambio utiliza las radiobases para determinar la posición).

2.4.3.5. Servicios de voz ricos y simples

Este siempre ha sido el servicio principal de las redes celulares, ahora puede ser enriquecido con video además de audio.

Las aplicaciones más comunes son: telefonía tradicional, video-telefonía, video conferencia, chat móvil, VoIP.

2.4.3.6. Servicios de red inteligente

Los servicios de RI o Red Inteligente (IN por sus siglas en inglés) utilizada en las redes fijas tradicionales son implementados en UMTS en lo que se conoce como red inteligente inalámbrica (WNI).

Entre los servicios propios de RI tenemos: redes privadas virtuales (W-VPN), restricción de acceso a información (RAI), plan de direccionamiento especial (PDE), redes privadas virtuales multimedia (MVPN), tratamiento selectivo de las comunicaciones multimedia (TSCM).

CAPITULO 3

3. LA TECNOLOGÍA HIGH SPEED UPLINK PACKET ACCESS

3.1. INTRODUCCIÓN

El sistema UMTS, descrito en el capítulo anterior, es la base para implementar High Speed Downlink Packet Access (HSDPA) y High Speed Uplink Packet Access (HSUPA). UMTS, que se implementa sobre GSM, utiliza un interfaz de aire completamente diferente al emplear la tecnología de acceso WCDMA para voz y datos.

HSDPA es la mejora de datos en el enlace de bajada para UMTS, mientras que HSUPA es la mejora de datos en el enlace de subida. HSDPA y HSUPA no definen un nuevo interfaz aire pero si nuevos canales para optimizar la comunicación al aumentar las velocidades, reducir la latencia y aumentar capacidad en el sistema. HSDPA y HSUPA en conjunto se conocen como HSPA. HSPA puede ser utilizado en los modos FDD y TDD.

En este capítulo, primero se va a mostrar el proceso de estandarización de estas dos tecnologías. Luego, se analizarán las características de cada una de ellas y se realizará una comparación frente a otras tecnologías de tercera generación. Por último, se incluyen las aplicaciones que son soportadas por HSPA. Se dará especial énfasis a HSUPA por ser el tema de este proyecto de titulación, sin embargo se incluye HSDPA ya que los principios utilizados son muy parecidos y su estudio permitirá una mejor comprensión del tema. Además este capítulo se centrará principalmente en el modo FDD que es utilizado por UMTS.

3.1.1. ESTANDARIZACIÓN DE HSDPA

HSDPA es estandarizado por el 3GPP y la primera versión de la especificación fue publicada en marzo del 2002 en el Rel. 5. Esto no quiere decir que no se hayan hecho cambios desde esa fecha ya que constantemente se realizan mejoras a las especificaciones. Comercialmente HSDPA fue implementado a finales del 2005.

EL trabajo de estandarización empezó en marzo del 2000 con el soporte de las empresas Motorola y Nokia en el lado de los proveedores de equipos y del lado de los operadores las empresas BT/Cellnet, T-Mobile y NTTDoCoMo. Las técnicas evaluadas fueron:

- AMC: Codificación y Modulación Adaptativa
- Hybrid ARQ: Retransmisión Híbrida Automática de Paquetes
- MIMO: Múltiples Entradas Múltiples Salidas
- Standalone DSCH: Canal Compartido de Bajada Aislado
- FCS: Rápida Selección de Celda

De estas técnicas solo se utilizaron AMC y Hybrid ARQ para el Rel. 5. Por otra parte, Standalone DSCH y FCS fueron descartadas en vista de que las mejoras en la comunicación no justifican la implementación debido a su complejidad. Finalmente, MIMO no fue incluida en el Rel.5 ni tampoco en el Rel. 6 pero continúa en estudio para implementarse en el Rel. 7.

3.1.2. ESTANDARIZACIÓN DE HSUPA

HSUPA también es estandarizado por el 3GPP y la primera versión de la especificación fue publicada en diciembre del 2004 en el Rel. 6. HSUPA es el nombre comercial de la tecnología, sin embargo dentro del 3GPP se le llama E-DCH. HSUPA fue implementado comercialmente a principios del 2007.

El trabajo de estandarización comenzó en septiembre de 2002 bajo el nombre de “mejoras en enlace de subida para canales de transporte dedicados”. Las compañías que apoyaron inicialmente este estudio fueron Motorola, Nokia y Ericsson. Las técnicas que fueron analizadas para implementar fueron:

- Hybrid ARQ para el enlace de subida.
- Scheduling de mayor rapidez en el nodo B para el enlace de subida.
- TTI de menor duración para el enlace de subida.
- Modulación de orden superior.
- Configuración más rápida del DCH.

De estas técnicas se incluyeron Hybrid ARQ, Scheduling en el nodo B y TTI de menor duración para el Rel. 6. Las pruebas mostraron que no había mayor ganancia de rendimiento al utilizar modulación de orden superior, mientras que la configuración rápida del DCH se dejó fuera del Rel. 6.

3.2. ARQUITECTURA Y PROTOCOLOS EN HSPA

Con la introducción de HSDPA/HSUPA parte de la arquitectura y los protocolos de la UTRAN han sido modificados. También se han añadido nuevas funcionalidades en el terminal, el nodo B y el RNC.

3.2.1. ARQUITECTURA RRM

La función de administración de los recursos de radio (RRM) en el Rel. 99 era responsabilidad del RNC, mientras que en el Rel. 5 y Rel. 6 esta funcionalidad se distribuye también hacia el nodo B.

Dentro de la arquitectura RRM una función principal es la scheduling o programación. La función de scheduling se refiere a la programación de qué equipo va a transmitir en un instante de tiempo dado. La elección del usuario se realiza en base a la calidad del enlace de radio, considerando

los picos de desvanecimiento. Debido al uso de scheduling se obtienen grandes variaciones en la tasa de datos transmitidos y recibidos por cada usuario.

La función de scheduling era realizada por el RNC, mientras que el nodo B se encargaba del únicamente del control de potencia. Si participaban más de un RNC en la comunicación, el SRNC manejaría el scheduling de los canales dedicados (DCHs), en tanto que el DRNC manejaría el scheduling de los canales compartidos (por ejemplo FACH).

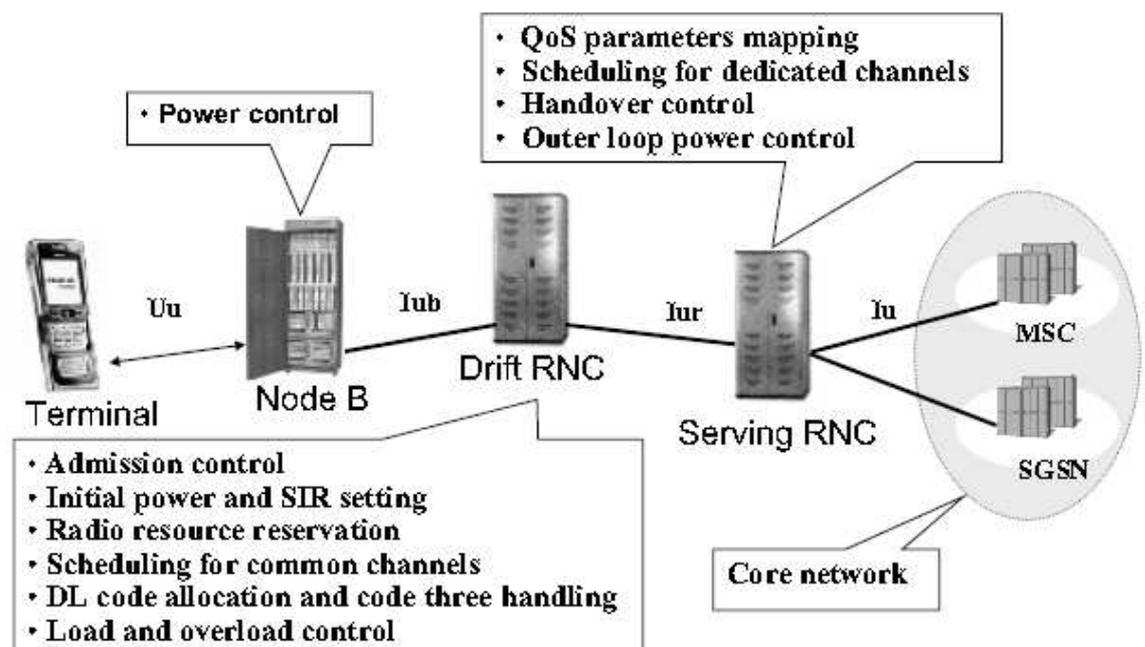


Fig. 3.1

Distribución de la funcionalidad RRM en la UTRAN según el Rel. 99

HSPA migra la función de scheduling del RNC al nodo B cambiando toda la arquitectura RRM. El SRNC mantiene el control del handover y decide los parámetros de QoS. Además el nodo B se encargará de la ubicación dinámica de recursos, aprovisionamiento de QoS y control de carga y sobrecarga.

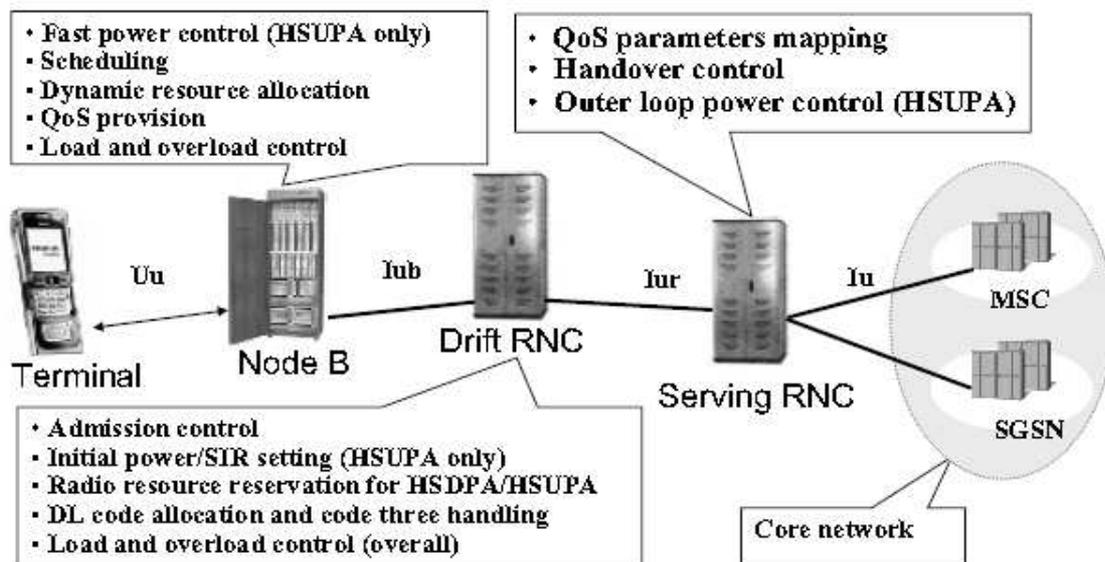


Fig. 3.2 Distribución de la funcionalidad RRM en la UTRAN según el Rel. 5

3.2.2. PROTOCOLOS EN EL PLANO DE USUARIO

La arquitectura de protocolos en HSPA no cambia para el plano de control con respecto a UMTS. Sin embargo, para el plano de usuario los protocolos MAC y RLC sufren algunas modificaciones al añadirse nuevas entidades que se muestran en la figura 3.3.

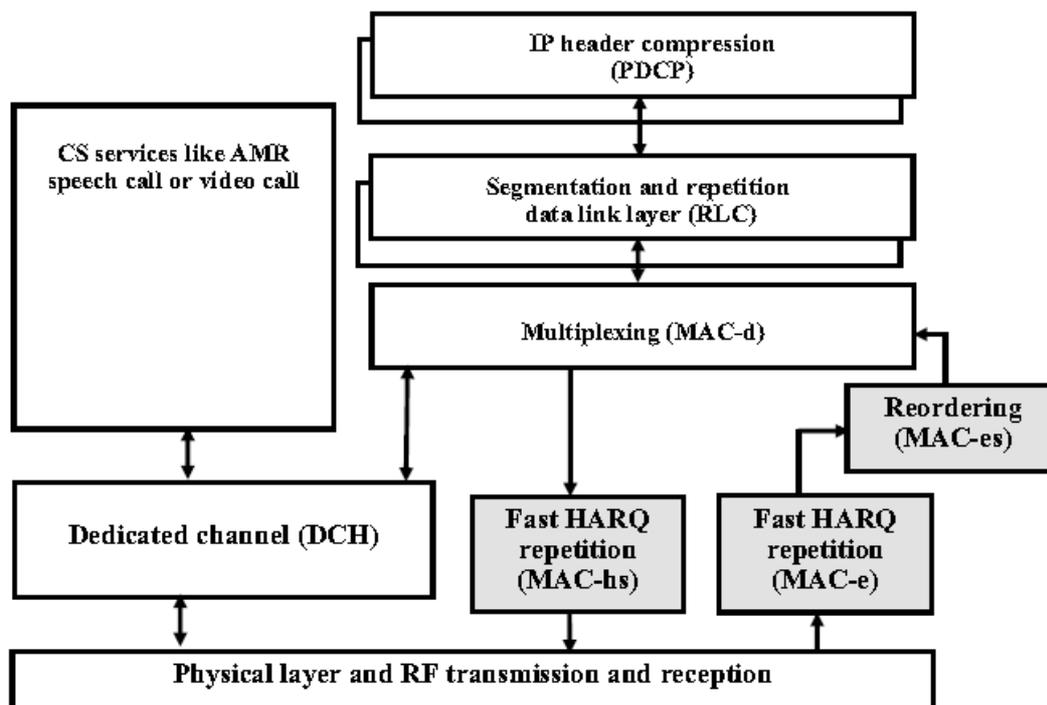


Fig. 3.3 Nuevas entidades en la UTRAN para el plano de usuario implementadas en HSPA

3.2.2.1. Protocolo MAC

En HSDPA se introduce una entidad adicional en la subcapa MAC. Como se mencionó en la sección anterior, el nodo B ahora tiene la funcionalidad de scheduling, esto se logra por medio de una nueva entidad llamada MAC-hs. Por otra parte, en el RNC se mantiene la entidad MAC-d para los canales dedicados pero con funciones limitadas.

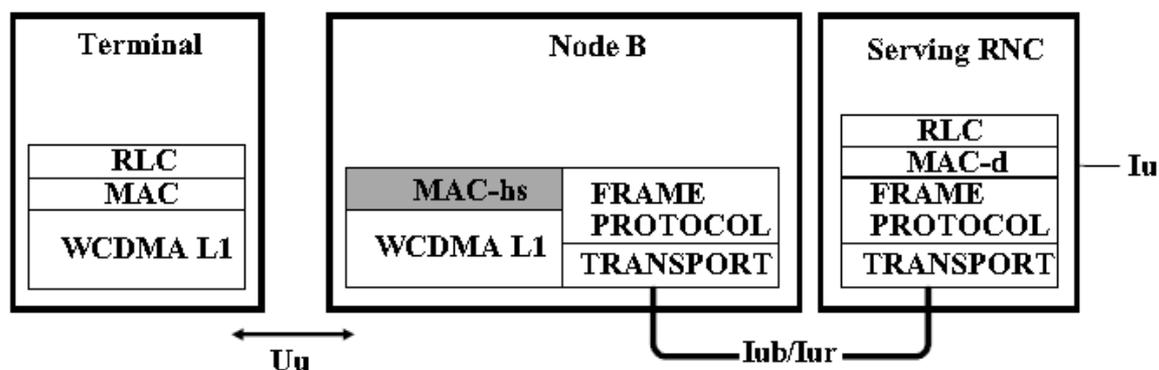


Fig. 3.4

Arquitectura de protocolos en el plano de usuario en HSDPA

En HSUPA se introducen algunos cambios. La entidad MAC-es/s se añade en el terminal, la entidad MAC-e en el nodo B y MAC-es en el RNC.

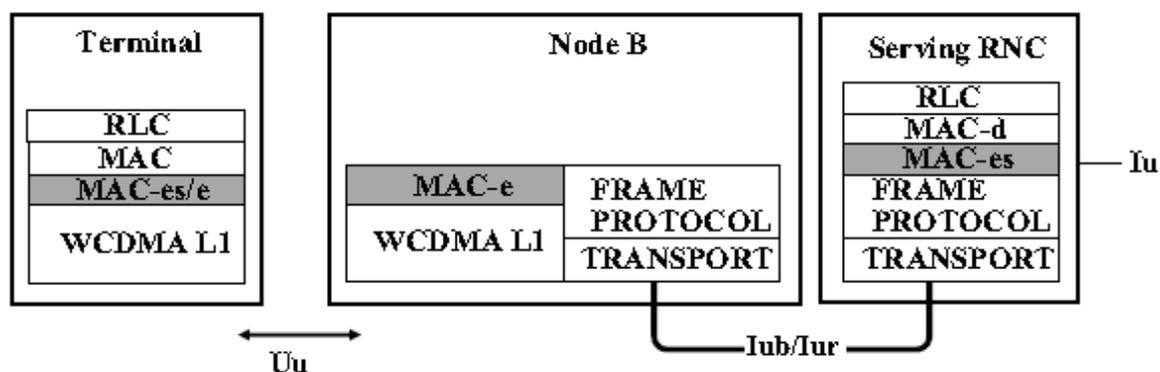


Fig. 3.5

Arquitectura de protocolos en el plano de usuario en HSUPA

3.2.2.2. Protocolo RRC

Al igual que con HSDPA, el protocolo RRC es mejorado en HSUPA al encargarse de la retransmisión de paquetes si las capas inferiores han fallado en la entrega correcta después del número máximo de retransmisiones o en conexiones con eventos de movilidad. De los tres modos de operación de RRC (ver sección 2.3.1.2.4), solo los modos confirmado y no confirmado son aplicables para los canales utilizados por HSPA.

3.2.3. IMPACTO EN LAS INTERFACES DE LA UTRAN Y NUEVAS FUNCIONALIDADES

El impacto de HSPA en las interfaces de la UTRAN tiene relación con la capacidad, debido a que se necesita manejar velocidades mayores a las de UMTS. En la figura 3.6 se muestra un ejemplo de cómo debe aumentar la capacidad de las interfaces del Rel. 99 al Rel. 5. Esto a su vez requiere mayor capacidad de almacenamiento y un apropiado control de flujo.

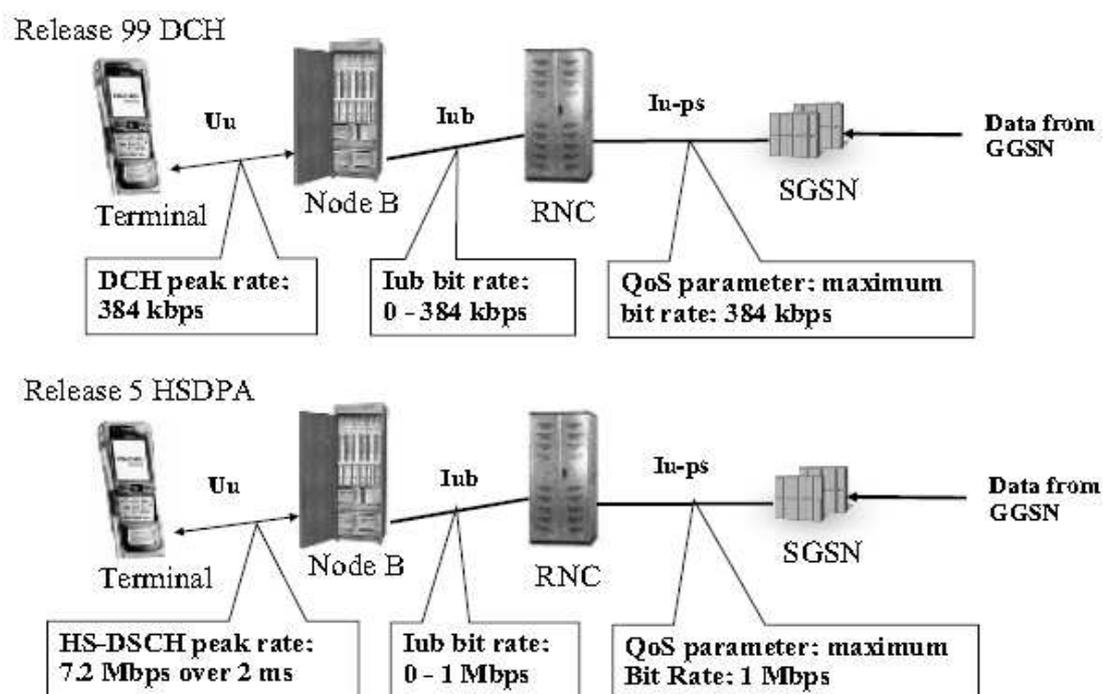


Fig. 3.6 Velocidades en las interfaces de UMTS vs HSPA

En el caso de los elementos de la red se añaden nuevas funcionalidades y otras se redistribuyen entre el terminal, el nodo B y el RNC.

Estas funcionalidades se muestran en las tablas 3.1 para HSDPA y 3.2 para HSUPA.

Elemento	Funcionalidad
RNC	Administración de recursos de radio (RRM)
	Administración de movilidad (MM)
	Administración del tráfico lub
	Manejo de grandes volúmenes de datos para Downlink
Nodo B	Almacenamiento de datos (buffering)
	Manejo de ARQ
	Decodificación de realimentación (feedback)
	Control de flujo
	Programación de transmisiones para downlink (scheduling)
	Modulación 16QAM
Terminal	Manejo de ARQ con almacenamiento bajo
	Generación y transmisión de realimentación
	Demodulación 16QAM

Tabla 3.1

Nuevas funcionalidades para HSDPA

Elemento	Funcionalidad
RNC	Administración de recursos de radio (RRM)
	Administración de movilidad (MM)
	Distribución de capacidad para Iub
	Reordenamiento de paquetes
	Manejo de grandes volúmenes de datos para el enlace de Uplink
Nodo B	Manejo de ARQ con almacenamiento bajo
	Codificación de realimentación (feedback)
	Programación para uplink contra interferencia
	Modulación 16QAM
Terminal	Manejo de ARQ
	Generación y transmisión de realimentación
	Transmisión multicódigo
	Programación para uplink (scheduling)

Tabla 3.2
Nuevas funcionalidades para HSUPA

3.3. HSDPA

A continuación se verá las características principales de la técnica HSDPA, como se realiza la administración de los recursos de radio.

3.3.1. FUNCIONAMIENTO DE HSDPA

HSDPA introduce nuevos canales para la transmisión de datos en el Rel. 5. Los nuevos canales son: HS-DSCH (de transporte), HS-SCCH (físico) y HS-DPCCH (físico). En el Rel. 6 se introduce también un nuevo canal físico que es utilizado cuando todo el tráfico de downlink es llevado en el canal HS-DCH, el canal F-DPCH.

Por otra parte, en el Rel. 99 se utilizan tres canales para el manejo de datos en downlink: DSCH, FACH y DCH. Estos canales pueden o no funcionar en conjunto con los de HSDPA. En el caso del primero, el canal DSCH, es reemplazado completamente por el canal HS-DSCH.

El canal FACH en cambio puede ser utilizado para pequeños volúmenes de datos y al configurar la conexión. En HSDPA se lo puede utilizar para llevar la señalización cuando, debido a inactividad, el UE ha sido movido del estado Cell_DCH a los estados Cell_FACH, Cell_PCH o URA_PCH. Sin embargo, en el caso de servicios mixtos de voz y datos no se puede usar el canal FACH.

Finalmente, el canal DCH siempre funciona en paralelo con los canales de HSDPA. Si el servicio es exclusivo de datos, entonces el DCH por lo menos lleva la portadora SRB. Si el servicio es tipo conmutado por circuitos como una llamada AMR, entonces el servicio correrá siempre sobre el DCH. Los datos de usuario en uplink son llevados en el DCH, aunque en HSUPA (Rel. 6) se presenta la alternativa de utilizar el canal E-DCH. Cualquier retransmisión o programación es manejada por el RNC mientras el nodo B solo realiza control rápido de potencia. El DCH soporta soft handover. La velocidad teórica máxima del DCH es de 2 Mbps.

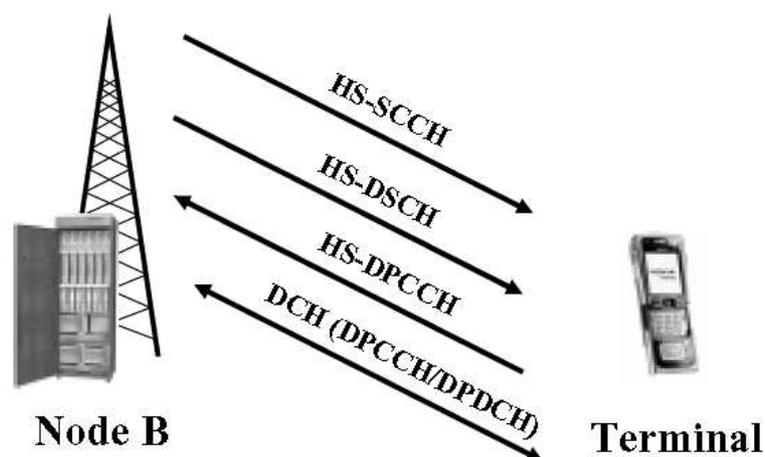


Fig. 3.7 Canales que se requiere para el funcionamiento de HSDPA en el Rel.5

3.3.1.1. High Speed Downlink Shared Channel (HS-DSCH)

El canal HS-DSCH es el canal de transporte que lleva la información de usuario en HSDPA. En la capa física el HS-DSCH es mapeado en el canal físico HS-PDSCH.

Las principales diferencias entre el canal HS-DSCH y el DCH se alistan a continuación:

- No tiene control rápido de potencia. En lugar de ello el control de enlace selecciona la más apropiada combinación de códigos, velocidad de codificación y modulación a ser usadas.
- Soporte de modulación de mayor orden. Con 16QAM el número de bits que pueden ser transportados en condiciones favorables es el doble que con QPSK utilizado por DCH.
- Aloca al usuario basándose en programación del nodo B cada 2 ms. El TTI en DCH puede alcanzar valores de 10, 20, 40 u 80 ms.
- Uso de transmisiones y retransmisiones de la capa física. En el caso de DCH las retransmisiones se basan en la subcapa RLC.
- No utiliza soft handover.
- No utiliza control de información en la capa física en el HS-PDSCH. Esta información es llevada en el HS-SCCH.
- Operación multi-código con un factor de dispersión ajustado. El SF que se utiliza es de 16, mientras que en el DCH el valor es fijo y puede ser desde 4 hasta 512.
- En HSDPA solo se utiliza codificación turbo, pero en DCH también se puede emplear códigos convolucionales.
- No se tiene transmisión discontinua (DTX) a nivel de slots. En HS-PDSCH se transmite o no se transmite todo durante los 2 ms. TTI.
- El HS-DSCH es un canal únicamente para el enlace de bajada a diferencia de DCH que es para downlink y uplink.

3.3.1.1.1. Codificación del HS-DSCH

Como se mencionó antes, HS-SCCH no utiliza códigos convolucionales sino únicamente turbo códigos, esto se debe al mejor rendimiento que presentan para velocidades de datos muy pequeñas. El proceso de codificación se simplifica con respecto a DCH debido a que no se presentan inconvenientes como DTX o el uso del modo de compresión.

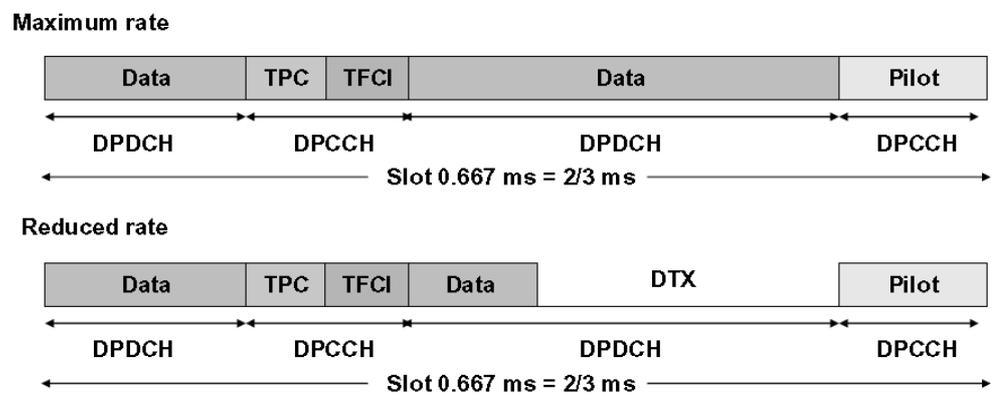


Fig. 3.8

En el Rel. 99 se desperdicia capacidad en el sistema debido al DTX

Además, se tiene un solo canal de transporte activo a la vez, esto simplifica los pasos de multiplexación y demultiplexación. El proceso de codificación se muestra en el diagrama de bloque de la figura 3.9. Se añade una función de scrambling para evitar cadenas largas de 0s o 1s.

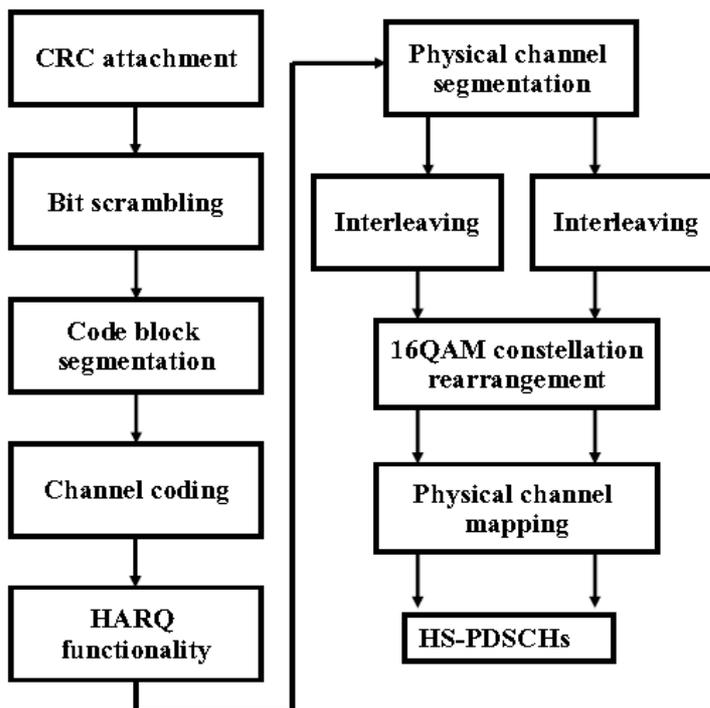


Fig. 3.9 Procedimiento de codificación en HSDPA

La funcionalidad de HARQ que se observa como un solo bloque en la figura anterior puede ser dividida en varias etapas. Primero se separan los bits de paridad (1 y 2) de los bits sistemáticos. Luego, el proceso de HARQ permite realizar retransmisiones idénticas y no idénticas, esto se logra mediante dos etapas de ajuste de velocidad (rate matching).

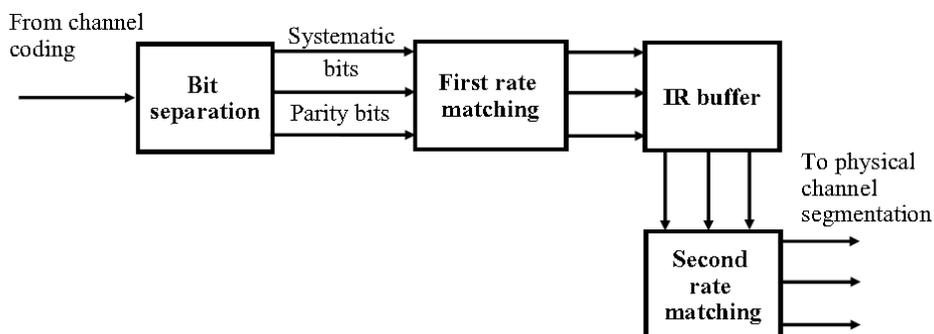


Fig. 3.10 Procedimiento de HARQ en HSDPA

El uso de retransmisiones idénticas se conoce como chase combining o soft combining. Sin importar el número de retransmisiones el procedimiento de rate matching no cambia. El soft combining requiere mayor memoria que buffering a la salida del turbo decodificador.

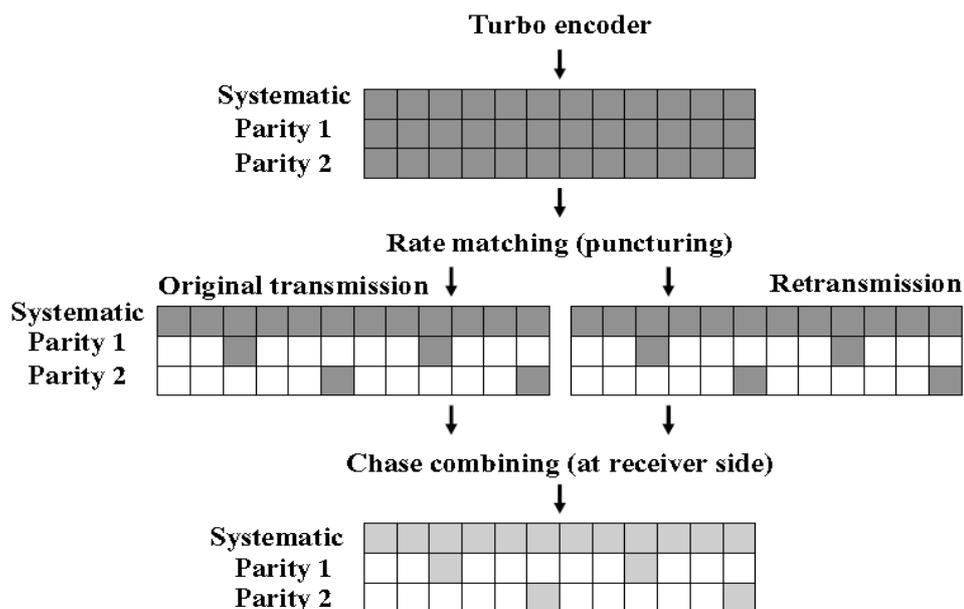


Fig. 3.11

Retransmisiones idénticas en HARQ

Las retransmisiones no idénticas o incrementales de redundancia utilizan diferentes rate matching entre transmisiones, es decir, el número de bits de paridad y el número de bits sistemáticos varía en cada retransmisión. Esta opción requiere mayor memoria en el lado del receptor y está incluido en las capacidades del equipo terminal UE.

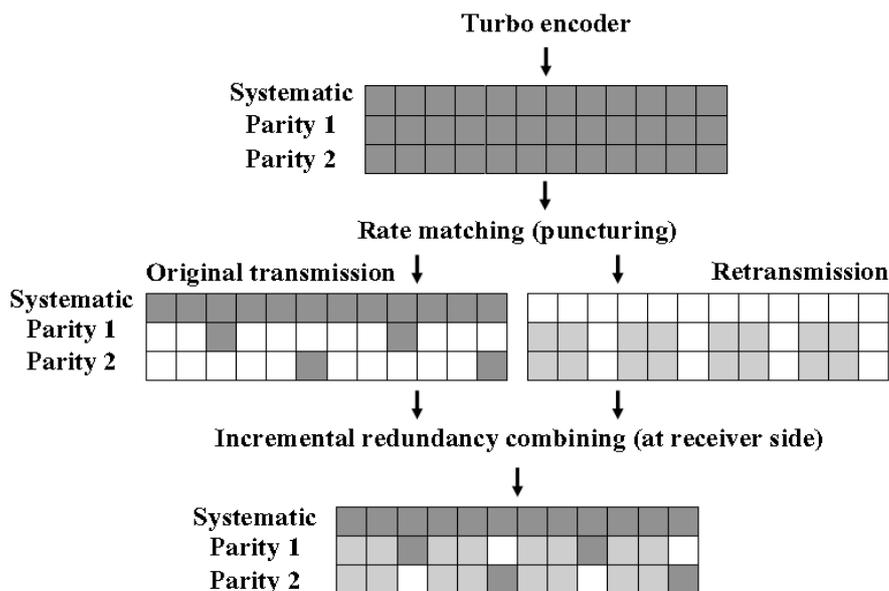


Fig. 3.12 Retransmisiones no idénticas en HARQ

Todo el procedimiento de HARQ se realiza a nivel de la capa 1 o física y se efectúa entre el nodo B y el UE. Si este proceso excede el número máximo de retransmisiones entonces la capa 2 se encarga de las retransmisiones, específicamente la subcapa RLC. Este escenario se puede presentar si la celda servidora del HS-DSCH cambia, por falta de cobertura o errores en la señalización.

3.3.1.1.2. Modulación del HS-DSCH

Mientras el canal DCH utiliza QPSK para la modulación, HS-DSCH puede utilizar también 16QAM. Durante el estudio de factibilidad de HSDPA otras modulaciones también fueron analizadas como 8PSK y 64QAM. Sin embargo, no se lograba un considerable aumento en el rendimiento del logrado con la adaptación del enlace disponible con QPSK y 16QAM.

Con la modulación 16QAM se dispone de más constelaciones, 16 en lugar de 4, lo que permite tener 4 bits por símbolo en lugar de 2 bits por símbolo como se tiene con QPSK.

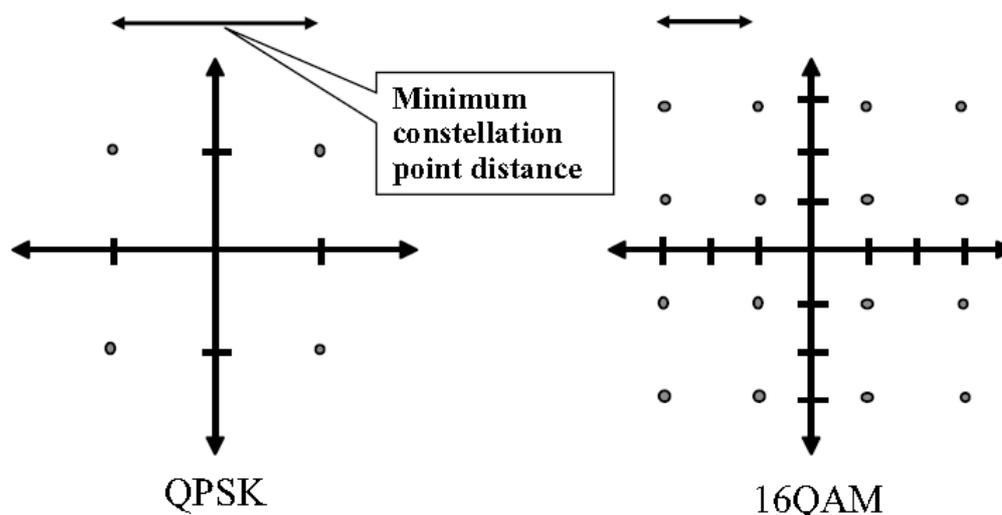


Fig. 3.13 Constelaciones en la modulación QPSK y 16QAM

Con la modulación 16QAM también se introducen nuevos retos, por ejemplo, 16 QAM necesita una mejor calidad de señal en vista de que se estima la fase y la amplitud, en QPSK solo se estima la fase. El canal CPICH ofrece la estimación de la fase, pero además se necesita conocer la diferencia de potencia entre los canales CPICH y el HS-DSCH para poder estimar la amplitud.

3.3.1.1.3. Adaptación de enlace del HS-DSCH

La adaptación del enlace es muy dinámica en HSDPA, se pueden cambiar los parámetros cada 2 ms. Además de la programación, el MAC-hs en el nodo B decide cada 2 ms qué código y qué modulación utilizar (AMC).

La adaptación del enlace se basa en el CQI de capa física provisto por el terminal en lugar de la potencia de la señal y el C/I únicamente. La capacidad del terminal es un factor que afecta el reporte del CQI. Por ejemplo, un terminal puede no soportar modulación QAM o el uso de más de 5 códigos paralelos. En caso de llegar al límite de la capacidad del terminal, este reportara una

señal de offset en lugar del valor máximo de modulación/código soportado. La información provista por el CQI es: tamaño del bloque de transporte, número de códigos paralelos HS-PDSCH, tipo de modulación y referencia de ajuste de potencia.

3.3.1.2. High Speed Shared Control Channel (HS-SCCH)

El HS-SCCH es un canal físico compartido utilizado en el enlace de bajada. Este canal contiene información de señalización que es crítica para que el terminal pueda demodular correctamente los códigos. Este canal utiliza modulación QPSK y un SF de 128. Un UE puede escuchar un máximo de 4 HS-SCCHs.

En este canal no hay bits piloto ni tampoco control de potencia y por lo tanto la fase de referencia es la misma siempre, igual que en el canal HS-DSCH. El HS-SCCH es dividido en dos partes:

- La primera parte lleva la información que hace posible el de-spreading y la información acerca de la modulación utilizada. No se utiliza CRC, para proteger la información se aísla el canal HS-SCCH mediante un enmascarado específico para cada terminal.
- La segunda parte contiene información no tan crítica, como por ejemplo, cuál proceso ARQ está siendo transmitido, también una indicación de si la información es nueva o está relacionada con una transmisión previa. Se utiliza un CRC de 16 bits para evitar utilizar retransmisiones.

Cuando HSDPA opera con Multiplexación de tiempo, se debe configurar solo un HS-SCCH. En este caso, solo un usuario puede recibir información a la vez. En el caso de que HSDPA opere con Multiplexación de código, se debe configurar más de un HS-SCCH.

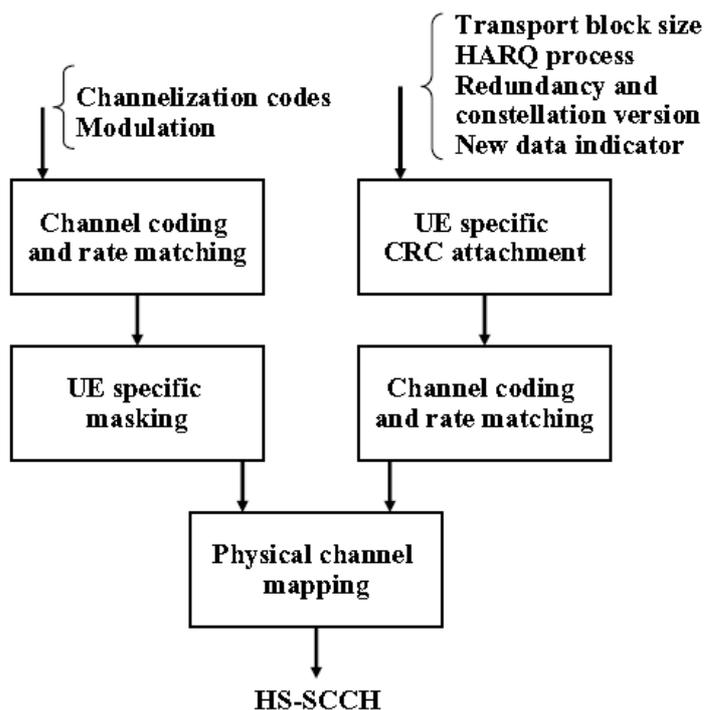


Fig. 3.14

Proceso de codificación y modulación del canal HS-SCCH

3.3.1.3. High Speed Dedicated Physical Control Channel (HS-DPCCH)

El HS-DPCCH es un canal físico dedicado utilizado en el enlace de subida. Se utiliza para proveer información de feedback o realimentación desde el terminal hacia la estación base para realizar la adaptación del enlace y las retransmisiones de capa física en caso de errores.

El HARQ feedback informa al nodo B si es que el paquete fue correctamente decodificado o no. CQI (información sobre la calidad del canal) informa al programador del nodo B que velocidades de datos son esperadas por parte del terminal en un espacio de tiempo determinado. En el caso de ser correcta la decodificación (ACK) se envía una secuencia de 1s, mientras que si la decodificación falló (NACK) el campo del HARQ se llena con una secuencia de 0s.

El HS-DPCCH utiliza un SF de 256 y tiene una estructura de 3 time slots de 2 ms. El primer slot es utilizado para la información del HARQ. Los dos restantes slots son utilizados para el CQI.



Fig. 3.15 Estructura del canal HS-DPCCH

3.3.1.4. Fractional Dedicated Physical Channel (F-DPCH)

El F-DPCH es un canal físico dedicado que se utiliza para el enlace de bajada. Fue introducido en el Rel. 6 para HSDPA. Cuando el canal de bajada se utiliza para transmisión de paquetes exclusivamente, y en especial con velocidades bajas el canal DCH introduce demasiada carga y consume demasiado espacio de codificación si está buscando entre una gran cantidad de usuarios usando el mismo servicio por ejemplo VoIP. La solución en estos casos es utilizar el canal F-DPCH el cual se basa en el canal DPCH, aunque solo utiliza una fracción de sus campos, de ahí su nombre.

El único campo que utiliza es el TPC tal como se muestra en la figura 3.16. El canal F-DPCH maneja el control de potencia a través de este campo. El resultado es que varios usuarios pueden compartir el mismo espacio de codificación para la información del control de potencia, hasta 10 usuarios pueden compartir un código de SF 256.

EL F-DPCH no puede ser utilizado si se requieren de servicios del tipo CS como llamadas AMR o video CS. Si se utiliza el F-DPCH el SRB se lleva en el HS-DSCH, mientras que si no se lo usa el SBR se lleva en el DCH.

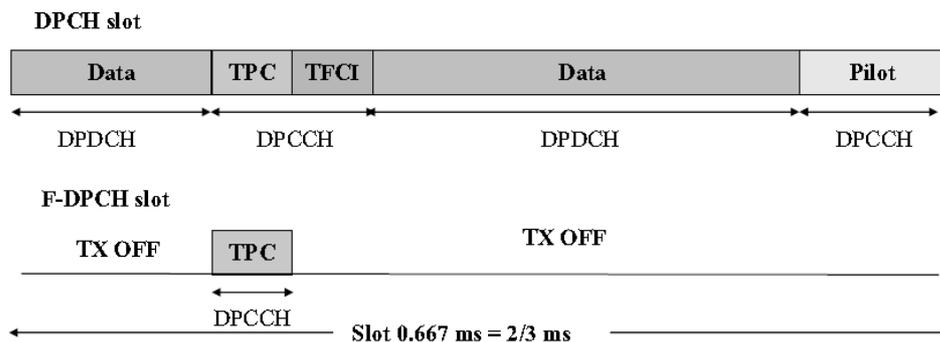


Fig. 3.16

Estructura del canal F-DPCH vs DPCH

3.3.2. MANEJO DE RECURSOS DE RADIO EN HSDPA

Los algoritmos de manejo de recursos de radio (RRM) se encargan de aplicar las mejoras tecnológicas introducidas por HSDPA (analizadas en la sección 3.3.1), logrando una ganancia en la capacidad del sistema, mantener la estabilidad de la red y mejorar la experiencia del usuario.

3.3.2.1. Algoritmos en el RNC

Incluye distribución de recursos, control de la admisión y administración de la movilidad.

3.3.2.1.1. Asignación de Recursos

Antes que el nodo B empiece a transmitir datos por el canal HS-DSCH, el CRNC necesita asignar los códigos de canalización y la potencia de transmisión de HSDPA. Como mínimo un código para el HS-SCCH con un SF de 128 y un código con un SF de 16 para el canal HS-PDSCH deben ser asignados en el nodo B.

El RNC y el Nodo B se comunican entre sí utilizando el protocolo NBAP. Los recursos son asignados por medio de enviar un mensaje

NBAP de pedido de re-configuración del canal físico compartido desde el CRNC al nodo B.

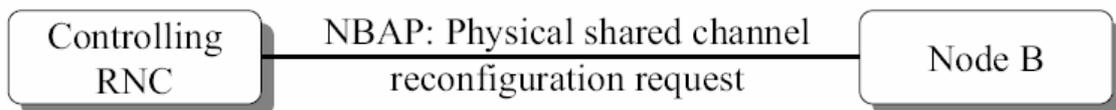


Fig. 3.17

Señalización para asignación de recursos en HSDPA

Al inicio se asignan tantos recursos como sea posible para HSDPA. Sin embargo, los códigos utilizados para el canal HS-PDSCH no pueden ser utilizados por usuarios del Release 99. Cuando el RNC detecta esto, rápidamente libera recursos para los usuarios del Release 99, especialmente para evitar bloqueo de conexiones de voz o video. En la gráfica se muestra un ejemplo de asignación de recursos en el nodo B para usuarios HSDPA y Release 99.

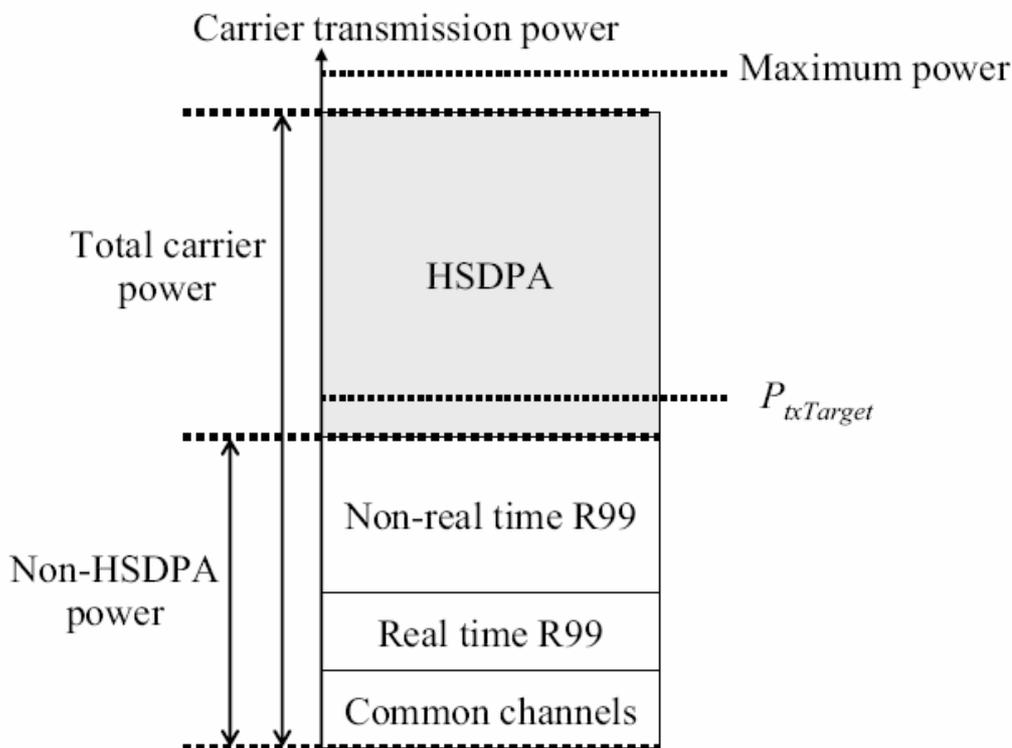


Fig. 3.18 Potencia para downlink en HSDPA y Rel. 99

Existen dos opciones para distribuir los recursos en la celda. La primera es que el CRNC asigna una cantidad fija de potencia para transmisiones HSDPA (para el HS-SCCH y el HS-PDSCH). EL RNC puede actualizar la asignación de potencia en cualquier momento.

La otra opción es que el nodo B puede utilizar cualquier potencia que no ha sido explícitamente asignada en la celda, esto significa que el nodo B puede ajustar la potencia de las transmisiones HSDPA al máximo descontando la potencia reservada para transmisiones no HSDPA tal como se muestra en la figura.

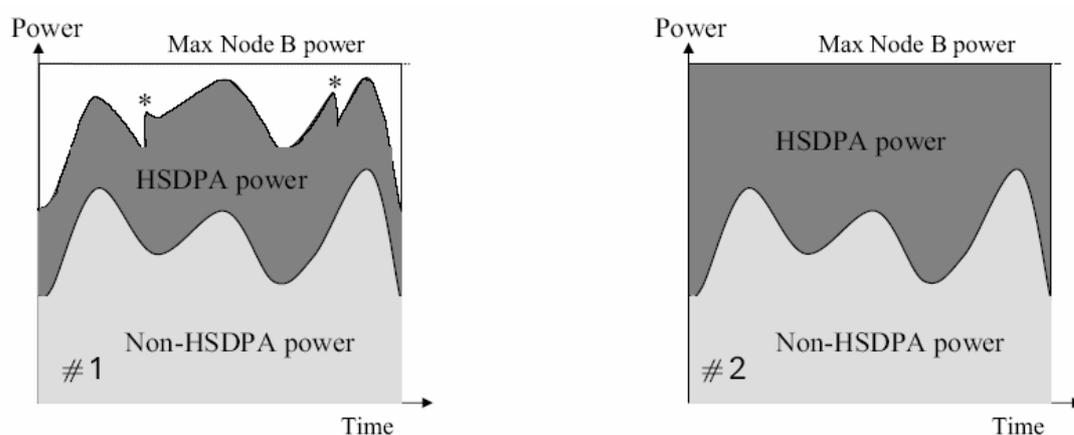


Fig. 3.19 Opciones para asignar potencia de transmisión en HSDPA

3.3.2.1.2. Control de admisión

Control de admisión es la funcionalidad que determina si un usuario con un terminal HSDPA puede ser admitido en la celda y si se le va a proveer servicio con el canal HSDPA o con el DCH. Esta decisión es tomada por el RNC.

En el caso de servicios del tipo de conmutación de circuitos, lo más óptimo es utilizar el canal DCH. Para servicios del tipo conmutación de paquetes, el RNC necesita considerar los parámetros de QoS provistos por CN así como también por la situación general de los

recursos. Por ejemplo, la potencia total de la portadora, la potencia no-HSDPA y la potencia del canal HS-DSCH necesaria para atender a todos los usuarios HSDPA. Entonces el RNC calcula si puede ingresar un nuevo usuario cumpliendo los parámetros QoS y sin afectar a otros usuarios.

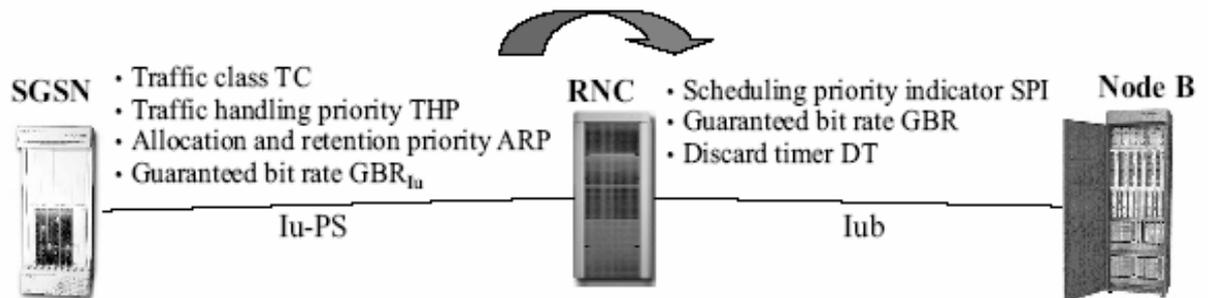


Fig. 3.20 Parámetros QoS en las interfaces Iu-PS y Iub

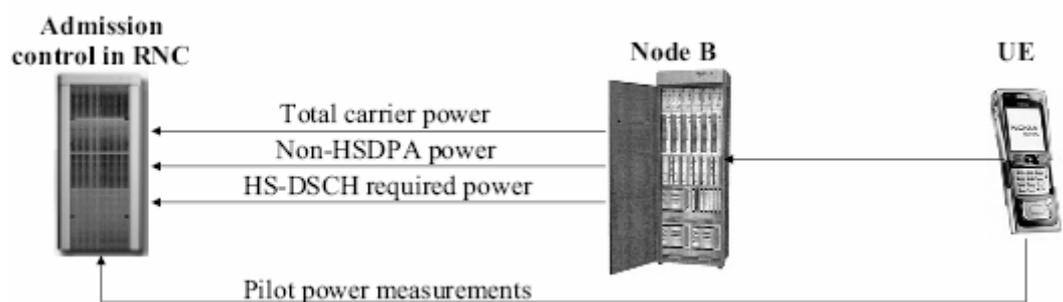


Fig. 3.21 Parámetros relacionados con el control de admisión

3.3.2.1.3. Control de movilidad

HSDPA no utiliza soft handover, esto se debe a que las transmisiones HS-DSCH y HS-SSCH se realizan en una única celda llamada Celda servidora HS-DSCH. El RNC determina la celda servidora para un UE HSDPA activo. De todas las celdas detectadas por el UE se escoge una para ser servidora.

Un cambio de celda servidora se realiza de forma sincronizada entre la UTRAN y el UE. Esta funcionalidad permite a HSDPA tener cobertura total y movilidad total. El UE se encarga de enviar

información al RNC acerca de cuál es la mejor celda servidora, el cambio a otra celda servidora se conoce como *Inter node B handover*.

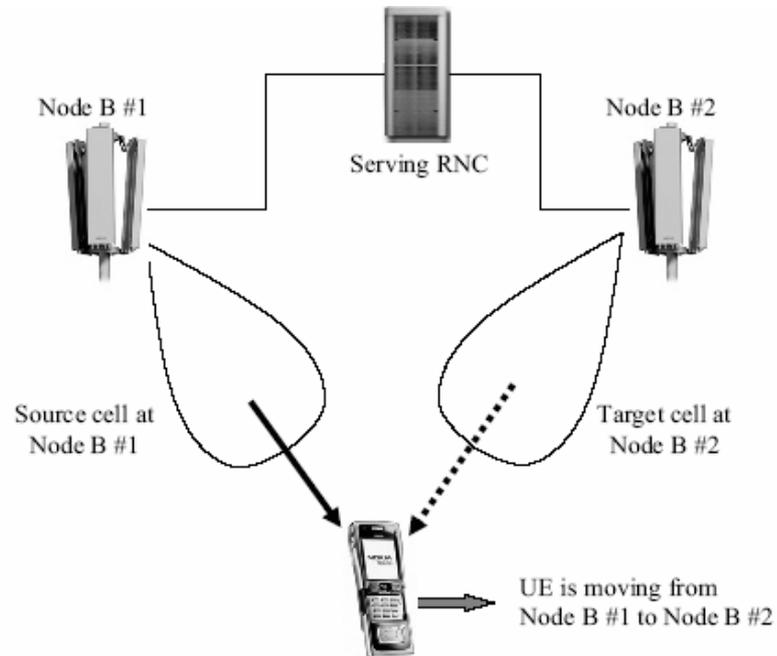


Fig. 3.22 *Inter node B handover*

También se puede producir un handover entre sectores de una misma celda, esto se conoce como *Intra node B handover*.

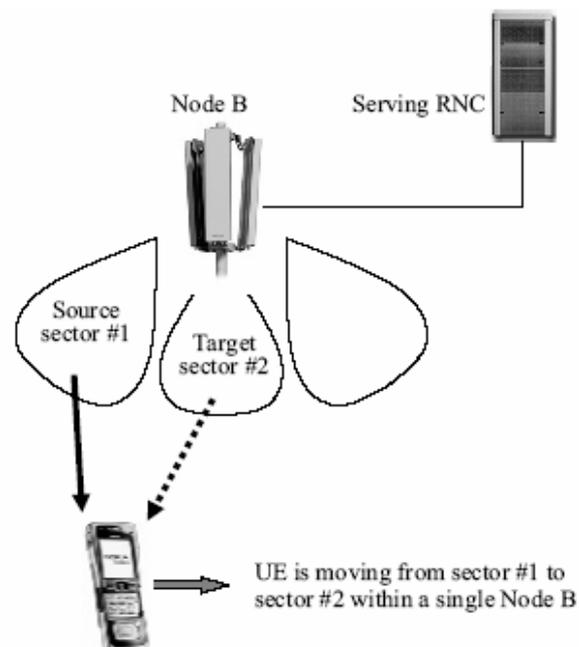


Fig. 3.23 *Intra Node B handover*

También se puede producir un handover entre canales de un HS-DSCH a un DCH. La tabla 3.3 muestra una comparación entre los diferentes tipos de handovers que se pueden realizar en HSDPA.

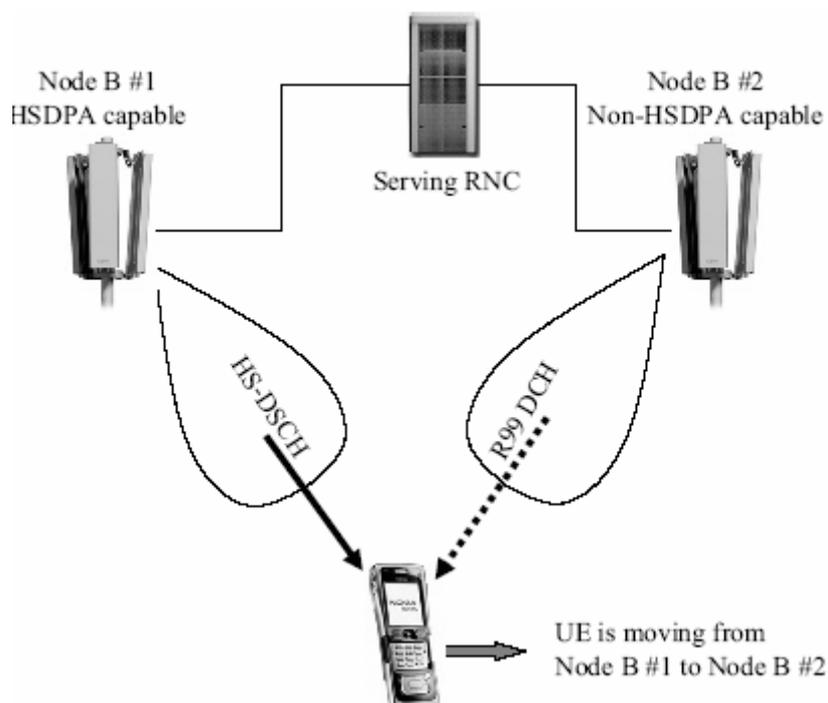


Fig. 3.24 HS-DSCH a DCH handover

Párametro	Intra node B	Inter node B	HS-DSCH a DCH
Mediciones de handover	UE (también puede hacerlo el nodo B)	UE (también puede hacerlo el nodo B)	UE (también puede hacerlo el nodo B)
Decisión de Handover	SRNC	SRNC	SRNC
Retransmisiones de paquetes	Paquetes reenviados desde MAC-hs fuente a MAC-hs target	Paquetes no son reenviados. SRNC utiliza retransmisiones RLC	No en el modo acknowledge del RLC
Pérdida de paquetes	No	No en el modo acknowledge del RLC	No en el modo acknowledge del RLC
Uplink	HS-DPCCH puede usar soft handover	HS-DPCCH recibido por una celda	

Tabla 3.3

Control de movilidad en HSDPA

3.3.2.2. Algoritmos en el Nodo B

HSDPA introduce tres nuevos algoritmos en el nodo B: adaptación del enlace para el canal HS-DSCH, control de potencial para el canal HS-SCCH y programación de paquetes.

3.3.2.2.1. Adaptación del enlace en HS-DSCH

El algoritmo de adaptación del enlace ajusta la velocidad (bit rate) cada TTI en el canal HS-DSCH cuando un usuario es programado para transmitir.

En la figura se ilustra el funcionamiento del proceso: 1) el UE detecta baja calidad de enlace entonces el nodo B permite una baja velocidad de transmisión, 2) el UE detecta una buena calidad de enlace entonces el nodo B permite una alta velocidad en el HS-DSCH.

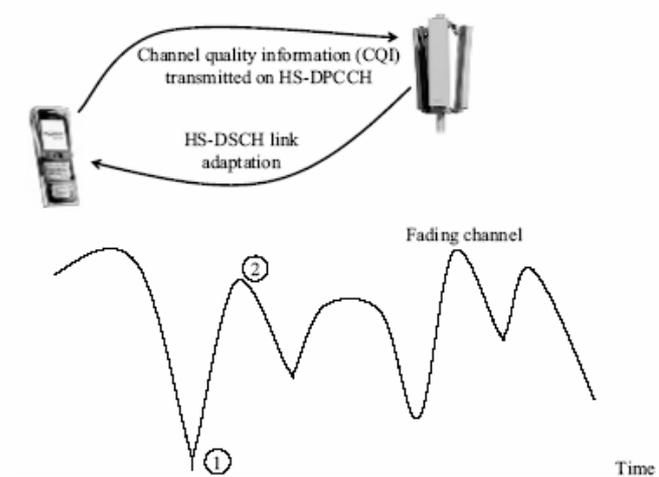


Fig. 3.25 Adaptación de enlace en el HS-DSCH

El UE envía periódicamente un CQI a la celda HS-DSCH servidora en el canal de uplink HS-DPCCH. El CQI indica el tamaño máximo del bloque de transporte que tiene por lo menos un 90% de probabilidad de recibirse correctamente.

3.3.2.2.2. Control de potencia en HS-SCCH

La correcta recepción del canal HS-SCCH es muy importante ya que la decodificación del bloque transportado en el canal HS-DSCH puede realizarse solo después de haber recibido correctamente la información del HS-SCCH. Por lo tanto, un adecuado nivel de potencia se necesita en el canal HS-SCCH. En cambio un nivel muy elevado de potencia en este canal puede generar interferencias en la red. Tomando en cuenta estos aspectos se debe realizar un control de la potencia cada TTI. El nodo B recibe la información del UE a través del canal HS-DPCCH como se muestra en la figura.

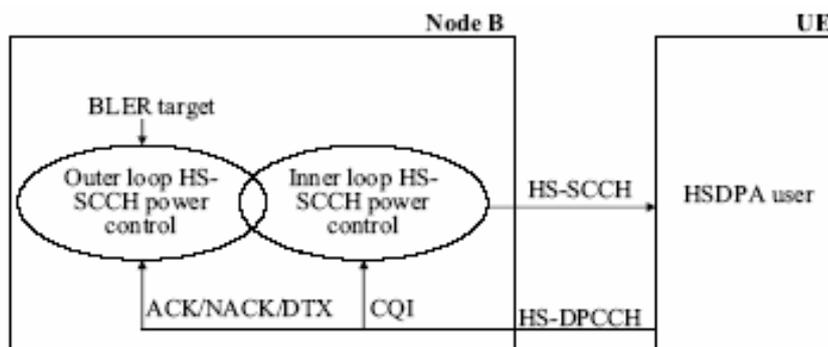


Fig. 3.26 Control de potencia para el HS-SCCH

3.3.2.2.3. Programación de paquetes

Se utilizan varios algoritmos para programar el envío de paquetes. Uno de ellos es Round Robin (RR), en el cuál a todos los usuarios se les asigna la misma probabilidad independiente de las condiciones del canal. Otro es el de máxima relación C/I (max-C/I), en este algoritmo los usuarios con mayor relación C/I monopolizan el envío de paquetes con lo cual los que están al límite de la celda casi nunca transmitirán. Otro método llamado PF (proportional fair) se encarga de asignar prioridades de transmisión, por ejemplo da prioridad a los usuarios que han transmitido poco y menor prioridad a quienes han enviado una gran cantidad de información.

3.4. HSUPA

En esta sección se verán las características principales de la técnica HSUPA y como se realiza la administración de los recursos de radio.

3.4.1. FUNCIONAMIENTO DE HSUPA

En HSUPA básicamente se cambia la forma en que el terminal entrega la información al nodo B. El nuevo canal de transporte para datos que se introduce en el Rel. 6 es el E-DCH. Además otros canales físicos de control y datos son necesarios, estos canales son: E-AGCH, E-RGCH, E-HICH, E-DPCCH E-DPDCH.

Al igual que en HSDPA, en HSUPA también puede utilizar el canal de transporte DCH (Rel. 99). Sin embargo, HSUPA en la mayoría de los casos utilizará el canal HS-DCH para downlink.

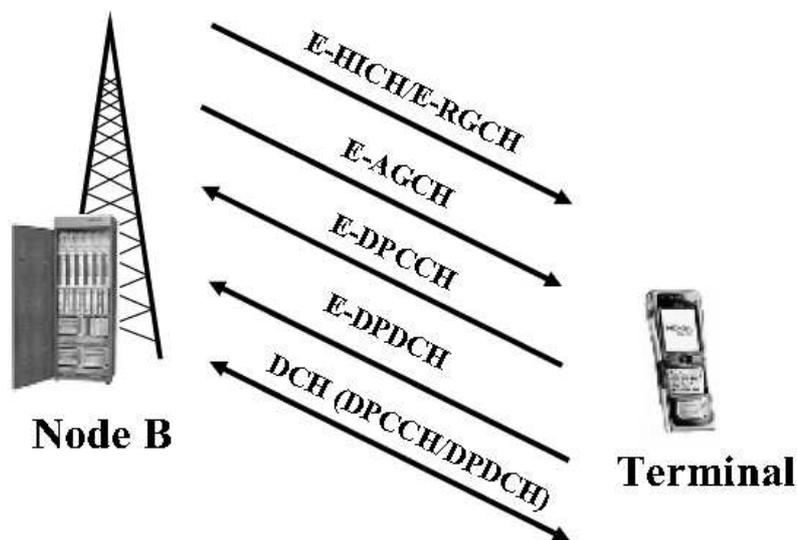


Fig. 3.27

Canales que se utilizan en HSUPA

3.4.1.1. Enhanced Dedicated Channel (E-DCH)

E-DCH es el canal de transporte de datos para el enlace de datos. Se lo puede utilizar en los modos FDD y TDD. A diferencia del canal HS-DCH en HSDPA, el canal E-DCH no soporta modulación adaptable debido a que no utiliza esquemas de modulación superiores.

La razón para no utilizar modulaciones de alto orden como 16QAM, es que se requiere mayor energía por bit para ser transmitidos. Con la modulación BPSK y transmisión multi-código se alcanza el nivel de energía necesario para el UE.

El canal E-DCH (uplink) se diferencia del canal DCH (uplink) en dos aspectos fundamentales. El primero es que el UE solo puede enviar un canal E-DCH mientras que el UE puede multiplexar varios DCH. Esto no quiere decir que en uplink solo puede usarse un servicio a la vez, ya que se pueden enviar varios servicios en un mismo E-DCH. El otro aspecto en que difieren es que el canal E-DCH tiene el soporte del proceso HARQ al nivel de la capa física.

El procesamiento del canal de transporte E-DCH es similar al de HS-DCH, con algunas variantes. La figura 3.28 muestra en diagrama de bloques el proceso que se sigue comparado al del canal DCH y a continuación se explica en qué consiste cada paso.

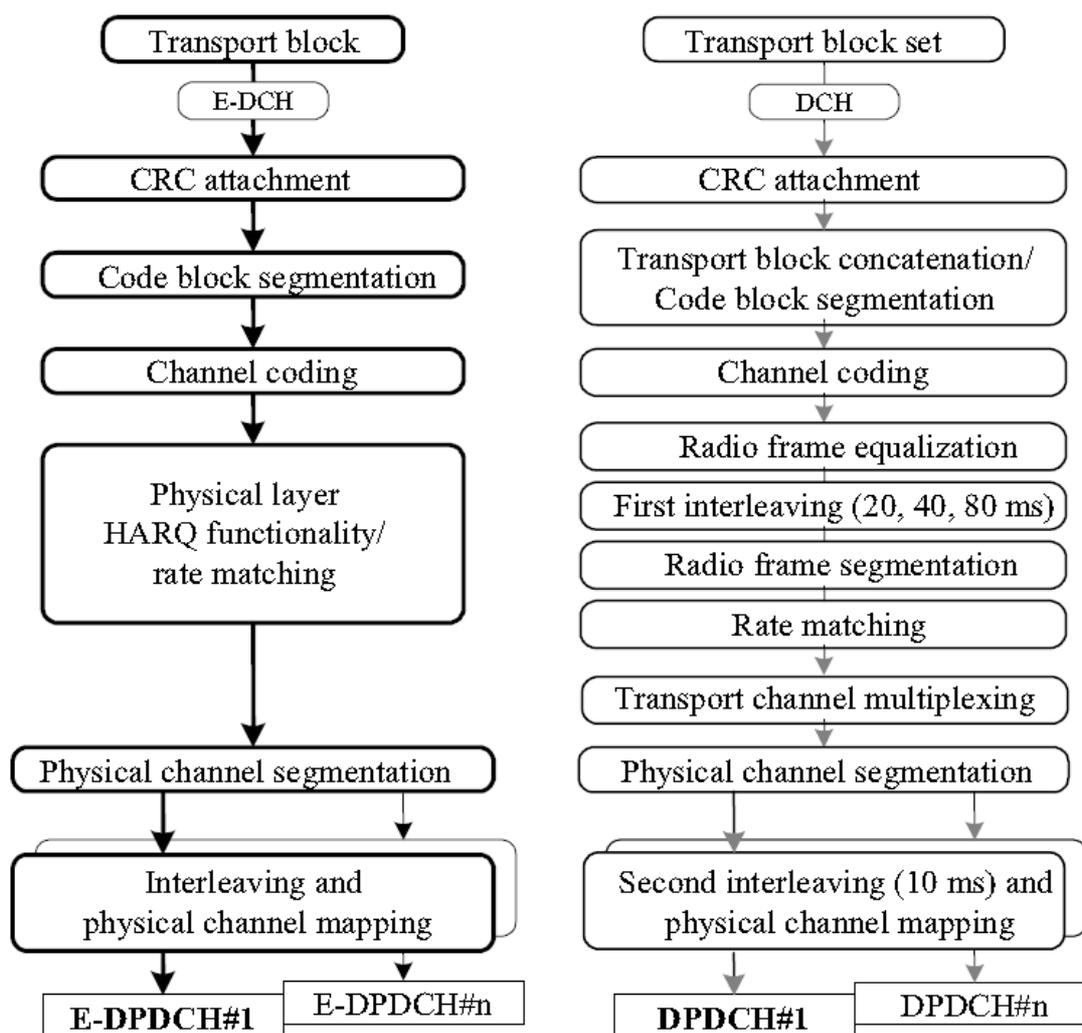


Fig. 3.28 Procesamiento del canal E-DCH vs el canal DCH

3.4.1.1.1. CRC en E-DCH

Se utiliza siempre un CRC de 24 bits para el bloque recibido de la subcapa MAC. En comparación con el DCH, el CRC es configurable y puede ser de 0, 8, 12, 16 o 24 bits.

3.4.1.1.2. Segmentación del bloque de código en E-DCH

Se divide la información en bloque de idéntica longitud de tal forma que no se exceda el tamaño de 5114 bits. En el caso del DCH la longitud depende del código utilizado: 5114 bits para turbo códigos o 504 bits para códigos convolucionales.

3.4.1.1.3. Codificación en E-DCH

Siempre se utiliza turbo códigos con una velocidad de codificación de 1/3. Como se menciona en el punto anterior el DCH puede utilizar también códigos convolucionales con una velocidad de 1/3 o 1/2.

3.4.1.1.4. HARQ en E-DCH

El principio utilizado en HSUPA es el mismo que en HSDPA. Después de cada transmisión TTI (en HSUPA el TTI puede ser de 2 ó 10 ms) el nodo B informa al UE si el paquete se recibió o no correctamente. En caso de una incorrecta recepción el UE retransmitirá el paquete. El nodo tratará de recuperar el paquete por medio de combinar la energía del paquete recibido con transmisiones previas hasta que el paquete sea recibido correctamente o se alcance el límite de retransmisiones.

HSUPA puede utilizar chase combining donde la retransmisión será una copia exacta del original o emplear redundancia incremental por medio de añadir bits de paridad. La diferencia entre el HARQ empleado en HSUPA, es que el proceso es completamente sincrónico y soporta soft handover.

3.4.1.1.5. Segmentación en los canales físicos del E-DCH

Los bits del canal E-DCH se distribuyen entre varios canales físicos E-DPDCH en caso de ser necesario. Este proceso corresponde al que se realiza en el DCH.

3.4.1.1.6. Interleaving y mapeo en el canal físico del E-DCH

Al igual que en DCH este proceso alterna, entrega y mapea los bits en los canales físicos correspondientes.

3.4.1.1.7. Scheduling en E-DCH

En HSDPA se lleva la programación para downlink del RNC al nodo B, en HSUPA también se lleva la programación para uplink al nodo B. Sin embargo, el procedimiento es diferente ya que en downlink la conexión es de un nodo B a varios UE mientras que en uplink es de un solo UE a un solo nodo B.

En HSDPA, se asigna toda la potencia a un usuario en un instante determinado dejando en cero a los demás, el siguiente instante se asigna al siguiente y así con cada uno permitiéndoles alcanzar la máxima velocidad. En HSUPA no es posible hacer esto. Entonces se utiliza un canal dedicado y no compartido como es en HSDPA.

En uplink la programación consiste en aceptar nuevos usuarios y disminuir los recursos asignados a los usuarios previos. Entonces la programación en E-DCH funciona más bien como para DCH en el Rel. 99, pero de manera más rápida al realizarse en el nodo B y no en el RNC.

<i>Características</i>	<i>DCH</i>	<i>HS-DSCH</i>	<i>E-DCH</i>
SF variable	Sí	No	Sí
Control rápido de potencia	Sí	No	Sí
Modulación adaptable	No	Sí	No
Scheduling en el nodo B	No	Sí	Sí
HARQ	No	Sí	Sí
Soft handover	Sí	No	Sí
TTI (ms)	80, 40, 20, 10	2	10, 2

Fuente: HSDPA/HSUPA for UMTS

Tabla 3.4 Comparación entre los canales DCH, HS-DSCH y E-DCH

3.4.1.2. E-DCH Dedicated Physical Data Channel (E-DPDCH)

El E-DPDCH es un nuevo canal físico dedicado para transmitir el canal de transporte E-DCH. Funciona paralelo a los canales de uplink DPDCH, DPCCH y HS-DPCCH.

El canal E-DPDCH tiene una configuración similar al canal DPDCH (Rel. 99) con algunas variantes. Ambos soportan factores de dispersión ortogonales (OVSF). Ambos utilizan modulación BPSK y soportan el lazo control de potencia rápido. Una diferencia es que E-DPDCH soporta HARQ y programación rápida en el nodo B.

Otra diferencia es que E-DCH puede usar TTI de 2 y 10 ms. Cuando se usa un TTI de 10 ms todos los 15 slots se utilizan para transmitir los bloques del E-DCH. En el caso de un TTI de 2 ms cada sub-trama lleva un bloque del E-DCH. Una sub-trama de 2 ms está formada por 3 slots.

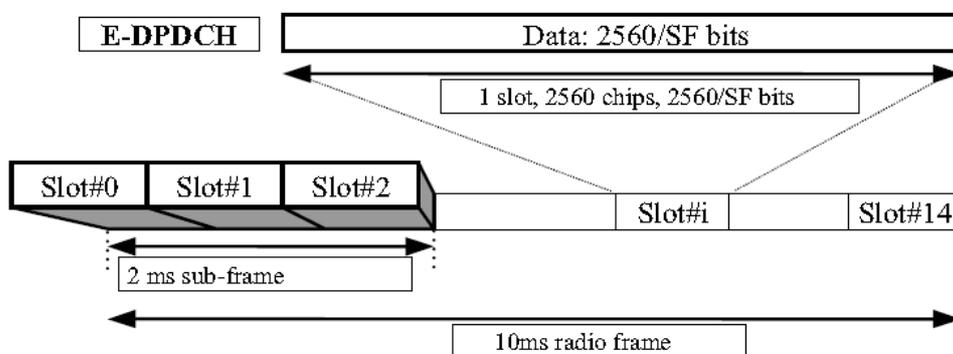


Fig. 3.29 Estructura de la trama en el canal E-DPDCH

Finalmente, la diferencia más importante es que E-DPDCH soporta un SF de 2, lo que le permite enviar el doble de los bits de canal por cada código que envía el DPDCH al utilizar un SF de 4. Sin embargo, DPDCH soporta teóricamente hasta 6 transmisiones simultáneas, mientras que el canal E-DPDCH soporta la transmisión simultánea de cuatro códigos, 2 códigos SF2 y 2 códigos SF4 lo que da una velocidad

total de 5.76 Mbps igual a DPDCH, aunque en la práctica DPDCH no soporta esas velocidades.

<i>Velocidad del canal</i>	<i>DPDCH</i>	<i>E-DPDCH</i>
1.5 – 960 Kbps	SF256-SF4	SF256-SF4
1.92 Mbps	2xSF4	2xSF4
2.88 Mbps	3xSF4	-
3.84 Mbps	4xSF4	2xSF2
4.80 Mbps	5xSF4	-
5.76 Mbps	6xSF4	2xSF4+2xSF2

Fuente: HSDPA/HSUPA for UMTS

Tabla 3.5
Velocidades soportadas por el E-DPDCH y el DPDCH

<i>Característica</i>	<i>DPDCH</i>	<i>E-DPDCH</i>
SF máximo	256	256
Velocidad mínima del canal	15 Kbps	15 Kbps
SF mínimo	4	2
Velocidad máxima del canal	960 Kbps	1920 Kbps
Control rápido de potencia	Sí	Sí
Modulación	BPSK	BPSK
Soft handover	Sí	Sí
TTI (ms)	80, 40, 20, 10	10, 2
Máx. núm. de códigos paralelos	6xSF4	2xSF4+2xSF2

Fuente: HSDPA/HSUPA for UMTS

Tabla 3.6
Comparación entre los canales E-DPDCH y DPDCH

3.4.1.3. E-DCH Dedicated Physical Control Channel (E-DPCCH)

El E-DPCCH es un nuevo canal físico dedicado de uplink utilizado para transmitir información de control del canal E-DPDCH. El canal E-DPCCH funciona en paralelo a los demás canales de uplink y siempre acompaña al canal E-DPDCH. Este canal realiza la misma función que el DPCCH realiza para el DPDCH, es decir maneja la información necesaria para decodificar los datos del canal E-DPDCH. La diferencia entre ellos es que el DPCCH provee información para estimación del canal y control de potencia, mientras que el E-DPCCH solo tiene información referente al canal de datos.

Solo se tiene un formato de trama que utiliza un SF de 256 que llevan 30 bits de canal (es decir 10 bits de información) por cada TTI de 2 ms. La estructura del canal se muestra en la figura 3.30. Si se emplea un TTI de 10 ms se envían 5 veces esa cantidad de bits haciendo posible la reducción de la potencia. Los 10 bits de información están divididos en tres campos:

- E-TFCI: 7 bits para indicar el formato del bloque de transporte.
- RSN: 2 bits para indicar la secuencia del HARQ (0 a 3).
- Happy bit: 1 bit para indicar si el UE está satisfecho con la velocidad de transmisión establecida.

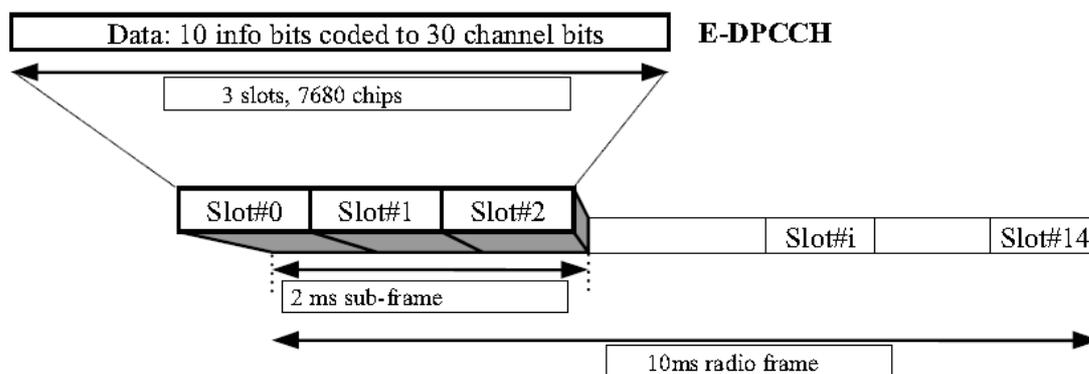


Fig.3.30 Estructura de la trama en el canal E-DPCCH

3.4.1.4. E-DCH HARQ Indicator Channel (E-HICH)

El HICH es un nuevo canal de downlink utilizado para transmitir confirmaciones para las transmisiones de uplink. Para transmisiones correctas se utiliza confirmación positiva (ACK) y para transmisiones fallidas confirmación negativa (NACK). El canal E-HICH utiliza modulación BPSK.

La estructura del canal E-HICH se muestra en la figura 3.31 y es igual al canal E-RGCH. Se entrega un bit de información en 3 slots que forman la sub-trama de 2 ms.

En caso de una transmisión de 10 ms, los 3 slots se repiten. Cada slot usa una secuencia ortogonal de 40 bits lo que permite la Multiplexación ortogonal de 40 bits en un slot mediante un único SF de 128. Cada bit se repite en los tres slots pero usa una secuencia ortogonal diferente.

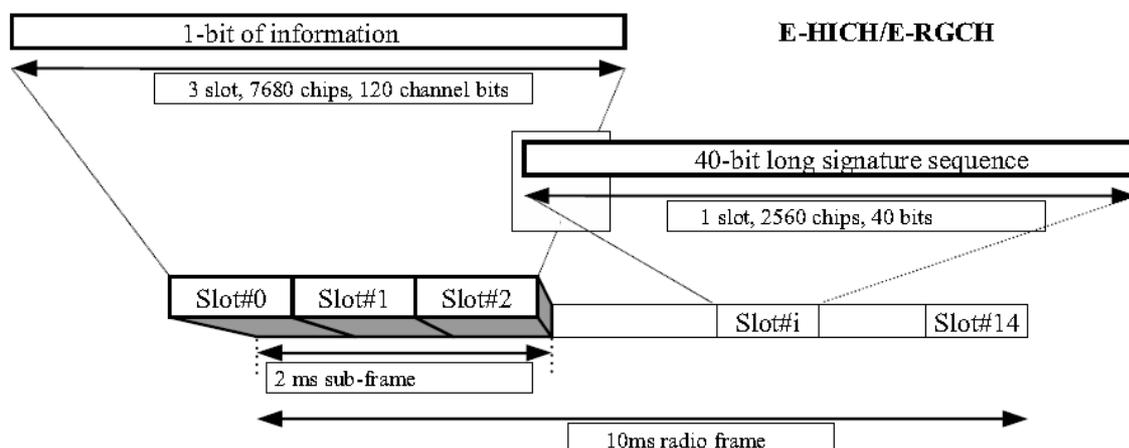


Fig. 3.31

Estructura de la trama en los canales E-HICH y E-RGCH

3.4.1.5. E-DCH Relative Grant Channel (E-RGCH)

El E-RGCH es un nuevo canal físico dedicado de downlink utilizado para transmitir comandos de scheduling que afectan la potencia de transmisión del UE lo que afecta directamente a la velocidad de transmisión en uplink. Igual que el E-HICH utiliza modulación BPSK y mantiene la misma estructura de trama que se observa en la figura 3.32.

Si el terminal está en la celda servidora, una señal +1 indicará que el UE puede incrementar los recursos, una señal de -1 indicará que hay que reducir la potencia y finalmente si se envía un DTX mantiene el uso de recursos.

3.4.1.6. E-DCH Absolute Grant Channel (E-AGCH)

El E-AGCH es un nuevo canal físico de downlink, es el único que es compartido en lugar de ser dedicado. Es utilizado por parte del nodo B para informar al UE cuál es la velocidad máxima que está permitido a utilizar. El E-AGCH entrega 5 bits indicando el valor exacto de velocidad que va a utilizar el canal E-DPDCH.

Además envía otro bit para habilitar o deshabilitar al UE para enviar HARQ en una determinada conexión. Este bit se utiliza solo en el modo de TTI igual a 2 ms. La estructura de la trama de este canal se indica en la figura 3.32. La estructura del E-AGCH es muy similar a la del canal HS-SCCH (Rel. 5), utiliza CRC de 16 bits. Luego la información es codificada y ajustada a 3 slots de duración total 2 ms con un SF de 256. Si se utiliza un TTI de 10 ms se repiten los 3 slots 5 veces.

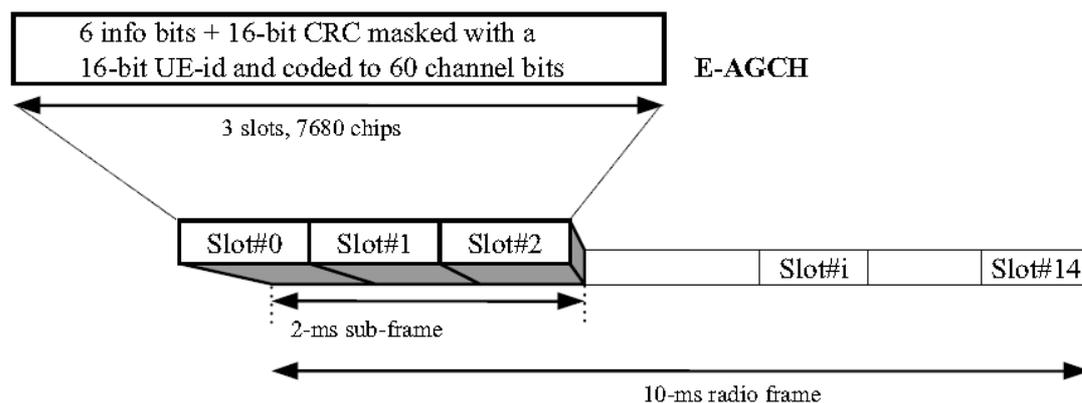


Fig.3.32 Estructura de la trama en el canal E-AGCH

3.4.2. MANEJO DE RECURSOS DE RADIO EN HSUPA

Los algoritmos de manejo de recursos de radio (RRM) se encargan de aplicar las mejoras tecnológicas introducidas por HSUPA (analizadas en la sección 3.4.1), logrando una ganancia en la capacidad del sistema, mantener la estabilidad de la red y mejorar la experiencia del usuario.

3.4.2.1. Algoritmos en el RNC

Incluye distribución de recursos, control de la admisión y administración de la movilidad.

3.4.2.1.1. Distribución de recursos

Las conexiones DCH son controladas por el RNC mientras que las conexiones E-DCH en el nodo B. El RNC predetermina el máximo valor de potencia wideband (noise rise) para el nodo B, la cual se llama RTWP. La potencia recibida consiste de ruido térmico, interferencia inter celdas, interferencias intra celda proveniente de las conexiones DCH e interferencias intra celda proveniente de las conexiones E-DCH (HSUPA). El programador de HSUPA puede asignar recursos que no están siendo utilizados por las conexiones DCH.

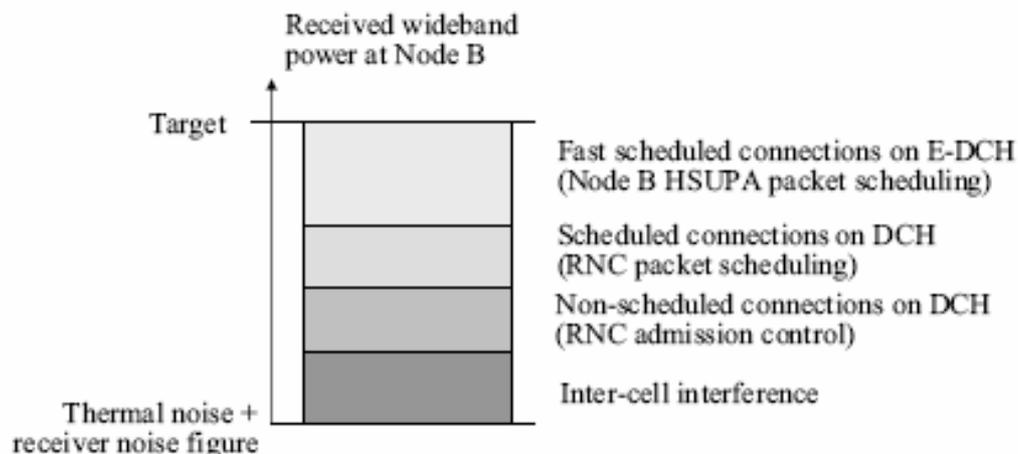


Fig.3.33

Control de asignación de recursos con HSUPA

3.4.2.1.2. Admisión de control

El control de admisión determina si aceptar o no a un nuevo usuario HSUPA para lo cuál se vale de la siguiente información:

- Número de usuarios HSUPA activos. El RNC o el CN pueden prelimitar el número de usuarios admitidos por celda.
- Nivel de interferencia en uplink. Si el RTPW recibido es superior al predeterminado por el RNC un nuevo usuario será bloqueado.
- Indicador de Prioridad de Programación. Si una nueva llamada tiene SPI de mayor prioridad que una llamada existente, el nuevo usuario será admitido generando una degradación de la calidad en la llamada existente.
- Velocidad garantizada. Se debe garantizar una velocidad tanto a los usuarios que están transmitiendo como a los nuevos antes de poder admitirlos.
- Limitaciones en downlink. Cuando un nuevo usuario HSUPA es admitido también requiere HSDPA en downlink. Si no existen suficientes recursos en DL no será admitido aún cuando existan suficientes recursos en UL.

3.4.2.1.3. Administración de la movilidad

El control de handover en el RNC decide primero que celdas activas están disponibles y segundo que celda es la servidora para HSUPA.

En cuanto al primer punto, el proceso es similar al Release 99, excepto que en WCDMA el UE soporta hasta 6 celdas activas, mientras que en HSUPA solo 4 celdas pueden ser configuradas para que el UE realice el handover.

Respecto al segundo punto, los algoritmos de celda de servidora son los que deciden que celda está en control de HSUPA. HSDPA y HSUPA no necesariamente tienen a la misma celda como servidora, sin embargo lo más común es que así sea.

3.4.2.2. Algoritmos en el Nodo B

HSUPA utiliza los algoritmos de programación de paquetes (también utilizados por HSDPA) y HARQ en el nodo B (que ya fue analizado anteriormente).

3.4.2.2.1. Programación de paquetes

Existen dos modos de programación de paquetes en HSUPA. El uno, modo de programación en nodo B con control de señalización en L1/MAC en uplink y downlink y el otro, modo de no-programación con control del RNC.

La ventaja del modo uno es un mayor manejo de carga de datos, es decir una mayor velocidad. En HSUPA, cada UE posee su propia entidad MAC-e en el nodo B, cuya función principal es encargarse de la recepción y confirmación del proceso HARQ.

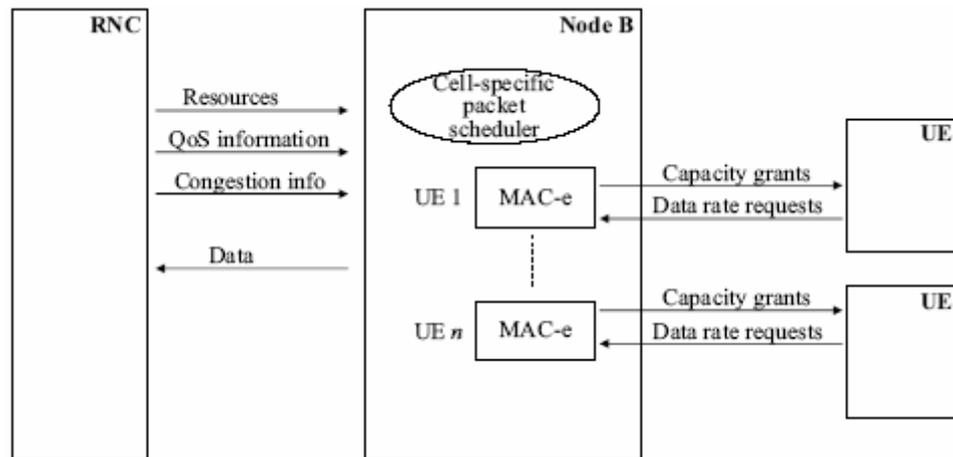


Fig. 3.34

Modo de programación de nodo B

3.5. HSPA FRENTE A OTRAS TECNOLOGÍAS

HSPA es una de las tecnologías que mayor despliegue está alcanzando en el mercado. Sin embargo, otras tecnologías también se disputan el mercado de 3G.

Dos de los más fuertes competidores para HSPA son EV-DO y WiMax. A continuación vamos a comparar estas tecnologías.

3.5.1. HSPA VS EV-DO

Actualmente EV-DO es la segunda tecnología de banda ancha de datos a nivel mundial, superada solo por HSPA.

Desde el punto de vista técnico HSPA (HSDPA+HSUPA) es superior en varios aspectos a EV-DO. Por ejemplo, la velocidad de HSPA es de 14.4 Mbps en DL y 5.76 Mbps en UL. Mientras que EV-DO Rev. A es de 3.1 Mbps en DL y 1.8 Mbps en UL.

Parámetro	EVDO			HSPA	
	Rel 0	Rel A	Rel B	HSDPA	HSUPA
Ancho banda MHz	1.25	1.25	5 20	5	5
Modulación DL	8/QPSK 16QAM	8/QPSK 16QAM	64QAM	QPSK 16QAM	QPSK
Modulación UL	BPSK	BPSK	64QAM	QPSK	QPSK
Técnica acceso	CDMA	CDMA	CDMA	CDMA	CDMA
Tipo de dispersión	Direct Sequence	Direct Sequence	Multi Carrier	Direct Sequence	Direct Sequence
Duplexión	FDD	FDD	FDD	FDD TDD	FDD TDD
Velocidad DL (Mbps)	2.4	3.1	73.5	14.4	14.4
Velocidad UL (Mbps)	0.153	1.8	27	0.384	5.76

Tabla 3.7 Comparación entre EV-DO vs HSPA

Desde el punto de vista comercial, HSPA tiene una mayor participación de mercado y posee un futuro más alentador. Mundialmente UMTS se ha convertido en la tecnología de 3G con mayor desarrollo y participación de mercado. Incluso en mercados como el norteamericano a relegado a la tecnología EV-DO a un segundo plano. En vista de que HSPA se implementa sobre UMTS, los forecasts o proyecciones sitúan a esta tecnología como la privilegiada del mercado.

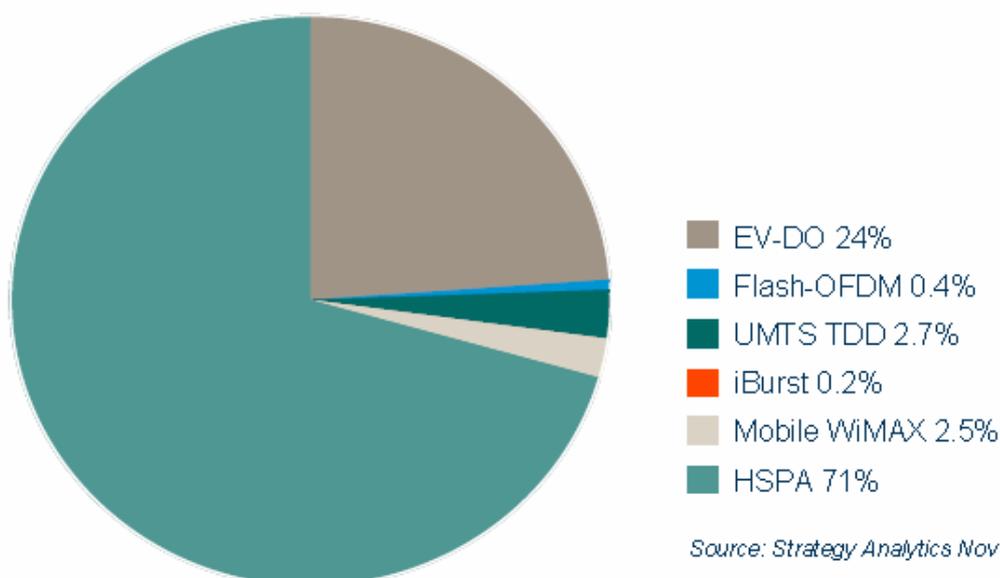
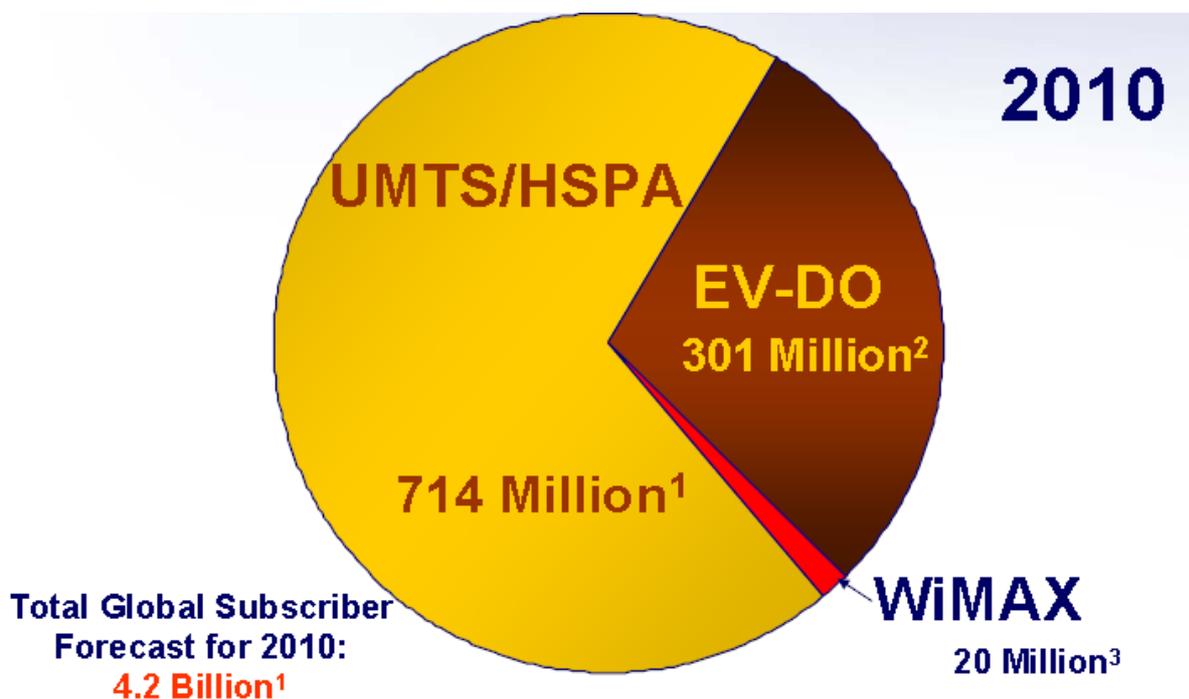


Fig. 3.35 Participación de mercado de las tecnologías 3G

Otro factor en contra de EV-DO, es que la tecnología sucesora UMB no tiene todo el apoyo de la comunidad CDMA. Por ejemplo, Sprint ha apostado por WiMax como su siguiente paso a futuro¹ y Verizon wireless ha escogido a LTE en lugar de UMB o WiMax². Por otra parte, la tecnología sucesora de HSPA es Long Term Evolution (LTE) que goza de mayor apoyo por ser compatible con los estándares GSM/UMTS/HSPA.

La realidad es que muchas operadoras con CDMA (con y sin EV-DO) están apagando sus redes y otras aún cuando las mantienen miran el futuro hacia la dirección de UMTS.



Sources: ¹Infoma Telecoms & Media, WCIS Subscriber Forecast, July 2007;

²CDG, May 2007 –Average of Strategy Analytics (Nov06) and Yankee Group (Dec06) subscriber forecasts;

³Senza Fili Consulting, July 19, 2007

Fig. 3.36

Forecast de participación de mercado de EV-DO, WiMax y UMTS/HSPA para el 2010

¹ Tele-semana: Se discute la competencia entre LTE y WiMax ¿Qué pasa con UMB?, Junquera Rafael, nov 2007.

² Tele-semana: Reporte semanal, nov 2007

3.5.2. HSPA vs WiMax

El otro gran competidor de HSPA es WiMax. Es interesante que si bien estas tecnologías no son compatibles algunos operadores han empezado a desplegarlas en conjunto, es decir evolucionar su red 3G a HSPA y utiliza WiMax para dar cobertura en zonas rurales.

Desde el punto de vista técnico, WiMax presenta muy buenas prestaciones, incluso superiores a HSPA. Por ejemplo, la eficiencia espectral del estándar 802.16e (WiMax móvil) es mayor que la de HSPA (Rel. 6). Sin embargo, por el momento no hay muchos equipos WiMax móviles y su interoperabilidad no está garantizada. Además, las mejoras sobre HSPA le darán mayores prestaciones técnicas que WiMax.

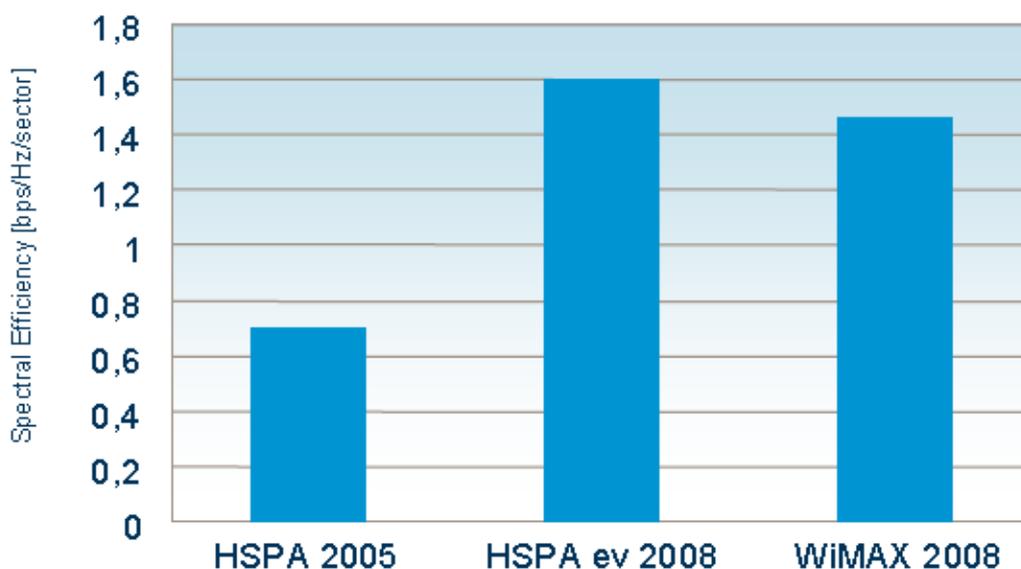


Fig. 3.37

Eficiencia espectral de WiMax vs HSPA

Otro aspecto técnico a tomar en consideración es la velocidad de transmisión WiMax que alcanza velocidades de hasta 40 Mbps en DL y 5.6 en UL utilizando una portadora de 10 MHz.

	HSPA (2 x 5 MHz)		WIMAX (10 MHz)	
	HSPA	HSPA evolution	TDD (2:1)	TDD (1:1*)
Peak Data Rate (Mbps) DL	14	42	40	32
UL	5.8	11	5.6	7.1

Fig. 3.38

Velocidad de transmisión de WiMax vs HSPA

Finalmente un tercer aspecto técnico es la cobertura o alcance que se puede lograr con WiMax o con HSPA. Esto es muy importante porque una menor cobertura requiere más radio bases y por lo tanto una mayor inversión. A este respecto HSPA es superior a WiMax, al tener una menor pérdida por trayectoria.

La figura 3.39 muestra esta diferencia de alcance en una radio base, mientras que la figura 3.40 la cantidad de radio bases necesarias para cubrir a la misma cantidad de población con ambas tecnologías¹.

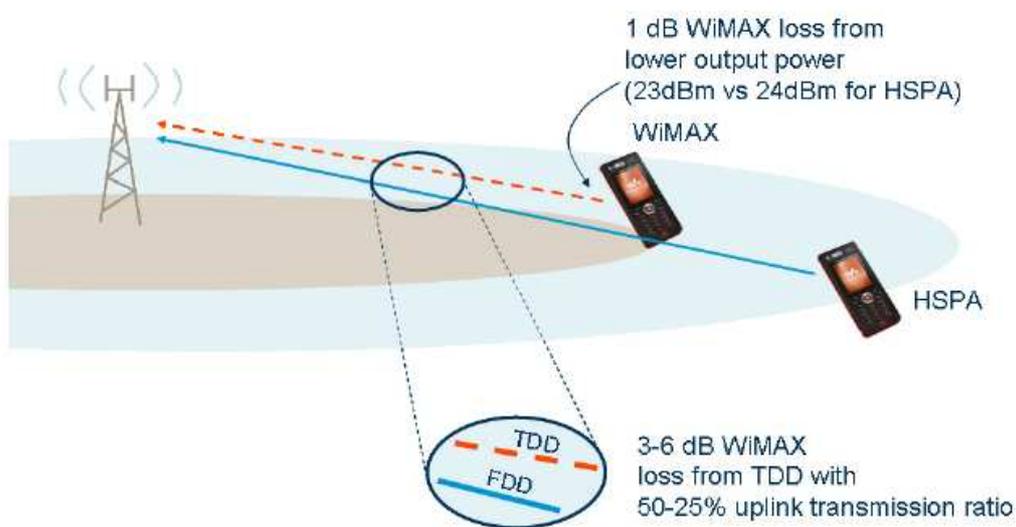


Fig. 3.39

Alcance de WiMax vs HSPA

¹ ERICSSON: HSPA, the indisputed choice for mobile broadband, mayo 2007

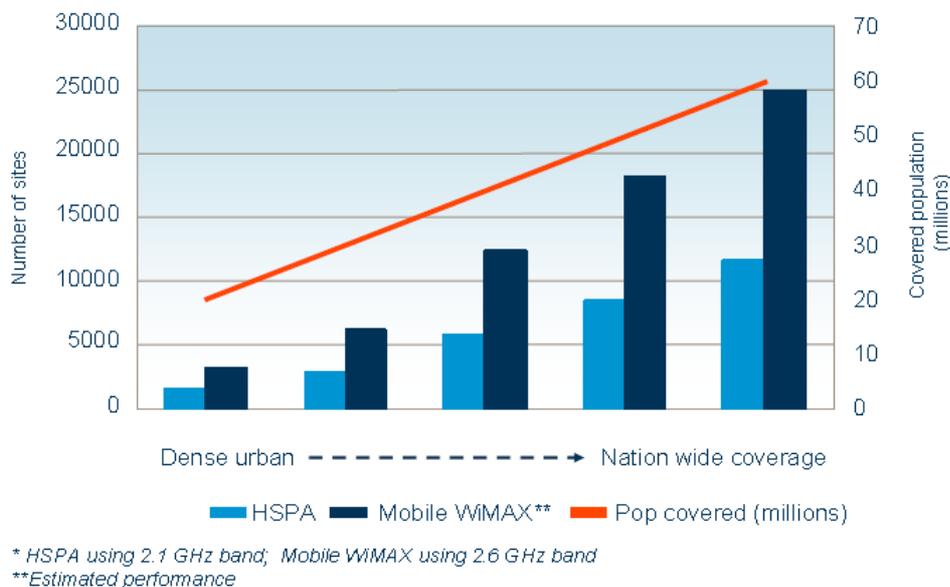


Fig. 3.40

Diferencia de inversión en radio bases entre WiMax y HSPA

Una desventaja de WiMax es la infraestructura que debe cambiarse en el CN a diferencia de HSPA que se implementa sobre el core network de GSM/UMTS. En la radio bases tampoco se requiere de nuevo hardware si ya está implementado UMTS.

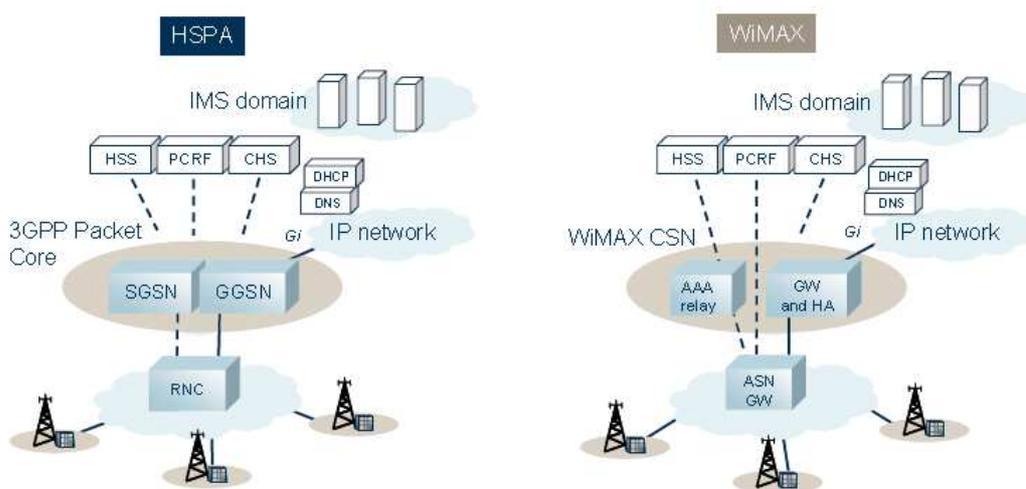


Fig. 3.41

Cambios en el CN para implementar WiMax vs HSPA

Desde el punto de vista comercial, HSPA posee un mayor mercado que WiMax. Actualmente existen unos 200 millones de usuarios HSPA, cifra que es 10 veces superior a los que WiMax tendría para el año 2010¹.

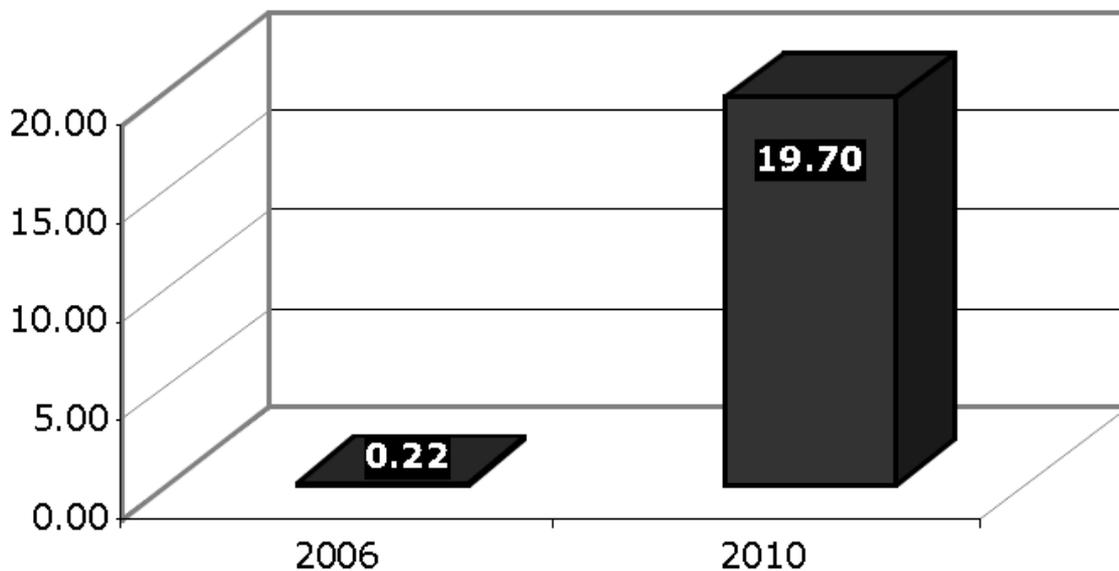


Fig. 3.42

Forecast de usuarios de WiMax

3.6. APLICACIONES SOPORTADAS POR HSPA

La implementación de HSPA es necesaria para poder ofrecer una gran cantidad de servicios y aplicaciones que los usuarios están demandando con mucho auge en los últimos años. Entre las principales aplicaciones tenemos:

3.6.1. NAVEGACIÓN

Incluye la navegación vía WAP o vía Web, puede ser también específica según la localización del usuario. HSPA permite grandes velocidades de browsing o navegación.

¹ Tele-semana Plus: Wi-Max ¿Hay realmente dos?, Junquera Rafael, 2007

3.6.2. VIDEO JUEGOS EN LÍNEA

Las aplicaciones para video juegos en línea requieren no solo una gran velocidad en downlink, sino también en el enlace de uplink en vista de que el usuario interactúa con otros jugadores y necesita enviar o subir información en tiempo real.

3.6.3. VOZ SOBRE IP

HSPA fue originalmente diseñado para servicios de gran ancho de banda y no en tiempo real. VoIP es un servicio que no requiere gran ancho de banda pero sí una excelente respuesta en tiempo real. Pese a ello HSPA puede tener un muy buen rendimiento al proveer este servicio por poseer latencia baja y TTI variables (en el caso de HSUPA).

3.6.4. PUSH-TO-TALK

Un usuario puede hablar con un grupo de personas con solo presionar un botón, similar al servicio de walki-talkie. La clave de este servicio es la velocidad en la conexión. Además, se presenta la oportunidad de compartir no solo voz sino imágenes, videos, música lo que se conoce como Push-to-show.

3.6.5. STREAMING

El observar videos en línea, con la opción de descargarlos o no, se ha convertido en toda una moda. Aplicaciones como YouTube o VeohTV, entre otras, permiten a los usuarios observar videos en tiempo real y tener estas aplicaciones en el móvil requiere de tecnologías con prestaciones como las de HSPA. Estas mismas aplicaciones permiten subir videos elaborados por el usuario, por lo cual una solución completa como HSPA (HSDPA y HSUPA) satisface estos requerimientos.

3.6.6. VIDEO CONFERENCIA

En la videoconferencia se envía además de voz, imágenes. La video conferencia es muy sensible a los retardos, por ello HSPA resulta ideal para aplicaciones que utilizan este servicio. Además, la capacidad de HSPA para realizar multicast sin sobrecargar la red le permite incorporar servicios como el de video conferencia y video telefonía.

3.6.7. TELEVISIÓN

La televisión móvil exige grandes anchos de banda así como retardos pequeños para satisfacer a los usuarios. Además, la incorporación de interactividad por parte de los usuarios así como canales exclusivos para internet, convierte a este servicio en uno de los principales en ser ofrecidos por las operadoras que han desplegado redes de 3G.

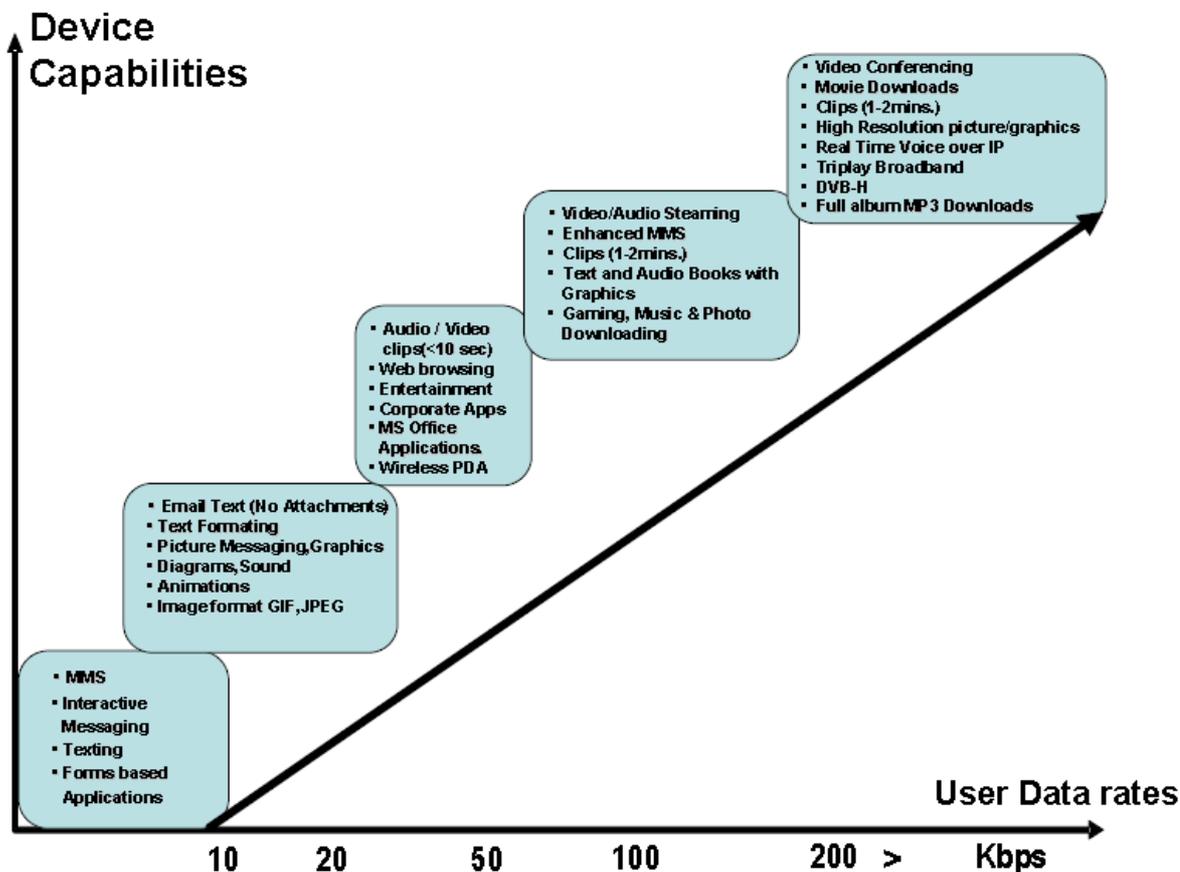


Fig. 3.43 Aplicaciones y velocidades de transmisión requeridas

3.7. TERMINALES

Los terminales son otro aspecto que juega un papel clave en el desarrollo de una tecnología, en este caso HSPA. A continuación se indica las capacidades que soportan los terminales HSPA y la oferta comercial disponible.

3.7.1. CAPACIDAD

El hecho de que un terminal soporte HSPA no quiere decir necesariamente que tenga la capacidad para transmitir a la velocidad máxima, eso dependerá de la categoría del terminal, como lo ilustran las siguientes tablas. La tabla 3.8 muestra las categorías de terminales para HSDPA y la tabla 3.9 las categorías de terminales para HSUPA.

Categoría	Mínimo intervalo TTI	Máximo número Bits por TTI	Velocidad Max. en DL (Mbps)
1	3	7298	1.2
2	3	7298	1.2
3	2	7298	1.8
4	2	7298	1.8
5	1	7298	3.6
6	1	7298	3.6
7	1	14411	7.2
8	1	14411	7.2
9	1	20251	10.2
10	1	27952	14.4
11	2	3630	0.9
12	1	3630	1.8

Tabla 3.8
Categorías de terminales en HSDPA

Categoría	Intervalos TTI soportados	Vel. Max. en UL (Mbps) TTI de 10 ms	Vel. Max. en UL (Mbps) TTI de 2 ms
1	10 ms	0.72	n/a
2	2 y 10 ms	1.45	1.45
3	10 ms	1.45	n/a
4	2 y 10 ms	2	2.91
5	10 ms	2	n/a
6	2 y 10 ms	2	5.76

Tabla 3.9 Categorías de terminales en HSUPA

3.7.2. TERMINALES DISPONIBLES EN EL MERCADO

En el mercado existe una gran oferta de terminales HSDPA y una cada vez más creciente oferta de terminales HSUPA. Entre la oferta se dispone de tarjetas PCMCIA, USB, celulares, laptops, cámaras, etc.



Fig. 3.44 Sony Vaio SZ con chip HSPA incorporado y cámara Samsung VLUI70 con HSPA



Fig. 3.45 Terminales de tercera generación

Se dispone de unos 400 dispositivos HSDPA en el mercado, fabricados por más de 60 empresas¹.



Fig. 3.46 Dispositivos que soportan HSDPA

Se dispone de unos 100 dispositivos HSUPA en el mercado, fabricados por más de 60 empresas². En el anexo 1 se incluye una lista de dispositivos y fabricantes de equipos HSDPA/HSUPA.



Fig. 3.46 Dispositivos que soportan HSUPA.

¹ 3Americas: Move to the mobile broadband, julio 2007

² 3Americas: HSDPA/HSUPA devices, sep 2007

CAPITULO 4

4. IMPLEMENTACIÓN DE HSUPA EN EL ECUADOR

4.1. INTRODUCCIÓN

La implementación de HSUPA en el Ecuador, como cualquier otra tecnología, no solo depende de factores técnicos sino también de factores económicos, políticos y sociales. Por ello, todos estos factores se deben tomar en cuenta al analizar su posible introducción en el mercado ecuatoriano.

Entre los principales aspectos que deben ser tomados en cuenta tenemos el mercado de consumo, el marco regulatorio, la situación de las operadoras de telefonía móvil, la implementación que la tecnología ha alcanzado a nivel mundial y particularmente en América. Cada uno de estos factores será analizado a continuación para determinar si es posible la implementación de HSUPA en nuestro país. En el caso de la situación del mercado de telecomunicaciones en Ecuador será desarrollado en el capítulo 5 junto con algunas consideraciones adicionales.

4.2. MARCO REGULATORIO

4.2.1. ORGANISMOS DE REGULACIÓN

En el país se han establecido tres entes encargados de la regulación de las telecomunicaciones: el CONATEL, la SENATEL y la SUPTEL.

4.2.1.1. Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL)

El CONATEL es un organismo que ejerce en representación del estado las funciones de: administración y regulación de los servicios de

telecomunicaciones. Es además el representante ante la Unión Internacional de Telecomunicaciones. Las atribuciones del CONATEL son¹:

- Dictar las políticas del Estado con relación a las telecomunicaciones.
- Aprobar el Plan Nacional de Desarrollo de las Telecomunicaciones.
- Aprobar el plan de frecuencias y de uso del espectro radioeléctrico.
- Aprobar los pliegos tarifarios de los servicios de telecomunicaciones abiertos a la correspondencia pública, así como los cargos de interconexión que deban pagar obligatoriamente los concesionarios de servicios portadores, incluyendo los alquileres de circuitos.
- Establecer términos, condiciones y plazos para otorgar las concesiones y autorizaciones del uso de frecuencias, así como la autorización de la explotación de los servicios finales y portadores de telecomunicaciones.
- Designar al Secretario del CONATEL.
- Autorizar a la SENATEL la suscripción de contratos de concesión para la explotación de servicios de telecomunicaciones.
- Autorizar a la SENATEL la suscripción de contratos de concesión para el uso del espectro radioeléctrico.
- Expedir los reglamentos necesarios para la interconexión de las redes.
- Aprobar el plan de trabajo de la SENATEL.
- Aprobar los presupuestos de la SENATEL y de la SUPTEL.
- Conocer y aprobar el informe de labores de la SENATEL así como de sus estados financieros.

¹ Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada

4.2.1.2. Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL)

La SENATEL es el organismo encargado de la ejecución de la política de telecomunicaciones en el Ecuador. Son atribuciones de la SENATEL¹:

- Elaborar el Plan Nacional de Desarrollo de las Telecomunicaciones para asegurar el desarrollo de servicios de telecomunicaciones, su instalación y operación eficiente y oportuna.
- Preparar las propuestas de ajuste de las tarifas y someterlas a conocimiento del CONATEL para su decisión, en los casos previstos en este reglamento.
- Aprobar los acuerdos de conexión e interconexión entre prestadores de servicios de telecomunicaciones previo cumplimiento de procedimientos establecidos en este reglamento.
- Tramitar los procesos de expropiación y constitución de servidumbres ante el CONATEL, siguiendo el procedimiento previsto en este reglamento.
- Proponer al CONATEL los estándares y anteproyectos de la normativa necesaria para asegurar el adecuado funcionamiento, homologación, conexión e interconexión de las redes de telecomunicación.
- Calificar los laboratorios que emitirán los certificados de homologación técnica de equipos terminales.
- Recaudar los aportes de las empresas operadoras de telecomunicaciones destinadas al FODETEL.
- Recaudar los dineros que por derechos de concesión, derecho de autorización y uso de frecuencias y otros conceptos deba percibir el Estado y distribuirlos en forma inmediata y automática

¹ Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada

a la SUPTEL, de acuerdo al presupuesto aprobado por el CONATEL. Exceptúese de esta disposición las recaudaciones que de acuerdo a la ley le corresponden al CONARTEL.

- Fijar los valores que se cobren por concepto de tasas administrativas por trámites referidos a títulos habilitantes y efectuar su recaudación.
- Las demás previstas en la ley.

4.2.1.3. Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPTEL)

La SUPTEL es el organismo al que se encarga de controlar los servicios de telecomunicaciones y el uso del espectro radioeléctrico. Sus funciones son¹:

- Velar porque los usuarios reciban servicios de calidad y a precios competitivos.
- Atender en forma efectiva los reclamos, denuncias y sugerencias de los usuarios de telecomunicaciones.
- Controlar de manera efectiva los servicios de telecomunicaciones a nivel nacional.
- Administrar y controlar de manera efectiva los servicios de radiodifusión y televisión a nivel nacional.
- Controlar de manera efectiva la utilización del espectro radioeléctrico a nivel nacional.
- Controlar que los servicios de telecomunicaciones se ofrezcan en régimen de libre competencia en beneficio de los usuarios y de los operadores.

Estos tres organismos son los responsables de interactuar en representación del Estado con la operadoras de telefonía celular.

¹ Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada

4.2.2. CONTRATOS DE CONCESIÓN

Un tema fundamental para poder prestar los servicios que ofrece HSUPA es tener el permiso para hacerlo. El contrato de concesión es el que habilita a una operadora a prestar esos servicios. Actualmente, en el país existen tres operadoras de telefonía móvil: Conecel (Porta), Otecel (Movistar) y Telecsa (Alegro).

Conecel y Otecel tienen un contrato de concesión vigente por 15 años hasta el 2008. Por ello, las dos empresas en conjunto se encuentran en un proceso de negociación para obtener dichos contratos. Por su parte, Telecsa tiene un contrato de concesión también por 15 años que termina en el 2018.

Los nuevos contratos de concesión podrían afectar la implementación de HSUPA al incluir techos tarifarios para los servicios, tipos de servicios que se pueden prestar, parámetros de calidad de servicio y asignación de frecuencias.

4.2.3. ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

La asignación de espectro radioeléctrico también debe ser tomada en cuenta. El Estado debe licitar una banda para prestar los servicios de tercera generación. En caso de no hacerlo una opción que se tiene es implementar la tecnología en bandas ya concedidas. Sin embargo, este escenario no es muy probable ya que primero se necesitaría liberar esas bandas para ofrecer el servicio de 3G.

La ventaja de bandas de menor energía es que es posible dar mayor cobertura con el mismo costo de inversión debido a que la propagación es mejor a frecuencias menores. Un dato importante es que la ITU en la WRC07 aprobó el uso de la banda de 700 MHz (698-862 MHz) en los

sistemas IMT-2000 lo que incluye a UMTS/HSPA y LTE¹. Esta banda se suma a las incluidas en la tabla 4.1.

Banda (MHz)	Downlink (Mhz)	Uplink (MHz)
2100	2110 – 2170	1920 – 1980
1900	1930 – 1990	1850 – 1910
1800	1805 – 1880	1710 – 1785
1700	2110 – 2155	1710 – 1755
850	869 – 894	824 – 849
850	875 – 885	830 – 840
2600	2620 – 2690	2500 – 2570
900	925 – 960	880 – 915
1800	1845 – 1880	1750 – 1785
1700	2110 – 2170	1710 – 1770

Fuente: www.wikipedia.com

Tabla 4.1

Bandas de Frecuencia para HSPA en modo FDD

4.3. OPERADORAS DE TELEFONÍA CELULAR

En el Ecuador existen tres operadoras de telefonía celular, pero esto no quiere decir que sean las únicas que podrían estar interesadas en implementar HSUPA. Sin embargo, en vista de que es una tecnología de datos que funciona sobre una red de telefonía celular lo más lógico y probable es que las empresas interesadas en esta tecnología sean las operadoras celulares, por poseer la infraestructura, la experiencia y la necesidad de competir en el mercado.

Las tres operadoras son: Conecel, conocida comercialmente como PORTA, pertenece a la multinacional mexicana América Móvil y es la más importante operadora en el país según la cantidad de abonados. Le sigue Otecel, conocida comercialmente como MOVISTAR, que pertenece a la multinacional española Telefónica. Finalmente, la operadora Telecsa, conocida comercialmente como ALEGRO PCS, que pertenece a las empresas ecuatorianas ANDINATEL y PACIFICTEL.

¹ www.3gamericas.org: HSPA and LTE ready for 700 MHz Spectrum Band, Nov 07

A continuación se analizan las tecnologías que actualmente poseen cada operadora y las posibilidades que estas brindan para implementar HSUPA, luego se incluyen estadísticas de abonados y tarifas.

4.3.1. TECNOLOGÍA

4.3.1.1. Conecel

Conecel tiene implementada una red GSM/GPRS/EDGE. Sobre la cual se puede implementar UMTS. Una vez implementada la tecnología UMTS fácilmente se puede implementar HSPA. Primero se puede mejorar la red con HSDPA y luego con HSUPA.

Otro escenario de implementación que es muy común consiste en implementar directamente UMTS y HSDPA. La opción de UMTS y HSPA (es decir HSDPA+HSUPA) no es muy común.

Además, la propietaria de Porta, América Móvil ya ha empezado a desplegar redes de 3G en otros países de la región, estas redes son UMTS/HSDPA. De hecho, Porta ya ha anunciado que implementará una red de 3G para el inicio del año 2008 y lo hará con la tecnología UMTS/HSDPA.

4.3.1.2. Otecel

El caso de Otecel es muy similar al de Conecel, ya que posee una red GSM/GPRS/EDGE en la cual se puede implementar una red de 3G. Semejante al caso de Porta, Movistar pertenece a una multinacional, en este caso al grupo Telefónica el cuál ya ha desplegado UMTS/HSDPA otros países de la región. Telefónica incluso ha desplegado HSUPA en Europa. En el Ecuador el compromiso es de implementar también 3G para el primer semestre de 2008.

Otecel posee una red CDMA 1xRTT, la cual es utilizada para brindar servicios de voz y datos. Sin embargo, los clientes de esta red están siendo migrados hacia GSM. Con lo cual la implementación de UMTS/HSDPA es considerada la mejor opción.

El escenario a utilizarse será implementar en conjunto UMTS/HSDPA. En el caso de HSUPA es común que los operadores la implementen uno o dos años después de HSDPA. Por ello es posible que ya se disponga de HSUPA en Ecuador para el año 2010 e incluso antes.

4.3.1.3. Telecsa

El caso de Telecsa difiere de los otros dos operadores ya que la red que dispone es CDMA/EV-DO. Sin embargo, en el medio la penetración de esta tecnología no ha sido suficiente. En vista de ello una migración a la familia GSM/UMTS/HSPA se ve como la opción más adecuada para competir en el mercado.

Se presentan varios escenarios para que Telecsa implemente HSUPA. Uno de ellos es ser un MVNO. Es decir, rentar la red de otra operadora para proveer el servicio. La dificultad con este escenario es la dependencia de que otra operadora implemente la tecnología, que provea adecuado soporte, tarifas razonables, etc. Sin embargo, el ahorro en CAPEX al no invertir tanto en infraestructura de red es significativo y una clara ventaja competitiva.

Otra opción es implementar la red GSM para competir y luego migrar hacia UMTS/HSPA. Sin embargo, el costo de proveer cobertura GSM es muy alto ya que se invertiría en dos redes de acceso una GERAN y otra UTRAN.

Un escenario adicional sería implementar solo la red de 3G sin la cobertura para GSM. La inversión es mayor que el primer escenario pero menor al segundo. La ventaja es que se logra independencia de la otra operadora y los costos de inversión son razonables.

En el caso de Alegro, la empresa ha anunciado que implementara servicios de GSM mediante el modelo de MVNO utilizando la red de Movistar, esto a partir del primer trimestre del 2008. Sin embargo, también planea implementar una red propia de 3G con capacidad para datos UMTS/HSDPA. Esta solución combinada le permitirá captar clientes GSM mientras madura el mercado de 3G.

La red CDMA/EV-DO continuará funcionando, especialmente para proveer servicios de banda ancha a través de EV-DO. Pero para poder competir Alegro desplegará una red 3G basada en UMTS, un servicio que se ha anunciado que estará disponible es el PoC (Push-to-talk over Cellular).

4.3.2. ABONADOS

En el Ecuador la tecnología de mayor penetración es la telefonía celular. Para septiembre del año 2007 la penetración de la telefonía celular alcanzó el 70.24%¹, en cambio la telefonía fija apenas era del 13.13% para esa misma fecha. La distribución de los abonados entre las operadoras durante el 2007 se muestra en la siguiente tabla.

¹ El cálculo se basa en la información proporcionada por la SUPTEL en la página www.supertel.gov.ec

Mes	Movistar						Porta				Alegro	Total
	TDMA		CDMA		GSM		TDMA		GSM		CDMA	
	Prepago	Pospago	Prepago	Pospago	Prepago	Pospago	Prepago	Pospago	Prepago	Pospago	Pre/Pos	
Ene	86.643	18.512	986.074	85.256	1.071.064	254.277	235.528	4.581	4.910.873	611.891	374.078	8.638.777
Feb	65.402	27.663	979.465	69994	1.064.619	264.166	215.074	4.491	5.009.448	623884	381.636	8.011.964
Mar	42.910	17683	975.748	72.113	1.117.146	272.979	193.422	4.312	5.116.703	634.197	390.922	8.820.452
Abr	42.710	17.841	947.361	79.743	1.110.072	270.926	179.796	4.157	5.206.145	645.379	401.400	8.905.530
May	42.917	17.674	962.089	47.683	1.182.265	300.659	161.072	4.099	5.314.407	663.667	411.267	9.107.799
Jun	41.814	17.545	972.098	41.867	1.262.611	309.061	99.751	3.028	5.419.194	673.944	412.597	9.253.510
Jul	35.029	17.223	943.548	38.150	1.293.648	313.613	68.978	1.988	5.563.290	688.043	412.802	9.376.312
Ago	39.851	17.027	918.525	27.399	1.347.053	318.066	3	-	5.778.035	705.403	416.704	9.568.066
Sep	17.424	14.905	865.079	36.989	1.390.861	327.896	-	-	5.854.731	720.586	419.789	9.648.260

Fuente: Superintendencia de Telecomunicaciones

Tabla 4.2 Distribución de abonados de telefonía celular

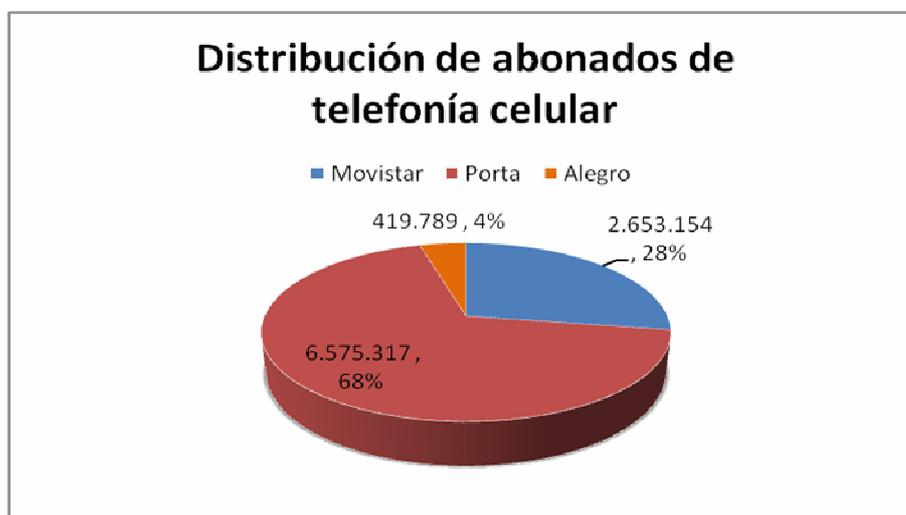


Fig. 4.1

Porcentajes de abonados por operadora

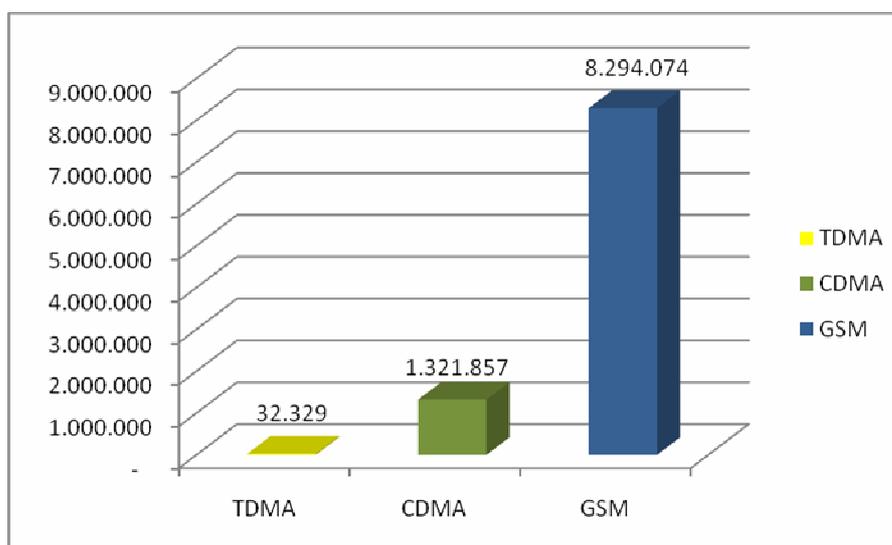


Fig. 4.2

Abonados a nivel nacional por tecnología

Porta es la que tiene mayor cobertura a nivel nacional. Dispone de dos tecnologías TDMA y GSM. Obviamente GSM es la que tiene mayor cobertura y las centrales TDMA estarán fuera de funcionamiento para el año 2008, por ello ya se ha migrado a todos los clientes a GSM.

Movistar es la segunda operadora del país en lo que a cobertura se refiere, tiene tres redes: TDMA, CDMA y GSM. Hay planes para apagar la red TDMA, sin embargo todavía existen abonados utilizando esa tecnología. Por otra parte, la tecnología CDMA representa todavía el 34% de los abonados de Movistar.

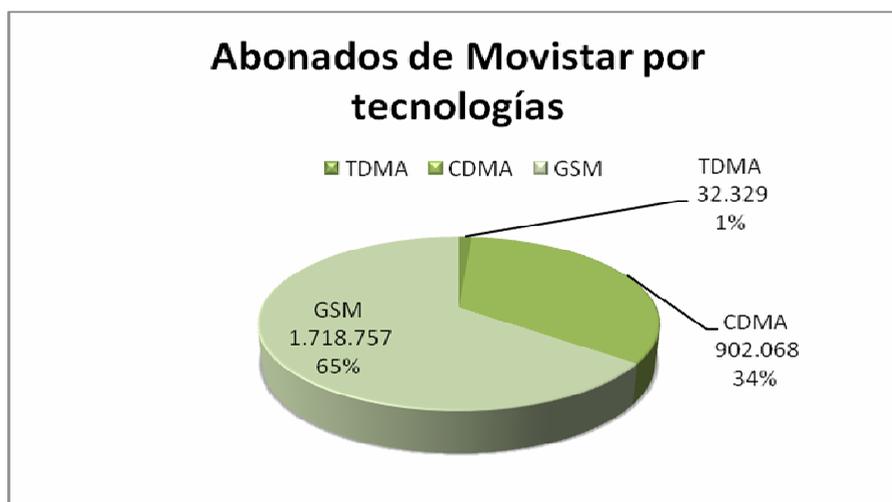


Fig. 4.3

Distribución de abonados de Movistar por tecnologías

En el caso de Alegro su cobertura es la menor de las tres operadoras en vista de que fue la última en entrar al mercado recién en diciembre del año 2003. Utiliza una red CDMA 1xRTT y con cobertura para EV-DO en algunos lugares. Para el próximo año brindará servicios GSM a través de la cobertura de Movistar.

4.3.3. TARIFAS

Se ha establecido techos tarifarios para los servicios de telecomunicaciones por parte de los organismos reguladores. Aunque la competencia del mercado es la que determina los precios finales. Las tablas 4.3 y 4.4 muestran los límites que se han puesto a los servicios básicos y a los servicios especiales.

<i>Tasa de inscripción</i>	<i>Máxima (USD)</i>	<i>Observaciones</i>
Derecho de línea	500	La tasa máxima es válida para los tres primeros años, luego será de \$250.
Tarifa básica mensual	42	Con o sin derecho de tiempo libre, conforme a planes de la operadora
Tarifa por tráfico	0.50	Por minuto
Tarifa por cabinas rurales y servicio social	0.10	Por minuto
Servicio de emergencia nacional	0.0	Obligatorio

Fuente: Superintendencia de Telecomunicaciones

Tabla 4.3 Techos tarifarios para servicios básicos

<i>Servicio</i>	<i>Máxima (USD)</i>
Transferencia de llamada	4
Llamada en espera	4
Conferencia	4
Llamadas salientes	5
Llamadas entrantes	3
Facturación detallada	2
Roamers básico diario	3
Roamers minuto al aire	0.8
Marcación abreviada	3

Fuente: Superintendencia de Telecomunicaciones

Tabla 4.4 Techos tarifarios para servicios especiales

4.4. HSUPA EN EL MUNDO

Como se mencionó antes, la implementación de la tecnología HSUPA a nivel mundial es uno de los factores que influye en su aceptación en el medio ecuatoriano. Actualmente, existen 27 operadoras que ofrecen comercialmente HSUPA, todas la desplegaron en este año desde febrero. Además, otras 133 operadoras han anunciado su implementación.

El despliegue de HSUPA depende de la aceptación de la tecnología UMTS, ya que se implemente sobre ella. UMTS se halla implementada en 208 operadoras en 87 países. Adicional a estos datos, es importante mencionar que 68 operadoras tienen planificado utilizar esta tecnología o ya la están implementando. También 117 países más se han comprometido con el desarrollo de UMTS.

Otro indicador importante, es el despliegue que está alcanzando HSDPA a nivel mundial. En vista de que HSUPA complementa a HSDPA muchos operadores primero instalan la red HSDPA y luego de uno o dos años la mejoran con HSUPA. Para inicios de 2008 había 178 operadoras ofreciendo comercialmente HSDPA en 77 países, pero otros 96 países se han comprometido con su desarrollo, de hecho 59 operadoras más se encuentran implementándola.

En la tabla 4.5 se indican las operadoras y los países en los que ya se han implementado UMTS/HSDPA/HSUPA, además se indica la fecha en que implementaron la tecnología. Para ver el listado completo de operadoras a nivel mundial que han implementado la familia de tecnologías EDGE, UMTS y HSDPA ver el anexo 2.

País	Operador	UMTS		HSDPA		HSUPA	
		Estado	Fecha	Estado	Fecha	Estado	Fecha
Australia	Telstra	Servicio	Sep-05	Servicio	Oct-06	Servicio	Sep-07
Austria	Mobilkom Austria	Servicio	Abr-03	Servicio	Ene-06	Servicio	Feb-07
Bulgaria	MobilTel (M-Tel)	Servicio	Mar-06	Servicio	Mar-06	Servicio	Ago-07
Croacia	VIP Net	Servicio	Oct-05	Servicio	Abr-06	Servicio	Abr-07
Finlandia	Elisa	Servicio	Nov-04	Servicio	Abr-06	Servicio	Ago-07
Francia	Bouygues Telecom	Servicio	Abr-07	Servicio	Nov-07	Servicio	Nov-07
Francia	Orange France	Servicio	Dec-04	Servicio	Oct-06	Servicio	Nov-07
Alemania	T-Mobile Deutschland	Servicio	May-04	Servicio	Mar-06	Servicio	Nov-07
Alemania	Vodafone D2	Servicio	May-04	Servicio	Mar-06	Servicio	Jul-07
Hungría	T-Mobile	Servicio	Ago-05	Servicio	Sep-06	Servicio	Sep-07
Islandia	Telecom/Siminn	Servicio	Sep-07	Servicio	Sep-07	Servicio	Dic-07
Israel	Cellcom Israel	Servicio	Jun-04	Servicio	Jun-06	Servicio	Sep-07
Italia	H3G (3)	Servicio	Mar-03	Servicio	Feb-06	Servicio	Jul-07
Italia	TIM	Servicio	May-04	Servicio	May-06	Servicio	Oct-07
Italia	Vodafone italia	Servicio	May-04	Servicio	Jun-06	Servicio	Sep-07
Polonia	Polkomtel/Plus GSM	Servicio	Sep-04	Servicio	Oct-06	Servicio	Dec-07
Portugal	Vodafone Telecel	Servicio	May-04	Servicio	Mar-06	Servicio	Sep-07
Singapore	StarHub	Servicio	Abr-05	Servicio	Ago-07	Servicio	Ago-07
Corea del Sur	KTF SHOW	Servicio	Dec-03	Servicio	Jun-06	Servicio	Jun-07
Corea del Sur	SK Telecom 3G+	Servicio	Dec-03	Servicio	May-06	Servicio	Oct-07
España	Telefónica	Servicio	May-04	Servicio	Oct-06	Servicio	Ago-07
España	Vodafone España	Servicio	May-04	Servicio	Jun-06	Servicio	Sep-07
Sri Lanka	Mobitel	Servicio	Dec-07	Servicio	Dec-07	Servicio	Dec-07
Suecia	HI3G	Servicio	May-03	Servicio	Nov-06	Servicio	Sep-07
Reino Unido	Vodafone	Servicio	Nov-04	Servicio	Jun-06	Servicio	Sep-07
USA	AT&T	Servicio	Jul-04	Servicio	Dec-05	Servicio	Nov-07

Tabla 4.5 Penetración de UMTS/HSPA a nivel mundial

Dando una mirada más cercana, al mercado de telefonía celular en nuestro continente, las perspectivas son muy buenas para HSUPA. Primero, ya existe una operadora en Estados Unidos que la implementó. Además a lo largo de todo el continente se han desplegado en este año redes de 3G como es el caso de Argentina, Brasil, Chile, Perú entre otros. En total las redes UMTS/HSDPA que están en funcionamiento en el continente son 15. En cuanto a HSUPA existe una red en servicio, tres en desarrollo y una más planificada su

implementación. En la siguiente tabla se muestra la penetración que ha tenido UMTS/HSPA en América.

País	Operador	UMTS		HSDPA		HSUPA	
		Estado	Fecha	Estado	Fecha	Estado	Fecha
Argentina	CTI Movil	Servicio	Nov-07	Servicio	Nov-07		
Argentina	Telecom Personal	Servicio	May-07	Servicio	May-07		
Argentina	Movistar – Telefónica	Servicio	Jul-07	Servicio	Jul-07		
Aruba	Setar	Servicio	Dic-07	Servicio	Dic-07		
Brasil	CTBC	Desarrollo	Dic-07	Desarrollo	Dic-07		
Brasil	Claro – América Móvil	Servicio	Nov-07	Servicio	Nov-07		
Brasil	Telemar PCS – Oi	Espectro					
Brasil	Teleming Celular	Servicio	Nov-07	Servicio	Nov-07		
Canadá	Rogers Wireless	Servicio	Nov-06	Servicio	Nov-06	Desarrollo	Mar-08
Chile	Entel PCS	Servicio	Dec-06	Servicio	Dec-06		
Chile	Claro	Servicio	Dec-07	Servicio	Dec-07		
Chile	Movistar - Telefónica	Planificación		Planificación			
Colombia	TIGO – Colombia Movil	Desarrollo	Q1-2008	Desarrollo	Q1-2008		
Colombia	Comcel	Desarrollo	Q1-2008	Desarrollo	Q1-2008		
Colombia	Movistar – Telefónica	Desarrollo	Q1-2008	Desarrollo	Q1-2008		
Costa Rica	ICE Telefonía Celular	Planificación	Q4-2010				
Ecuador	Porta – América Móvil	Desarrollo	Q1-2008	Desarrollo	Q1-2008		
Ecuador	Movistar – Telefónica	Planificación	2008	Planificación	2008		
Ecuador	Alegro	Planificación	2008	Planificación	2008		
México	Telcel	Planificación	Mar-08	Planificación	Mar-08		
México	Movistar- Telefónica	Planificación	Mar-08	Planificación	Mar-08		
México	AMX - América Móvil	Desarrollo	Feb-08	Desarrollo	Feb-08		
Paraguay	Claro – América Móvil	Servicio	Nov-07	Servicio	Nov-07		
Perú	Claro – América Móvil	Desarrollo	Q1-2008	Desarrollo	Q1-2008		
Perú	Movistar - Telefónica	Planificación		Planificación			
PuertoRico	AT&T	Servicio	Nov-06	Servicio	Nov-06	Planificación	Dec-10
Uruguay	Ancel	Servicio	Jul-07	Servicio	Jul-07		
Uruguay	CTI Móvil/AM Wireless	Servicio	Nov-07	Servicio	Nov-07		
Uruguay	Movistar – Telefónica	Servicio	Jul-07	Servicio	Jul-07		
USA	AT&T	Servicio	Jul-04	Servicio	Dec-05	Servicio	Nov-07
USA	Cincinnati Bell Wireless	Planificación	Jul-08				
USA	Edge Wireless	Desarrollo	2008	Desarrollo	Sep-08	Desarrollo	Sep-08
USA	T-Mobile USA	Desarrollo	2007	Desarrollo	Mar-08	Desarrollo	Dec-08
USA	Terrestar	Desarrollo	2008	Desarrollo	2008		
Venezuela	Movistar - Telefónica	Espectro					

Tabla 4.6 Penetración de UMTS/HSPA en América

CAPITULO 5

5. CONSIDERACIONES PARA IMPLEMENTAR HSUPA EN ECUADOR

Como se ha visto en el capítulo 3, HSPA puede implementar muchísimos servicios y aplicaciones. De todos ellos el proveer servicio de banda ancha es uno de los que mayor impacto podría tener en el mercado, ya que el acceso a Internet en el Ecuador es muy limitado, y el acceso por medio de banda ancha es todavía más limitado. Si a esto añadimos el atractivo de la movilidad que ofrece HSPA, esta tecnología puede hallar un nicho de mercado muy bueno en el país.

En este capítulo primero vamos a considerar la situación del mercado de banda ancha en el país y luego algunas consideraciones que se debe tener sobre las tarifas al planificar la oferta de banda ancha mediante HSPA.

5.1. EL MERCADO DE SERVICIOS DE BANDA ANCHA EN ECUADOR

EL uso del término banda ancha es un poco confuso. En la Recomendación I.113 del Sector de Normalización de la UIT se define la banda ancha como una "capacidad de transmisión más rápida que la velocidad primaria de la red digital de servicios integrados (RDSI) a 1,5 ó 2,0 megabits por segundo (Mbits)".

Sin embargo, en cada país las empresas y el gobierno se encargan de determinar qué velocidad se considera como banda ancha. Un ejemplo, es Colombia donde el CRT ha definido la banda ancha como toda conexión permanente a Internet es decir no conmutada que tenga una velocidad real mayor a 512 Kbps.

En el Ecuador las empresas comercializan como banda ancha velocidades que van desde los 64 Kbps. Sin embargo, el CONATEL en el 2006 definió la banda

ancha como una velocidad en Uplink de mínimo 128 Kbps y para Downlink de 256 Kbps.

5.1.1. PENETRACIÓN DE LA BANDA ANCHA

La penetración de banda ancha en el Ecuador es de 0.2% y de Internet del 8%. En la región andina el índice de penetración de banda ancha es de 0.7% y en América Latina de 1.6%. Estas cifras muestran claramente que existe un gran mercado para ser explotado, pese a que existen varias empresas que proveen el servicio.

Cuentas Conmutadas	213436
Usuarios Conmutados	614038
Cuentas Dedicadas	70449
Usuarios Dedicados	279080
Cuentas Totales	283885
Usuarios Totales	893118

Fuente: Superintendencia de Telecomunicaciones

Tabla 5.1
Abonados y usuarios de Internet

En la tabla 5.1 los cuentas conmutadas incluyen los servicios dial-up, mientras que las cuentas dedicadas excluyen a los abonados con dial-up. Los usuarios se calculan multiplicando la cantidad de abonados por un factor de 4.

Existen varias razones por las que la banda ancha no se ha desarrollado en el Ecuador, entre ellas:

- Elevadas tarifas: en la sección 5.2 se tratará más en detalle este punto.
- Falta de Infraestructura interna: varias de las empresas que ofrecen banda ancha carecen de infraestructura propia y en muchos casos dependen de la infraestructura estatal. Y en el caso de algunas que sí poseen infraestructura su capacidad es limitada.
- Falta de cobertura: la cobertura se brinda únicamente a las ciudades principales del país y aún en dichas ciudades hay sectores sin cobertura tanto en banda ancha cableada como inalámbrica.
- Falta de Infraestructura externa: en algunos casos no existen suficiente capacidad para comunicarse con los grandes proveedores internacionales de Internet y en otros casos los costos son muy elevados (por ejemplo el costo promedio para un SMT1 es de 70.000 mensuales).
- Baja penetración de computadoras: para poder acceder a Internet en la mayoría de los caso se necesita de una computadora, la cual debido a costos y poder adquisitivo no está a disposición de todos. Una gran cantidad de estudiantes por ejemplo no poseen una computadora propia y cualquier acceso a internet lo realizan en sus centros de estudios (que no siempre cubren la demanda) y en cafenets.

5.1.2. TECNOLOGÍAS PARA PROVEER BANDA ANCHA

Existen varias tecnologías que sirven para proveer el servicio de acceso a Internet a gran velocidad. Se utilizan en el país tecnologías alámbricas e inalámbricas, a continuación se mencionan brevemente como funcionan algunas de ellas:

- ISDN: Red Digital de Servicios Integrados. Existen dos tipos de servicios BRI y PRI. Con BRI se dispone de un canal B de 64 Kbps y un canal D de 16 Kbps se puede tener una velocidad de hasta 128

Kbps. Con PRI se dispone de 30 canales B (E1) o 23 canales B (T1) dependiendo del lugar.

- XDSL: Línea de Abonado Digital. El servicio se provee a través de las líneas de cobre para telefonía. Existen varios tipos de servicios DSL (ADSL, SDSL, HDSL, VDSL) y varias velocidades disponibles. Las líneas son dedicadas.
- CM: Cable Modem. El servicio se provee a través de las líneas de TV Cable. Se dispone de tres tipos de servicios (external modem, internal modem e interactive set-top cable box) y varias velocidades. Las líneas son compartidas, es decir la velocidad se reduce conforme hay más usuarios atendidos por el mismo nodo.
- MMDS: Sistema de Distribución de Multicanal y Multipunto. Tecnología inalámbrica que utiliza la banda de 2 a 3 GHz, emplea un canal de 6 MHz con velocidades en DL de 10 Mbps¹.
- LMDS: Sistema de Distribución Local Multipunto. Tecnología inalámbrica que utiliza la banda de frecuencia de 27.5 a 31.3 GHz. Utiliza un ancho de banda de 1.3GHz con velocidades de 500 Mbps².
- EV-DO: Se alcanzan velocidades de 153 Kbps en la Rev. 0 y con la Rev. A hasta 3.1 Mbps en DL y 1.8 Mbps en UL.
- EDGE: Se alcanza velocidades de hasta 474 Kbps.
- VSAT: Son antenas de muy pequeña apertura para dar el servicio de banda ancha vía satélite. Se puede dar cobertura a zonas aisladas y sin mucha inversión de infraestructura. Se pueden alquilar varias velocidades.

¹ <http://www.ing.ula.ve/~alborno/mmds.html>

² LMDS wireless: the broadband solution, 2000.

- BPL: Banda ancha sobre líneas de Energía a través de la red de energía Eléctrica. Se tienen velocidades de 256 Kbps a 2.7 Mbps¹.

5.1.3. EMPRESAS QUE PROVEEN BANDA ANCHA

En el mercado de telecomunicaciones existen varias empresas que proveen el servicio de Internet, algunas tienen soluciones de banda ancha y/o dial-up. Las empresas que tienen permiso para proveer este servicio son:

OPERADOR	DOMICILIO
AMOGHI S.A.	Latacunga
ANDINATEL	Quito
ARTIANEXOS	Guayaquil
ASAPTEL S.A.	Guayaquil
AT&T GLOBAL NETWORK SERVICES ECUADOR CIA. LTDA.	Quito
BRIGHTCELL S.A.	Quito
COMDIGITRONIK S.A.	Quito
COMPAÑÍA DE SERVICIOS ELECTROMECÁNICOS PARA LE DESARROLLO CSED	Santo Domingo
COMPIM S.A	Guayaquil
COMPUATEL MANTENIMIENTO INSTALACIONES Y ASESORÍA EN TELECOMUNICACIONES CIA. LTDA.	Quito
CONECEL S.A.	Guayaquil
CORPORACION INTERINSTITUCIONAL DE COMUNICACION ELECTRONICA	Quito
CORPORACIÓN XPRESA DEL ECUADOR DATAEXPRESS S.A.	Loja
COSINET S.A.	Quito
DINOLAN	Santo Domingo
EASYNET S.A.	Guayaquil
ECUADORTELECOM S.A.	Guayaquil
ECUAENLACE SATELITAL S.A.	Guayaquil
ECUAONLINE S.A	Quito
EFICENSA S.A.	Guayaquil
ENTREPRENEURINC	Quito
ESPOLTEL	Guayaquil
ETAPATELECOM S.A.	Cuenca
FIX WIRELES INTERNET	Quito

¹ www.wikipedia.com

FLATEL COMUNICACIONES CIA. LTDA	Quito
FREDDY GUSTAVO CALVA CALVA	Loja
GPF Corporación Cía. Ltda.	Quito
BARAINVER S.A.	Quito
GIGOWIRELESS CIA.LTDA	Quito
GRUPO BRAVCO CIA.LTDA	Quito
GRUPO MICROSISTEMAS JOVICHSA S.A	Quito
IMBANET S.A.	Ibarra
IMPSATEL	Quito
INFONET ECUADOR	Quito
INFRATEL CIA. LTDA.	Quito
INTELLICOM INFORMATICA (ECUAENLACE)	Guayaquil
INTERTEL CIA. LTDA.	Quito
JAIME BEJAR FEIJOO	Guayaquil
JHONI JOEL JACOME GALARZA	Gualaquiza
LATINMEDIA S.A.	Quito
LK-TRO-KOM-S.A.	Guayaquil
LOJASYSTEM C.A.	Loja
LUDEÑA SPEED TELECOM Y CIA	Loja
LUTROL S.A. INTERACTIVE	Quito
MEGADATOS	Quito
MILLTEC S.A.	Quito
NEMETCOMPANY S.A.	Quito
NETSPEED S.A.	Quito
NEW ACCESS S.A.	Quito
OCITEL S.A.	Machala
ONNET S.A.	Guayaquil
ORGANIZACION DE SISTEMAS E INFORMATICA OS S.A.	Portoviejo
OTECEL S.A.	Quito
PACIFICTEL S.A.	Guayaquil
PANCHONET	Quito
PARADYNE (Ecuador On Line)	Quito
PLUSNET (PUNTONET)	Quito
Pontificia Universidad Católica de Ecuador	Quito
PORTALDATA S.A	Ambato
PRODATA (HOY NET)	Quito
RDH ASESORIA Y SISTEMAS S.A.	Manta
READYNET CIA. LTDA.	Quito
RED GLOBAL DE INFORMACIÓN CIA.LTDA.	Cuenca
SATNET	Quito
Servicios de Telecomunicaciones SETEL S.A.	Quito
SITA	Quito

SPEEDNET S.A.	Guayaquil
STEALTH TELECOM DEL ECUADOR S.A.	Quito
SURAMERICANA DE TELECOMUNIOACIONES	Quito
SYSTELECOM	Quito
SYSTRAY S.A.	Manta
TECHSOFTNET S.A.	Guayaquil
TELCONET	Guayaquil
TELECOMUNICACIONES NETWORKING TELYNWORKING C.A.,	Quito
TELYDATA TELECOMUNICACIONES Y DATOS CIA.	Quito
TESAT S.A.	Guayaquil
TRANSTELCO S.A.	Quito
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO	Ambato
UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA	Loja

Fuente: Superintendencia de Telecomunicaciones

Tabla 5.2

Proveedores de servicios de Internet en el Ecuador

5.2. CONSIDERACIONES SOBRE LAS TARIFAS DE LOS SERVICIOS DE BANDA ANCHA EN ECUADOR

Una vez analizado el mercado de banda ancha y las muy buenas posibilidades para implementar HSUPA, queda por definir que tarifas son las más adecuadas a fin de competir con otras tecnologías de banda ancha. Para ello analizaremos las tarifas de las principales empresas en el Ecuador.

5.2.1. TARIFAS LOCALES

En la tabla 5.2 se enlistan 79 empresas que ofrecen servicios de acceso a internet. Para establecer promedios de las tarifas locales se ha tomado como referencia a 6 de ellas: Andinatel y Pacifictel con ADSL, Porta con EDGE, Alegro con EV-DO, Interactive con banda ancha satelital y TVCABLE con Cable Modem.

- Andinatel: Operador fijo que provee banda ancha a través de ADSL comercialmente el servicio se llama FastBoy.

Velocidad (Kbps)	Tarifa (USD)	Instalación o equipo (USD)	Descripción
128x64	39.9	50.0	Ilimitado
256x128	65.0	50.0	Ilimitado
512x128	79.9	50.0	Ilimitado

Fuente:Andinanet

Tabla 5.3 Tarifas de banda ancha de Andinanet

- Pacifictel: Operador fijo que provee servicios de banda ancha a través de ADSL, comercialmente se llama ADSL Pacifictel.

Velocidad (Kbps)	Tarifa (USD)	Instalación o equipo (USD)	Descripción
128x64	39.0	50.0	Ilimitado
256x128	49.0	50.0	Ilimitado
512x128	110.0	50.0	Ilimitado

Fuente:Pacifictel

Tabla 5.4 Tarifas de banda ancha de Pacifictel

- Porta: operador móvil que ofrece servicios de acceso a Internet a través de la tecnología celular EDGE/GPRS, comercialmente el servicio se llama GSM Turbo.

Velocidad (Kbps)	Tarifa (USD)	Instalación o equipo (USD)	Descripción
EDGE/GPRS	49.0	75.0	400 Mb incluidos y 0.00056 el Kb adicional
EDGE/GPRS¹	79.0	0.0	Ilimitado

Fuente:Porta

Tabla 5.5 Tarifas de banda ancha de Porta

¹ La velocidad real de EDGE depende del terminal y el número de ranuras utilizadas. Típicamente se alcanzan velocidades de 60 Kbps. Con GPRS la velocidad real es de unos 20 Kbps.

- Alegro: operador móvil que ofrece servicios de acceso a Internet a través de la tecnología celular EV-DO/CDMA1xRTT, comercialmente el servicio se llama NIU.

Velocidad (Kbps)	Tarifa (USD)	Instalación o equipo (USD)	Descripción
1024	29.0	Costo del equipo es adicional	300 MB incluidos y 0.0967 el MB adicional.
1024	39.0	Costo del equipo es adicional	600 MB incluidos y 0.0650 el MB adicional.
1024	59.0	Costo del equipo es adicional	1000 MB incluidos y 0.0590 el MB adicional.
1024	79.0	Costo del equipo es adicional	2000 MB incluidos y 0.0395 el MB adicional.
1024	149.0	Costo del equipo es adicional	5000 MB incluidos y 0.0298 el MB adicional.

Fuente:Alegro PCS

Tabla 5.6 Tarifas de banda ancha de Alegro PCS

- TV CABLE: Proveedor de servicios de cable, telefonía e internet a través de Cable Modem.

Velocidad (Kbps)	Tarifa (USD)	Instalación o equipo (USD)	Descripción
100x75	29.9	99.0	Ilimitado
175x150	39.9	99.0	Ilimitado
350x150	49.9	99.0	Ilimitado
500x150	75.0	99.0	Ilimitado
800x300	125.0	99.0	Ilimitado
1000x300	150.0	99.0	Ilimitado

Fuente:Interactive

Tabla 5.8 Tarifas de banda ancha de TV CABLE

- Interactive: Proveedor de servicios de internet, una de los servicios que ofrece es banda ancha satelital.

Velocidad (Kbps)	Tarifa (USD)	Instalación o equipo (USD)	Descripción
64x32	299.0	650.0 – 900.0	Ilimitado
64x64	339.0	650.0 – 900.0	Ilimitado
128x32	359.0	650.0 – 900.0	Ilimitado
128x64	379.0	650.0 – 900.0	Ilimitado
128x128	449.0	650.0 – 900.0	Ilimitado
256x64	489.0	650.0 – 900.0	Ilimitado
256x128	549.0	650.0 – 900.0	Ilimitado
384x96	599.0	650.0 – 900.0	Ilimitado
384x128	629.0	650.0 – 900.0	Ilimitado
512x64	699.0	650.0 – 900.0	Ilimitado
512x128	769.0	650.0 – 900.0	Ilimitado

Fuente: Interactive

Tabla 5.7 Tarifas de banda ancha de Interactive

5.2.2. TARIFAS HSPA

Para competir HSPA deberá implementarse con tarifas que sean iguales o menores a las de las otras operadoras. A nivel de velocidad HSUPA (Rel. 6) será muy competitivo.

Un factor a tomar en cuenta es la instalación de un cable submarino por parte de la empresa filial de Telefónica TWIS a finales del 2007, el cual tendrá un impacto en los costos de la banda ancha. Los costos podrían bajar entre 30 y 40% respecto a los actuales precios.

Además, los recursos en las tecnologías inalámbricas son limitados, por ejemplo el espectro. En vista de esto el modelo más apropiado podría ser una tarifa básica, que incluya una cantidad determinada de MB más un costo adicional por MB. La instalación no debería costar en vista de que no se necesita infraestructura adicional. En el caso de los *terminales o equipos* estos podrían *subsidiarse* total o parcialmente dependiendo del plan contratado. Esto permitiría la penetración de la tecnología. Actualmente los precios de terminales HSPA están en promedio por los \$450 USD, se espera que los costos bajen a estar entre \$150 y \$200 para el año 2010. Junto con la banda ancha se deberían ofrecer otros servicios como antispam, antivirus, cuenta de correo electrónico de gran capacidad.

Con estas consideraciones de por medio las posibles tarifas se muestran en la tabla 5.9.

Velocidad (Mbps)	Tarifa (USD)	Instalación equipo (USD)	o Descripción
14.4x5.7	19	Costo del equipo es adicional	400 MB incluidos y 0.05 el MB adicional.
14.4x5.7	29	Costo del equipo es adicional	800 MB incluidos y 0.04 el MB adicional.
14.4x5.7	39	Costo del equipo es adicional	1000 MB incluidos y 0.03 el MB adicional.
14.4x5.7	69	Costo del equipo es adicional	Ilimitado

Tabla 5.9 Tarifas de HSPA

Además de ofrecer tarifas competitivas, las operadoras deben considerar la cobertura. Si bien es cierto, la tecnología HSPA es compatible con GPRS/EDGE, las velocidades que ofrecen estas tecnologías son muy inferiores. Otra consideración para tomar en cuenta es tener un portafolio

de terminales a precios accesibles que permitan captar más abonados e ingresos a las operadoras, una buena oferta de terminales con capacidades para bluetooth, walkman, touch screen atraería al sector más joven del mercado.

Como se ha analizado en este proyecto de titulación, HSUPA es una tecnología que cuenta con respaldo mundial por parte de operadores y fabricantes. Lo que está generando un rápido desarrollo del mercado y estas economías de escala propician una reducción en los costos (ver anexos 3 y 4). Además, su rendimiento en cuanto a utilización del espectro radioeléctrico, capacidad de usuarios, latencia y velocidad es superior a otras tecnologías de tercera generación. También la gran cantidad y variedad de nuevos servicios que es posible ofrecer a través de HSUPA lo convierte en una muy buena opción tecnológica para la región y el país.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

Del estudio realizado en el presente proyecto de titulación se pueden establecer las siguientes conclusiones que se agrupan en tres categorías: tecnológicas, comerciales y generales.

6.1.1. CONCLUSIONES TECNOLÓGICAS

- La mayoría de las operadoras que implementa UMTS, también realiza una actualización hacia HSDPA. En vista de que la migración no es costosa y mayormente implica cambios en Software, la estructura de la red no se ve afectada. Otra tendencia que se observa en los últimos años y particularmente en Latinoamérica es de lanzar la red UMTS junto con la mejora para datos HSDPA al mismo tiempo. Esto resulta beneficioso al poder ofrecer servicios innovadores de forma más rápida y no tener que realizar cambios considerables en la red después de poco tiempo.
- La migración hacia HSUPA por parte de las operadoras en general toma más tiempo, y se efectúa una vez estabilizada la red y consiguiendo una base de clientes y aplicaciones para explotar el servicio. En términos generales la migración de HSDPA a HSUPA se efectúa uno o dos años más tarde. Sin embargo, es posible implementar directamente las tecnologías juntas desde un inicio. La migración hacia HSUPA no afecta al nodo B y en el CN principalmente requiere de una actualización de software, aunque también pueden añadirse nuevos elementos de red.

- La gran cantidad de servicios y aplicaciones que están apareciendo en el mercado como TVmóvil, Video juegos en línea, Streaming de audio y video, Localización, Videoconferencia, Push-to-talk, VoIP demandan grandes anchos de banda, alta velocidad, bajas latencias y alta eficiencia espectral. Además, se necesita altas prestaciones no solo en el enlace de bajada o downlink sino también en el canal de subida o uplink. HSUPA responde ante todos estos requerimientos de manera eficiente.
- El protocolo IP se convertido en uno de los más utilizados a nivel mundial. En el caso de la telefonía celular se pretende lograr que las redes sean totalmente IP. HSPA permite migrar de manera adecuada hacia ese estándar, al soportar en su red tanto el protocolo IP como otros que serán reemplazos a futuro como por ejemplo ATM.
- Los servicios que utilizan conmutación de circuitos tienden a desaparecer y ser reemplazados por servicios de conmutación de paquetes. La Voz sobre IP constituye uno de los servicios que mayor auge está alcanzando. HSPA presenta excelente rendimiento en los servicios conmutados de paquetes y permite la implementación de VoIP en el Rel.5 (para HSDPA) y en el Rel. 6 (para HSUPA).

6.1.2. CONCLUSIONES COMERCIALES

- UMTS es la tecnología de tercera generación con mayor participación de mercado a nivel mundial con más de 200 redes desplegadas en 83 países. Además, las operadoras que poseen infraestructura GSM están implementando UMTS como tecnología 3G. Incluso operadoras que no poseen GSM están migrando directamente hacia UMTS.

- UMTS es la tecnología de tercera generación con mayor penetración en Latinoamérica con un total de 15 operadoras en servicio. Además, en Latinoamérica la tecnología GSM se halla desplegada en casi todos los países y se tiene planificado migrar hacia UMTS. En vista de que la migración de GSM a UMTS no afecta mayormente al Core Network, lo que implica menores costos.
- El manejo de economías de escala ubica a HSPA en una posición aventajada en comparación de otras como EV-DO y WiMax. La gran cantidad de usuarios de la familia GSM/EDGE/UMTS, más de 2500 millones, constituye la base del mercado para HSPA. Por otra parte, EV-DO ha perdido mercado en los últimos años. En el caso de WiMax, si bien no tiene una base muy grande de clientes, sus excelentes prestaciones técnicas han hecho que varios operadores a nivel mundial lo implementen.
- De lo analizado en el capítulo 4 se puede observar claramente que las operadoras móviles del Ecuador escogerán a UMTS como su tecnología de tercera generación. Por ejemplo, Porta ha hecho público el anuncio de que está realizando pruebas con UMTS. Movistar también ha mostrado su interés en implementar en el 2008 una red de tercera generación. Alegro ha dado pasos rumbo hacia ese camino al firmar un acuerdo con Movistar para dar cobertura GSM a sus usuarios y también ha expresado su intención de poseer una red propia de tercera generación.
- De acuerdo a la tendencia del mercado latinoamericano, y tomando en cuenta el hecho de que Porta y Movistar pertenecen a empresas multinacionales que operan también en otros países de la región, HSDPA será implementada al mismo tiempo que UMTS.
- HSUPA podría tardar un par de años en ser implementado sobre las redes 3G en Latinoamérica y particularmente en Ecuador, hasta que

el mercado lo requiera. Sin embargo, la implementación de HSUPA es fundamental para lograr competitividad en el mercado y poder ofrecer todas las funcionalidades de aplicaciones que requieren un gran ancho de banda en el enlace de subida. El momento ideal para implementar HSUPA en Ecuador será en el año 2011, cuando la red UMTS/HSDPA sea estable, la base de clientes de datos haya crecido lo suficiente y existan aplicaciones que demanden velocidades superiores en uplink.

- En el mercado ecuatoriano la penetración de banda ancha es muy baja. HSPA permitirá a las operadoras móviles que lo implementen competir con operadoras de Cable, operadores fijos y otros operadores móviles, siempre y cuando las tarifas sean competitivas. En vista del atractivo que presenta tener banda ancha y a la vez movilidad (ambos objetivos atendidos por HSPA) muchos usuarios podrían optar por cambiar de proveedor de banda ancha, por una parte y también captar nuevos clientes que aún no poseen este servicio.
- Se necesita una buena oferta de terminales para captar usuarios. El que varias empresas fabriquen equipos HSPA reduce los costos. Sin embargo, en general las operadoras deben considerar el subsidiar los equipos terminales como una estrategia de mercado para captar clientes, por lo menos hasta que los costos se reduzcan lo suficiente para generar ingresos por la venta de equipos.
- Las operadoras deben considerar la posibilidad de convertirse en generadores de contenidos, servicios y aplicaciones y no solo en carriers o transportadores de datos. Lo cambiante del mercado exige dinamismo por parte de los operadores. Una gran parte de los ingresos provendrán de estos rubros.

- Es importante que las operadoras comprendan que no todos los servicios pueden ser cobrados directamente a los usuarios. Existen servicios donde el usuario ya está acostumbrado a utilizar sin tener que pagar por ello. La publicidad se debe considerar como una opción para financiar algunos de los servicios de 3G, como por ejemplo la Televisión sobre celular.

6.1.3. CONCLUSIONES GENERALES

- En el Ecuador la situación regulatoria no contempla la implementación de redes de tercera generación. Los contratos vigentes no permiten a las operadoras celulares utilizar el espectro reservado para este tipo de tecnologías. En vista de ello es urgente que se terminen las negociaciones para los nuevos contratos de concesión y que se actualicen las leyes y reglamentos vigentes.
- La compatibilidad de UMTS/HSPA con GSM es fundamental al desplegar una red de 3G. En vista de que inicialmente la cobertura 3G es limitada, poder seguir brindando los servicios básicos de voz y datos a través de la red 2G es un punto crítico.
- HSPA es una tecnología eficiente, sólida, con grandes prestaciones para proveer servicios de banda ancha. Sin embargo, como toda otra tecnología su éxito depende también de factores económicos y la aceptación de las empresas y los usuarios. Se puede afirmar con toda seguridad que HSPA cumple con todos estos requerimientos y por ende terminará convirtiéndose en la tecnología dominante en el mercado mundial de las comunicaciones móviles de banda ancha.

6.2. RECOMENDACIONES

Del estudio realizado en el presente proyecto de titulación se realizan las siguientes recomendaciones:

- Para una mejor comprensión de la tecnología HSUPA se recomienda también el estudio de HSDPA. En vista de que las dos tecnologías se basan en varios principios comunes es mejor estudiarlas juntas para lograr un entendimiento más claro. Es importante comprender bien en qué se asemejan y en qué se diferencian estas dos tecnologías.
- A los operadores que están planificando implementar una red UMTS, se recomienda considerar también en el despliegue inicial la mejora para datos HSDPA. Esto resulta beneficioso en varios aspectos, por ejemplo permite ofrecer servicios como streaming y videoconferencia. También es beneficioso porque reduce los costos de realizar una migración posterior de UMTS a HSDPA. Constituye además, una ventaja competitiva el poseer una red UMTS/HSPA frente a una red únicamente UMTS.
- Se recomienda realizar una revisión de las leyes que regulan el sector de las telecomunicaciones tomando en cuenta aspectos como la integración fijo-móvil que se está consiguiendo a nivel mundial. Las leyes y reglamentos aprobados deben permitir libertad a las operadoras para implementar nuevos servicios sin necesidad de conseguir una nueva concesión por cada uno de ellos. También la regulación debe ser equitativa, es decir las multas, sanciones y demás deberían ser los mismos para todas las operadoras.
- Si bien es cierto la tecnología UMTS/HSPA puede utilizar bandas de frecuencia de 2.1 GHz o incluso superiores, se recomienda el utilizar bandas de frecuencia más bajas (como 700MHz y 800MHz) en vista

de las mejores características de propagación que poseen. Esto quiere decir que la cantidad de radio bases necesarias para cubrir una determinada área será menor si se utiliza bandas de frecuencia más bajas. Lógicamente se reducirían los costos de implementación. Es necesario tomar en cuenta este factor al licitar bandas a ser utilizadas para 3G.

- Se recomienda la capacitación sobre redes de tercera generación al personal que labora en los entes reguladores como la Superintendencia de Telecomunicaciones y el Consejo Nacional de Telecomunicaciones a fin de que puedan realizar un adecuado control.
- En vista de la rapidez con que se mueve el sector de las telecomunicaciones y el gran auge que están teniendo nuevas tecnologías, se recomienda a los estudiantes y profesores de Telecomunicaciones el estudiar con mayor profundidad temas relacionados con las redes de tercera generación, particularmente UMTS y HSPA, la Voz sobre IP, WiMax y la convergencia. También sería importante incluir estos temas dentro del plan de estudios de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones.
- En el mercado ecuatoriano no existe muchos desarrolladores de aplicaciones que corran sobre tecnologías celulares, mucho menos de tercera generación. En el caso de las operadoras se recomienda establecer un equipo de desarrolladores de aplicaciones dentro de su organización o conseguir alianzas estratégicas con empresas que tengan experiencia en este campo. En el caso de los profesionales de telecomunicaciones y sistemas de nuestro medio, el desarrollo de aplicaciones constituye un campo en el cual podrían incursionar y que todavía no ha sido explotado.

BIBLIOGRAFÍA

Libros

- KREHER, R; RÜDEBUSCH, T., UMTS Signaling, Segunda edición, 2007.
- HOLMA, Harri; TOSKALA, Antti, HSDPA/HSUPA for UMTS: High Speed Radio Access for Mobile Communications, 2006.
- HOLMA, Harri; TOSKALA, Antti, WCDMA for UMTS, tercera edición, 2004.
- BRAND, Alex; AGHVAMI, Hamid, Multiple Access Protocols for Mobile Communications, 2002.
- KAARANEN, Heiki; AHTIAINEN, Ari, UMTS Networks: Architecture, Mobility and Services, Segunda edición, 2005.
- TACHIKAWA, Keiji, WCDMA Mobile Communications System, 2002.
- CHEVALLIER, Christophe, WCDMA (UMTS) Deployment HandBook, 2006.

Artículos

- HSPA, the indisputed choice for mobile broadband, Ericsson, 2007.
- Long Term Evolution (LTE): the vision beyond 3G, Nortel, 2007.
- BERNAL, Iván, Comunicaciones Inalámbricas Estándar IEEE 802.11, Quito 2007.
- BERNAL, Iván, Comunicaciones Inalámbricas Generalidades WLAN, Quito 2007.

- BERNAL, Iván, Comunicaciones Inalámbricas Visión general de Tecnologías Inalámbricas, Quito 2007.
- EDGE Introduction of high-speed data in GSM/GPRS Networks, Ericsson, 2006.
- MARTINEZ, Evelio, El ABC de CDMA, 2001.
- JUNQUERA, Rafael, WiMax ¿Hay realmente dos?, 2007.

Documentación técnica

- 3RD GENERATION PARTNERSHIP PROJECT, 3 GPP TS 25.308 V6.4.0 (2007-03): Technical Specification Group Radio Access Network; High Speed Downlink Packet Access; Overall Description; Stage 2. Release 6.
- 3RD GENERATION PARTNERSHIP PROJECT, 3 GPP TS 25.309 V6.6.0 (2006-03): Technical Specification Group Radio Access Network; FDD Enhanced Uplink; Overall Description; Stage 2. Release 6.
- 3RD GENERATION PARTNERSHIP PROJECT, 3 GPP TS 25.804 V6.1.0 (2006-03): Technical Specification Group Radio Access Network; Feasibility study on uplink enhancements for UTRA TDD. Release 6.
- 3RD GENERATION PARTNERSHIP PROJECT, 3 GPP TS 25.808 V6.0.0 (2005-03): Technical Specification Group Radio Access Network; FDD Enhanced Uplink; Physical Layer Aspects. Release 6.

Tesis

- MOLINA, Adriana, Estudio de la técnica HSDPA y análisis de su implementación en la telefonía móvil del Ecuador, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2005.

- GUERRERO, Santiago; LUPERA, Pablo; Estudio de la tecnología WCDMA y los servicios que proporciona dentro de los sistemas UMTS , Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2002.
- DUQUE, Christian; MUÑOZ, Willian; Integración de los servicios de telecomunicaciones móviles y fijas mediante la arquitectura OSA, definida por el sistema UMTS, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2005.
- TORRES, Miguel, Diseño de una celda celular UMTS para la Escuela Politécnica Nacional, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2005.

Páginas web

- www.tele-semana.com
- www.3gamericas.com
- www.wikipedia.org
- www.supertel.gov.ec
- www.conatel.gov.ec
- www.3gpp.com
- www.3gnewsroom.com
- www.hsupa.com
- www.cdg.org
- www.movistar.com.ec
- www.porta.com.ec
- www.alegropcs.com.ec

- www.interactive.com.ec
- www.tvcable.com.ec
- www.andinatel.com.ec
- www.pacifictel.net
- www.elcomercio.com.ec

ANEXOS

ANEXO 1

Listado de dispositivos HSDPA y HSUPA

HSDPA/ HSUPA Devices

July 9, 2007

Manufacturer	Device	Model	Technology
4G Systems GmbH	USB Connector	XSPlug@ P3	GSM/EDGE 850/900/1800/1900 UMTS HSDPA 2100
	Router	HSDPA/HSUPA XSPlug@P5	Available 3Q 2007
	Router	XSBox@ R3v	GSM/EDGE 850/900/1800/1900 UMTS/HSDPA 2100
	Router	XSBox@ R4v	GSM/EDGE 900/1800 UMTS/HSDPA 2100
	Data Card	XSCard@ C3	
Acer	Laptop	Travelmate 4260	(Vodafone)
	Laptop	Aspire 5650	(Vodafone)
AnyDATA	Router	AWR-800WK	WI-FI ROUTER with WCDMA HSDPA 2.1GHz
	Modem	ADU-810	USB Wireless HSDPA/UMTS 2.1GHz GSM/GPRS/EGPRS 900/1800MHz
Asus	Laptop	V Series	GSM/EDGE 850/900/1800/1900 UMTS/HSDPA 2100
BenQ-Siemens	Handset	EE91	GSM 900/1800/1900 UMTS/HSDPA 2100
Brionvega	Handset	N7100	GSM/EDGE 900/1800/1900 UMTS/HSDPA 2100 (Italy)
Call Direct Cellular Solutions	Router	CDM 800 Series	GSM 850/2100 UMTS/HSDPA 1900 (Australia)
Dell	Laptop	Latitude D820	AT&T / AT&T
	Laptop	Latitude D420, D620	AT&T / AT&T
	Laptop	Precision M65	AT&T / AT&T
	Laptop	XPS M1210	AT&T / AT&T
Dialogue	Laptop	Flybook V331U	
	Laptop	Flybook V331 Lux Pro	
Dovado	Router	WRG - Wireless Residential Gateway	The DOVADO Wireless Residential Gateway (WRG) connects to the mobile network via a slot-in PCMCIA modem, and can share the internet access to many users simultaneously as a WiFi/LAN router.
Ericsson	Module	HSPA Module	Embedded module, smaller than a credit card. Will be included in notebooks by early 2008. Will offer 7.2 Mbps in the downlink and 2 Mbps in the uplink.
E-Ten	Smartphone	Glofish X800	Windows Mobile 6, large VGA display, HSDPA/WCDMA, WiFi, quad-band GSM, Bluetooth, 2 cameras, etc.
Fujitsu	Handset	F903IX (FOMA)	UMTS-2100 - Available Feb 2007
Fujitsu-Siemens	Laptop	AMILO Pro V3525/V3545	Built-in UMTS/HSDPA connectivity.
	Laptop	Lifebook E8210	Various
	Laptop	Lifebook Q2010	T-Mobile Austria
	Laptop	Lifebook P1610	Tablet PC form factor
	Laptop	Lifebook P7230	HSDPA avail April 2007 - HSUPA fall 2007
	Laptop	Celsius H240	Various
Giant	Handset	G333	GSM 850/900/1800/1900 UMTS/HSDPA 800/1900/2100
HP	Laptop	6515b	Available April 2007
	Laptop	6715b	Available April 2007
	Laptop	Compaq NC 6400	US/Europe

HSDPA/ HSUPA Devices

July 9, 2007

HTC	Handset	AT&T 8525 (Hermes variant)	GSM-800/900/1800/1900/UMTS/HSDPA 2100 WLAN
	Handset	Dopod 810 HTC Trinity 100	GSM-800/900/1800/1900/UMTS/HSDPA 2100
	Handset	Dopod 838 Pro	GSM-800/900/1800/1900/UMTS/HSDPA 2100 WLAN
	Handset	Dopod U1000 / HTC Athena / T-Mobile Amec)	GSM/EDGE 850/900/1800/1900 UMTS/HSDPA 2100
	Handset	Hermes 200	GSM-800/900/1800/1900/UMTS/HSDPA 2100
	Handset	hTc Z	GSM-800/900/1800/1900/UMTS/HSDPA 2100
	Handset	MDA Vario II	GSM-800/900/1800/1900/UMTS/HSDPA 2100
	Handset	P3600	GSM-800/900/1800/1900/UMTS/HSDPA 2100 WLAN
	Handset	P4550 (Kaiser)	GSM 800/900/1800/1900 - UMTS/HSDPA 800/850/1900/2100
	Handset	HTC Shift	GSM/EDGE 850/900/1800/1900/ UMTS/HSDPA 850/1900
	Handset	Qtek 9600 Renamed to HTC TyTN	GSM/EDGE 850/900/1800/1900 UMTS HSDPA 2100 WLAN
	PDA	Qtek S300	GSM/EDGE 850/900/1800/1900 UMTS/HSDPA 2100
	Handset	SPV M3100	GSM-800/900/1800/1900/UMTS/HSDPA 2100
	Handset	SPV M700	GSM-800/900/1800/1900/UMTS/HSDPA 2100
	Handset	S730 (Wings)	GSM/EDGE 850/900/1800/1900 UMTS/HSDPA 850/1900/2100
	Handset	P5500 (Nike)	GSM-800/900/1800/1900/UMTS/HSDPA 2100
	Mobile office device	HTC Advantage (X7500)	Tri-band 3G, HSDPA,
	Windows Mobile handheld	HTC Advantage X7501	Tri-band HSDPA/UMTS -Quad-band GSM/EDGE, Wi-Fi b/g and Bluetooth 2.0
Handset	TyTN	GSM-800/900/1800/1900/UMTS/HSDPA 2100	
Handset	X01HT (Softbank)	GSM-800/900/1800/1900/UMTS/HSDPA 2100 WLAN, GPS (Japan)	
Huawei	USB Modem	E220	GSM/EDGE 900/1800/1900 UMTS/HSDPA 2100
	Wireless modem	E270	GSM/EDGE 850/900/1800/1900 UMTS/HSDPA 850/1900/2100
	Data Card	E630	GSM/EDGE 850/900/1800/1900 UMTS/HSDPA 2100
	Data card	E800	GSM/EDGE 850/900/1800/1900 UMTS/HSDPA 850/1900/2100
	Handset	U550	HSDPA3.6M / UMTS / EDGE / GSM
	Data Card	E870	HSUPA Wireless Network Card
	Data Card	E620	GSM-900/1800/1900/UMTS-2100
Wireless modem	E980	GSM-900/1800/1900/UMTS-2100 HSDPA Wireless Gateway Device	
i-mate™	Slider keyboard	Ultimate 6150	Tri-Band UMTS/HSDPA 850/1900/2100 or 850/1700/2100
	Mobile office device	Ultimate 6150	Tri-Band UMTS/HSDPA 850/1900/2100 or 850/1700/2100
	Mobile office device	Ultimate 7150	Tri-Band UMTS/HSDPA 850/1900/2100 or 850/1700/2100
	Mobile office device	Ultimate 8150	Tri-Band UMTS/HSDPA 850/1900/2100 or 850/1700/2100
	Flip phone	Ultimate 9150	Tri-Band UMTS/HSDPA 850/1900/2100 or 850/1700/2100 Due Early 2008
Lenovo	Laptop	Think Pad Z50	
	Laptop	Think Pad R60	
	Laptop	Think Pad T60 & T60p	AT&T / AT&T
	Laptop	Think Pad x60	
	Laptop	Think Pad Z61	

HSDPA/ HSUPA Devices

July 9, 2007

LG	Laptop	Notebook (KTF alliance)	Korea
	Handset	Shine (KU 970)	GSM/EDGE 900/1800/1900 UMTS/HSDPA 2100
	Handset	KU730	GSM/EDGE 900/1800/1900 UMTS/HSDPA 2100
	Handset	LG-KS Slider	GSM/EDGE 900/1800/1900 UMTS/HSDPA 2100
	Handset	LG-CU500	GSM-800/900/1800/1900 / UMTS-800/1900
	Handset	LGL-CU500v	Upgrade of CU500 - Available AT&T
	Handset	LG-KH1000	GSM/EDGE 900/1800/1900 UMTS/HSDPA 2100
	Handset	LG-KH1300	GSM/EDGE 900/1800/1900 UMTS/HSDPA 2100
	Handset	LG-KH1400	GSM900/1800/1900 UMTS/HSDPA 2100
	Handset	LG-SH100	GSM/EDGE 900/1800/1900 UMTS/HSDPA 2100
	Handset	LG-SH110	GSM/EDGE 900/1800/1900 UMTS/HSDPA 2100 for Korea
	Handset	LG-SH130	GSM/EDGE 900/1800/1900 UMTS/HSDPA 2100
	Handset	LG-TU300	GSM-800/900/1800 / UMTS-800
	Handset	LG-TU500	GSM-800/900/1800/1900 / UMTS-800
		Handset	LG-U830 (3 UK) (Chocolate)
Lightspeed	Router	HSDPA 180C	GSM/EDGE 800/900/1800/1900/UMTS/HSDPA 2100 WLAN, Ethernet & USB
	Router	HSDPA-180P	GSM/EDGE 800/900/1800/1900/UMTS/HSDPA 800/900/2100 WLAN
	Router	HSDPA 230C	GSM/EDGE 800/900/1800/1900/ UMTS/HSDPA 2100 WLAN, Ethernet & USB
Linksys	Router	WRT 54G3G	Wireless Router with PCMCIA Card slot (Vodafone, Sprint)
Motorola	Data card	D1100	GSM-800/900/1800 / UMTS-2100
	Handset	Motorola Maxx V6	GSM/EDGE 900/1800/1900/ UMTS/HSDPA 2100 (Telstra, Vodafone)
	Handset	Motorola V3xx	GSM/EDGE 900/1800/1900/ UMTS/HSDPA 2100 (Italy)
	Handset	RAZR Maxx V3x	GSM-900/1800/1900/UMTS-2100
	Handset	RAZR xx	GSM-900/1800/1900/UMTS-2100
	Handset	KRZR K3	GSM 850/900/1800/1900 UMTS/HSDPA 2100
	Handset	Motorizr Z8	Multimedia handset
	Smartphone	MotoQ q8	Available 2Q 2007
	Handset	L72 SLVR	GSM-800/900/1800/1900 / UMTS-2100
	Handset	V1100 (Vodafone)	GSM/EDGE 900/1800/1900 UMTS/HSDPA 2100
NEC / NTT DoCoMo	Handset	N920IX (3G FOMA)	GSM-900 / GSM-1800 / UMTS-2100
Nokia	Handset	6120 Classic	GSM-800/900/1800/1900 / UMTS/HSDPA 800/2100 for AT&T
	Handset	N95	GSM-800/900/1800/1900 / UMTS-2100 WLAN GPS
Novatel Wireless	Data card	Expedite EU730	GSM-800/900/1800/1900 / UMTS/HSDPA 800/1900
	Data card	Expedite EU740	GSM-800/900/1800/1900 / UMTS/HSDPA 800/2100
	Data card	Merlin U730	GSM-800/900/1800/1900 / UMTS-1900
	Data card	Merlin U740	GSM-800/900/1800/1900 / UMTS-2100
	Data card	Merlin U870	GSM-800/900/1800/1900 / UMTS/HSDPA 800/1900/2100
	Data card	Merlin XU870 3.6/7.2 Mbps Express Card	GSM-800/900/1800/1900 / UMTS-1900/2100
	Modem	Ovation MC870D	Optimized for Europe
	Embedded module	Expedite EU870D	Optimized for Europe
	Embedded module	Expedite EU860D	Optimized for North America
	Modem	MerlinX950D Express Card	GSM-800/900/1800/1900 / UMTS/HSDPA 800/1900/2100
O2	PDA	XDA Atom Life	GSM-900/1800/1900/ HSDPA
QND	Data card	N601HS 3.6 Mbps	GSM-900/1800/1900/ UMTS 2100

HSDPA/ HSUPA Devices

July 9, 2007

Option Wireless Technology	Data card	GlobeTrotter Express HSUPA	HSUPA/HSDPA/UMTS/EDGE/GPRS
	Data card	GlobeTrotter Express 7.2	GSM/EDGE 850/900/1800/1900 UMTS/HSDPA 850/1900/2100
	Data card	GlobeTrotter GT MAX HSUPA	Triple-band HSUPA/HSDPA/UMTS, quad-band EDGE/GSM
	Data card	GT MAX 7.2 Ready	GSM/EDGE 850/900/1800/1900 UMTS/HSDPA 850/1900/2100
	Data card	GlobeTrotter GT MAX 3.6 Express Card	GSM/EDGE 850/900/1800/1900 UMTS/HSDPA 850/1900/2100
	Data card	GlobeTrotter HSDPA 7.2 Ready	Triple-band HSUPA/HSDPA/UMTS, quad-band EDGE/GSM
	Data card	GlobeTrotter FUSION+ HSDPA	Multimode WLAN/HSDPA/UMTS/EDGE/GPRS/GSM card
	Data card	GlobeTrotter HSDPA	GSM-800/900/1800/1900 / UMTS-1900/2100
	Data card	GlobeTrotter HSDPA	GSM/EDGE 850/900/1800/1900 UMTS/HSDPA 2100
	Data card	GlobeTrotter HSDPA	GSM/EDGE 850/900/1800/1900/ UMTS/HSDPA 850/1900
	USB Modem	GlobeSurfer ICON 7.2	GSM/EDGE 850/900/1800/1900 UMTS/HSDPA 850/1900/2100
	USB Modem	GlobeSurfer ICON	GSM/EDGE 850/900/1800/1900 UMTS/HSDPA 2100
	USB Modem	GlobeSurfer ICON HSUPA	GSM/EDGE 850/900/1800/1900 UMTS/HSPA 850/1900/2100
	Option Wireless Technology	Fixed Mobile	GlobeSurfer II 7.2
Fixed Mobile		GlobeSurfer II	Works on HSDPA, UMTS, EDGE, GPRS and GSM networks
Embedded module		GTM380	Supports HSDPA rates up to 7.2 Mbps in downlink + HSUPA rates up to 2 Mbps in uplink.
Embedded module		GTM378	High-speed data with HSDPA and UMTS (up to 7.2 Mbps downlink and 384 Kbps uplink) and backward compatible with EDGE / GPRS / GSM data connectivity (up to 247 Kbps)
Embedded module		GTM478	Especially for PDA, Portable MultiMedia Player and Smartphone applications.
OQO Palm	UMPC	Model 02 computer	
	Windows Mobile handheld	Treo 750	Five band world phone - available from AT&T
Panasonic	Handset	P903IX (FOMA)	UMTS-2100
	Laptop	Toughbook CF-WS, CF-T5	
	Laptop	Toughbook CF-Y5	
	Laptop	Toughbook CF-29	AT&T / AT&T
	Laptop	Toughbook CF-18	AT&T / AT&T
PCTEL Psion Teklogix	Scanning Receiver	SeeGull®EX High Speed Scanning Receiver	GSM 900/1800 UMTS/HSDPA 2100
	Mobile office device	Workabout PRO	EDGE/HSDPA Ruggedized device - AT&T (US) GSM/GPRS/EDGE/UMTS/HSDPA), WPAN (Bluetooth®), WLAN (802.11b/g) and GPS
Samsung	Handset	709SC	GSM-900/1800/1900 / UMTS/HSDPA 2100
	Handset	Ultra F500	GSM/EDGE 900/1800/1900 UMTS/HSDPA 2100
	Handset	Ultra F510	GSM/EDGE 900/1800/1900 UMTS/HSDPA 2100
	Handset	Ultra F520	GSM/EDGE 900/1800/1900 UMTS/HSDPA 2100
	Handset	Ultra F700	GSM/EDGE 900/1800/1900 UMTS/HSDPA 2100 7.2 Mbps downlink
	Handset	SCH-W200	CDMA-800 / UMTS/HSDPA 2100 (Korea)
	Handset	SCH-W210	CDMA-800 / UMTS/HSDPA 2100
	Handset	SGH-A501 (Telstra NextG)	GSM-800/900/1800/1900 / UMTS/HSDPA 800
	Handset	SGH-A701	GSM-1800/ UMTS/HSDPA 850/2100
	Handset	SGN-A706	UMTS-HSDPA 850/1900/ Quad-band GSM/EDGE
	Handset	SGH-A707 (SYNC - AT&T)	GSM-800/900/1800/1900 / UMTS/HSDPA 800/1900
	Handset	SGH-A717	GSM 900/1800/1900 & UMTS/HSDPA / HSUPA 850/2100
	Handset	SGH-A727	GSM 900/1800/1900 & UMTS/HSDPA / HSUPA 850/2100
	Handset	SGH-I520	GSM/EDGE 900/1800/1900 UMTS/HSDPA 2100
	Handset	SGH-I600	GSM-800/900/1800/1900 / UMTS/HSDPA 2100
	Handset	SGH-I607 (BlackJack-AT&T)	GSM-800/900/1800/1900 / UMTS/HSDPA for AT&T

HSDPA/ HSUPA Devices

July 9, 2007

	Handset	SGH-P930 (Telecom Italia)	GSM-900/1800/1900 / UMTS/HSDPA 2100 + DVB-H
	Handset	SGH-P940	GSM-900/1800/1900 / UMTS/HSDPA 2100
	Handset	SGH-U700	GSM-900/1800/1900 / UMTS/HSDPA 2100
	Handset	SGH-Z270	GSM-900/1800/1900 / UMTS/HSDPA 2100
	Handset	SGH-Z560	GSM-900/1800/1900 / UMTS/HSDPA 2100
	Handset	SGH-Z560	GSM/EDGE 900/1800/1900 UMTS/HSDPA 2100
	Handset	SGH-Z620	GSM-900/1800/1900 / UMTS/HSDPA 2100
	Handset	SGH-Z630	GSM-900/1800/1900 / UMTS/HSDPA 2100
	Handset	SGH-Z720	GSM-900/1800/1900 / UMTS/HSDPA 2100
	Handset	SGH-Z720v	GSM-900/1800/1900 / UMTS/HSDPA 2100 (Vodafone)
	Handset	SGH-ZV50	GSM-900/1800/1900 / UMTS/HSDPA 2100
	Handset	SGH-ZX20	GSM-800/900/1800/1900 / UMTS/HSDPA -900/1900
	Handset	SPH-W2100	CDMA 1700 / UMTS/HSDPA 2100 (Korea)
	Laptop	Q1P Tablet	
Sarian	Router	HR 4110	GSM/EDGE 800/900/1800/1900 UMTS/HSDPA 2100
	Router	DR5000 Series	DSL (specifically, ADSL2 and ADSL2+) and 3G/HSDPA in the same box
Seiko	Data card	CD181	3.5Mbps CFI data card UMTS/HSDPA 2100
Siemens	Data card	DC16	GSM-800/900/1800/1900 / UMTS/HSDPA 2100
	Data card	HC 15	GSM/EDGE 900/1800 UMTS/HSDPA 2100
	Data card	HC 25	GSM/EDGE 850/900/1800/1900 UMTS/HSDPA 850/1900/2100
Sierra Wireless	Data Card	AirCard 850 (Data card)	GSM-800/900/1800/1900 / UMTS/HSDPA 2100
	Data Card	AirCard 860 (Data card)	GSM-800/900/1800/1900 / UMTS/HSDPA 1900
	Data Card	AirCard 875	GSM/GPRS/EDGE 850/900/1800/1900 UMTS/HSDPA 850/1900/2100 (Global)
	USB Modem	Aircard 875U	GSM/GPRS/EDGE 850/900/1800/1900 UMTS/HSDPA 850/1900/2100 (Global)
	HSUPA PC Cards	AirCard 880 / 880E / 881 / 881E	GSM/EDGE 850/900/1800/1900 UMTS 850/1900/2100
	HSUPA Module	MC8780/8781	Express Mini Card - embedded
	Data card	MC8765 (Data card)	GSM-800/900/1800/1900 / UMTS-2100 (Europe and Asia)
	Data card	MC8765 (Data card)	GSM-800/900/1800/1900 / UMTS-2100
	Data card	MC8775 PCI Express Mini Card	GSM/EDGE 850/900/1800/1900 UMTS/HSDPA 850/1900/2100
	Data card	MC8780 PCI Express Mini Card	GSM/EDGE 850/900/1800/1900 UMTS/HSDPA 850/1900/2100
	Data card	MC8781 PCI Express Mini Card	GSM/EDGE 850/900/1800/1900 UMTS/HSDPA 850/1900/2100
Sony	Laptop	Valo S23 notebook	T-Mobile
Sony-Ericsson	Handset	W910i Walkman phone	850/900/1800/1900MHz GSM/EDGE with HSDPA and Shake control
	Handset	K850i Cybershot	850/900/1800/1900MHz GSM/EDGE phone with tri-band HSDPA
	Handset	Z750	Tri-band, North America - Available 3Q 2007
TOPEX Bytton	Router	HSDPA Wireless Broadband Router	TOPEX HSDPA Wireless Broadband Router is an All-In-One device that serves, at the same time, as a terminal for simultaneous voice calls and Internet access, as a WiFi Access Point, as a VPN Router with powerful Firewall, LAN Server, and Video Surveillance Server.
Toshiba	Handset	Portege G500	GSM/EDGE/UMTS/HSDPA 850/1900/2100
	Handset	Portege G500	GSM/EDGE 900/180/1900 UMTS/HSDPA 2100
	Smartphone	RG4-E01	(Vodafone)
Uniwill	Laptop	X20 & L51 notebooks	
ZadaCOM	USB Modem	3+ USB Modem	GSM/EDGE 850/900/1800/1900 UMTS/HSDPA 2100
ZTE	Handset	F850/B-C251 (Telstra)	GSM 1800/ UMTS/HSDPA 850/2100
	Handset	F850/850	UMTS/HSDPA 850/2100 GSM 1800
	Handset	F908	GSM 900/1800/1900 UMTS/HSDPA 2100
	Handset	F159	HSDPA with PTT
	Handset	F890	GSM 900/1800/1900 UMTS/HSDPA 2100

ANEXO 2

Listado de países y operadoras que han implementado EDGE/UMTS/HSPA

GLOBAL UMTS AND HSPA OPERATOR STATUS		UMTS Summary			HSPA Summary		
7-Feb-08		OPERATORS IN SERVICE	208		HSDPA OPERATORS IN SERVICE	178	
Source: Informa Telecoms & Media, WCIS and 3G Americas		COUNTRIES IN SERVICE	87		HSDPA COUNTRIES IN SERVICE	77	
Red = commercially available		COUNTRY COMMITMENTS	117		HSDPA COUNTRY COMMITMENTS	96	
Information accurate to the best of our knowledge as of date published		PLANNED + IN DEPLOYMENT	64		HSDPA PLANNED + IN DEPLOYMENT	59	
Please send updates to info@3gamericas.org		TRIAL	4		HSDPA TRIALS	3	
		POTENTIAL & LIC. AWARDED	47		HSUPA OPERATORS IN SERVICE	27	
		EDGE + UMTS COMMERCIAL	114		HSUPA PLANNED	133	
Country	Operator	UMTS Status	Start Date	EDGE	HSDPA Status	Start Date	HSUPA
Algeria	Algérie Telecom /Mobilis	Potential License	Q2 2008				
Algeria	Orascom Telecom Algeria Djezzy	Potential License	Q2 2008				
Algeria	Wataniya Telecom Algeria Nedjma	Potential License	Q2 2008				
Andorra	STA	In Service	Dec-06		Planned	Jun-08	Dec-08
Angola	Unitel	In Service	Jun-07	EDGE	In Service	Sep-07	
Argentina	CTI Movil (America Movil)	In Service	Nov-07	EDGE	In Service	Nov-07	
Argentina	Telecom Personal	In Service	May-07	EDGE	In Service	May-07	
Argentina	Telefonica Moviles (Movistar)	In Service	Jul-07	EDGE	In Service	Jul-07	
Aruba	SETAR	In Service	Dec-07		In Service	Dec-07	
Armenia	K-Telecom/Vivacell	Planned	Q1 2009				
Armenia	Amentel	Planned	Q1 2009				
Australia	Hutchison 3G (3)	In Service	May-03		In Service	Nov-06	Jun-08
Australia	SingTel/Optus	In Service	Nov-05		In Service	May-07	Dec-08
Australia	Telstra	In Service	Sep-05	EDGE	In Service	Oct-06	Sep-07
Australia	Vodafone	In Service	Oct-06		In Service	Oct-06	Jun-08
Australia	Virgin Mobile	In Service	Jul-07		In Service	July-07	
Austria	Connect Austria (ONE)	In Service	Dec-03		In Service	Jun-06	Mar-08
Austria	Hutchison 3G (3)	In Service	May-03		In Service	Jul-06	Mar-08
Austria	Mobilkom Austria	In Service	Apr-03	EDGE	In Service	Jan-06	Feb-07
Austria	T-Mobile Austria	In Service	Dec-03	EDGE	In Service	Mar-06	Mar-08
Bahrain	Batelco	In Service	Dec-07	EDGE	In Service	Dec-07	
Bahrain	Zain (ex-MTC Vodafone)	In Service	Dec-03	EDGE	In Service	May-06	
Bangladesh	BTTB	Potential License	Dec-10				
Bangladesh	GrameenPhone	Potential License	Mar-10	EDGE	Planned	Dec 2010	
Bangladesh	PBTL	Potential License	Jun-10				
Bangladesh	Sheba Telecom	Potential License	Jun-10				
Bangladesh	TM International	Potential License	Jun-10	EDGE			
Bangladesh	Ward Telecom	Potential License	Dec-10	EDGE			
Belarus	MTS Belarus	In Deployment	Jun-08	EDGE			

Country	Operator	UMTS Status	Start Date	EDGE	HSDPA Status	Start Date	HSUPA
Belgium	KPN BASE (Orange)	In Deployment	Jun-08	EDGE	Planned	Jun-08	Jun-08
Belgium	Belgacom Mobile (Proximus)	In Service	Sep-05	EDGE	In Service	Jun-06	Mar-08
Belgium	Mobistar	In Service	Dec-05	EDGE	In Service	Aug-06	Mar-08
Belgium	-fba-1	Potential License	Q4 2008				
Bhutan	Bhutan Telecom - B-Mobile	In Deployment	Mar-08		In Deployment	Mar-08	Jun-09
Bhutan	Tashi Infocomm	Planned	Dec-08				
Brazil	Amazonia Celular	Potential License	Q1 2008	EDGE			
Brazil	Brasil Telecom	Potential License	Q1 2008	EDGE			
Brazil	CTBC	In Deployment	Q1 2008	EDGE	In Deployment	Q2 2008	
Brazil	Seromtel Celular	Potential License	Q1 2008	EDGE			
Brazil	America Movil - Claro	In Service	Nov-07	EDGE	In Service	Nov-07	
Brazil	Telemar PCS (OI)	Potential License	Q1 2008	EDGE			
Brazil	Telemig Celular	In Service	Nov-07	EDGE	In Service	Nov-07	
Brazil	TIM Celular	Potential License	Q1 2008	EDGE			
Brunel/Borneo	B-Mobile	In Service	Sep-05				
Brunel/Borneo	DST Com	In Deployment	Jun-08	EDGE	In Deployment	Jun-08	Dec-08
Bulgaria	BTC (Vivatel)	In Service	Apr-07	EDGE	In Service	Apr-07	Dec-07
Bulgaria	Cosmo Bulgaria Mobile/Globul	In Service	Jun-06		In Service	Sep-06	Dec-07
Bulgaria	MobilTel (M-TEL)	In Service	Mar-06	EDGE	In Service	Mar-06	Aug-07
Bulgaria	-fba-1	Potential License	Q4 2009				
Cambodia	Cambodia Shinawatra	In Service	Oct-07				
Cambodia	Cambodia GSM (MobilTel)	In Service	Oct-06	EDGE	In Service	Oct-06	
Canada	Rogers Wireless	In Service	Nov-06	EDGE	In Service	Nov-06	Mar-08
Chile	Entel PCS	In Service	Dec-06	EDGE	In Service	Dec-06	
Chile	Claro (America Movil)	In Service	Jan-08		In Service	Jan-08	
Chile	Telefonica Moviles / Movistar	In Service	Dec-07	EDGE	In Service	Dec 2007	
China	China Mobile	Trial	N/A	EDGE	Trial	N/A	
Colombia	TIGO (Colombia Movil)	Trial	N/A	EDGE			
Colombia	Comcel (America Movil)	In Service	Jan-08	EDGE	In Service	Jan-08	
Colombia	Movistar (Telefonica Moviles)	Planned	Q1 2008	EDGE	Trial	N/A	
Costa Rica	ICE Telefonía Celular	Planned	Q4 2010				
Cote D'Ivoire	Atlantique Telecom (Moov)	Potential License	Q4 2008				
Cote D'Ivoire	MTN Cote d'Ivoire	Potential License	Q4 2008				
Cote D'Ivoire	Orange Cote d'Ivoire	Potential License	Q2 2008				
Croatia	Tele2	Planned	Mar-08		Planned	Jun-08	
Croatia	T-Mobile	In Service	Jan-06	EDGE	In Service	Nov-06	
Croatia	Tele2	Planned	Dec-08		Planned	Dec-08	

Country	Operator	UMTS Status	Start Date	EDGE	HSDPA Status	Start Date	HSUPA
Croatia	VIPNet	In Service	Oct-05	EDGE	In Service	Apr-06	Apr-07
Cyprus	MTN (ex-Areeba)	In Service	Oct-05	EDGE	Planned	Jan-08	Mar-08
Cyprus	CYTA Mobile	In Service	Mar-06		Planned	Jun-08	Jun-08
Czech Republic	Telefonica O2 (Eurotel)	In Service	Dec-05	EDGE	In Service	Apr-06	Jan-09
Czech Republic	T-Mobile	In Service	Dec-06	EDGE	In Deployment	Sep-08	
Czech Republic	Vodafone	In Deployment	Sep-08	EDGE	Planned	Sep-08	
Dem. Rep. Congo	CelTel DRC	Potential License	Q4 2008				
Dem. Rep. Congo	Vodacom Congo	Potential License	Q4 2008				
Denmark	3	In Service	Oct-03		In Service	Nov-06	Mar-08
Denmark	Sonofon	In Service	Sep-06	EDGE	In Service	Sep-07	Mar-08
Denmark	TDC Mobil	In Service	Nov-05		In Service	Jan-08	Mar-08
Denmark	TeliaSonera	In Deployment	Mar-08	EDGE	In Deployment	Mar-08	Mar-08
Ecuador	Conocel / Porta	Potential License	Q1 2008	EDGE			
Ecuador	Otecel (Movistar)	Potential License	Q1 2008	EDGE			
Egypt	Etisalat Misr	In Service	May-07	EDGE	In Service	May-07	
Egypt	MobilNI (ECMS)	Planned	Jun-08	EDGE			
Egypt	Vodafone Egypt	In Service	May-07		In Service	May-07	
El Salvador	Claro (America Movil)	In Service	Jan-08		In Service	Jan-08	
Estonia	Elisa / Radiolindja	In Service	Jun-06	EDGE	In Service	Jun-06	Q1 2008
Estonia	Bravocom	In Service	July 06	EDGE	In Deployment		
Estonia	EMT	In Service	Oct-05	EDGE	In Service	Apr-06	Q1 2008
Estonia	Tele2 Eesti	In Service	Nov-06		In Service	Nov-06	Q1 2008
Estonia	ProGroup Holding	In Deployment	Q2 2008		In Deployment	Jun-08	
Fiji	Vodafone Fiji	Planned	Jun-08		Planned	Jun-08	Oct-08
Finland	Alandis Mobiltelefon	In Service	Jun-06	EDGE			
Finland	Finnnet / DNA Finland	In Service	Dec-05	EDGE	In Service	Feb-07	Feb-08
Finland	Elisa	In Service	Nov-04	EDGE	In Service	Apr-06	Aug-07
Finland	Sonera	In Service	Oct-04	EDGE	In Service	May-07	Mar-08
France	Bouygues Telecom	In Service	Apr-07	EDGE	In Service	Nov-07	Nov-07
France	Orange France	In Service	Dec-04	EDGE	In Service	Oct-06	Jan-08
France	SFR	In Service	Nov-04	EDGE	In Service	Jun-06	Jun-08
French Polynesia	Tikiphone (VINI)	Trial	Jun-06		Planned	Jun-08	Dec-08
French West Indies	Outremer Telecom	In Deployment	Jan-08		In Deployment	Jan-2008	Jan-13
Georgia	Geocell	In Service	Dec-06				
Georgia	Telecom Invest Georgia	License Awarded	Q1 2008				
Georgia	Magticom	In Service	Jul-06	EDGE			
Germany	E-Plus	In Service	Aug-04		In Deployment	Dec-08	Dec-08

Country	Operator	UMTS Status	Start Date	EDGE	HSDPA Status	Start Date	HSUPA
Germany	O2	In Service	Jul-04		In Service	Dec-05	Mar-06
Germany	T-Mobile Deutschland	In Service	May-04	EDGE	In Service	Mar-05	Nov-07
Germany	Vodafone D2	In Service	May-04	EDGE	In Service	Mar-05	Jul-07
Greece	Cosmote	In Service	May-04	EDGE	In Service	Jun-06	Dec-07
Greece	Panafon (Vodafone)	In Service	Aug-04		In Service	Nov -05	Dec-07
Greece	WIND Hellas (TIM)	In Service	Jan-04	EDGE	In Service	Nov-05	Dec-07
Guernsey	Wave Telecom	In Service	Jul-04	EDGE	In Deployment	Dec-07	Dec-08
Guernsey	C&W Guernsey /Sure.mobile	In Service	Sep-07	EDGE	In Service	Sep-2007	Dec-08
Guernsey	Airtel-Vodafone	Planned	Jun-08				
Hong Kong	Hong Kong CSL (New World)	In Service	Dec-04	EDGE	In Service	Sep-05	Mar-10
Hong Kong	3HK - Hutchison	In Service	Jan-04		In Service	Nov-05	Mar-10
Hong Kong	SmarTone Vodafone	In Service	Dec-04		In Service	Jun-06	Mar-10
Hong Kong	(PCCW Mobile (ex-Sunday)	In Service	Jul-06	EDGE	In Service	Aug-07	Mar-10
Hungary	Pannon GSM	In Service	Oct-05	EDGE	In Service	Mar-07	Dec-07
Hungary	T-Mobile	In Service	Aug-05	EDGE	In Service	Sep-05	Sep-07
Hungary	Vodafone	In Service	Jun-06		In Service	Jun-07	Jun-08
Iceland	NOVA	Planned	Q1 2008				
Iceland	Vodafone	Planned	Q2 2008				
Iceland	Iceland Telecom / Síminn	In Deployment	Q2 2008	EDGE	In Deployment	Q2 2008	Q2 2008
India	Aircel	Potential License	Dec-09	EDGE			
India	Bharti Televentures	Planned	Mar-08	EDGE	Planned	Mar-08	
India	BPL Cellular	Planned/In Deployment	Dec-09	EDGE			
India	BSNL	In Deployment	Dec-09	EDGE	Planned	Mar-2009	Mar-09
India	Dishnet Wireless	Potential License	Dec-09	EDGE			
India	Essar Spacetel	Potential License	Dec-09				
India	Idea Cellular	Potential License	Dec-09	EDGE			
India	MTNL	Planned	Dec-08		Planned	Dec 2008	Mar-09
India	Reliance	Planned	Mar-08				
India	Spice Telecom	Planned	Jun-08		Planned	Dec-08	
India	Tata Teleservices	Planned	Mar-08				
Indonesia	Excelcomindo Pratama ProXL	In Service	Oct-05		In Service	Jan-07	Jun-08
Indonesia	Hutchison CP Telecommunications	In Service	Dec-05		In Service	Jun-07	Jun-08
Indonesia	Indosat IM2 /Matrx/Mentari/IM3	In Service	Nov-05		In Service	Oct-07	Sep-08
Indonesia	NTS (Natrindo Telepon Selular	Planned	Q1 2008				
Indonesia	Satelindo (Indosat)	In Service	Dec-05	EDGE	In Service	Mar-07	Sep-08
Indonesia	Telkomsel	In Service	Aug-05	EDGE	In Service	Jul-07	Dec-08
Ireland	Hutchison (3)	In Service	Jul-05		In Service	Dec 05	Jun-08

Country	Operator	UMTS Status	Start Date	EDGE	HSDPA Status	Start Date	HSUPA
Ireland	O2	In Service	Mar-05	Nov-07	In Service	Jul-07	Jun-08
Ireland	Vodafone Ireland	In Service	Nov-04		In Service	Dec-06	Dec-08
Ireland	Meteor Communications	In Deployment	Q1 2008	EDGE			
Isle of Man	Manx Telecom	In Service	Nov-05		In Service	Nov-05	Mar-08
Israel	Celcom Israel	In Service	Jun-04	EDGE	In Service	Jun-06	Sep-07
Israel	Telephone (CDMA to HSDPA)	Planned	Dec-08		Planned	Dec-08	
Israel	Partner Comm. (Orange)	In Service	Nov-04		In Service	Mar-06	Dec-07
Italy	H3G (3)	In Service	Mar-03		In Service	Feb-06	Jul-07
Italy	TIM	In Service	May-04	EDGE	In Service	May-06	Oct-07
Italy	Vodafone Italia	In Service	May-04		In Service	Jun-06	Sep-07
Italy	Wind	In Service	Oct-04	EDGE	In Service	Jun-07	Jun-08
Japan	eAccess / eMobile	In Service	Mar-07		In Service	Mar-07	Mar-10
Japan	Softbank (ex-Vodafone)	In Service	Dec-02		In Service	Oct-06	
Japan	NTT DoCoMo (FOMA)	In Service	Oct-01		In Service	Aug-06	Jun-08
Jersey	Cable & Wireless /sure.Mobile	In Service	Sep-06	EDGE	In Service	Dec-07	Dec-08
Jersey	Jersey Telecoms	In Service	Jun-06		In Service	Sep-2007	Dec-08
Jersey	Airtel-Vodafone	In Service	Jun-07	EDGE	In Service	June-07	
Kenya	Safaricom	In Deployment	Mar-08	EDGE	In Deployment	Mar-08	
Kuwait	Zain (ex-MTC Vodafone)	In Service	Mar-06	EDGE	In Service	Jan-07	Mar-08
Kuwait	Watanliya Telecom	In Service	Mar-06	EDGE	In Service	Mar-06	
Latvia	Bite	In Service	Jun-06	EDGE	In Service	July-06	Mar-08
Latvia	LMT	In Service	Dec-04	EDGE	In Service	Aug-06	Mar-08
Latvia	Tele2	In Service	Dec-05		In Service	Mar-07	Mar-08
Libya	El Madar Tel. Company (Orbit)	In Deployment	Jun-08	EDGE			
Libya	Libyana	In Service	Sep-06		In Deployment	Q1 2008	
Liechtenstein	Orange	In Service	Feb-07		In Service	June-07	Mar-08
Liechtenstein	mobikom	In Service	Mar-07		In Service	Mar-07	Jun-08
Liechtenstein	Telekom FL (Swisscom)	In Service	Feb-07	EDGE	In Service	June-07	Mar-08
Lithuania	Bite	In Service	Apr-06	EDGE	In Service	Jun-06	Dec-07
Lithuania	Omnitel	In Service	Feb-06	EDGE	In Service	Jun-06	Mar-08
Lithuania	Tele2	In Service	Mar-07		Planned	Jun-09	Dec-09
Luxembourg	LUX Communications (VOX)	In Service	May-05	EDGE	In Service	Jun-2007	Jun-08
Luxembourg	P&T Luxembourg (LUXGSM)	In Service	Jun-03	EDGE	In Service	May-2007	Jun-08
Luxembourg	Tele2 (Tango)	In Service	Jul-04		Planned	Q1 2008	Jun-08
Macau	CTM	In Service	Jun-07		In Service	Jun-07	Jun-09
Macau	Hutchison (3)	In Service	Oct-07		In Service	Oct-07	
Macedonia	Cosmofon	Potential License	Q4 2009				

Country	Operator	UMTS Status	Start Date	EDGE	HSDPA Status	Start Date	HSUPA
Macedonia	Mobimak	Potential License	Q4 2009				
Malaysia	Maxis	In Service	Jul-05	EDGE	In Service	Sep-06	Sep-08
Malaysia	Telekom Malaysia/Celcom 3G	In Service	May-05	EDGE	In Service	Sep-06	Jun-08
Malaysia	Umobile	In Deployment	Mar-08		In Deployment	Mar-08	
Malaysia	DIGI	In Deployment	Q2 2008	EDGE			
Maldives	Dhiraagu	Potential License	2010				
Maldives	Wataniya	Potential License	2010	EDGE			
Malta	Mobisic Comm. (go mobile)	In Service	Apr-07	EDGE	In Service	Apr-07	Dec-08
Malta	Vodafone	In Service	Aug-06		In Service	Dec-06	Dec-07
Mauritania	Mauritel	Planned	Q1 2008				
Mauritius	Cellplus Mobile Comm.	In Service	Mar-06		Planned	Dec-07	
Mauritius	Millicom Mauritius (Emtel)	In Service	Nov-04		Planned	Jun-07	
Mexico	Telcel (America Movil)	In Service	Feb-08	EDGE	In Service	Feb-08	
Mexico	Telefonica Moviles/Movistar	Planned	Mar-08	EDGE	Planned		
Monaco	Monaco Telecom / Monaco	In Service	Jun-06		Planned	Dec-07	Jun-08
Mongolia	Mobicom	Potential License	Dec 2009				
Mongolia	Skytel	Potential License	Dec 2009				
Montenegro	T-Mobile	In Service	Jun-07	EDGE	In Service	Jun-07	Dec-07
Montenegro	ProMonte	In Service	Jun-07	EDGE	In Service	Jun-07	Dec-07
Montenegro	M:Tel (Telekom Srbija)	In Service	Jul-07	EDGE	In Service	Jul-07	
Morocco	Itissalat Al-Magreb / Maroc Telecom	In Service	Jan-08		In Service	Jan-08	
Morocco	Medi Telecom (Meditel) Mobile ADSL	In Service	Apr-07		In Service	Apr-07	
Mozambique	mCel	Planned	Q1 2008		Planned	Q1 2008	
Namibia	MTC	In Service	Dec-06	EDGE	In Service	Dec-06	Jun-08
Namibia	Poweroom -Cell One	In Service	Mar-07		In Service	Jun-07	
Nepal	Nepal Telecom Corp	In Service	May-07	Mar-08	In Deployment	Dec-07	
Nepal	Spice Nepal	Potential License	Sep 2012	EDGE			
Netherlands	KPN Mobile (Telfort)	In Service	Oct-04	EDGE	In Service	Oct-06	Mar-08
Netherlands	Orange	In Service	Nov-06		In Deployment	Dec-07	Mar-08
Netherlands	T-Mobile Netherlands	In Service	Jan-06	EDGE	In Service	Apr-06	Mar-08
Netherlands	Vodafone Libertel	In Service	Jun-04		In Service	Jul-06	Mar-08
New Zealand	Eonnet Wireless	Planned	Q4 2007		Planned	Mar-08	
New Zealand	TelestraClear	In Deployment	Jun-07				
New Zealand	Vodafone	In Service	Aug-05		In Service	Oct-06	Jun-08
New Zealand	Telecom New Zealand	In Deployment	Dec-07	EDGE	In Deployment	Dec-08	Dec-09
Nigeria	Globacom - GloMobile	In Service	Dec-07		In Service	Dec-07	
Nigeria	MTN Nigeria	In Service	Dec-07		In Service	Dec 2007	

Country	Operator	UMTS Status	Start Date	EDGE	HSDPA Status	Start Date	HSUPA
Nigeria	V-Mobile (Celtel)	Planned	Q3 2007		Trial	N/A	
Norway	H3G Access	Planned	Q1 2008		Planned	Mar-2008	Mar-08
Norway	Netoom (TeliaSonera)	In Service	Jun-05	EDGE	In Service	Apr-07	Mar-08
Norway	Telenor Mobil	In Service	Dec-04	EDGE	In Service	Nov-07	Mar-08
Oman	Nawras Telecom (TDC)	In Service	Dec-07	EDGE	In Service	Dec-07	
Oman	Oman Mobile / Omantel	Planned	Q1 2008				
Pakistan	Paktel	Potential License	Dec 2007				
Pakistan	PMCL	Potential License	Dec 2007	EDGE			
Pakistan	PTML	Potential License	Dec 2007	EDGE			
Pakistan	Telenor	Potential License	Dec 2007	EDGE			
Pakistan	Ward Telecom	Potential License	Dec 2007				
Paraguay	CTI Movil (America Movil)	In Service	Nov-07		In Service	Nov-07	
Peru	America Movil - Claro	In Deployment	Q1 2008	EDGE	In Deployment	Q1 2008	
Philippines	Globe Telecom	In Service	May-06	EDGE	In Service	May-06	Sep-08
Philippines	SMART / Piltel	In Service	May-06	EDGE	In Service	Jan-07	Dec-08
Philippines	Digitel/ Sun Cellular	In Service	Jul-06	EDGE	Planned	2007	
Poland	Centertel (Orange)	In Service	Jun-06	EDGE	In Service	Dec-06	Dec-07
Poland	P4 (Play)	In Service	Mar-07		In Service	Mar-07	Dec-07
Poland	Polkomtel / Plus GSM	In Service	Sep-04	EDGE	In Service	Oct-06	Dec-07
Poland	Polska Telefonia Cyfrowa (Era)	In Service	Apr-06	EDGE	In Service	Oct-06	Sep-08
Portugal	Optimus	In Service	Jun-04		In Service	Dec-06	Dec-08
Portugal	TMN (Telemovel)	In Service	Apr-04		In Service	Apr-06	Dec-08
Portugal	Vodafone Telecel	In Service	May-04		In Service	Mar-06	Sep-07
Puerto Rico	AT&T	In Service	Nov-06	EDGE	In Service	Nov-06	Dec-10
Qatar	Q-TEL	In Service	Jul-06		In Deployment	Mar-08	
Romania	MobilFon / Vodafone	In Service	Apr-06		In Service	May-06	Dec-07
Romania	Orange Romania	In Service	Jun-06	EDGE	In Service	Jun-07	Oct-07
Romania	Digi.Tel (RCS&RDS)	In Service	Feb-07				
Russia	VimpelCom	Planned	Q4 2008		In Deployment	Dec 2008	
Russia	MegaFon	In Service	Oct-07	EDGE	In Service	Oct-2007	
Saudi Arabia	Etisalat / Mobily	In Service	Jun-06	EDGE	In Service	Jul-06	
Saudi Arabia	STC/ Al Jawwal	In Service	Jun-06	EDGE	In Service	Jun-06	
Saudi Arabia	Zain (ex-MTC Vodafone)	In Deployment	2008	EDGE	In Deployment	2008	
Serbia	Telenor (Ex-Mobtel)	In Service	Mar-07	EDGE	In Service	Mar-07	
Serbia	Telecom Srbija	In Service	Dec-06	EDGE	In Service	Dec-06	
Serbia	VIP Mobile (TopNet)	In Service	Jul-07				
Seychelles	Telecom Seyshelles (AIRTEL)	In Service	Dec-06	EDGE	In Service	Dec-06	Dec-08

Country	Operator	UMTS Status	Start Date	EDGE	HSDPA Status	Start Date	HSUPA
Singapore	MobileOne	In Service	Feb-05		In Service	Nov-05	Jun-06
Singapore	SingTel Mobile	In Service	Feb-05		In Service	Feb-07	Mar-06
Singapore	StarHub	In Service	Apr-05		In Service	Aug-07	Aug-07
Slovak Republic	Orange Slovensko	In Service	Mar-05	EDGE	In Service	Aug-05	Sep-09
Slovak Republic	T-Mobile Slovakia	In Service	Jan-06	EDGE	In Service	Aug-05	Dec-09
Slovak Republic	Telefonica O2 Slovak Republic	Planned	Q1 2008				
Slovenia	Mobitel	In Service	Dec-03	EDGE	In Service	Sep-05	Dec-07
Slovenia	SI.Mobile (Vodafone)	In Service	Sep-07	EDGE	In Service	Sep-07	Jun-08
Slovenia	T-2	Planned	2008				
South Africa	3C Telecom. Cell C	In Service	Jun-06	EDGE			
South Africa	MTN	In Service	Jun-05	EDGE	In Service	Mar-05	Mar-06
South Africa	Vodacom	In Service	Dec-04	EDGE	In Service	Apr-05	Mar-06
South Korea	KTF SHOW	In Service	Dec-03		In Service	Jun-06	Jun-07
South Korea	SK Telecom 3G+	In Service	Dec-03		In Service	May-06	Oct-07
Spain	Amena / Orange	In Service	Oct-04		In Service	Jun-06	Jun-06
Spain	Telefónica Móviles (Movistar)	In Service	May-04		In Service	Oct-05	Aug-07
Spain	Vodafone España	In Service	May-04		In Service	Jun-06	Sep-07
Spain	Xfera (Yoigo)	In Service	Dec-05		Planned	Dec-07	Mar-08
Sri Lanka	Bharti Airtel	In Deployment	Sep-08		In Deployment	Dec-08	Dec-08
Sri Lanka	Dialog GSM	In Service	Aug-05	EDGE	In Service	Aug-05	Sep-08
Sri Lanka	Millicom Sri Lanka (Celltel - TIGO)	In Deployment	Dec-07	EDGE	Planned	Dec-07	Dec-08
Sri Lanka	Hutchison	Planned	Mar-08				
Sri Lanka	Mobitel	In Service	Dec-07	EDGE	In Service	Dec-07	Dec-07
Sudan	Bashair Telecom / Areeba	In Service	Q1 2006	EDGE			
Sudan	Mobitel Sudan	Planned	Q4 2007	EDGE			
Sweden	Hi3G	In Service	May-03		In Service	Nov-05	Sep-07
Sweden	TeliaSonera	In Service	Mar-04	EDGE	In Service	June-07	
Sweden	Svenska UMTS-Nät (Tele2)	In Service	Mar-04		In Service	April-07	Mar-06
Sweden	Telenor Sverige AB (Vodafone)	In Service	Jul-04		In Service	Jun-07	Mar-06
Switzerland	Orange	In Service	Sep-05	EDGE	In Service	Apr-07	Mar-06
Switzerland	Swisscom Mobile	In Service	Dec-04	EDGE	In Service	Mar-05	Mar-06
Switzerland	TDC Switzerland (sunrise)	In Service	Dec-05	EDGE	In Service	Feb-07	Mar-06
Switzerland	Team 3G	License Awarded					
Syria	Spacetel Syria	In Deployment	Q1 2008	EDGE	Planned	Dec-07	
Syria	SyriaTel	In Deployment	Q1 2008	EDGE	Planned	Dec-07	
Taiwan	Chunghwa Telecom	In Service	Jul-05		In Service	Sep 05	Mar-09
Taiwan	FarEasTone	In Service	Jul-05		In Service	Sep 05	Mar-09

Country	Operator	UMTS Status	Start Date	EDGE	HSDPA Status	Start Date	HSUPA
Taiwan	Taiwan Mobile Co. (TWM)	In Service	Oct-05		In Service	Jan-07	Mar-09
Taiwan	VIBO	In Service	Dec-05		In Service	Sep-07	Mar-09
Tajikistan	Josa Babylon Mobile	In Service	Jun-05		Planned	Dec-08	
Tajikistan	Indigo Tajikistan	In Service	Sep-06		Planned	Mar-09	
Tajikistan	Tacom	In Service	Sep-06		In Service	Apr-07	
Tajikistan	TT Mobile	In Service	Jun-05		Planned	Jun-09	
Tanzania	Vodacom	In Service	Feb-07		In Service	Feb-07	Jun-08
Thailand	AIS	In Deployment	Q4 2007	EDGE			
Thailand	DTAC	Potential License	Q2 2008	EDGE	Planned	N/A	
Thailand	TOT	Potential License	Q2 2008				
Tunisia	Tunisie Telecom	Potential License	Q2 2008	EDGE			
Turkey	AVEA	Potential License	Q2 2007	EDGE			
Turkey	Telsim	Potential License	Q2 2007				
Turkey	Turkcell	Potential License	Q2 2007	EDGE			
UAE	Etisalat	In Service	Jan-04	EDGE	In Service	Apr-06	
UAE	Du	In Service	Feb-07	EDGE	In Service	May-07	
Uganda	Uganda Telecom Ltd	In Service	Nov-07	EDGE	In Service	Nov-07	
UK	Hutchison 3G (3)	In Service	Mar-03		In Service	Dec-06	Dec-07
UK	O2	In Service	Mar-05		In Service	Feb-07	Dec-07
UK	Orange	In Service	Dec-04	EDGE	In Service	Feb-07	Mar-08
UK	T-Mobile UK	In Service	Oct-05		In Service	Aug-06	Dec-07
UK	Vodafone	In Service	Nov-04		In Service	Jun-06	Sep-07
Ukraine	Ukrtelecom	Planned	Dec-09		Planned	Dec-09	
Uruguay	Ancel	In Service	Jul-07	EDGE	In Service	Jul-07	
Uruguay	CTI Movil (America Movil)	In Service	Nov-07		In Service	Nov-07	
Uruguay	Telefonica Moviles /Movistar	In Service	Jul-07	EDGE	In Service	Jul-07	
USA	AT&T	In Service	Jul-04	EDGE	In Service	Dec-05	Nov-07
USA	Cincinnati Bell Wireless	Planned	Jul-08	EDGE			
USA	Edge Wireless	Trial	N/A	EDGE	In Deployment	Sep-08	Sep-08
USA	Stelera Wireless / Data Only	In Service	Dec-07		In Service	Dec-07	Dec-07
USA	T-Mobile USA	Planned	2007	EDGE	In Deployment	Mar-08	Dec-08
USA	Terrestar	In Deployment	2008		In Deployment	2008	
Uzbekistan	Unitel (Beeline)	Planned	Q3 2008				
Uzbekistan	Uzdunrobita	Planned	Q1 2008				
Zimbabwe	Econet Wireless	Planned	Q2 2008				

ANEXO 3

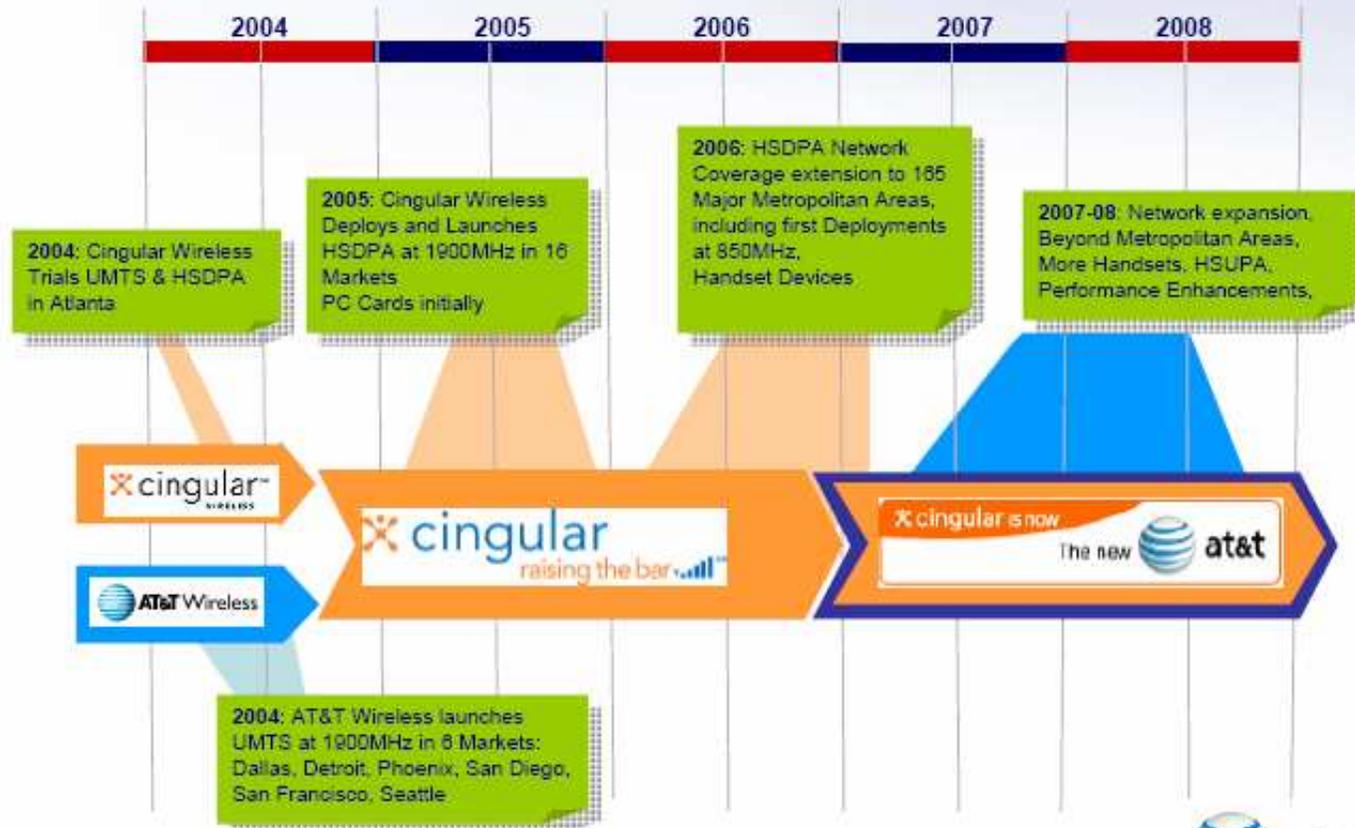
Implementando UMTS/HSPA análisis
realizado por AT&T

3G
americas



AT&T: Deploying UMTS/HSPA
Tom Keathley, VP Radio Access & Standards, AT&T

UMTS/HSPA in AT&T



Enabling enterprise mobility – enhanced with BroadbandConnect



Examples

Existing Use Case



New Capabilities

High Tech
Manufacturing



- Access to customer records and trouble tickets

- Fast access to complex diagrams and schematics

Public Safety



- Access to public records and ability to file reports

- Download large files including high-resolution clip/photos of suspects

Home Health
Care



- Access to scheduling information and patient records

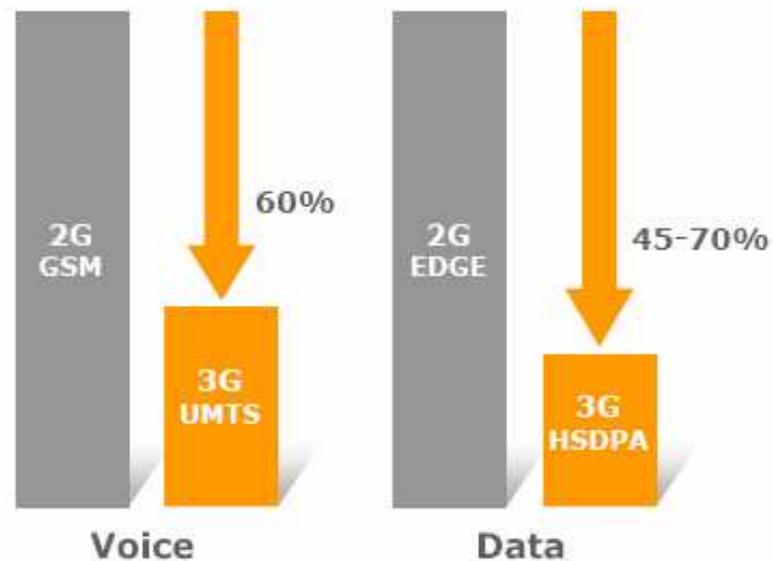
- Streaming video for real time patient assessment

...And lower cost network infrastructure



- Improved cost efficiency on both voice and data platform
- UMTS/HSDPA is the only 3G technology supporting simultaneous circuit switched voice and high speed packet data

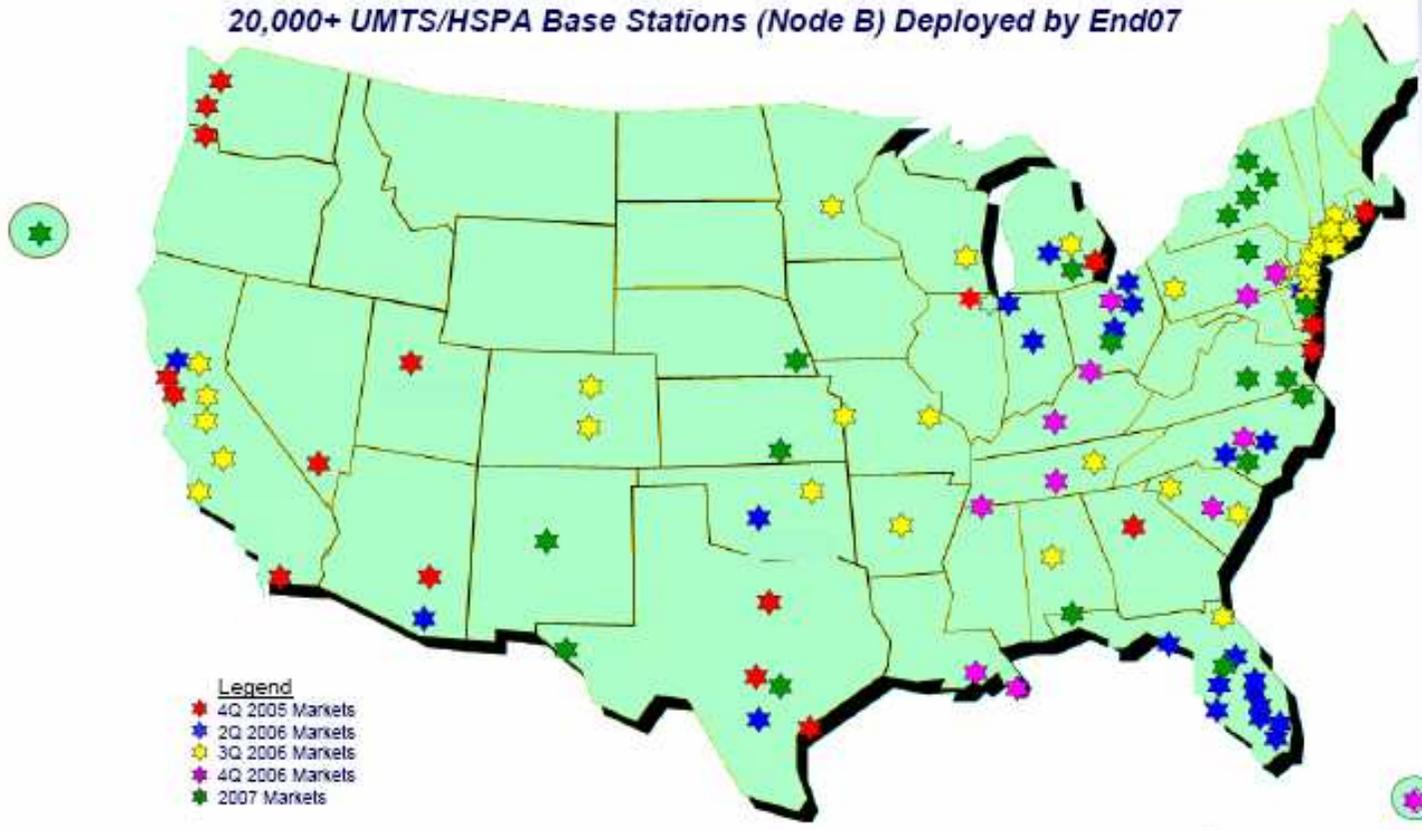
Fully Loaded Network Infrastructure Costs



UMTS/HSDPA Deployment Status



20,000+ UMTS/HSPA Base Stations (Node B) Deployed by End07



- Legend**
- 4Q 2005 Markets
 - 2Q 2006 Markets
 - 3Q 2006 Markets
 - 4Q 2006 Markets
 - 2007 Markets



Elements of Deployment Strategy

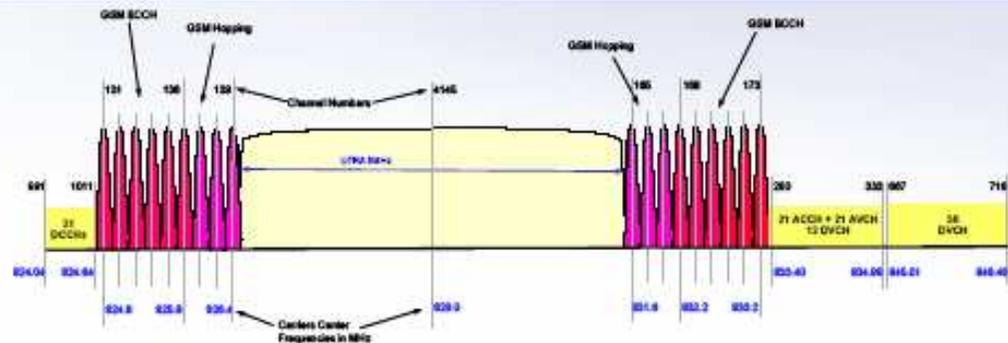


- One to One overlay of GSM Network in Areas where UMTS/HSDPA is implemented
- Initially at 1900MHz, Some Markets at 850MHz from 2006
 - Depending on Available Spectrum
 - ⇒ Dual-band 1900/850 Devices from Day one
- UMTS/HSDPA first deployed in Metropolitan Areas
- GSM/EDGE used for Service Continuity
 - GSM to UMTS and UMTS to GSM Handover / Cell Reselection
 - GSM used for E-911 Ph.2 compliance (Emergency Calls Re-directed to GSM)
- Maximum Site Resource Sharing across Technologies
 - Antennas, Feeders, Transport, Power, E-911 ...
- Common Core Network Elements beyond MSC/SGSN
 - HLR, GGSN, Billing System, Service Platforms...



Spectrum Sharing / Typical Site Design

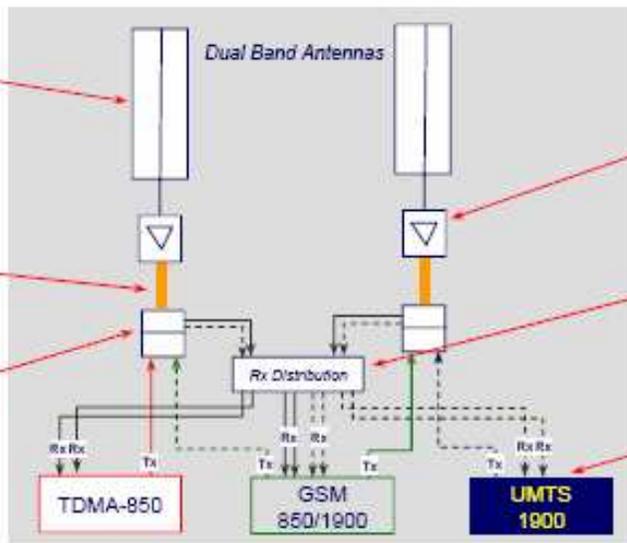
- GSM/UMTS Spectrum Sharing with minimum carrier spacing (2.6 MHz)



Dual-band Antenna w/ Mechanical & Electronic Down-tilt Remote Antenna Tilt from the OMC

Dual-band Duplexed Signal

Diplex Filters



Tower Mounted Amplifiers at 1900MHz

Rx Signal Distribution Unit

High Power Amplifier



Device Strategy



- Multi-mode, Quad-band GSM/EDGE, Dual-band UMTS/HSPA
- GSM/EDGE Multi-slot Class 12
- HSDPA Devices:
 - Category 12 initially (1.8Mbps)
 - Category 6 now (3.6 Mbps)
 - Category 8 soon (7.2 Mbps)
- Advanced Receivers required to achieve High Peak Data Rate
 - Equalizer or Rx/Div available now
 - Rx Div + Equalizer to be available by the end of 07
- Bluetooth, Java, Browser, Camera, WiFi ...now
- A-GPS, MediaFLO ...soon



Subset of UMTS/HSDPA Devices available on AT&T web site as of 7/7/25

7/7/26-v0.3



Service Strategy

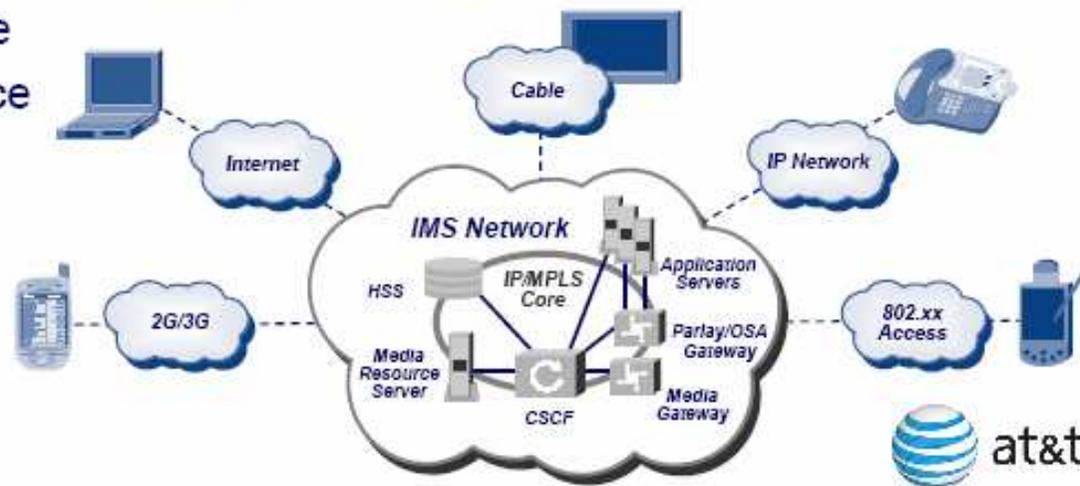


- Voice / Data / simultaneous Voice + Data
- Superior Voice Quality through CS Voice using AMR12.2 (Default UMTS Codec)
 - Lower AMR Rates being deployed for improved capacity
 - VoIP and/or MMTel (Multimedia Telephony) not needed but under consideration
- Best effort/Interactive/Background Data Bearers
 - Streaming class soon (Streaming can also be carried over I/B)
 - Conversational with VoIP/MMTel later on
- Music/Video Download
- IMS-based Video Share
- Broadcast with MediaFLO

Core Strategy



- Dedicated 3G-MSC/MSC Server & 3G-SGSN deployed
 - But combined 3G/2G solutions available
- Other Core Network Elements upgraded to support 3G Network (GGSN, HLR, Billing Systems, Service Platforms, Activation & Administration Systems ...)
- IMS for future Advanced Services
 - Video Share
 - Convergence Solutions



Lessons Learned



- UMTS/HSDPA Standard is extremely Flexible
 - Infinite amount of possible combinations of Voice & Data Bearer Combinations requiring Intense Inter-Operability Testing
 - Large set of Features & Capabilities
 - ⇒ But less of a problem for new operators
- Inter-RAT (Radio Access Technology) Operation may be tricky
 - GSM-UMTS Inter-system Handover may be used to move Devices across Technologies when encountering marginal propagation conditions (especially when operating UMTS@1900 and GSM@850)
 - Inter-RAT Threshold setting becomes a key Network Optimization component
- Transport Dimensioning is an essential part of achieving High Throughput Performances
 - Soon, the Performances will not be limited by the Devices and Network capabilities but by the Transport Dimensioning

Final Notes



- UMTS & HSDPA is a now a Mature Technology
 - Operational Networks in North America since 2004
 - Cost Effective Infrastructure Equipment available
 - Site/Spectrum Sharing Solution Available
 - Large choice Devices and Device Capabilities
 - Deployment and Optimization Solutions well understood
- HSDPA/HSUPA brings a significant Performance Enhancement:
 - Suitable to offer cost effective Broadband Service
 - Essential to fuel the Business Growth

ANEXO 4

Banda Ancha en cualquier lugar: El caso de estudio para HSPA análisis realizado por Ericsson



www.3gamericas.org



Broadband Everywhere: The Business Case for HSPA

Juan Valencia, VP Systems Solutions, Ericsson Inc.

Agenda



- Why Wireless Broadband ?
- Economies of scale
- Capacity and coverage considerations
- Implementing UMTS
- Go to market strategies

Any Service, Any Device, Anywhere



From gaming to sports and live entertainment

From high secure data communication to video chats

From the mobile to the multimedia PC

From big cities to the countryside

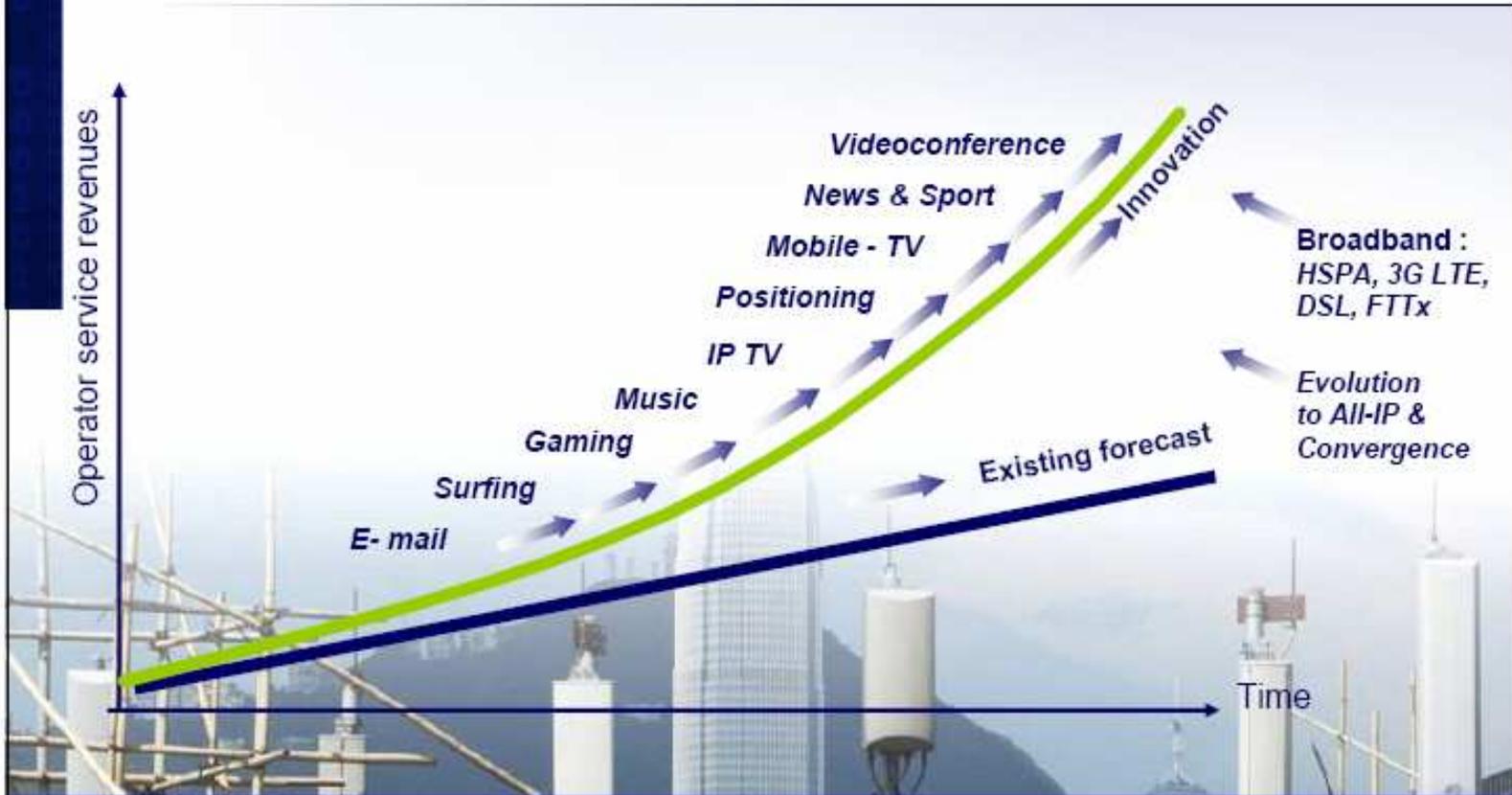


Broadband services to a screen of your choice





From voice services to a choice of services



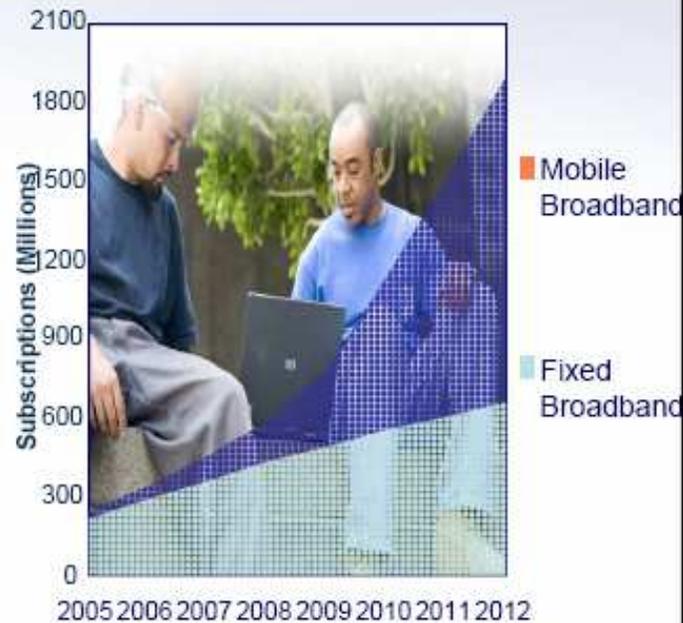
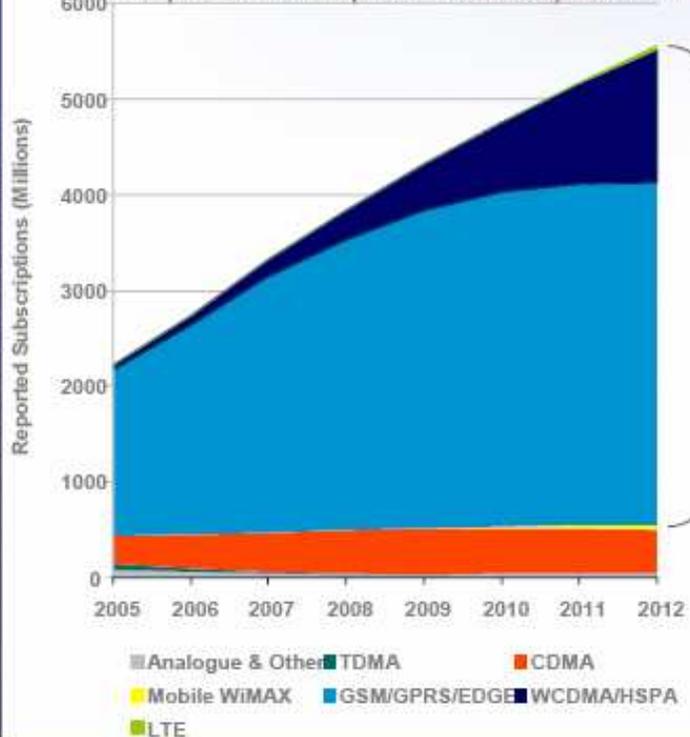
Full Service Broadband



Growth in active mobile subscriptions



Reported subscription forecast by standard



Source: OVUM, Strategy Analytics & Ericsson (based on reported subscriptions)

The GSM / HSPA / LTE 3GPP family offers economies of scale



HSDPA deployment



More than 130 commercial networks

in more than 60 countries

with 7.2 Mbps available today

Over 500 million subscribers in UMTS enabled networks

● HSPA

Source: 3G Americas and Ericsson

ERICSSON 



>290 HSPA enabled devices*

- 130 mobile phones
- 49 PC with HSPA embedded
- 78 PC cards and USB modems
- 29 wireless routers
- 3 Media players and 1 camera



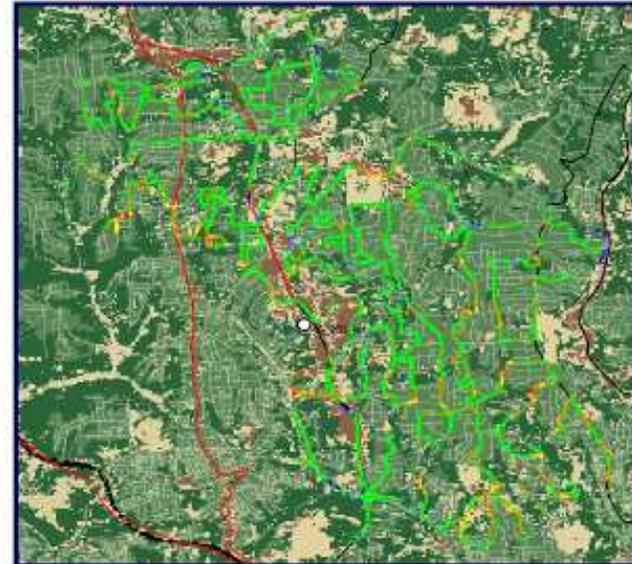
*Commercially launched as of June 2007 (GSA)

Most popular device: HSPA USB module (Sweden, June 2007)

Implementing UMTS



- Network planning is different between GSM and WCDMA.
- Mobility, quality, capacity impacts
- Model Tuning is key when designing the network
- 1-2 T1 for majority of sites, 3-4 T1's in premium sites
- Increase transport bandwidth when needed
- Consider alternative solutions for Best Effort traffic



Color	Signal Strength
Red	20 (over 20 dB)
Yellow	16 (over 15 dB)
Orange	12 (over 12 dB)
Green	8 (over 8 dB)
Light Green	0 (over 0 dB)
Blue	-12 (over -6 dB)
Dark Blue	-16 (over -12 dB)
Black	-20 (over -16 dB)

Rural Coverage WCDMA 850 and GSM850



Towns, villages, residential areas

Up to +9 dB better path loss in WCDMA link budget as compared to GSM due to:

- Better receiver sensitivity
- Soft Handover
- Power control
- Assumes capacity needs of more than 8 Erlang per cell sector.
- 200Km+ cell range verified in rural environment measuring **2.3 Mbps DL, 384 kbps UL at 850 MHz** using high power amplifiers and high RBS receiver sensitivity



6 - 9 dB better Coverage, WCDMA vs. GSM, same frequency

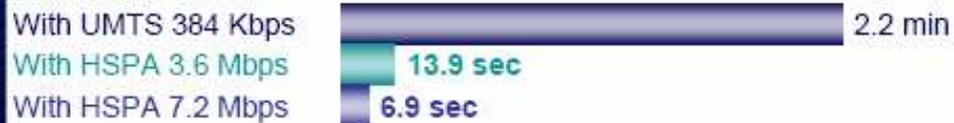
UMTS/HSPA User Experience

More than enough speed for most applications

To DL 10MB ppt presentation



To DL 5MB video clip



To DL 3MB song



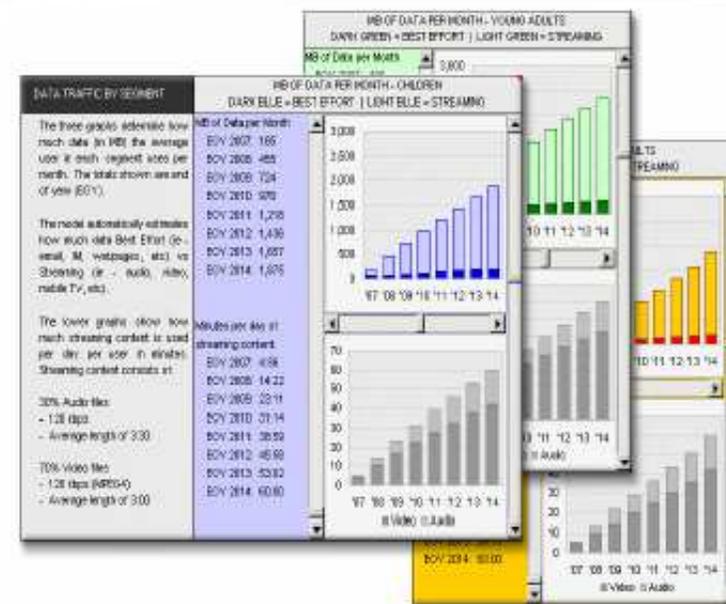
Business considerations

- Data assumptions include total amount of MB per month per subscriber

- Depending on the services to offer, consider X% for streaming media (TV & Audio) or best-effort such as web browsing, email, etc.

- Consider demographics, network topology, spectrum availability

- Revenue generated by roaming traffic, etc...



HSPA offerings on market

Some examples



Maxis Malaysia offering fixed 'replacement'
Example: For RM 98/month = USD 30/month



Vodafone Mobile Connect Card 3G
Examples: 1Gb = USD 53/month
4Gb = USD 79/month



Examples
USD 12/month - 25MB/day



Examples:
USD 25/month 250 MB included
USD 53/month 1GB included

Optimus, Portugal
Examples:
2GB/month USD 40
6GB/month USD 53



3 Sweden example:
Unlimited 3.6 Mbps = USD 29/month



at&t

Formerly
cingular
raising the bar™

Cingular
First in the world
Examples: Unlimited USD 59.99

Projection: 50% of all sold Laptops/ Notebooks to have HSPA by 2011

ERICSSON



UMTS Market Entry Strategies

Operators worldwide have used four different approaches when launching UMTS

- **Voice-Centric Strategy**

Low cost pricing usually used in matured markets or by green field operators to gain market share

- **Data Strategy**

Access to data via a data card for access while on the go

- **Premium Content and New Benefits of UMTS**

Set as key differentiators between 2G and 3G increasing customer usage, loyalty and revenue

- **Fixed/Broadband Substitution**

Offer UMTS as a substitution to fixed phone and broadband at a more attractive rate with added bonus of mobility

UMTS: flexible technology ready to meet different operator's needs

Takeaways...



- ✓ **Economy of scale**
 - ✓ Support for Global Roaming
 - ✓ Open Standards (CN, RAN)

- ✓ **Availability of Applications and Devices**
 - ✓ Ecosystem available
 - ✓ Global footprint

- ✓ **Competitive Technology Timed With Operator Business Needs**
 - ✓ Allows operators to stay competitive in a increasingly data driven business environment
 - ✓ Excellent RF parameters translate to better network quality with fewer sites

Wireless Broadband Enables Revenue Growth While Retaining Voice Revenue To Lower Cost