

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA



**TV MÓVIL MEDIANTE LA TECNOLOGÍA MBMS
EN REDES CELULARES 3G/IP**

TESIS

que para obtener el título de
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES



PRESENTAN

Díaz Antonio Uziel

Medina Zendejas Jonathan

Torres Huerta Diego

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Jesús Reyes García

Ciudad Universitaria, México, Octubre 2010.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

En forma muy especial a mis papás, Lilia y Jaime, a mis hermanos, Alan, Monse, Eric, Ulises y César. A mi director de tesis, Jesús Reyes. Y a todas aquellas personas importantes en mi vida, familiares y amigos incondicionales, Diego, Uziel y Armando.

Jonathan

A mis padres, Marcela y Delfino, a mis hermanos Isaí y Brenda, a mis tíos Elisa y Adrián, a mi familia, amigos, compañeros, a mi asesor de tesis. Diego, Jonathan y Vero. Porque gracias a su apoyo y consejo he llegado a realizar una de mis más grandes metas.

Uziel

A mis padres, Rosa María y Juan, a mi hermano, Juan Pablo y a mis tías, María Teresa y Hortensia por su paciencia y apoyo. Ya que sin ellos no hubiera sido posible alcanzar mis sueños.

Diego

Contenido

Introducción.....	v
Capítulo 1. Evolución de la Tecnología en Televisión y Sistemas de Comunicación Móvil	1
Capítulo 2. ¿Qué es TV móvil?.....	21
Capítulo 3. Tecnologías para proporcionar TV móvil.....	31
Capítulo 4. Redes móviles de Tercera Generación.....	57
Capítulo 5. Multimedia Broadcast Multicast Service (MBMS)	85

Capítulo 1. Evolución de la Tecnología en Televisión y Sistemas de Comunicación Móvil

1.1. Evolución de la Televisión Digital	1
1.2. Evolución de las redes celulares	5
1.3. Evolución de las terminales móviles.....	10
1.4. Multimedia Digital	12
1.4.1 Video Digital	14
1.4.2 Audio Digital	16
1.5 Referencias	19

Capítulo 2. ¿Qué es TV móvil?

2.1 TV móvil.....	21
2.2 Características del ambiente móvil	23
2.3 Requerimientos de TV móvil.....	26
2.4 Formas de entrega de TV móvil.....	27
2.5 Referencias	29

Capítulo 3. Tecnologías para proporcionar TV móvil

3.1 TV móvil analógica	32
3.2 TV móvil digital a través de redes terrestres	34
3.2.1 DVB-H	35
3.2.2 T-DMB.....	36
3.2.3 ISDB-T “One Segment”	38

3.2.4 MediaFLO.....	39
3.3 TV móvil digital a través de redes satelitales.....	40
3.3.1 DVB-SH	41
3.3.2 S-DMB.....	42
3.4 TV móvil digital a través de banda ancha	43
3.4.1 WiMAX móvil.....	43
3.4.2 WiBro.....	44
3.5 TV móvil sobre redes 3G	46
3.5.1 MBMS	46
3.5.2 BCMCS	47
3.6 Comparación de las tecnologías	47
3.6.1 MBMS respecto a las demás tecnologías de TV móvil	48
3.6.2 Comparación de parámetros técnicos	51
3.7 Referencias	55

Capítulo 4. Redes móviles de Tercera Generación

4.1 Redes de Tercera Generación.....	57
4.1.1 Arquitectura de la red de 3G basada en IP	60
4.2 WCDMA/HSPA	60
4.2.1 Red de Acceso por Radio (RAN).....	62
4.2.2 Red Núcleo ó CN (Core Network)	67
4.3 LTE (Long Term Evolution).....	70
4.3.1 E-UTRAN (Evolved UTRAN).....	71
4.3.2 EPC (Evolved Packet Core).....	75
4.4 IMS (IP Multimedia Subsystem)	76
4.4.1 Interconexión de IMS con las redes de 3GPP.....	79
4.5 Características de las terminales móviles de usuario (UE)	81
4.6. Referencias	83

Capítulo 5. Multimedia Broadcast Multicast Service (MBMS)

5.1 ¿Por qué MBMS?.....	86
5.2 Especificaciones de MBMS en redes de 3G.....	89
5.2.1 Arquitectura.....	89
5.2.2 Tecnologías en MBMS.....	92
5.3 Conexiones de Radio para GSM/EDGE y UMTS/WCDMA	95
5.3.1 GSM/EDGE.....	95
5.3.2 UMTS/WCDMA.....	95

5.4 Descripción del servicio (multicast, broadcast) en UMTS	98
5.4.1 Difusión masiva (broadcast)	98
5.4.2 Multidifusión (multicast)	99
5.4.3 Etapas para el servicio de MBMS	99
5.5 Servicios	101
5.5.1 Tipos de Servicios	101
5.5.2 Servicios de Usuario de MBMS	102
5.5.3 CODECS	104
5.6 Pruebas con tecnología MBMS	106
5.7 MBMS sobre LTE	108
5.7.1 Redes de Frecuencia Única para MBMS	109
5.7.2 Arquitectura	111
5.8 Integración de IMS con MBMS	113
5.9. Referencias	116
CONCLUSIONES	117

I

Introducción

En la actualidad, las telecomunicaciones permiten que las personas interactúen en cualquier lugar y en cualquier momento del día. Cada vez es mayor el número de personas que tienen acceso a los servicios que ofrecen las empresas y operadores de las redes fijas y móviles. El número de servicios disponibles en una red crece gradualmente con el avance de las tecnologías. Servicios cada vez más demandantes aparecen en el mercado con mayor frecuencia. Todas estas son premisas que demuestran lo rápido que evolucionan las telecomunicaciones.

Son muchos los servicios de los que ahora se disponen en los hogares: Internet, TV de paga, telefonía, descargas de video, audio, transferencias de archivos, correos electrónicos, etc. El servicio de televisión es uno de los más populares, ya que las personas disfrutan de series, películas, relatos e historias que les permiten contar con algunos minutos de entretenimiento. Desafortunadamente el servicio actual de televisión sólo se puede observar cuando el televidente se encuentra en un lugar fijo. Esto está a punto de cambiar con la introducción de la TV móvil.

La TV móvil no sólo significa que el usuario pueda observar sus programas preferidos en cualquier lugar y momento. Los contenidos que se presentan en esta propuesta tan innovadora están especialmente diseñados para el gusto del público. Pero ¿cómo se diseñan contenidos para cada persona en el mundo en base a sus preferencias? La distribución actual del servicio de televisión se realiza en áreas de cobertura predefinidas. Los contenidos de esta distribución comúnmente son diseñados por los proveedores de contenidos. En TV móvil la distribución del servicio se realiza por diferentes medios, según sea la tecnología utilizada. Los contenidos son creados en base a la popularidad que generan entre la gente.

Son varias las tecnologías que actualmente están en investigación y que buscan una forma eficiente de proveer un servicio personalizado. Son diversos los grupos que se encuentran trabajando en el desarrollo de un servicio que generaría ingresos enormes para las industrias involucradas. Sin embargo, son muchos los problemas que presenta un servicio de esta magnitud. Un ambiente móvil requiere de tecnologías específicamente diseñadas para vencer diversos obstáculos a los cuales se enfrentan las terminales móviles cuando desean recibir un servicio en movimiento. Especialmente cuando las terminales reciben datos a diferentes tasas de bits debido a la movilidad.

En esta época aparatos como el teléfono celular son imprescindibles en la vida cotidiana. Cada vez son más los teléfonos celulares que adquiere una familia para la comunicación de sus integrantes. El uso de una terminal que se lleva consigo a lo largo del día permite la interacción entre las personas en todo momento. Además, cada individuo personaliza su terminal de acuerdo a sus intereses y gustos. De esta forma, las redes móviles poseen un mercado que crece a pasos gigantescos y que permite la generación de nuevos servicios como la TV móvil.

Las redes móviles 3G son ejemplos de tecnologías que dan soporte a la movilidad para una gran cantidad de usuarios al mismo tiempo. Los servicios que se proporcionan a los usuarios se realizan mediante una conexión dedicada. Esta conexión, mejor conocida como punto a punto, permite la entrega de contenidos a los usuarios mediante un canal diseñado especialmente para cumplir con los requerimientos que necesita la terminal para una buena recepción. Sin embargo, este tipo de conexiones no es eficiente cuando se tienen una gran cantidad de usuarios solicitando un servicio determinado, ya que causaría la saturación de la red.

Entre todas las tecnologías que se desarrollan para soportar el servicio de TV móvil. Existen tecnologías que utilizan las redes 3G de forma eficiente para la entrega de contenidos multimedia. Estas tecnologías hacen uso de la infraestructura existente de las redes móviles para prestar sus servicios. La innovación que presentan es la posibilidad de crear conexiones punto a multipunto para la entrega de contenidos, así como la transmisión mediante dos modos: la difusión masiva y la multidifusión.

La investigación propuesta en esta tesis permite tener un panorama acerca de cómo se ha dado la evolución del servicio de TV móvil, de las redes inalámbricas móviles, y de las tecnologías especialmente diseñadas para TV móvil. MBMS es la tecnología seleccionada en esta tesis como la opción más conveniente para la entrega de TV móvil. El por qué de esta elección es descrito en base a los principios que se presentan en los siguientes capítulos.

El capítulo 1 analiza la evolución del servicio de TV que se ha realizado con el paso de los años. Desde la creación de la televisión en blanco y negro hasta su evolución hoy en día con la creación de la televisión digital. También se analizan los cambios que han sufrido las redes móviles hasta su forma actual. Así como la evolución en las terminales de usuario con el paso de los años. Finalmente, el capítulo termina con un vistazo de los formatos empleados para la codificación de video y audio, especialmente diseñados para ambientes que requieren tasas de bits pequeñas con calidad aceptable.

El capítulo 2 se enfoca en explicar ¿qué es el servicio de TV móvil?, ¿cuáles son las características de este ambiente?, ¿qué requerimientos se necesitan para proporcionar un servicio de calidad a una gran cantidad de usuarios? y ¿cuáles son las formas de entrega que permite este servicio? Los puntos analizados en este capítulo son de vital importancia ya que son la base para entender cómo funciona el servicio.

En el capítulo 3 se analizan las distintas tecnologías desarrolladas para la entrega del servicio de TV móvil. Son varios los grupos encargados del desarrollo de estas tecnologías. El análisis de cada tecnología permite tener un panorama general de la forma de distribución del servicio, las bandas de frecuencia que utiliza, el tipo de modulación, los formatos de audio y video utilizados, etc. Con base en estos parámetros se genera una comparación de las ventajas y desventajas de cada tecnología respecto a MBMS. Al final del capítulo se denotan las características que hacen de MBMS la opción más viable para la implantación del servicio de TV móvil en la actualidad.

El capítulo 4 es una explicación general del funcionamiento de las redes 3G y posteriores pertenecientes al grupo 3GPP, cuyo fin es entender cómo funciona MBMS dentro de estas redes. Esta visión general permite entender de una forma básica como se realiza la comunicación entre el usuario y la red móvil. Los puntos analizados se enfocan en mostrar la arquitectura de red, la interfaz de aire y el funcionamiento general de cada elemento perteneciente a la red. También se realiza un análisis del funcionamiento de la plataforma IMS que permite la entrega de contenidos multimedia IP a diversas redes que estén basadas en este protocolo. Finalmente, se da un panorama general de cómo debe estar compuesta una terminal de usuario para que pueda recibir contenidos multimedia provenientes de una red móvil.

El capítulo 5 es la base para entender porque MBMS es una tecnología tan prometedora. Al principio del capítulo se da un breve resumen de todas las características de MBMS analizadas en esta investigación. El análisis empieza con una breve descripción de la arquitectura que utiliza MBMS, las características técnicas en las cuales se basa para la distribución de los contenidos mediante las redes existentes de 3G. Después se muestran los modos de transmisión que utiliza para la entrega de contenidos, así como las conexiones de radio que emplea (P-t-P y P-t-M). Posteriormente, el enfoque del capítulo se centra en los servicios que MBMS ofrece, (flujos de datos y descargas de contenidos) y los codecs de video y audio que utiliza. Algunas simulaciones que demuestran la propiedad de escalabilidad de video que soporta MBMS son analizadas en secciones posteriores. La implementación de redes de frecuencia única en MBMS (MBSFN) para LTE también es analizada. Finalmente, la integración de MBMS con IMS para la creación de una plataforma que entregue contenidos a varios usuarios a la vez es revisada al final del capítulo.

En base a todas las ideas revisadas a lo largo de los cinco capítulos se dan las conclusiones acerca del servicio que propone MBMS. La utilización de las redes 3G, dos modos de transmisión, dos tipos de conexión, diversos servicios proporcionados mediante dos métodos, video escalable, coberturas más grandes mediante el uso de redes de frecuencia única y una integración con una plataforma creada para la entrega de contenidos multimedia IP, son características que hacen de MBMS una tecnología muy prometedora.

1

Evolución de la Tecnología en Televisión y Sistemas de Comunicación Móvil

1.1. Evolución de la Televisión Digital

Televisión analógica

La televisión es un sistema para la transmisión y recepción de video y audio a distancia que se realiza mediante ondas de radio y/o redes especializadas para el servicio. La recepción de estas señales se realiza en un aparato que conocemos como televisor, el cual interpreta las señales y muestra en pantalla una sucesión de imágenes, que finalmente con su respectivo audio se convierten en los programas de TV.

En sus inicios los televisores que se utilizaban eran muy caros, de grandes tamaños y con pantallas de baja resolución que solamente procesaban información del brillo de las imágenes (blanco y negro, lo que se conoce como luminancia). Sin embargo, a pesar de estas limitaciones la televisión fue un medio de difusión masiva, que rápidamente ganaba la confianza del público debido a que permitía a los televidentes llevarlos a mundos increíbles, contarles historias que ellos no podían siquiera imaginar y proporcionarles información al instante con sólo encender el televisor.

El desarrollo de la televisión no sólo se enfocó en crear contenidos para entretener al televidente, también se pensó utilizar el canal para proporcionar otros servicios. A finales de los años 80 se implementó el teletexto que transmite noticias e información en formato de texto utilizando los espacios libres de información de la señal de vídeo.

Con el pasar de los años, la televisión permitió mostrar video en color gracias a diversos estudios que se realizaron para determinar la percepción del color en el ojo humano. Como resultado surgieron varios estándares de televisión a color cuyos principios se basaban en mostrar una sucesión de imágenes en un cierto tiempo (cuadros por segundo).

La exploración de una imagen se realiza mediante su descomposición, primero en fotogramas a los que se llaman cuadros y luego en líneas, leyendo cada cuadro. El número de cuadros debía de ser al menos de 24 por segundo (luego se emplearon por otras razones 25 y 30) y el número de líneas debía ser superior a 300.

Las señales básicas que constituyen al video para televisión son la luminancia (Y), que nos da el brillo y es lo que se muestra en los receptores monocromos; y las componentes de color, dos señales diferencia de color, R-Y y B-Y. Esta doble selección permite dar un tratamiento diferenciado al color y al brillo. El ojo humano es mucho más sensible a las variaciones y definición del brillo que a las del color, esto hace que los anchos de banda de ambas señales sean diferentes, lo cual facilita su transmisión ya que ambas señales se implementan en el mismo ancho de banda.

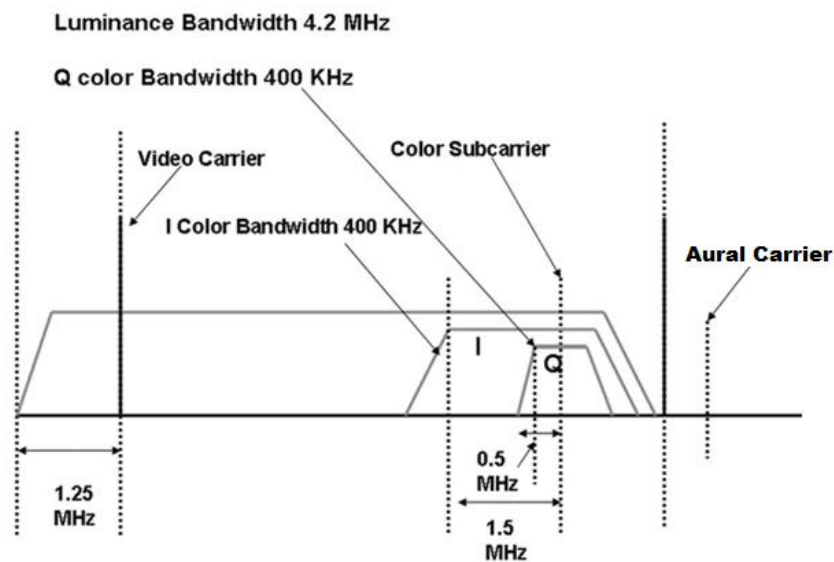


Figura 1.1. Ancho de banda de una señal de televisión.

Los tres estándares de televisión a color que actualmente ya se encuentran en su etapa final dentro de la transmisión de televisión analógica son el NTSC, el PAL y el SECAM. Estos estándares tuvieron una larga vida en la transmisión de televisión, pero debido al surgimiento de la televisión digital, es que hoy en día están a punto de desaparecer.

Características	NTSC	PAL	SECAM
Líneas/Campo	525/60	625/50	625/50
Frecuencia Horizontal	15,734 kHz	15,625 kHz	15,625 kHz
Frecuencia Vertical	60 Hz	50 Hz	50 Hz
Subportadora de color	3,579 545 MHz	4,433 618 MHz	4,433 618 MHz
Ancho de banda de Video	4,2 MHz	5,0 MHz	5,0 MHz
Portadora de sonido	4,5 MHz	5,5 MHz	5,5 MHz
Modulación	Fase	Fase	Frecuencia

Tabla 1.1. Comparación de los estándares de TV analógica.

Para recibir estas transmisiones a color se necesitaba colocar una antena externa dirigida de varias decenas de centímetros que trabajara en la banda de frecuencias asignada a cada país para el servicio de radiodifusión de TV. La recepción de la señal dependía del estado de la antena, los conectores y cables, una buena recepción se lograba con el direccionamiento adecuado de la antena que debía estar ubicada en lugares altos sin estar rodeada de obstáculos que ocasionaran multirrayectos y por ende retardos de la misma señal, produciendo lo que conocemos como efecto fantasma.

Las transmisiones analógicas proporcionaban una variedad de canales no muy extensa, y no hacían un uso eficiente del espectro, (ya que un sólo canal ocupa un ancho de banda de 6 MHz), con calidad aceptable que dependía de las condiciones del lugar donde se colocaba la antena y que muchas veces debido a obstáculos en el área de recepción no permitía una buena visualización de los contenidos.

Televisión Digital

La televisión digital ó DTV se refiere al conjunto de tecnologías de transmisión y recepción de imágenes y audio, a través de señales digitales. La televisión digital codifica sus señales de forma binaria, habilitando así la posibilidad de crear vías de retorno entre consumidor y productor de contenidos, incrementando la posibilidad de crear aplicaciones interactivas, con la capacidad de transmitir varias señales en un mismo canal asignado, gracias a la diversidad de formatos existentes.

Las ventajas de la televisión digital respecto a la televisión analógica son claras. La televisión digital permite transmitir alrededor de 4 a 6 canales estándar en un ancho de banda de 6 MHz, a comparación de uno sólo en analógico. La calidad del video y audio en televisión digital es superior, la cantidad de canales de video y audio en el mismo ancho de banda es mayor, el procesamiento de una señal digital es bastante simple en un receptor de señales digitales hoy en día, la robustez de la señal en el aire es mucho mejor que la analógica. Simplemente televisión digital es mejor que televisión analógica. Sin embargo, la implantación de algún sistema en particular depende de aspectos políticos, sociales y tecnológicos.

La televisión digital acepta varios formatos de transmisión, a diferentes resoluciones, lo que permite a los productores de televisión crear sub canales de transmisión.

480i y 480p - La imagen mide 720x480 píxeles.

576i y 576p - La imagen mide 720x576 píxeles.

720p - La imagen mide 1280x720 píxeles.

1080i y 1080p - La imagen mide 1920x1080 píxeles.

La “i” quiere decir entrelazado, es decir, que se representan 30 ó 25 cuadros completos por segundo y la “p” significa progresivo con la que se representan 60 ó 50 cuadros por segundo de acuerdo al estándar de transmisión. Gracias a esta variedad de formatos, por ejemplo, un canal de televisión puede optar por transmitir un solo programa en Alta Definición, o varios programas en definición Standard.

Actualmente se realiza la transición de televisión analógica a televisión digital en algunos países, algunos de los cuales aún no se deciden por utilizar alguno de los estándares creados por diversos grupos en todo el mundo. Los estándares actuales para proporcionar la televisión digital son: la plataforma utilizada en Norteamérica y algunos países centroamericanos, ATSC (Advanced Television System Committee); ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting) en Japón; ISDB-Tb (variante del ISDB-T) en Brasil y la mayoría de los países sudamericanos (Perú, Argentina, Chile y Venezuela); T-DMB (Digital Terrestrial Multimedia Broadcast) en la República Popular China, Hong Kong y Macau; DVB-T (Digital Video Broadcasting) en los países europeos, Australia, partes de África y países de América Latina (Colombia, Uruguay y Panamá).

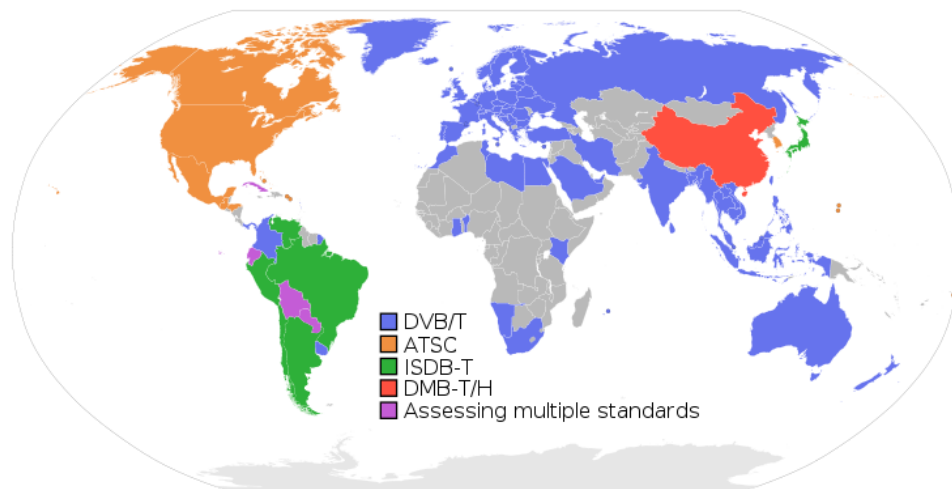


Figura 1.2. Distribución de estándares de TV digital alrededor del mundo.

Estos estándares proveen muchas mejoras respecto a la televisión analógica, sin embargo, se necesita un receptor adecuado para aprovechar todas las ventajas que nos proporciona este servicio, ya que requiere decodificar la información que viaja en el aire, procesar adecuadamente la información de los canales de audio, video, la resolución del video, etc.

Características	ATSC	DVB-T	ISDB-T
Multicanales SDTV	Posible	Posible	Posible
Servicio HDTV	Posible	Posible	posible
Recepción móvil	En pruebas	posible	Posible
Avisos de emergencia	Posible	Posible	Integrado
Países con el estándar	5	118	2
Transmisión	Una portadora	Varias portadoras OFDM	Varias portadoras OFDM
Ancho de banda	6/7/8 MHz	6/7/8 MHz	6/7/8 MHz
Modulación	8-VSB	QPSK/16QAM/64QAM	DQPSK/QPSK/16QAM/64QAM
Corrección de errores	Codificación Trellis +Reed Solomon	Códigos convolucionales+ Reed Solomon	Códigos convolucionales+ Reed Solomon

Tabla 1.2. Comparación técnica y de características de los estándares de DTV.

1.2. Evolución de las redes celulares

Primera Generación

La Primera Generación de la telefonía móvil hizo su aparición con los sistemas descritos en la siguiente tabla, sus principales características son muy básicas, es decir, son analógicos y estrictamente para voz. En general tenían baja velocidad, todos estaban basados en FDMA (Frequency Division Multiple Access) y la seguridad no existía.

Tecnología	Rango de Frecuencias Ascendente/Descendente en MHz	Tecnología de Acceso Múltiple	Espaciamiento entre Canales	Servicio	Región de operación	Año en que se implementó el estándar
AMPS	824-849 / 869-894	FDMA	30 kHz	Voz	EUA, Australia, Sureste de Asia y África	1983
NMT-450	453-457,5 / 463-467,5	FDMA	25 kHz	Voz	Suecia, Finlandia, Noruega y Dinamarca	1981
NMT-900	890-915 / 935-960	FDMA	12,5 kHz	Voz	Suecia, Finlandia, Noruega y Dinamarca	1986
TACS	890-915 / 935-960	FDMA	25 kHz	Voz	Reino Unido, Austria, Irlanda, Italia y España	1985
ETACS	872-905 / 917-950	FDMA	25 kHz	Voz	Reino Unido	1987
NTT-DoCoMo	925-940 / 870-885	FDMA	25 ó 6,25 kHz	Voz	Japón	1980
NTT-IDO	915-918,5 / 860-863,5	FDMA	6,25 kHz	Voz	Japón	1980
NTT-DDI	922-925 / 867-870	FDMA	6,25 kHz	Voz	Japón	1988
RMTS	450-455 / 460-465	FDMA	25 kHz	Voz	Italia	80s
C-450	450-455,74 / 460-465,74	FDMA	10 kHz	Voz	Alemania y Portugal	1981
NTACS-DDI	898-901 / 843-846	FDMA	25 ó 12,5 kHz	Voz	Japón	1991
JTACS-DDI	915-925 / 860-870	FDMA	25 ó 12,5 kHz	Voz	Japón	1991
Radiocom 2000	192,5-199,5 / 200,5-207,5	FDMA	12,5 kHz	Voz	Francia	1985
Radiocom 2000	215,5-233,5 / 207,5-215,5	FDMA	12,5 kHz	Voz	Francia	1985
Radiocom 2000	165,2-168,4 / 169,8-173	FDMA	12,5 kHz	Voz	Francia	1985
Radiocom 2000	414,8-418 / 424,8-428	FDMA	12,5 kHz	Voz	Francia	1985

Tabla 1.3. Comparación técnica y de características de los estándares de Telefonía Celular 1G.

Segunda Generación

La Segunda Generación llegó hasta la década de los 90s y la principal diferencia con la 1G es que es una generación digital. Los sistemas 2G utilizan protocolos de codificación más sofisticados y se emplean en algunos de los sistemas de telefonía celular actuales. Además, cabe mencionar que los protocolos empleados en los sistemas 2G soportan velocidades de información más altas por voz, pero aún limitados en comunicación de datos. Incluso estos sistemas son capaces de ofrecer servicios auxiliares, como datos, fax y SMS. A su vez se caracterizan porque en su mayoría los protocolos de 2G ofrecen diferentes niveles de encriptación. En general, se denomina a los sistemas de 2G como PCS (Personal Communication Services).

Tecnología	Rango de Frecuencias Ascendente/Descendente en MHz	Tecnología de Acceso Múltiple	Espaciamiento entre canales	Tasa de Transmisión en el canal	Servicios	Región de operación	Organización que desarrolló el estándar	Año en que se implementó el estándar
IS-54 (D-AMPS)	869-894 / 824-849	TDMA/FDMA	30 kHz	48,6 kbps	Voz y datos	EUA	ANSI/TIA/EIA	1990
PDC-800	869-898 / 824-849	TDMA/FDMA	25 kHz	42 kbps	Voz, datos, SMS	Japón	NTT DoCoMo	1991
PDC-900	900	TDMA/FDMA	25 kHz	42 kbps	Voz, datos, SMS	Japón	NTT DoCoMo	1991
PDC-1400	1400	TDMA/FDMA	25 kHz	42 kbps	Voz, datos, SMS	Japón	NTT DoCoMo	1991
GSM-900	935-960 / 890-915	TDMA/FDMA	25 kHz	48,6 kbps	Voz, datos, SMS	Europa	ETSI	1991
GSM-1800	1710-1785 / 1805-1880	TDMA/FDMA	25 kHz	48,6 kbps	Voz, datos, SMS	Europa	ETSI	1991
PCS-1900	1900	TDMA/FDMA	25 kHz	48,6 kbps	Voz, datos, SMS	América	ANSI	1994
IS-136	869-894 / 824-849	TDMA/FDMA	30 kHz	48,6 kbps	Voz, datos, SMS	EUA	ANSI	90s
IS-95 (cdmaOne)	869-894 / 824-849	CDMA/FDMA	1 250 kHz	14,4 kbps	Voz, datos, SMS	EUA	TIA-EIA	1995

Tabla 1.4. Comparación técnica y de características de los estándares de Telefonía Celular 2G.

Generación 2.5

Debido a la necesidad creciente de mayores tasas de datos, las redes móviles 2G se mejoraron en lo que comúnmente se conoce como redes 2.5G para cumplir con las demandas de mayores tasas de datos para servicios móviles. Las redes 2.5G proveen un aumento significativo en las capacidades de los sistemas de radio así como en las tasas de datos para los usuarios, sin embargo, estas mejoras no alcanzan las capacidades que prometen las redes 3G.

Tecnología	Rango de Frecuencias Descendente/Ascendente en MHz	Tecnología de Acceso Múltiple	Espaciamiento entre canales	Tasa de Transmisión en el canal	Servicios	Región de operación	Organización que desarrolló el estándar	Año en que se implementó el estándar
GPRS	824-849/869-894	TDMA	200 kHz	170 kbps	Voz, datos, SMS, MMS, e-mail.	Todo el mundo Excepto Japón y Korea	ETSI / 3GPP	2001
IS-95B	1850-1910/1930-1990	CDMA	1,23/1,25 MHz	115,2 kbps	Voz, datos, SMS, MMS, e-mail.	Norteamérica, Korea y algunos países asiáticos	TIA / EIA	1997
EDGE	1850-1910/1930-1990	TDMA	200 kHz	384 kbps	Voz, datos, SMS, MMS, e-mail.	Todo el mundo Excepto Japón y Korea	3GPP	2002

Tabla 1.5. Comparación técnica y de características de los estándares de Telefonía Celular 2.5G.

Tercera Generación

La Tercera Generación es capaz de soportar una convergencia de voz y datos con acceso inalámbrico a Internet; por lo cual es apta e idónea para aplicaciones multimedia y altas transmisiones de datos. Ello se logra porque los protocolos que se utilizan en 3G brindan soporte a altas velocidades de información, además están dirigidos hacia diversas aplicaciones como audio (mp3), video en movimiento, videoconferencia y acceso rápido a Internet, entre otros. Incluso permiten que el usuario tenga una movilidad total, viajando a 120 km/h en ambientes exteriores. Y alcanza velocidades de hasta 2 Mbps. Sin embargo, permite sólo una movilidad limitada a los usuarios, caminando en ambientes locales de corto alcance o en interiores.

Tecnología	Rango de Frecuencias Ascendente/Descendente en MHz	Tecnología de Acceso Múltiple	Espaciamiento entre canales	Tasa de transmisión en el canal	Servicios	Región de operación	Organización que desarrolló el estándar	Año en que se implementó el estándar
W-CDMA (UMTS)	1920-1980/2110-2170	CDMA	5 MHz	384 kbps	Voz, datos, video, videoconferencia, Internet.	Japón y Europa	ETSI&3GPP	2002/2004
cdma2000	1920-1980/2110-2170	CDMA / TDMA	1,23/1,25 MHz	144 kbps	Voz, datos, video, videoconferencia, Internet.	Norteamérica, Asia, Australia, China, India, Rusia, África y Europa	3GPP2	2001
TD-SCDMA	1880-1920	CDMA/TDMA	1,6 MHz	384 kbps	Voz, datos, video, videoconferencia, Internet.	China	CWTS/CCSA	2006
HSDPA (TD-SCDMA)	1880-1920/2010-2025	TDMA/CDMA	1,6 MHz	2,8 Mbps	Voz, datos, video, videoconferencia, Internet.	China	3GPP	2007
1xEV-DO	1920-1980/2110-2170	CDMA	1,23/1,25 MHz	384 kbps	Voz, datos, video, videoconferencia, Internet.	Norteamérica, Asia, Australia, China, India, Rusia, África y Europa	3GPP2	2006
HSDPA/HSUPA /FDD)	1749,9-1784,9/1844,9-1879,9	TDMA/CDMA	5 MHz	14 Mbps/ 5 Mbps	Voz, datos, video, videoconferencia, Internet.	EEUU, Europa y Japón	3GPP	2006/2007
WiMAX	2,3/2,5/3,5/4,9/5,8 GHz	FDD/TDD/OFDMA	5/7/8,75 Y 10 MHz	75 Mbps	Redes MAN, Acceso inalámbrico móvil de banda ancha	Todo el mundo	IEEE	2006

Tabla 1.6. Comparación técnica y de características de los estándares de Telefonía Celular 3G.

Generación 3.5

LTE (Long Term Evolution) es un nuevo desarrollo de interface aérea para sistemas de comunicación celular móvil. Es el último paso que se ha dado hacia las tecnologías de 4G diseñadas para incrementar la capacidad y la velocidad de las redes móviles. A pesar de que LTE es considerada por algunos como un sistema 4G cabe resaltar que no cumple completamente con los requerimientos de IMT para 4G.

LTE propone una serie de mejoras a las redes de UMTS introducidas desde la Publicación No.8 (Release 8) de 3GPP. Los beneficios que propone LTE es una red completamente basada en IP, con tasas máximas de transmisión de bajada de hasta 100 Mbps, una transmisión de subida de hasta 50 Mbps, tiempos de latencia menores de 10 ms, anchos de banda escalables (1,4 MHz a 20 MHz), soporte de FDD y TDD y el uso de Redes de Frecuencia Única. En el capítulo 4 se hablará más a fondo de LTE.

1.3. Evolución de las terminales móviles

En un principio las terminales móviles solamente se referían a teléfonos celulares de gran tamaño, hoy en día una terminal móvil es un teléfono celular, un PDA, una laptop, etc. La relación que ha tenido el teléfono celular con el desarrollo de las redes móviles y celulares, ha hecho de esta terminal una de las más importantes hoy en día y casi imprescindible para cualquier persona.

El teléfono móvil es un dispositivo inalámbrico electrónico que permite tener acceso a la red de telefonía celular o móvil. Se denomina celular debido a las antenas que conforman la red, cada una de las cuales es una célula. Su principal característica es su portabilidad, que permite comunicarse desde casi cualquier lugar. Aunque su principal función es la comunicación de voz, como el teléfono convencional, su rápido desarrollo ha incorporado otras funciones como son cámara fotográfica, agenda, acceso a Internet, reproducción de video e incluso GPS y reproductor mp3.

Los teléfonos celulares han revolucionado el área de las comunicaciones, redefiniendo cómo percibimos las comunicaciones de voz. Tradicionalmente, los teléfonos celulares se mantuvieron fuera del alcance de la mayoría de los consumidores debido a los altos costos involucrados en su fabricación. Como resultado, las compañías proveedoras de servicios móviles invirtieron tiempo y recursos en encontrar nuevos sistemas de mayor capacidad, y por ende, menor costo, comenzando así su desarrollo como producto de consumo masivo.

Los servicios móviles a los cuales pueden acceder las terminales también han cambiado con el tiempo. La primera generación de dispositivos sólo podía recibir voz y datos mediante la conmutación de circuitos, ambos servicios eran de baja velocidad. La segunda generación de móviles no sólo recibía voz y datos, también tenía acceso limitado a Internet y algunas otras aplicaciones como mensajes SMS, juegos y descargas de tonos. La tercera generación de terminales además de los servicios antes mencionados, es capaz de tener un acceso a Internet de alta velocidad, servicios multimedia como videos, canciones, juegos, algunos programas de TV, noticias, redes sociales, etc.

Gracias a la evolución que han tenido estas terminales móviles, ahora es posible tener en cualquier momento una infinidad de servicios personalizados. Este ha sido un proceso largo en el cual muchas terminales han sido desarrolladas con nuevas tecnologías en procesamiento, pantallas, consumo de energía, etc. En la Tabla 1.7 se observan algunos cambios a lo largo de los años en las terminales móviles.

Años	Evolución	Ejemplos de Modelos
1997 a 1999	<ul style="list-style-type: none"> - Primer teléfono que se abre horizontal, con pantalla panorámica, podía enviar y recibir faxes, SMS y emails, además podía acceder a Internet a través de mensajes SMS. - Primer terminal "candy bar". - Primer teléfono móvil con un navegador WAP. - Primer teléfono móvil con GPS integrado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Nokia9000i. - Nokia 8810. - Nokia 7110. - BenefonEsc.
2001	<ul style="list-style-type: none"> - Teléfono móvil con infrarrojo, un calendario y una radio FM. - Primer teléfono móvil con capacidad Bluetooth. - Primer teléfono móvil con pantalla en color. - Primer teléfono móvil con GPRS y 360kb de memoria interna. 	<ul style="list-style-type: none"> - Nokia 8310. - EricssonT39. - EricssonT68. - SiemensS45.
2002	<ul style="list-style-type: none"> - Primer teléfono con cámara (muy baja calidad). - Primer teléfono móvil GPRS para servicios de Internet para el mercado de masas. - Teléfonos móviles presentan una pantalla LCD y conexión a Internet a través de GPRS. 	<ul style="list-style-type: none"> - Nokia 3510i. - Nokia 7650. - Sony Ericsson P800. - Sanyo SCP-5300.
2003	<ul style="list-style-type: none"> - Teléfono móvil diseñado para ser utilizado como consola portátil de videojuegos, además de sus funciones básicas. - Primer teléfono PDA. 	<ul style="list-style-type: none"> - Nokia N-Gage. - Nokia 6600. - BlackBerry Quark 6210.
2004	<ul style="list-style-type: none"> - Teléfonos móviles con plena conectividad a Internet. - Teléfonos móviles con cámaras digitales de 1 megapixel. - Teléfono móvil que permite la itinerancia mundial (roaming). 	<ul style="list-style-type: none"> - Ericsson P910. - Nokia 7610. - Nokia 3220. - Nokia 6630.
2007	<p>Surgimiento del iPhone. Teléfono móvil con un sensor de auto-rotación, un multi-sensor de contacto y una interfaz táctil que sustituye el tradicional teclado QWERTY.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - iPhone.
2008	<ul style="list-style-type: none"> - Teléfonos móviles con interfaz "Sensme" característica de la música para los diversos estados de ánimo. - Teléfonos móviles con sensores de movimiento, cámaras digitales de mayor resolución, teclados táctiles y reproductores de video y audio de mejor calidad. -Teléfonos móviles con memorias externas de mayor capacidad. 	<ul style="list-style-type: none"> - iPhone 3G. - Sony Ericsson W760i. - Nokia N79. - LG Arena.

Tabla 1.7. Cambios en las terminales móviles a través de los años.

Evolución del teléfono móvil a través de las generaciones

Primeros intentos

Estos teléfonos móviles eran usualmente colocados en autos o camiones. Por lo general, el transmisor (Transmisor-Receptor) era montado en la parte trasera del vehículo y unido al resto del equipo (el dial y el tubo) colocado cerca del asiento del conductor. Eran vendidos a través de Empresas Telefónicas alámbricas, empresas Radio Telefónicas, y proveedores de servicios de radio de doble vía. El mercado estaba compuesto principalmente por constructores, celebridades, etc.

Primera Generación (1G)

El tamaño de las terminales era mucho mayor al que tienen en la actualidad. Fueron originalmente diseñados para el uso en los automóviles, únicamente para la comunicación de voz. Motorola fue la primera compañía en introducir un teléfono realmente portátil.

Segunda Generación (2G)

La introducción de esta generación trajo la desaparición de los "ladrillos" que se conocían como teléfonos celulares, dando paso a pequeñísimos aparatos que entran en la palma de la mano y oscilan entre los 80-200 g. Mejoras en la duración de la batería, pantallas a color, recepción de servicio de mensajes SMS, cámaras digitales con resolución VGA, memorias internas con mayor capacidad (MB) fueron las principales características de esta generación.

Tercera generación (3G)

Los servicios asociados con la tercera generación proporcionan la posibilidad de transferir tanto voz y datos (una llamada telefónica) y datos no-voz (como la descarga de programas, intercambio de email, y mensajería instantánea).

Los teléfonos móviles de esta generación permiten aplicaciones como:

- Voz en banda estrecha a servicios multimedia en tiempo real y banda ancha.
- Apoyo para datos a alta velocidad para navegar por la world wide web (WWW), entrega de información como noticias, tráfico y acceso remoto inalámbrico a Internet e intranets.
- Servicios unificados de mensajes como correo electrónico multimedia.
- Aplicaciones de comercio electrónico móvil, incluye operaciones bancarias y compras.
- Aplicaciones audio/video en tiempo real como videoteléfono, videoconferencia interactiva, audio y música, aplicaciones multimedia especializadas como telemedicina y supervisión remota de seguridad.

El tamaño de los teléfonos es cada vez más pequeño con mayor capacidad de memoria, consumo más bajo de potencia, adaptadores inalámbricos Wi-Fi y Bluetooth, cámaras de video de mayor resolución y con mayor zoom digital, mejor calidad de reproducción de audio, sistemas operativos diseñados para móviles y otras características que en un futuro harán de las terminales móviles la forma más popular de entretenimiento y personalización.

1.4. Multimedia Digital

Los dispositivos móviles presentan muchas dificultades para aplicaciones que requieren un cierto consumo de energía y capacidad en el procesamiento de memoria. Esto implica que sólo pueden reproducir cierto tipo de video y audio que es adecuado para su tamaño de pantalla y sus cualidades de reproducción de contenidos.

Imagen

El elemento básico de multimedia es la imagen. Una imagen está definida por su color, intensidad y tamaño. La intensidad y el color son representados por los pixeles de cada imagen. El tamaño de una imagen depende del número de bytes utilizados para la representación de cada pixel.

Un píxel o pixel (acrónimo del inglés 'picture element', elemento de imagen) es la menor unidad homogénea en color que forma parte de una imagen digital. Los pixeles forman las imágenes, las cuales se definen por intensidad, color y tamaño. El tamaño de una imagen se representa por el número de pixeles que contiene.

Las imágenes utilizadas para la televisión estándar tienen 720x576 pixeles de acuerdo al CCIR 601 o bien 720x480pixeles para NTSC o 720x576 para PAL. La imagen para televisión de alta definición (HDTV) tiene un tamaño de 1920x1080 pixeles. En general varios tamaños de pantallas y resoluciones pueden ser representados por un número diferente de pixeles.

Existen varios formatos para tasas de video de resoluciones pequeñas, por ejemplo el formato CIF (Common Interchange Format) es utilizado para aplicaciones como videoconferencias. El formato CIF tiene dimensiones de 352x240 pixeles (en cada una de las 240 líneas hay 352 pixeles), este formato se encuentra por debajo de la definición de la televisión estándar.

La resolución de VGA se define por 640 x 480 pixeles, mientras que un cuarto de VGA (QVGA) tiene 320 x 240 pixeles, esta última resolución es utilizada como formato para aplicaciones de TV móvil. La mayoría de los teléfonos móviles actualmente pueden soportar resoluciones de 320 x 240 ó 640 x 480 pixeles.

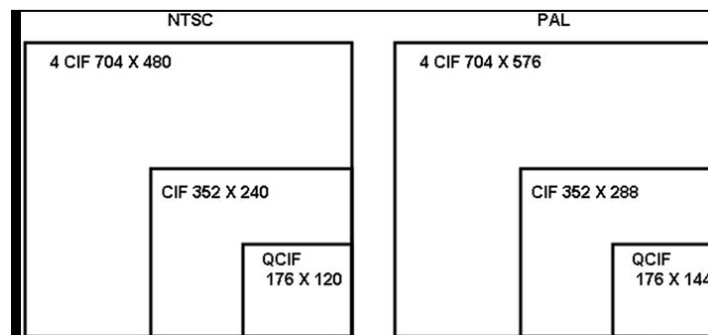


Figura 1.3. Resoluciones de imágenes.

La calidad de la imagen está determinada entonces por el número de pixeles utilizados para representar cierto tamaño o área de la imagen. Por ejemplo, si tenemos una imagen con un cierto tamaño, esta imagen puede variar en su resolución y por ende en su calidad.

Una imagen de tamaño muy grande necesita ser comprimida para su fácil almacenamiento y transmisión. La transmisión de una imagen sin comprimir no es práctica debido a su tamaño y el tiempo tan grande necesario para completar la transmisión. Existen varios caminos para reducir el

tamaño de una imagen. Algunos de estos caminos están definidos por una variedad de formatos y variantes con diferentes técnicas de compresión: JPEG, GIF, PNG, BMP.

1.4.1 Video Digital

El video digital se genera por el muestreo de las señales de video y audio analógicas tomando en cuenta el Teorema de Nyquist de la tasa de muestreo, el cual establece que el muestreo debe hacerse con una tasa de muestreo de al menos el doble de la frecuencia máxima de la señal a muestrear. En la práctica el muestreo del cuádruple de la frecuencia de la subportadora de color es utilizado para prevenir el 'aliasing' (efecto que causa que señales continuas distintas se tornen indistinguibles cuando se les muestrea digitalmente).

Para aplicaciones en donde se utilizan pantallas pequeñas, el número de píxeles y bits utilizados se reduce considerablemente para poder utilizar dichas aplicaciones, este proceso se le llama escalamiento espacial. Si se reducen las tasas de bits reduciendo la cantidad de cuadros para ciertas aplicaciones, tenemos un escalamiento temporal, los cuadros pueden ser reducidos de 30 (o 25) a 15 o menos cuadros por segundo.

La compresión de video es un proceso complejo donde se desea mantener una calidad aceptable de video manipulando diversos factores. Las compresiones de video pueden ser con pérdidas o sin pérdidas. En la compresión con pérdidas la imagen original no puede ser recuperada con su resolución original. Todas las técnicas de compresión toman ventaja de las redundancias que están presentes en la señal de video para reducir la tasa de bits del video para TV digital, TV móvil, IP TV y otras aplicaciones. En la Tabla 1.8 se mencionan algunos formatos de compresión utilizados comúnmente.

Formato de Compresión	Presentación de la imagen	Aplicación	Tasas de bits
MPEG-1	352 x 288 SIF	Video CD	0 – 1,5 Mbps
MPEG-2	720 x 480 CCIR	Broadcast TV, DVD	1,5 – 15 Mbps
MPEG-4	176 x 144 QCIF 352 x 288 QSIF	Internet TV móvil	28,8 – 512 kbps
H.261	176 x 144 QCIF 352 x 288 QSIF	Video conferencia	384 kbps – 2 Mbps
H.263	128 x 96 a 720 x 480	Video conferencia	28,8 – 768 kbps

Tabla 1.8. Comparación de estándares de compresión de video.

MPEG-4

La familia de estándares de MPEG-4 tiene su origen en la necesidad de desarrollar algoritmos de compresión para nuevas aplicaciones como el flujo de datos y la transferencia de archivos multimedia. Las tasas de bits para dichas aplicaciones necesitan ser bajas, de entre 5 kbps a 64 kbps para video QCIF.

Los algoritmos de compresión de MPEG-4 consideran los objetos del video y el fondo como diferentes partes de una imagen. MPEG-4 analiza una imagen como un solo fondo que generalmente se encuentra estático y un número de objetos que están en movimiento, de esta forma los objetos son identificados y comprimidos por separado. La información de movimiento de los objetos de video se envía por separado como parte de la trama MPEG-4. Y en el decodificador, la reconstrucción de la imagen se realiza combinando el fondo y los objetos individuales, con su movimiento respectivo.

El proceso de compresión de MPEG-4 se basa en los siguientes pasos:

Identificación de los objetos de video: La imagen es descompuesta en varios objetos de video y un fondo.

Codificación de los objetos de video: Cada objeto de video es codificado individualmente.

La alta eficiencia de video y audio proporcionada por MPEG-4 ha incrementado su uso en diversas aplicaciones como IP, TV por flujos de datos, TV móvil, etc. Todo esto gracias a que la codificación basada en objetos permite trabajar separadamente con video, audio, graficas, texto y otros. Los objetos pueden ser creados e incorporados dentro de la imagen decodificada. La flexibilidad que tiene para adaptarse a diferentes tasas de transmisión hace que MPEG-4 sea ideal para ambientes móviles donde el usuario se mueve constantemente provocando que las tasas de bits varíen constantemente.

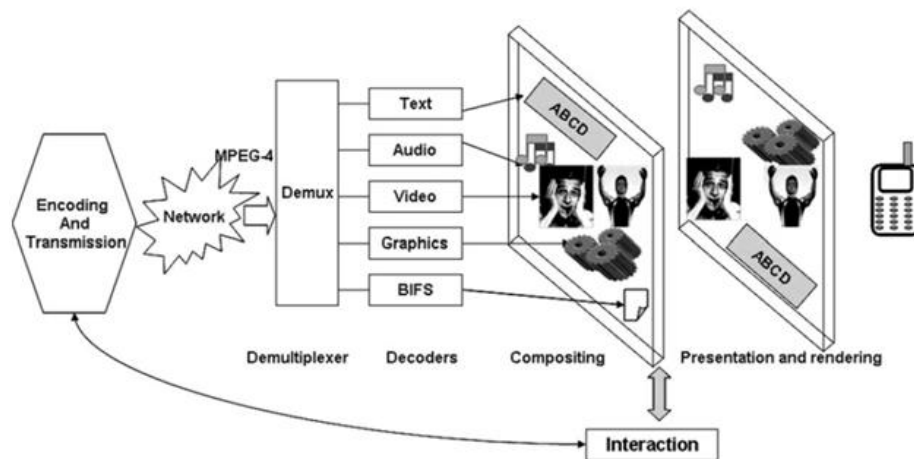


Figura 1.4. Decodificación basada en objetos en MPEG-4.

H.264/MPEG-4 AVC

H.264 o MPEG-4 parte 10 es una norma que define un codec de vídeo de alta compresión, desarrollada conjuntamente por ITU-T Video Coding Experts Group (VCEG) e ISO/IEC Moving Picture Experts Group (MPEG). La intención del proyecto H.264/AVC fue la de crear un estándar capaz de proporcionar una buena calidad de imagen con tasas de bits notablemente inferiores a

los estándares previos (MPEG-2, H.263 o MPEG-4 parte 2), además de no incrementar la complejidad de su diseño.

El Joint Video Team (JVT) formado por expertos del VCEG y MPEG nació en diciembre de 2001 con el objetivo de completar el desarrollo técnico del estándar hacia el año 2003. La ITU-T planeó adoptar el estándar bajo el nombre de ITU-T H.264 e ISO/IEC bajo el nombre de MPEG-4 Parte 10 Codec de Vídeo Avanzado (AVC), de aquí surgió el nombre híbrido de H.264/MPEG-4 AVC.

H.264/MPEG-4 AVC puede proporcionar vídeo de calidad DVD con una tasa de bits 40% inferior a la de MPEG-2. Es prometedor para vídeo en imagen completa terrestre, por satélite y mediante conexiones de banda ancha en Internet. También es uno de los codecs de video que se han elegido para el Blu-ray y el HD-DVD.

H.264 hace uso las redundancias espaciales, temporales, y psico-visuales para mejorar la eficiencia de la codificación de video. A continuación una comparación entre diversos formatos de compresión.

Características	MPEG-2	MPEG-4 ASP (parte 2)	MPEG-4 H.264 (parte 4)
Frames I, P, B	Sí	Sí	Sí
Codificación	Huffmann	Huffmann	Huffmann o aritmética
Tamaño del bloque	16 x 16	16 x 16	Variable (4x4 - 16x16)
Resolución de cuarto de píxel	No	Sí	Sí
Filtro de macheo	No	No	Sí
Predicción de movimiento basada en slices	No	No	Sí
Frames con referencias múltiples	No	No	Sí
Predicción ponderada	No	No	Sí
Conmutación de imágenes	No	No	Sí
Comparación de tasa de bits (bitrate)	100%	60%	40%

Tabla 1.9. Resumen de comparación de características entre formatos.

1.4.2 Audio Digital

El rango de frecuencias audible para el oído humano va de 20 Hz a 20 kHz, para poderlo muestrear se respeta el Teorema de Nyquist con al menos el doble de la frecuencia máxima. Se definen algunas tasas de muestreo en base al teorema:

- CD Audio: 44,1 kHz a 16 bits por muestra por canal (1,411 Mbps para estéreo).
- DATs (Cintas de Audio Digital): 48 kHz a 16 bits por muestra.
- DVDs: 48 kbps -192 kbps con 16 a 24 bits por muestra.

El tratamiento de la señal de audio en términos de muestreo depende del tipo de señal y la calidad deseada. Si utilizamos pocos bits tendremos una fidelidad baja del audio. Para la perspectiva de TV móvil es útil distinguir entre música (con calidad de CD) y voz (mono y con ancho de banda de 4 kHz).

Fuente de Audio	Banda de Frecuencia	Tasa de muestreo
Voz en telefonía	200 Hz a 3,4 kHz	8 kHz
Voz de banda ancha	100 Hz a 7 kHz	16 kHz
Música	50 Hz a 15 kHz	32 kHz
Música (calidad CD)	20 Hz a 20 kHz	44,1 kHz
Música (profesional y broadcast)	20 Hz a 20 kHz	48 kHz

Tabla 1.10. Tasas de muestreo para diversas fuentes de audio.

En la mayoría de aplicaciones el audio debe ser transmitido en tasas de transmisión de 8 – 12 kbps (celulares) a 64kbps (línea telefónica digital) ó 144 kbps (música estéreo), por lo que hay una necesidad en la compresión de audio. La compresión de audio está basada en las características del oído humano, el cual no percibe de igual forma todas las frecuencias:

- Límite de la percepción estereofónica: El oído no reconoce sonidos estéreo debajo de 2kHz, por lo tanto se puede utilizar audio mono debajo de los 2kHz.
- Umbral del oído: El oído humano es más sensible a una banda intermedia de frecuencias que a las frecuencias bajas o frecuencias altas.
- Enmascaramiento Temporal: Un sonido con un nivel de amplitud mayor puede cubrir a un sonido con un nivel de amplitud bajo cuando ocurren al mismo tiempo, por lo que los sonidos con niveles bajos de amplitud son descartados para la compresión.

MPEG-1 capa 3 (MP3)

La compresión MPEG-1 capa 3 (MP3) es utilizada ampliamente en Internet para el flujo de datos de audio y descargas de archivos de audio. Las tasas de muestreo para MPEG-1 están entre 32kHz, 44,1kHz y 48 kHz. El formato MP3 es un estándar utilizado en el video digital y asociado a tasas de transmisión hasta 1,5 Mbps para VCD (Video CD). MP3 se ha hecho muy popular al utilizar bajas tasas de transmisión y proveer una buena calidad de sonido, de hecho se ha vuelto un estándar de facto (norma generalmente aceptada y ampliamente utilizada por iniciativa propia de un gran número de interesados) en las descargas de música.

Advanced Audio Coding (MPEG-2 parte 7 y MPEG-4)

AAC (Advanced Audio Coding) es un formato de codificación de audio digital basado en el algoritmo de compresión con pérdida, un proceso por el que se eliminan algunos de los datos de audio para poder obtener el mayor grado de compresión posible, resultando en un archivo de salida que suena lo más parecido posible al original.

El formato AAC corresponde al estándar internacional “ISO/IEC 13818-7” como una extensión de MPEG-2. Debido a su excepcional rendimiento y la calidad, la codificación de audio avanzada (AAC)

se encuentra en el núcleo del MPEG-4, 3GPP y 3GPP2. Es el codec de audio de elección para Internet, conexiones inalámbricas y para radiodifusión digital. También ha sido elegido por Apple como formato principal para los iPods y para su software iTunes. Incluso es utilizado en otras aplicaciones por Winamp y Nintendo DSi.

El AAC utiliza una frecuencia de bits variable (VBR), un método de codificación que adapta el número de bits utilizados por segundo para codificar datos de audio, en función de la complejidad de la transmisión de audio en un momento determinado.

AAC es un algoritmo de codificación de banda ancha de audio que tiene un rendimiento superior al del MP3, que produce una mejor calidad en archivos pequeños y requiere menos recursos del sistema para codificar y decodificar. Está orientado a usos de banda ancha y se basa en la eliminación de redundancias de la señal acústica. No compatible con MPEG-1. Las frecuencias de muestreo que utiliza son 24 kHz, 22,05 kHz, 16 kHz. Entre 320 y 384 kbps soporta 5 canales de máxima calidad.

High-Efficiency AAC V2 (MPEG-4 parte 3)

Codificador avanzado de audio de alta eficiencia (High-Efficiency Advanced Audio Coding) es un formato de compresión de audio digital con pérdidas, definido en MPEG-4 Parte 3 para audio en ISO/IEC 14496-3 basado en SBR (Spectral Band Replication) y PS (Parametric Stereo).

HE-AAC está considerado como un codificador de calidad alta. Las tasas de bits que se consiguen en audio estéreo de “buena calidad” van de 16 a 48 kbps dependiendo de la versión. Las frecuencias de muestreo que soporta están entre los 24 y 96 kHz. Soporta canales mono, estéreo y multicanal (5.1, 7.1). Las herramientas que utiliza para ello son las siguientes:

Replicación de Banda Espectral (SBR). En este método el codec transmite las frecuencias más bajas de una señal y el SBR reconstruye las altas frecuencias a partir de la información proporcionada por estas frecuencias bajas y un pequeño flujo de datos asociado. Estas ideas se basan en el principio en que el cerebro humano tiende a considerar las altas frecuencias como un fenómeno armónico asociado a las bajas frecuencias, o simplemente ruido y por eso mismo es menos sensible al contenido exacto de estas frecuencias en las señales de audio.

Estéreo Paramétrico (PS). Un archivo AAC HE v2 contiene un único canal de audio (una señal mono), junto a una pequeña información lateral adicional (del orden de los 2-3 kbps), necesaria para la eventual reconstrucción de la señal estéreo original en tiempo de ejecución. Al agregar la información PS junto al contenido de audio monoaural, el decodificador puede regenerar en tiempo real una aproximación bastante creíble del sonido estéreo original, a tasas de codificación excepcionalmente bajas. Mediante esta técnica de compresión, una señal de audio de baja tasa de bits codificada con estéreo paramétrico tendrá una calidad de sonido mejor que un archivo AAC convencional con ese mismo bitrate (y sustancialmente mejor que un archivo MP3 de igual tamaño).

HE-AAC tiene dos versiones que utilizan las técnicas ya mencionadas:

HE-AAC v1: También conocido como AAC Plus, es la primera versión de HE-AAC. Combina el codec de audio AAC-LC con la Replicación de banda espectral (SBR), herramienta de expansión debido a que ofrece la misma experiencia de sonido con aproximadamente la mitad de la tasa de bits respecto a otros codecs de audio. Algunos ejemplos de tasas de bits que consigue para audio de “buena calidad” son: monoaural 32 a kbps, estéreo a 48 kbps, 5.1 canales a 128 kbps.

HE-AAC v2: También conocido como AAC Plus v2, es la segunda versión de HE-AAC. HE-AAC v2 surge de la combinación de las tecnologías usadas en la v1 (AAC-LC y SBR) con el Estéreo Paramétrico (PS).

La mayoría de aplicaciones que utilizan HE-AAC están relacionadas con la necesidad de obtener tasas de bits bajas debido al uso de canales de transmisión con capacidad limitada (ancho de banda limitado). En la Tabla 1.11 podemos apreciar algunas aplicaciones.

Versión	Aplicaciones	Tasas de bits
HE-AAC v1	XM Radio Mobile music download Digital Radio Mondiale	64 kbps (estéreo)
HE-AAC v2	3GPP music download Digital Radio DAB+ (estéreo) Internet radio streaming	48 kbps (estéreo)

Tabla 1.11. Aplicaciones de HE-AAC en sus dos versiones

1.5 Referencias

- <http://es.wikipedia.org/wiki/Televisi%C3%B3n>
- http://es.wikipedia.org/wiki/Televisi%C3%B3n_de_alta_definici%C3%B3n
- <http://www.ocw.espol.edu.ec/facultad-de-ingenieria-en-electricidad-y-computacion/procesamiento-de-audio-y-video-1/1136/50695/formatos.ppt>.
- http://es.wikipedia.org/wiki/Televisi%C3%B3n_digital
- <http://es.wikipedia.org/wiki/ISDB-T>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/DTMB>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/DVB-T>
- <http://dev.emcelettronica.com/digital-tv-standards-dvb-t-atsc-isdb-t>
- http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_AMPS
- http://es.wikipedia.org/wiki/Personal_Digital_Cellular
- <http://en.wikipedia.org/wiki/GSM>
- <http://www.yourdictionary.com/telecom/pcs-1900>
- <http://en.wikipedia.org/wiki/IS-95>
- http://en.wikipedia.org/wiki/General_Packet_Radio_Service

- <http://www.umtsworld.com/technology/gprs.htm>
- <http://www.wireless-center.net/Wireless-Internet-Technologies-and-Applications/1830.html>
- http://es.wikipedia.org/wiki/Enhanced_Data_Rates_for_GSM_Evolution
- <http://www.umtsworld.com/technology/edge.htm>
- http://es.wikipedia.org/wiki/Wideband_Code_Division_Multiple_Access
- <http://www.umtsworld.com/technology/wcdma.htm>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/CDMA2000>
- <http://www.umtsworld.com/technology/cdma2000.htm>
- http://es.wikipedia.org/wiki/High-Speed_Downlink_Packet_Access
- http://en.wikipedia.org/wiki/High-Speed_Downlink_Packet_Access
- <http://en.wikipedia.org/wiki/TD-SCDMA>
- <http://www.umtsworld.com/technology/tdscdma.htm>
- <http://www.yucatan.com.mx/especiales/celular/3g.asp>
- <http://www.monografias.com/trabajos11/cdma/cdma.shtml>
- http://en.wikipedia.org/wiki/3GPP_Long_Term_Evolution
- http://es.wikipedia.org/wiki/Telefon%C3%ADa_m%C3%B3vil
- <http://www.educatehoy.com/funciones-y-evolucion-del-telefono-celular/>
- <http://www.muymovil.com/2009/10/10/la-evolucion-de-los-telefonos-moviles/>
- <http://www.3djuegos.com/foros/tema/868393/0/la-evolucion-del-telefono-movil/>
- <http://www.monografias.com/trabajos34/telefon%C3%ADa-celular/telefon%C3%ADa-celular2.shtml>
- ✓ “Telecomunicaciones Móviles”; 2ª. Edición; Editorial Marcombo; España; 1998.
- ✓ Amitabh Kumar, ‘*Mobile TV. DVB-H, DMB, 3G Systems and Rich Media Applications*’, Editorial Focal Press; USA, 2007.
- ✓ Borko Furht and Syed Ahson, ‘*Handbook of Mobile Broadcasting. DVB-H, DMB, ISDB-T and MediaFLO*’, CRC Press, Estados Unidos, 2008.
- ✓ Yan Zhan, Shiwen Mao, Laurence T. Yang and Thomas M. Chen, ‘*Broadband Mobile Multimedia. Techniques and applications*’, CRC Press, Estados Unidos; 2008

2

¿Qué es TV móvil?

2.1 TV móvil

TV móvil es un servicio que involucra la transmisión de programas de TV, video y contenido multimedia para dispositivos móviles que van desde PDAs, teléfonos celulares, laptops, hasta cualquier otro tipo de dispositivo que reciba multimedia de forma inalámbrica.

Estos dispositivos móviles constituyen un mundo totalmente diferente, ya que poseen pantallas diminutas en comparación con el televisor estándar, tienen limitaciones en el consumo de energía para conservar su batería y por si esto no fuera poco, el procesamiento de la información que ocurre dentro de ellos no debe ser muy complejo ya que aumentaría la circuitería interna y por ende el tamaño del dispositivo.

Los contenidos que se presentan en TV móvil son generados en base a la popularidad que estos generan entre la gente. Esto se debe a que el servicio que ofrece la TV móvil es un servicio que requiere una suscripción o bien un pago por los contenidos a observar. De esta forma, las tecnologías que ofrecen TV móvil pueden saber que contenidos son más solicitados por la gente y como consecuencia generar más contenido que sea agradable para los consumidores.

Los contenidos también se generan específicamente en base a las características de las terminales móviles. Es necesario tomar en cuenta que los programas o videos transmitidos deben de tener una duración corta (5 min) debido al consumo de energía, además de permitir una interactividad con el usuario, característica principal de la televisión móvil.

Todas las características que están presentes en el mundo móvil necesitan ser tratadas de forma especial para adecuarse a las necesidades del ambiente y de las terminales móviles. Esta la razón de la creación de los diversos estándares propuestos por varios grupos de radiodifusoras, operadores de red y otros.

¿Qué hace de la televisión móvil una propuesta innovadora?, ¿Por qué es tan atractiva para el público? Estudios en diversos países han revelado el interés de las personas de recibir o contar con un servicio de televisión móvil gracias a que pueden observarlo en cualquier lugar (casa, trabajo, escuela, transporte, etc.) y en cualquier momento, estando dispuestos a pagar una cuota para utilizar el servicio, siempre y cuando esta cuota no esté fuera de su alcance económico. Las razones del por qué son claras: movilidad y personalización. Estas dos razones son tan importantes que es en base a ellas que la TV móvil crea su mercado.

El servicio de TV móvil es un servicio de valor agregado por el cual se debe pagar, de modo tal que no todos los usuarios pueden recibir el servicio. Esto no significa problema alguno ya que los beneficios que trae consigo el servicio son muy atractivos a la mayoría de los mercados mundiales.

Así, TV móvil no significa recibir el mismo contenido que vemos en nuestros televisores convencionales sino más bien es una evolución hacia una televisión más personal donde el usuario es quien decide qué tipo de contenido desea ver, cuándo y dónde lo va a ver. Los contenidos presentados en TV móvil se basan en dos criterios que tienen que ver con el momento en el cual se observan los contenidos, en Tiempo Real o en Tiempo No-Real.

Los contenidos en Tiempo Real se refieren principalmente a eventos en vivo (conciertos, ceremonias, celebraciones, etc.), deportes, información (noticias, clima, tráfico), cámara web. Juegos de multijugadores, mensajes de emergencia y concursos (loterías, apuestas). En general contenidos relacionados con flujos de datos que requieren una reproducción inmediata.

Mientras que los contenidos en Tiempo No-Real se refieren a: video sobre demanda (noticias, clima, caricaturas, series, películas), música sobre demanda, descargas de contenido y videojuegos. Es decir, contenidos obtenidos mediante descargas que se reproducirán en cierto momento determinado por el usuario.

Los servicios interactivos proporcionados por TV móvil representan nuevas oportunidades para la industria multimedia y móvil, porque permiten proveer nuevos servicios mucho más ricos en contenido para los usuarios. TV móvil permite una comunicación más directa entre el usuario y los proveedores de servicios que al final se convierte en la efectividad del proceso de comercio. Estas nuevas oportunidades de comunicación permiten que el contenido sea más personalizado, tenga una nueva presentación y que sea más atractivo a los consumidores.

2.2 Características del ambiente móvil

La TV móvil necesita adecuarse a las características del ambiente móvil para funcionar óptimamente. Algunos parámetros que debe de tomar en cuenta para ajustarse a este ambiente se describen a continuación:

Antena receptora de terminal móvil

Si deseáramos observar TV analógica mediante teléfonos móviles, los receptores analógicos deberían tener una antena capaz de funcionar en las bandas de VHF y UHF con longitudes que desde los 35 cm hasta 5,5 m. Esto no es funcional para un aparato diseñado para ser lo más compacto posible.

El hecho de que la terminal móvil no tenga una antena adecuada para la recepción de TV es un problema, ya que aunque posee una antena omnidireccional, esta no es lo suficientemente buena como para obtener una recepción adecuada dentro de interiores (comúnmente lo observamos en nuestras llamadas a terminales que están dentro de casas o edificios).

Durante gran parte del tiempo los usuarios de TV móvil utilizarán el servicio en interiores, según estudios realizados, esto sucede en un 50- 70% de las veces.¹ De este modo, los servicios de TV móvil dependen de las características de las terminales, que necesitan ser costeables y con un buen nivel de sensibilidad en la recepción para asegurar la calidad del servicio dentro de interiores. Estas restricciones imponen exigentes requisitos de cobertura en el servicio de TV móvil para proporcionar niveles aceptables de calidad y fiabilidad.

Por otro lado, las pérdidas por propagación de las ondas de radio aumentan por lo menos con el cuadrado de la frecuencia; como resultado, el rango de frecuencias en el que la red trabaja impone restricciones importantes en el diseño de la antena del dispositivo. Esto es un parámetro muy importante, ya que la implantación de la televisión móvil en cada país, depende de la tecnología a utilizar, las bandas de frecuencia en las que opere y la legislación de cada zona.

- A bajas frecuencias, de VHF (300 MHz o menos) antenas externas de dispositivos son necesarias debido a longitudes de onda largas.
- A frecuencias más altas (300 - 1500 MHz) con longitudes de onda más cortas, el tamaño físico de la antena se hace más pequeño para que pueda ser incorporado dentro del dispositivo.
- A frecuencias por encima de 2 GHz, la incorporación de varias antenas y receptores (MIMO) en el dispositivo se convierte en lo más factible, mejorando la sensibilidad del dispositivo y mitigando una parte de las pérdidas de propagación debido al uso de frecuencias más altas.

¹ White Paper, "Mobile TV: The Groundbreaking Dimension", Joint Mobile TV Group, 2006, p.26.

Conversión de imágenes de TV a pantallas móviles

En las transmisiones de forma analógica las resoluciones de la imagen son de 720x480(NTSC) o de 720x576 (PAL). Para reproducir estas señales en dispositivos móviles necesariamente deben ser ajustadas a tamaños QCIF (176x144) o QVGA (320x240). Este proceso requiere del consumo de energía que finalmente se traduce en la descarga de las baterías. Otro aspecto a tomar en cuenta es la velocidad de cuadros por segundo del video, si se utilizara la misma velocidad que en las transmisiones de video de NTSC (30 fps) en la pantalla aparecerían rayas indeseables, de este modo la velocidad adecuada debe de ser de 50 fps.

Duración de la batería del dispositivo móvil

Las tecnologías para la transmisión de TV convencional están diseñadas para equipos conectados a la red de energía donde el consumo no es un aspecto relevante. Utilizando los mismos sintonizadores y decodificadores que los equipos convencionales de TV el uso del teléfono puede ser de 1 a 2 horas, incluso con las nuevas baterías avanzadas.² Esto debido a que cada parte de la terminal móvil consume demasiada energía: el receptor, el decodificador, el software requerido para hacer los procesos pertinentes, la pantalla, etc.

Limitaciones en el espectro

El espectro radioeléctrico es un recurso clave vital para el éxito comercial de TV móvil. A menos que se tenga la cantidad suficiente de espectro disponible, la TV móvil no podrá prestar los servicios que los consumidores más valoran. Esto inhibe la actividad económica y frena el crecimiento de nuevos contenidos, nuevos modelos de publicidad y nuevos ingresos para que los medios inviertan. Los gobiernos de cada país y los organismos reguladores tienen un papel clave que desempeñar para garantizar que el espectro esté disponible de manera oportuna.

Como sabemos el ancho de banda es un elemento muy limitado. La TV analógica ocupa aproximadamente 6 MHz por canal de televisión, la televisión digital puede transmitir de 4 a 6 canales de calidad estándar en 6 MHz, lo que nos permite tener una mayor cantidad de canales con mejor definición y calidad tanto de video como audio. Sin embargo, tomando en cuenta que la TV móvil está pensada para que cada usuario seleccione de entre una gama muy grande de canales el que más sea de su agrado, esto llevaría a una cantidad muy grande de ancho de banda que no podría ofrecer ninguna tecnología.

La disponibilidad de espectro puede tener un impacto significativo en los costos de las terminales, la influencia de la frecuencia a su vez en las antenas de dispositivo. Las terminales móviles tendrían que funcionar en todas las bandas que utilizan todas las tecnologías. Incrementando el costo de la terminal.

² Amitabh Kumar, "Mobile TV. DVB-H, DMB, 3G Systems and Rich Media Applications", Editorial Focal Press, Estados Unidos, 2007, p.125.

Una de las posibles fuentes de espectro para la TV móvil, es el liberado por la transición de la radiodifusión analógica a la digital. Otras fuentes serían algunas bandas de frecuencias utilizadas por los operadores de redes 3G:

- Banda 3G FDD (900/1 800 MHz);
- Bandas de 3G FDD y TDD (2 GHz/ 2,5 – 2,6 GHz);
- Banda L (1,4 GHz);
- Bandas de UHF (470 – 862 MHz).

Roaming (itinerancia)

Roaming es un elemento clave en el entorno de la TV móvil. La tecnología de TV móvil en combinación con otros servicios de flujos de datos, podría permitir a los espectadores tener acceso a sus servicios de radiodifusión favorita cuando se encuentren en el extranjero. Sin embargo, este escenario requiere una adaptación de los regímenes de concesión de licencias de contenidos para dar cabida a una mejor distribución del servicio a través de las fronteras. Hay dos escenarios principales para un usuario móvil. Ambos proporcionan al usuario una experiencia diferente y valiosa:

- a) Roaming de difusión de TV móvil: Esto permite a los suscriptores del servicio de TV móvil acceder a los servicios de TV móvil de un país visitado. Los canales disponibles en el país visitado serán en su mayoría locales, ya que cada país dará prioridad a sus canales de mercado nacional en vez de los de otros países, dadas las limitaciones de la disponibilidad total del canal.
- b) Acceso alternativo a contenido de TV móvil: Esto le permite a un suscriptor de un servicio de TV móvil acceder al contenido de su país de origen, cuando dicho suscriptor se encuentre de visita en otro país. El acceso sería por otro mecanismo de transporte (por ejemplo flujo de datos en redes de 3G) mientras esté en el país visitado.

Es importante mencionar que para que esto sea posible, los dispositivos móviles deben de trabajar en las mismas frecuencias o poderse adaptar a otras frecuencias de los distintos estándares adoptados por los países donde se maneje este roaming de contenido, además de que los codecs de video y audio deben de ser compatibles.

Ambiente móvil vs ambiente fijo

Los teléfonos móviles son diseñados para utilizarse en movimiento, por ejemplo en carros o trenes viajando a velocidades de 200 km/hora. Para estos casos, aún con antenas muy avanzadas el movimiento hace que aparezcan imágenes fantasma debido al efecto Doppler, así como desvanecimientos por multitrayecto. El efecto Doppler es un aparente cambio de frecuencia de una onda producido por el movimiento de la fuente respecto a receptor.

El hecho sigue siendo que las transmisiones terrestres fueron diseñadas para pantallas grandes que no pueden ser visualizadas de buena forma en dispositivos móviles, los cuales tienen

limitaciones de tamaño de pantalla, tasas de bits y consumo de energía. Los dispositivos también deben de poder utilizarse en altas velocidades y deben ser capaces de poder abandonar el área de recepción de la estación transmisora local. La tecnología de TV móvil debe soportar la recepción a través de regiones extensas.

2.3 Requerimientos de TV móvil

La televisión móvil ofrece a los usuarios la capacidad de recibir sus programas en movimiento, independientemente del lugar donde se encuentren, en un tren, en el camión o simplemente caminando. La televisión móvil ha gozado de gran interés por parte de los desarrolladores de tecnología, los cuales se han encargado de establecer algunos parámetros para que el servicio sea distribuido de forma óptima. Algunos de los requerimientos que necesita cumplir la TV móvil para gozar de popularidad entre los usuarios son:

- Distribución masiva: Se debe distribuir la señal de TV a muchos usuarios que van de cientos a miles, todo esto de una forma eficiente y de buena calidad.
- Consumo simultáneo de contenido multimedia: Al igual que la TV analógica, la TV móvil debe poderse recibir por un gran número de usuarios al mismo tiempo.
- Consumo simultáneo pero independiente de contenido multimedia: Se desea que muchos usuarios puedan acceder al contenido al mismo tiempo, pero en este caso, cada usuario recibiría un contenido diferente al del otro, haciendo de la TV móvil una TV más personal.
- Flexibilidad de distribución: La estructura de la red de transmisión de TV móvil, puede llegar a todos los usuarios en algunos casos, pero también puede llegar a unos cuantos de toda la red, es decir, la red es flexible y permite modos de transmisión de difusión, multidifusión y unidifusión (broadcast, multicast y unicast).
- Interactividad: Es posible que el usuario final tenga interactividad con el proveedor de servicios de TV móvil, con el fin de obtener una televisión más personal.

Para el usuario final, el éxito de la televisión móvil depende de la cobertura, la elección de canales multimedia, la calidad del contenido, facilidad de navegación, precios atractivos y de la alta disponibilidad comercial. En el aspecto técnico, los requerimientos que necesita la televisión móvil para ofrecer un servicio rentable son:

- Transmisión en formatos como QCIF, CIF o QVGA y codificación eficiente.
- Tecnología de bajo consumo de energía.
- Recepción estable con movilidad.
- Buena calidad de video y audio a pesar de la pérdida de señal debido al desvanecimiento y efectos de multitrajecto.
- Habilidad para recibir la señal en extensas áreas mientras se viaja.
- Amplia cobertura de la población.
- Buen rendimiento dentro de interiores (edificios, casa, etc.).
- Amplia gama de terminales.

- Gran número de canales y formatos de contenido.
- Calidad en el contenido de la programación.
- Rápido tiempo de conmutación de canal.
- Guía electrónica de programación intuitiva (EPG).
- Facilidad de acceso y navegación (interfaz sencilla).
- Interactividad con baja latencia y acceso a través de un clic (plug and play).
- Autenticación segura.
- La transparencia y sistema de facturación confiable.
- Roaming de contenido.

2.4 Formas de entrega de TV móvil

Para proporcionar el servicio de TV móvil se han creado nuevas tecnologías o se han realizado mejoras a las ya existentes para tener un servicio rentable y eficiente. Estas tecnologías proveen el servicio mediante redes celulares, radiodifusoras terrestres, operadores satelitales y mediante las redes de banda ancha (WiMAX). Sin embargo, la mayoría de ellas sólo opera en un modo de transmisión (difusión masiva ó broadcast) que le permite prestar el servicio a grandes cantidades de usuarios pero con un nivel de personalización muy bajo debido a que son tecnologías unidireccionales que no cuentan con un medio para la interacción entre el usuario y el contenido.

Existen dos modos principales para entregar el contenido de TV móvil a las terminales: el modo de difusión masiva (broadcast) y el modo de unidifusión (unicast). En el modo broadcast el mismo contenido es transmitido a un número ilimitado de usuarios a través de la red. Es ideal para la entrega de canales con demanda universal.

El modo unicast está diseñado para entregar servicios a usuarios previamente seleccionados. La conexión virtual es diferente para cada usuario que puede seleccionar el contenido y otros servicios interactivos. Tiene la desventaja de soportar un número limitado de usuarios para que accedan a los recursos.

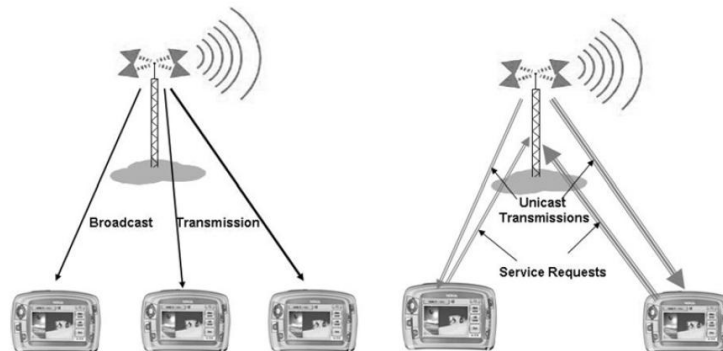


Figura 2.1. Transmisiones broadcast y unicast para TV móvil.

La ventaja que tienen las tecnologías que utilizan el modo broadcast es un soporte masivo a gran cantidad de usuarios mediante un área de cobertura predefinida que permite la transmisión de pocos canales pero de gran interés a la mayoría de los usuarios que se encuentran en dicha área de servicio. En cambio, las tecnologías que utilizan el modo unicast necesitan establecer una conexión entre el usuario y la red para proporcionar un servicio que se adecue a la transmisión de cada uno de los usuarios, de este modo, el nivel de personalización del servicio no solamente está relacionado con los contenidos, sino también con el estado de la transmisión. La desventaja que presenta unicast está relacionada con la cantidad de usuarios que soporta, siendo esta una cantidad muy limitada de usuarios por servicio.

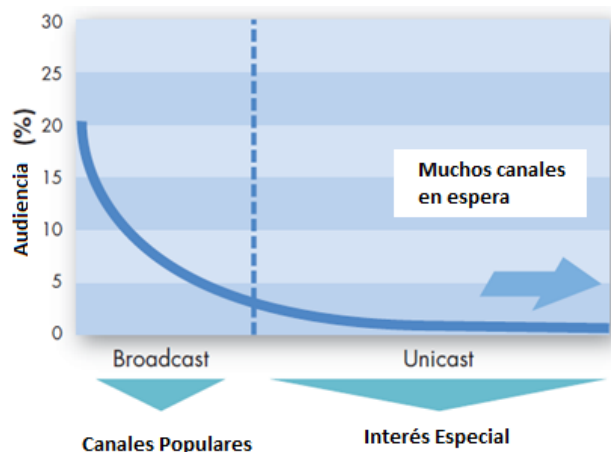


Figura 2.2. Demandas de video por usuarios en tecnologías broadcast y unicast.

Unicast: Video sobre demanda

Es la forma en que la mayoría de los operadores móviles entregan el servicio de TV móvil sobre sus redes 3G. Unicast permite programación en vivo de flujos de datos (TV y multimedia) así como servicios de video sobre demanda. Gracias a la aparición de la tecnología HSDPA (High Speed Downlink Packet Access), unicast tiene un menor tiempo de retardo y un mayor ancho de banda dentro de las redes de UMTS. Unicast no es óptimo para una gran cantidad de usuarios en una misma área geográfica ni para la transmisión de programas que tienen una audiencia masiva.

Este tipo de enlaces dedicados permite la interacción entre el operador y el usuario. De esta manera permite utilidades como la Guía Electrónica de Contenido y a su vez, la personalización del servicio. Video sobre demanda (VoD) es un servicio que se puede ofrecer mediante la descarga de un archivo de video a través de una transmisión punto a punto. El operador móvil utiliza para tales servicios redes como HSDPA.

Multicast

Una versión un tanto mejorada de la entrega de contenidos en modo unicast es la entrega en el modo de multidifusión (multicast). El modo multicast crea conexiones con usuarios que desean el mismo contenido pero algunos de ellos se encuentran en diferentes zonas. La tecnología que hace

uso de este modo de transmisión es MBMS. Multicast permite la entrega de contenidos a muchos usuarios a la vez con un nivel aceptable de personalización del servicio. Es un nivel intermedio entre los modos broadcast y unicast que presenta los beneficios de ambos modos.

Broadcast

En la actualidad existen una gran cantidad de tecnologías que permiten la entrega del servicio de TV móvil a receptores en movimiento utilizando el modo broadcast. Tecnologías como DVB-H, T-DMB, ISDB-T, MediaFLO, MBMS, soportan una gran cantidad de usuarios sin saturar ninguna de sus redes, sin embargo, estas tecnologías (generalmente propuestas por los radiodifusores) no cuentan con un canal de regreso dedicado para tener interacción entre el operador y el usuario.

La solución a este dilema es la combinación de los modos de transmisión, de tal forma que uno complemente las limitaciones del otro. De este modo una red de broadcast debe de trabajar como un complemento en vez de un competidor de las redes unicast y viceversa.

En el siguiente capítulo se hará una comparación de las tecnologías que utilizan tanto el modo de difusión como en el de multidifusión mediante redes celulares, redes de banda ancha, sistemas satelitales de comunicación y radiodifusión terrestre.

2.5 Referencias

- ✓ White Paper, "Mobile TV: The Groundbreaking Dimension", Joint Mobile TV Group, 2006.
- ✓ Amitabh Kumar, "Mobile TV. DVB-H, DMB, 3G Systems and Rich Media Applications", Editorial Focal Press, Estados Unidos, 2007.
- ✓ Yan Zhan, Shiwen Mao, Laurence T. Yang and Thomas M. Chen, "Broadband Mobile Multimedia. Techniques and applications", CRC Press, Estados Unidos, 2008
- ✓ Strategy White Paper, "Unlimited Mobile TV for the Mass Market", Alcatel, 02/ 2006

3

Tecnologías para proporcionar TV móvil

Existen varias tecnologías para proveer los servicios de TV móvil. En el desarrollo de estas tecnologías están incluidos los grupos de operadores móviles, los radiodifusores tradicionales de TV, y operadores de redes inalámbricas de banda ancha. La mayoría de las tecnologías utilizan el modo de difusión para la transmisión dentro de sus redes. Todas y cada una de ellas tienen ventajas y desventajas, sin embargo, el enfoque de esta tesis es comparar algunos parámetros de cada una de las tecnologías para entender por qué MBMS es la mejor opción para ofrecer el servicio de televisión móvil.

En la Figura 3.1 podemos apreciar un diagrama que muestra a los diversos grupos relacionados con la televisión móvil así como sus respectivas tecnologías y modos de transmisión.

La televisión móvil no es un servicio exclusivo de tecnologías digitales. Actualmente algunos países que aún conservan sus transmisiones de televisión analógica prestan un servicio denominado como televisión móvil (analógica). ¿Pero es acaso el mismo servicio?, entonces ¿para qué crear nuevas tecnologías para la implantación de TV móvil? Estas son preguntas que se contestarán en la siguiente sección. Además, se revisará por qué la televisión digital móvil propuesta por las nuevas tecnologías es superior a esta televisión móvil analógica.

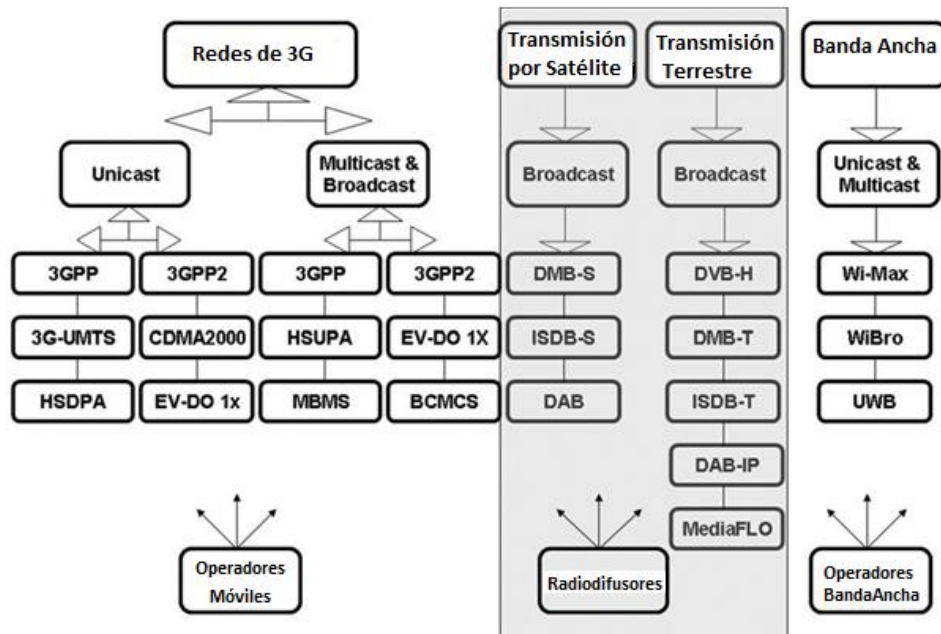


Figura 3.1. Tecnologías de TV móvil.

3.1 TV móvil analógica

Una opción para proveer el servicio de TV móvil apareció en el mercado en 2007 en Asia y desde entonces se ha incrementado su adopción en América Latina, Europa oriental, Rusia, el Medio Oriente y África.³ Telegent Systems, una compañía de semiconductores CMOS, desarrolló un chip para recibir TV analógica en las terminales móviles.

Telegent desarrolló 3 mejoras principales que le permiten proveer a los dispositivos móviles la recepción de TV móvil analógica:

- Energía: Reducción del consumo de energía a 250mW, que permite un promedio de 6 horas de continua observación de TV móvil en una sola carga de batería, asumiendo que no hay llamadas de voz.
- Sensibilidad del receptor: 10-15 dB más sensible que la TV convencional.
- Estabilidad de video móvil: Imágenes móviles aún a 43 km/h.

Para 2009, Telegent había vendido más de 40 millones de ATV (Analog TV) chips, debido a que muchos mercados todavía no han tenido su “apagón analógico” y todavía faltan años para que eso suceda. TV móvil analógica es gratis y el consumidor solamente necesita comprar una terminal móvil con un receptor para poder acceder al servicio, convirtiéndola así en una propuesta muy atractiva y barata.

³ Frank Dickson, White Paper. “Analog mobile TV: The world’s Most Widely Available Option for Mobile TV”, In-Stat, Agosto, 2009.

La TV móvil analógica sólo requiere un sintonizador de TV adicional implementado aún en los modelos de bajo costo, por lo que no se requiere contratar un servicio adicional o reservar capacidad de canal para redes de 3G, ni crear ningún tipo de infraestructura adicional.

El mundo se hace digital, ¿por qué entonces la TV móvil analógica es una tecnología atractiva para los consumidores? Si comparamos la TV móvil analógica gratuita contra una TV móvil digital por suscripción, no podemos discutir los beneficios que trae consigo la TV móvil digital sobre la analógica. Sin embargo, hay 2 puntos fundamentales y atractivos en TV móvil analógica: el costo y viabilidad. El beneficio de costo se da gracias a que se utiliza la misma infraestructura existente, por lo que no es necesario crear nuevos estándares, ni antenas transmisoras o repetidoras; simplemente el único costo es el de comprar una terminal con un sintonizador de TV analógica. La viabilidad se da porque la tecnología para proporcionar TV analógica ya existe, antenas transmisoras, radiodifusoras, bandas de frecuencia, estándares, contenido, etc. Simplemente es una tecnología “actual”.

La recepción de la señal de TV en el ambiente móvil depende de muchos aspectos, de los cuales la televisión analógica no posee algún medio para protegerse en contra de ellos, esta es la gran diferencia entre la nueva televisión móvil digital y la televisión “móvil” analógica. En la Tabla 3.1 se observa una comparación más profunda de algunas características de ambas propuestas.

Características	TV móvil analógica gratuita	TV móvil digital por suscripción
Red	Estándares de TV analógica Terrestre existentes, utilizando la infraestructura existente.	Infraestructura y estándares digitales especialmente diseñados para TV móvil.
Capital de inversión	Ninguno	Significativo. Requiere construcción de infraestructura especializada.
Espectro	Utiliza el mismo espectro que la TV analógica convencional (VHF, UHF).	Requiere adquisición de espectro, nuevas asignaciones de bandas para proporcionar el servicio.
Contenido	Entrega el mismo contenido que la TV analógica convencional.	Requiere creación de nuevo contenido, de acuerdo a las necesidades de pantalla, batería, ancho de banda, demanda del usuario y otros parámetros.
Costo a los usuarios	Necesita comprar un dispositivo móvil con sintonizador de TV analógica.	Necesita comprar un dispositivo móvil capaz de recibir el servicio de TV móvil además de pagar una cuota por la suscripción al servicio.
Viabilidad Global	Viable en cualquier parte del mundo en donde se pueda observar la TV analógica convencional.	Limitado a las zonas o países donde se ha realizado el “apagón analógico” de TV y se tiene infraestructura para proveer el servicio.
Modelo de Negocios	Publicidad	Cuotas por suscripción al servicio.

Tabla 3.1 Comparación de la TV móvil analógica vs la TV móvil digital.

Una de las grandes ventajas de TV móvil analógica es que es totalmente gratuita mientras que la TV móvil digital (a pesar de la gran cantidad de mejoras en calidad de video, audio, contenido multimedia), es un servicio que tiene un costo que no probablemente todos puedan o estén dispuestos pagar y que además es adicional al costo de la terminal que sea capaz de recibir el servicio. El acceso al servicio depende de las posibilidades de pago de los usuarios, esto es una de las razones por lo que la TV móvil gratuita es tan atractiva.

Existen un número de dispositivos móviles en el mercado impulsados por la necesidad de los usuarios de poder acceder al servicio en cualquier lugar, por lo que los operadores tienen una necesidad de agregar estas terminales móviles a su portafolio de dispositivos en sus redes.

La TV analógica móvil juega un rol importante en la transición a digital de la televisión, y puede coexistir con las redes digitales de broadcast de TV mientras se da el apagón analógico en todo el mundo. De esta forma, su mercado tiene potencial y debe aprovecharse en países que aún conservan las transmisiones de televisión analógica.

La programación y el contenido de la TV analógica “móvil” son los mismos que podemos observar en nuestros hogares. ATV (analog TV) no ofrece una mejora en contenido, sino una posibilidad de disfrutar nuestros programas ya conocimos en nuestras terminales móviles mientras viajamos en carro, tren, o simplemente mientras estemos fuera de casa.

El servicio es simplemente una extensión de la difusión de TV analógica que se puede disfrutar sin más complejidad en movimiento. TV analógica móvil no permite contenido adicional y especialmente creado para el usuario, ni descargas de contenido multimedia, ni mejoras en audio ni video, ni protección contra los problemas de movilidad. En conclusión, denominarla como móvil no es adecuado, ya que simplemente contamos con un receptor que nos permite recibir la señal de televisión existente con una terminal que es móvil, más no con un servicio diseñado para la movilidad.

3.2 TV móvil digital a través de redes terrestres

Desde el punto de vista de los radiodifusores la TV móvil es una extensión de sus servicios así como de sus redes. Al igual que la TV convencional digital, el servicio de TV móvil será provisto en las bandas de VHF y UHF que ya poseen los radiodifusores o bien en bandas que les serán asignadas para la televisión digital.

Este concepto de TV móvil es similar al que se maneja en los receptores portátiles de FM. Los equipos tendrán un sintonizador y decodificador de las señales aéreas transmitidas por las radiodifusoras, pero con la diferencia de que el receptor está diseñado para vencer los obstáculos generados por el ambiente móvil. Con este fin se modificaron algunas tecnologías de TV digital existentes: DVB-T, ATSC, ISDB-T, T-DMB.

- El estándar DVB-T ha sido mejorado con características adicionales para recibir señales de DTV en dispositivos de mano. Es una buena opción ya que libera el espectro de las redes 3G pero tiene el inconveniente de la cobertura. Una de las ventajas de este servicio es que las señales no tienen que ser alojadas en las bandas de frecuencia de 3G que son caras y escasas.

- Difusión usando una modificación de DAB. Este estándar proporciona un medio robusto para señales de datos audio y música. Los estándares DAB fueron modificados para dar como resultado los estándares DMB para las transmisiones de contenidos multimedia.

- Difusión a través de nuevas tecnologías, (en USA), donde el estándar de TV digital ATSC no es fácil de implementar para TV móvil. MediaFLO es una nueva tecnología que utiliza CDMA como interfaz para las transmisiones de difusión y multidifusión.

A continuación se muestra una breve descripción de algunos sistemas de redes terrestres para proporcionar TV digital móvil. Cada descripción muestra parámetros relacionados con la transmisión, el audio y video que utilizan, así como información general de los grupos encargados del desarrollo y creación de estas tecnologías.

3.2.1 DVB-H

La tecnología DVB-H es una mejora de la muy exitosa tecnología DVB-T (Digital Video Broadcasting Terrestrial) de televisión digital terrestre, con características adicionales para satisfacer las necesidades específicas de los receptores móviles que utilizan baterías. Son cuatro requisitos principales del sistema DVB-H los que fueron tomados en cuenta en 2002 para su creación: servicios para usuarios móviles con una calidad aceptable, un entorno en el cual el usuario está en constante movimiento, acceso a los servicios mientras se mueve en un vehículo en alta velocidad (así como entrega imperceptible cuando se pasa de una célula a otra), y la mejor compatibilidad con la actual tecnología de televisión digital terrestre (DVB-T), para permitir el uso compartido de las redes y equipos de transmisión.

El crecimiento de DVB-H en algunos países depende de la liberación del espectro utilizado para la televisión analógica, concedido a la televisión digital terrestre, específicamente a DVB-T. DVB-H está diseñado para operar en las siguientes bandas de frecuencias:

- VHF-III (170-230 MHz, o una porción de la banda)
- UHF-IV/V (470-862 MHz, o una porción de la banda)
- L (1,452-1,492 GHz)

DVB-H mejora la capa de enlace y la capa física del estándar DVB-T para funcionar en dispositivos móviles en altas tasas de bits de forma eficiente:

Capa de Enlace (Link Layer):

- Time slicing. Para reducir el consumo de energía de la terminal móvil, la terminal solamente enciende el receptor para recibir paquetes de información del canal seleccionado de TV, de tal forma que el receptor casi siempre se encuentra apagado y sólo se enciende cuando sabe que recibirá un paquete de información del canal deseado, para que esto ocurra, cada paquete incluye en su encabezado el tiempo en que llegará el siguiente paquete del mismo canal de TV.
- FEC (Multi Protocol Encapsulated-Foward Error Correction MPE-FEC). Mejora la relación portadora a ruido (C/N), la tolerancia al efecto Doppler y las interferencias para dispositivos móviles. Su uso es opcional.

Capa Física (Physical Layer):

- Señalización de Parámetros del Transmisor (TPS). Se agregan algunos bits de señalización para indicar si algunos servicios de DVB-H están presentes en la multiplexación, además se informa si se utiliza o no MPE-FEC.
- Modo 4k. Este modo adicional de transmisión permite flexibilidad en el diseño de la red.
- Entrelazado de símbolos. El entrelazado de símbolos sobre 1, 2 ó 4 símbolos de OFDM permite mayor robustez y tolerancia al ruido.
- Ancho de Banda de 5 MHz. El ancho de banda de un canal de DVB-H es de 5 MHz.

Transmisión.

DVB-H puede entregar 20-40 canales o más (dependiendo de las tasas de bits) en 11 Mbps por multiplexación. Algunos parámetros del sistema que pueden ajustarse dependiendo de las necesidades de cada operador son:

- Ancho de banda de 5, 6, 7 y 8 MHz
- Modos COFDM de 2k, 4k y 8k (son el número de puntos utilizados en la FFT)
- Modulación 4QAM, 16QAM y 64QAM

Video y audio

DVB-H utiliza para la compresión de video MPEG-4 Parte 10 (H.264) con una resolución QCIF a 384 kbps o menos, mientras que para el audio utiliza HE-AAC.

3.2.2 T-DMB

DMB entrega servicios de televisión utilizando el estándar Eureka -147 DAB con corrección de errores adicional. El estándar de DMB está formalizado por la ETSI bajo ETSI 102 428. La entrega del contenido de DMB se realiza por satélite (DMB-S) y por radiodifusión terrestre (T-DMB). La tecnología DMB está siendo liderada por Corea y Japón.

DAB

Para entender un poco de DMB, es necesario conocer acerca de DAB. El estándar Eureka-147 para DAB se utiliza para la radiodifusión sonora terrestre y satelital, además realiza la multiplexación digital de diferentes programas, cada uno con diferentes tasas de bits. DAB utiliza la modulación OFDM con QPSK, tiene corrección de errores robusta y entrelazado de bits. El total del ancho de banda que se transmite es de 1,537 MHz.

Las bandas de frecuencia asignadas para el servicio de audio digital son: Banda L (1 452 MHz-1 492 MHz), Banda S (2,4 GHz) para la transmisión vía satélite, y para la transmisión terrestre utiliza la banda III de VHF (300 MHz).

T-DMB

T-DMB utiliza mismo sistema de transmisión que DAB, es decir, modulación OFDM, QPSK y además agrega una capa de corrección de error (FEC Forward Correction Error) que mejora su robustez y eficiencia espectral. Hace uso del mismo ancho de banda por portadora (1,537 MHz) que DAB, y también utiliza la banda III (VHF) de frecuencia para la transmisión terrestre (300 MHz).

Audio y video

T-DMB utiliza MPEG-4 parte 10 (H.264) para el video y MPEG-4 parte 3 BSAC (Bit Sliced Arithmetic Coding) o bien HE-AAC V2 para el audio. En la Figura 3.2 se observa que los contenidos multimedia pertenecientes a servicios como el de TV móvil se encapsulan en una trama (MPEG-2 TS), se codifican con códigos RS (Red Salomón), se multiplexan con otros servicios pertenecientes a la radiodifusión sonora y se transmiten utilizando la misma infraestructura perteneciente a DAB en el mismo ancho de banda. Esto se realiza de igual forma en las transmisiones por satélite.

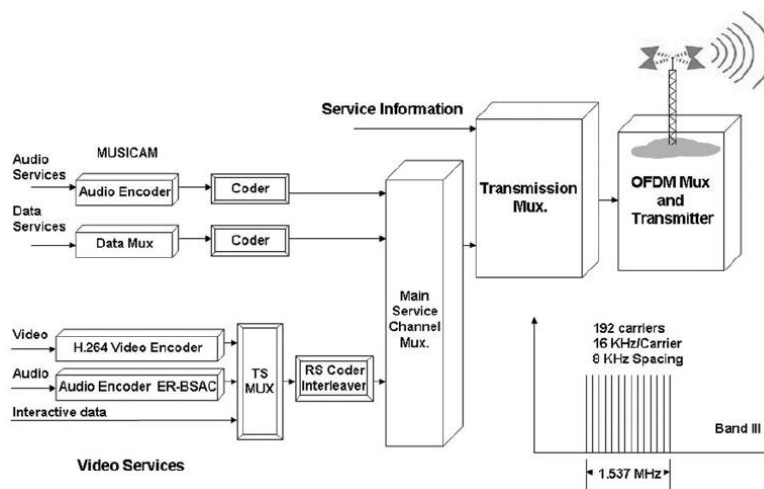


Figura 3.2. Sistema DAB Eureka 147.

Los servicios de T-DMB se lanzaron gratuitamente al mercado en Corea, cada operador tiene alrededor de 1,5MHz de ancho de banda, permitiendo 1,15Mbps por portadora, la calidad del video es de VCD (352 x 288 pixeles) a 30 fps. El video se codifica utilizando H.264 y lleva consigo calidad de audio de CD (DAB MUSICAM).

3.2.3 ISDB-T “One Segment”

ISDB (Integrated Services Digital Broadcasting) o Transmisión Digital de Servicios Integrados es un conjunto de normas creado por Japón para las transmisiones de radio digital y televisión digital. ISDB está conformado por una familia de estándares. La más conocida es la de televisión digital terrestre (ISDB-T e ISDB-Tb) pero también lo conforman la televisión satelital (ISDB-S), la televisión por cable (ISDB-C), servicios multimedia (ISDB-Tmm) y radio digital (ISDB-Tsb).

ISDB-T fue desarrollado en Japón para cubrir una variedad de servicios en un ancho de banda de 6 MHz. El sistema es muy flexible ya que se puede combinar diversos tipos de servicios incluyendo HDTV, SDTV, LDTV e incluso la recepción en dispositivos móviles. Como parte de la estrategia de la televisión digital el gobierno reservó 1/13 de la red de transmisión digital terrestre para las transmisiones a dispositivos móviles.

El sistema ISDB-T utiliza la banda UHF a frecuencias entre 470 y 770 MHz (806 MHz en Brasil), con un ancho de banda total de 300 MHz. El ancho de banda se divide en 50 canales. Cada canal tiene un ancho de banda de 6 MHz, con 5,57 MHz de banda útil de información y 430 kHz de banda de guarda. Cada uno de estos canales se divide en 13 segmentos, cada uno con 428 kHz de ancho de banda. “One segment” utiliza un solo de estos segmentos para llevar el flujo de información.

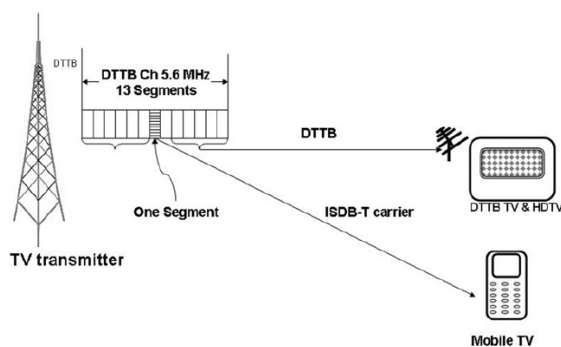


Figura 3.3. Servicios ISDB-T en Japón.

One Segment

One segment utiliza una fracción del ancho de banda de ISDB-T (1/13), un treceavo del ancho de banda de un canal de televisión digital, $5,57 \text{ MHz}/13 = 428 \text{ kHz}$. One segment soporta conexiones de 321 kbps por portadora con modulación QPSK y una codificación convolucional de $\frac{1}{2}$. Esta portadora de 321 kbps lleva consigo típicamente video codificado a 180 kbps, audio a 48 kbps, Internet y también información de los programas a 80 kbps.

Los parámetros de codificación de audio y video que utiliza son:

- Video con codificación H.264/MPEG-4 AVC a 15 fps con resolución QVGA (320 x 240), con tasas de bits entre 220 – 320 kbps
- Audio con MPEG-2 AAC con una tasa de muestreo de 24,48 kHz con tasas de bits entre 48 -64 kbps

3.2.4 MediaFLO

MediaFLO es un sistema propietario desarrollado por Qualcomm basado principalmente en:

- Múltiples formatos de codificación: H.264, MPEG-4, Windows Media y Real Video.
- Flexibilidad en las redes de distribución de radio, incluyendo 1xEV-DO, 1xEV-DO Gold
- Flexibilidad en las capas de codificación fuente y esquemas de modulación
- Anchos de banda de 5, 6,7 ó 8 MHz por canal de televisión.

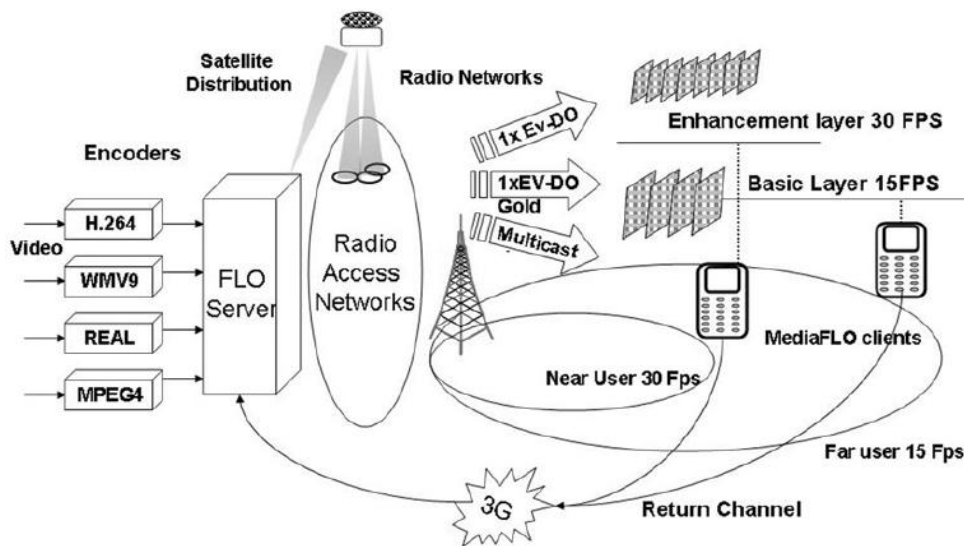


Figura 3.4. Red de MediaFLO.

La tecnología MediaFLO también se adecua para conservar energía en terminales móviles, hace uso de una señalización parecida al “time slicing” de forma tal que el aparato receptor puede acceder sólo a la parte de la señal que contiene el canal deseado.

Para la cobertura utiliza radio transmisores que pueden ser instalados hasta 50 km de distancia entre ellos, de tal forma que cubran entre 3 ó 4 transmisores un área metropolitana. MediaFLO utiliza redes de frecuencia única (SFN) para la distribución de contenido. La interacción con el usuario la realiza a través de la comunicación con las redes de 3G con sus servidores.

Transmisión

MediaFLO puede operar en cualquier frecuencia entre 300 MHz –1,5 GHz, sin embargo, su uso óptimo se da en la banda de UHF 300-700 MHz. Estados Unidos utiliza la banda de 700 MHz para su uso. Las transmisiones de las señales se hacen en OFDM con modulación QPSK o 16QAM mientras que los anchos de banda del canal de TV pueden ser de 5, 6, 7 u 8 MHz.

Codificación audio y video

Gracias a la flexibilidad en los esquemas de modulación se proveen servicios con calidad de video QVGA (352 x 240) a 30 fps, y en caso de que la relación señal a ruido (S/N) decaiga en las transmisiones debido a las grandes distancias, puede trabajar a 15 fps.

La red de MediaFLO está diseñada con múltiples niveles de correcciones de errores y una codificación eficiente que permite eficiencias de 2 bps por 1 Hz (ó 2 Mbps por 1 MHz). Puede proveer cerca de 30 canales de TV (QVGA a 30 fps), 10 canales de audio codificados con HE-AAC+, canales de video sobre demanda e información multimedia.

3.3 TV móvil digital a través de redes satelitales

Simultáneamente al desarrollo de las tecnologías de televisión terrestre para proveer servicios de TV móvil se llevan a cabo pruebas para el desarrollo de las tecnologías que prestan el servicio de TV móvil a través de satélites. Estas tecnologías toman en cuenta que es necesario utilizar un satélite especialmente diseñado para que su huella de cobertura tenga la potencia suficiente para permitir a un receptor móvil recibir adecuadamente la señal aún en movimiento, sin embargo, la recepción de la señal dentro de interiores también debe de ser posible; estos dos puntos son especialmente difíciles de alcanzar utilizando un enlace satelital. Como solución a este dilema, las tecnologías utilizan repetidores en la superficie que se encarga de brindarle a la señal enviada por el satélite la potencia suficiente como para ser recibida dentro de edificios, casas, etc.

Un sistema híbrido satelital/terrestre es capaz de cubrir estos requerimientos mediante algunos ajustes en su diseño. En la Figura 3.5 se puede apreciar dicho sistema.

- Un segmento especial realizado con un satélite geoestacionario de alta potencia para la transmisión broadcast de TV a terminales móviles.
- Una red de repetidores de baja potencia para complementar la cobertura satelital en áreas urbanas dentro de interiores. Estos repetidores pueden retransmitir la señal del satélite a la misma frecuencia (SFN) y también pueden agregar contenido extra para tener una variedad de programas mucho mayor.
- Un canal de regreso para la interacción con el usuario o bien para proporcionar video sobre demanda a una pequeña cantidad de usuarios mediante una red celular.

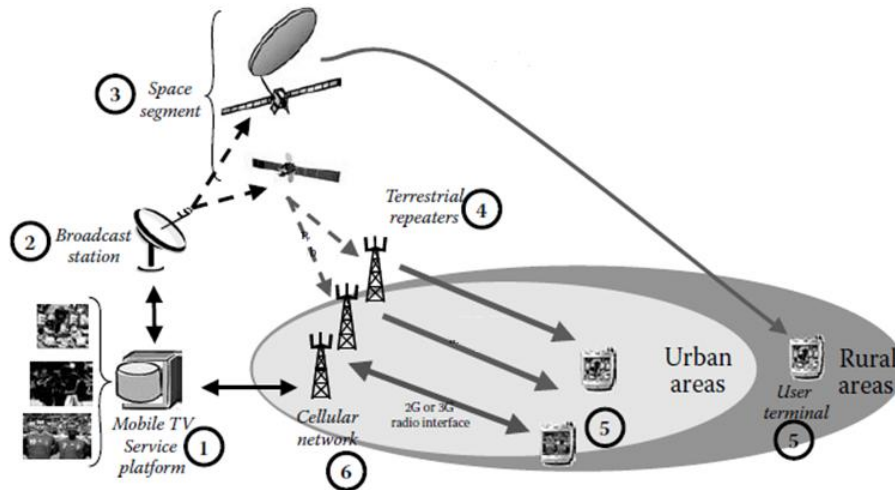


Figura 3.5. Arquitectura híbrida satélite-terrestre.

3.3.1 DVB-SH

DVB-SH (Digital Video Broadcasting- Satellite services to Handhelds) es una tecnología que se diseñó para trabajar en frecuencias debajo de 3 GHz, utilizando las bandas de UHF, banda L y banda S. DVB-SH complementa y mejora la capa física del estándar DVB-H. Al igual que DVB-H se basa en entrega de datagramas sobre IP, proporciona el servicio de guías electrónicas de contenido y compras electrónicas. La entrega del contenido se realiza mediante un enlace híbrido (satélite/terrestre), y la interacción con el usuario se realiza utilizando un canal de regreso mediante las redes 3G.

El sistema opera en la banda-S (2 170-2 200 MHz) para este tipo de arquitectura híbrida, debido a que esta frecuencia es adyacente a las bandas utilizadas por las redes UMTS. Esta proximidad de frecuencias permite una fácil integración de los repetidores terrestres con los puntos de entrega de telefonía móvil. Los cables y sistemas aéreos se pueden reutilizar, en la mayoría de los casos los repetidores pueden ser instalados sobre las estructuras existentes UMTS.

DVB-SH utiliza dos modos principales de operación:

- SH-A: Especifica la utilización de la modulación COFDM tanto en el enlace satelital como en el terrestre con la posibilidad de utilizar redes de frecuencia única (SFN).
- SH-B: Especifica el uso de la multiplexación por división de tiempo (TDM) en el enlace terrestre y COFDM para el enlace satelital.

Transmisión

DVB-SH está basado en su interfaz física en OFDM e implementa una serie de grados de flexibilidad al igual que DVB-H:

- Ancho de banda del canal: 5, 6, 7 u 8 MHz por canal; 5 MHz /canal es usual en la banda-S
- Tamaño de FFT: 2k, 4k o 8k. Para el caso de la banda-S se utiliza preferentemente 2k para maximizar la tolerancia al efecto Doppler y tener una buena calidad de la señal aún a velocidades cercanas a 160 km/h.
- Modulación QPSK o bien 16QAM.
- Intervalos de guarda de $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$ y $\frac{1}{32}$ dependiendo de la distancia entre transmisores SFN.
- Codificación mediante turbo códigos y FEC.

Video y Audio

DVB-SH también utiliza H.264 para la compresión de video, con resoluciones QVGA (320x240) a 25 fps con una tasa de bits aproximadamente de 210 kbps y HE-AAC para la compresión de audio a una tasa de bits de 24 kbps.

3.3.2 S-DMB

S-DMB se define como radiodifusión móvil multimedia (incluyendo a TV móvil) por descargas o mediante flujos de datos vía satélite en las bandas de frecuencia designadas por DAB para las transmisiones por satélite, específicamente S-DMB se aloja en las bandas de: 2 100-2 200 MHz, 2310-2 360 MHz y 2 535-2 655 MHz. Puede entregar alrededor de 18 canales a 128 kbps en 15 MHz. El sistema híbrido se diseñó para ser totalmente compatible con UMTS - MBMS, de tal forma que la integración de S-DMB en una terminal UMTS es demasiado fácil.

S-DMB tiene un fuerte mecanismo de corrección de errores (FEC Forward Error Correction) muy robusto para compensar la baja intensidad de señal recibida en las terminales móviles. La interacción con el usuario o bien la capacidad para proveer algunos servicios a unos cuantos usuarios de TV móvil se da mediante la red de 3G con la cual es totalmente compatible.

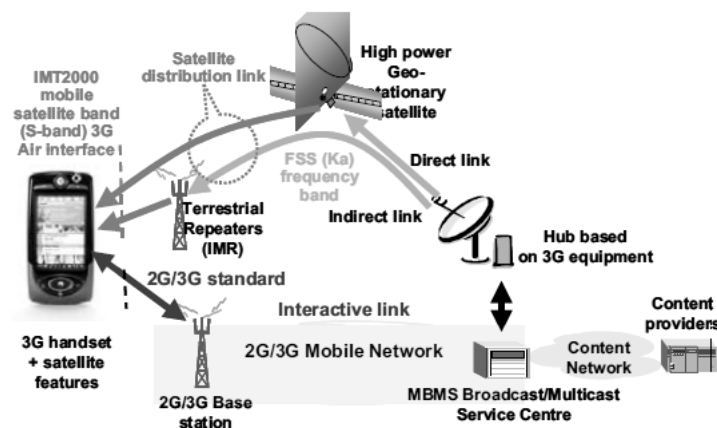


Figura 3.6. Arquitectura de S-DMB.

Algunas características generales del sistema S-DMB son:

- Video: H.264/MPEG-4 Parte 10 AVC
- Audio: MPEG-2 AAC+
- Multiplexación utilizando MPEG-4 y MPEG-2 TS
- Codificación Red Solomon (204,188)
- Convolución de entrelazado

S-DMB en Corea

Los servicios de S-DMB se lanzaron en Corea y Japón por Tu-Media. El satélite utilizado para ello es MBSAT (longitud 144°E) que utiliza la banda-S en: 2,630 - 2,655 GHz.⁴ El ancho de banda de las transmisiones por satélite es de 25 MHz para proporcionar 11 canales de video, utiliza CDMA para la entrega de contenido multimedia. El video se codifica en H.264/MPEG-4 Parte 10 y se encapsula en una trama MPEG-2 TS para su transmisión.

3.4 TV móvil digital a través de banda ancha

Actualmente las redes basadas en IP permiten acceder a contenidos multimedia que requieren una gran cantidad de ancho de banda, así como la posibilidad de movilidad. Existen dos tecnologías principales que proporcionan anchos de banda suficientes para soportar aplicaciones muy complejas, además permiten movilidad a altas velocidades de transporte.

3.4.1 WiMAX móvil

Existe la idea de que WiMAX móvil es la tecnología definida en el estándar IEEE 802.16e-2005. Pero eso no es cierto. IEEE 802.16e-2005 no es más que una enmienda que ya ha sido incluida en el estándar IEEE 802.16-2009, al igual que muchas otras enmiendas, por lo que la nomenclatura 802.16e-2005 ya es obsoleta. El estándar vigente (el único estándar válido en la actualidad), el IEEE 802.16-2009, incluye tanto aplicaciones fijas como móviles de WiMAX.

Para diferenciar la sección especificada para terminales móviles del servicio fijo de la tecnología que se conoce como WiMAX se utilizará en adelante el nombre WiMAX móvil para hacer referencia a la sección del estándar IEEE 802.16-2009 enfocada a terminales móviles.

WiMAX móvil es una tecnología de 4G e inicialmente opera en las bandas de frecuencias de 2,3 GHz, 2,5 GHz, 3,3 GHz, 3,4 – 3,8 GHz. Además, da soporte a otras bandas dependiendo de la demanda del mercado y las nuevas bandas que sean asignadas. Permite movilidad hasta en velocidades de 150 km/h. Provee tasas de bits de hasta 15 Mbps en áreas de 10 km aproximadamente.

⁴ Amitabh Kumar, "Mobile TV. DVB-H, DMB, 3G Systems and Rich Media Applications", Editorial Focal Press, Estados Unidos, 2007, p.158.

WiMAX móvil, al ser una tecnología de 4G, necesita algunos requerimientos para el acceso personal de banda ancha. Esto supone altas tasas de transmisión de datos, un rendimiento de la red muy alto, múltiples mecanismos de traspaso de áreas de servicio (handover), mecanismos para el ahorro de energía de los dispositivos móviles, un avanzado sistema de QoS (Quality of Service) con una baja latencia para poder proveer aplicaciones en tiempo real y una forma de autorización y autenticación para asegurar que el contenido llegue a su destino.

WiMAX móvil posee características que lo hacen atractivo para el uso de Internet móvil, pero también es una forma de adquirir contenido multimedia (TV móvil) debido a que:

- La mayoría de las tecnologías para proveer el servicio de TV móvil están basadas en unicast y multicast IP, ejemplo de ello es MBMS, DVB-H y DAB IP.
- La tecnología WiMAX provee una forma alternativa de observar contenido multimedia, a diferencia de otros ambientes donde el ancho de banda, las tasas de bits, la capacidad del canal son limitaciones de los sistemas (redes 3G, espectro de TV digital terrestre).
- Actualmente hay teléfonos celulares que permiten el acceso a Wi-Fi, WiBro y WiMAX.
- Existen aplicaciones que permiten proveer el servicio de TV móvil sobre WiMAX o bien a través de redes inalámbricas de banda ancha con compatibilidad global.

Las características técnicas que posee WiMAX para proveer servicios multimedia IP son:

- Modulación QPSK ó 16QAM.
- Codificación FEC y RS.
- Uso de OFDMA para el acceso y TDD ó FDD para los enlaces.
- Flexibilidad de ancho de banda (SOFDMA): Desde 1,25 MHz hasta 20 MHz.
- Uso de H-ARQ (Hybrid-Automatic Repeat Request) para brindar robustez en ambientes de alta movilidad.
- Administración de la energía para conservar las baterías de las terminales móviles.
- Sistema avanzado de antenas (AAS): Sistemas de antenas inteligentes que eligen el tipo de haz con el que irradian la energía para hacer un uso eficiente de la misma y proporcionar una intensidad de señal adecuada para cada terminal.

En la tabla 3.2 se muestran algunas características generales de WiMAX comparadas con las tecnologías celulares 3/3.5G con la finalidad de ofrecer un panorama más amplio sobre las ventajas y desventajas de ambas tecnologías.

3.4.2 WiBro

WiBro (Wireless Broadband) es una tecnología inalámbrica de banda ancha para proveer Internet desarrollada por la industria de telecomunicaciones de Corea del Sur. WiBro es el correspondiente estándar de Corea del Sur en respuesta al estándar internacional IEEE 802.16-2009 parte de movilidad.

WiBro utiliza TDD, OFDMA para el acceso múltiple y un ancho de banda de 8,75 MHz para un canal. WiBro se diseñó para superar las limitaciones en tasas de bits para dispositivos móviles y para agregar movilidad al acceso de Internet de banda ancha (ADSL y WLAN). WiBro utiliza las mismas bandas de frecuencia que WiMAX.

En febrero del 2002, el gobierno de Corea habilitó 100 MHz en la banda de 2,3 - 2,4 GHz. Para el 2004 la primera fase de estandarización de WiBro se había llevado a cabo y en 2005 ITU definió WiBro como el IEEE 802.16e para Corea.⁵

Las estaciones base de WiBro ofrecen un rendimiento de entre 30 a 50 Mbps por portadora y tienen un radio de cobertura de entre 1-5 km, permitiendo el uso de Internet móvil.⁶ WiBro provee movilidad para dispositivos móviles con velocidades hasta de 120 km/h, las tecnologías de telefonía celular ofrecen movilidad hasta velocidades de 250 km/h. La tecnología WiBro ofrece QoS (Quality of Service), que le permite proveer flujos de datos de contenido de video y otros servicios de una forma segura. Mediante pruebas se ha determinado que las velocidades típicas que soporta WiBro están alrededor de 60 km/h. En una implementación típica puede proveer de 512kbps a 3Mbps de bajada y 128kbps a 1Mbps de subida con un canal de 10MHz.

Ventajas comparativas	Celular 3/3.5G	WiMAX Móvil	Comentarios
Flexibilidad de ancho de banda		x	Ventaja de uso múltiple de los modos dúplex (tiempo y frecuencia) en WiMAX.
Rendimiento en ambientes de multitrayecto		x	El rendimiento de OFDMA es mejor al suprimir la interferencia entre símbolos (ISI) en WiMAX.
Cobertura amplia	x		Los celulares operan usualmente en bandas menores a los 2 GHz.
Estandarizado		x	El estándar para WiMAX Móvil es IEEE 802.16e
Capacidades de Voz	x		Características como esquemas de codificación de voz múltiple están integradas en 3/3.5G.
Capacidad de datos		x	Tecnología superior de OFDMA es utilizada para los datos en WiMAX.
Capacidades de movilidad	x		Facilidad de traspasos entre células (handovers) y roaming en 3/3.5G.
Reuso de frecuencias	x		La razón de reuso de frecuencias en CDMA es de 1:1 y en OFDMA es de 1:3.
Resistencia al desvanecimiento selectivo		x	Los errores en las subportadoras pueden ser corregidos en OFDMA en WiMAX
Menor probabilidad de bit en error (BER)		x	Los símbolos en OFDMA son más grandes en duración que los símbolos en CDMA.
Mayor transferencia (throughput)		x	Mejor uso de las técnicas de modulación y codificación adaptativa (AMC)
Soporte de mayor número de usuarios		x	Número menor de códigos disponible en la tecnología CDMA
Menor costo de los equipos		x	No se necesitan receptores RACK e implementación directa de algoritmos en el dominio de la frecuencia en WiMAX
Uso de técnicas avanzadas de radio		x	Un mejor uso de MIMO y tecnologías de antenas inteligentes para WiMAX

Tabla 3.2. Comparación de las tecnologías 3/3.5G y WiMAX móvil.

⁵ <http://es.wikipedia.org/wiki/WiBro>

⁶ <http://en.wikipedia.org/wiki/WiBro>

3.5 TV móvil sobre redes 3G

Los servicios basados en redes 3G para proporcionar TV móvil entregan flujos de datos con calidad aceptable en tasas hasta de 300 kbps. Esto es equivalente a un consumo de recursos en la red parecido a 10 llamadas de voz. Las transmisiones broadcast de TV no son viables cuando se requiere que este servicio sea utilizado por millones de usuarios. En cambio el uso de unicast a través de las redes de 3G es factible a unos cuantos usuarios, permitiéndoles contenido por demanda y de este modo una experiencia más personal. Las tecnologías diseñadas para trabajar utilizando estas transmisiones son dos, pertenecientes a los grupos 3GPP y 3GPP2.

3.5.1 MBMS

El estándar MBMS fue definido por 3GPP para distribuir servicios multimedia mediante conexiones punto-multipunto para paquetes IP de forma eficiente dentro redes celulares existentes de tercera generación, específicamente sobre las redes UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) y LTE (Long Term Evolution).

Como su nombre lo indica, MBMS (Multimedia Broadcast and Multicast Services) tiene dos modos de transmisión para proveer servicios multimedia: el modo de difusión masiva (broadcast) y el modo de multidifusión (multicast). La elección del tipo de modo de transmisión se realiza en base a diversos factores, como el número de usuarios por servicio. MBMS se discutirá en el capítulo 5 con mayor detalle, por el momento vale la pena resaltar algunas de sus características:

Transmisión

MBMS se localiza en el espectro definido por IMTS 2000 en las frecuencias 1 920-1 980 MHz con una extensión en la banda de 2 170-2 210 MHz, el ancho de banda del canal es de 5 MHz, el tipo de modulación que utiliza es WCDMA con una constelación QPSK (con posibilidad de incrementar a 16QAM) y con Turbo códigos. Vale la pena resaltar que al implementarse sobre las redes ya existentes 3G, MBMS cuenta con modulación y codificación adaptables (AMC). Estos parámetros se adecuan dependiendo de los reportes CQI (Channel Quality Indicator) que envían las terminales.

Audio y video

A pesar de que el límite teórico de tasas de bits es de 384 kbps para dispositivos móviles, las recomendaciones de MBMS establecen 256 kbps como el límite de tasas de bits para el canal. La codificación HE-AAC es recomendada para la compresión de audio aunque otras codificaciones son permitidas (AMR-NB, AMR-WB, E-AMR-WB, HE-AAC v2), mientras que MPEG-4 Parte 10 (H.264) es el codec para video.

3.5.2 BCMCS

BCMCS (Broadcast and Multicast Service) está definido dentro de las especificaciones producidas por el grupo 3GPP2. Provee transmisiones multimedia punto a multipunto (texto, audio, imágenes, video) desde un único transmisor a todos los usuarios (broadcast) o bien a un grupo de usuarios en un área específica (multicast). BCMCS está específicamente diseñado para satisfacer las necesidades del mercado para las transmisiones broadcast y multicast minimizando los recursos que utiliza la red de acceso por radio (RAN).

BCMCS soporta otros métodos de entrega de contenido. Unicast, le permite entregar contenido personalizado en áreas donde multicast se utiliza para entregar contenido más popular. Un sistema capaz de proveer tanto unicast como multicast permite al operador mayor control y flexibilidad en sus redes.

Existen básicamente dos tecnologías de interfaces aéreas BCMCS:

- BCMCS que opera sobre cdma 2000 1c/EV-DO, ofreciendo una capacidad de 409,6 kbps con una cobertura >99%.
- E-BCMCS (Enhanced BCMCS) con una capacidad de 1,5 Mbps con una cobertura >98%.

BCMCS se localiza en todas las bandas y canales de frecuencias utilizadas en cdma2000 EVDO/HRPD, el ancho de banda del canal es de 1,25 MHz por portadora, el tipo de modulación que utiliza es CDMA y OFDM para E-BCMCS, con constelación QPSK tanto para BCMCS como E-BCMCS y 16QAM para E-BCMCS. Para la codificación utiliza Turbo códigos.

3.6 Comparación de las tecnologías

Las tecnologías descritas en este capítulo tienen una característica común. La mayoría de ellas prestan el servicio de TV móvil mediante la transferencia de paquetes IP. Esta es una característica muy importante, ya que en el futuro se piensa lograr la integración de todas las tecnologías inalámbricas mediante alguna plataforma basada en IP.

Las diferencias entre las tecnologías radican en muchos aspectos relacionados con el ancho de banda, la velocidad de transmisión, el tipo de modulación, etc. Estos no son los únicos parámetros a tomar en cuenta para la selección de la tecnología adecuada para TV móvil. Principalmente porque existen países donde todavía no se realiza el apagón analógico. Esta es una cuestión importante, ya que estos países pueden utilizar el concepto de televisión analógica en movimiento mientras se establecen las bases para la TV digital móvil. Parámetros como el roaming de contenido, las bandas de operación de las terminales (dependiendo de cada tecnología), los costos por desarrollo, el marco legislativo y otros aspectos son cuestiones que decidirán en un futuro cual tecnología es mejor para cada país.

3.6.1 MBMS respecto a las demás tecnologías de TV móvil

MBMS es la tecnología que fue seleccionada como la mejor opción para la implantación de la TV móvil, pero ¿por qué? Bueno es una respuesta nada sencilla de contestar. Cada tecnología posee ventajas y desventajas, sin embargo, MBMS sobresale debido a que la implantación de esta tecnología se realiza sobre las redes ya existentes de 3G y redes posteriores como LTE.

Dentro de las mejoras que se realizan a las redes existentes de 3G, el único complemento es un nodo adicional denominado como Centro de Servicio de Multidifusión y Difusión masiva ó BM-SC (Broadcast/Multicast Service Centre). MBMS es entonces una mejora en el software de los nodos de la red, que puede ser implementada solamente en algunas células. Desde el punto de vista de la terminal de usuario, la terminal necesita un mínimo ajuste en el software para poder utilizar esta tecnología. MBMS es relativamente fácil y barato para implementarse.

La pregunta es entonces ¿por qué los operadores invierten en sistemas como DVB-H?, la respuesta es clara cuando comparamos estas tecnologías. Cuando se implementa MBMS sobre WCDMA utiliza un ancho de banda de 5 MHz que permite tasas de datos de 2,5 Mbit/s. Con DVB-H, las tasas de datos dependen de muchos parámetros, pero basándonos en 8 MHz de ancho de banda, las tasas de datos van desde 5 Mbit/s hasta los 31 Mbit/s.

A pesar de que las tasas de transmisión son relativamente bajas en MBMS, esta sigue siendo una tecnología prometedora ya que tecnologías como DVB-H, DMB, MediaFLO requieren infraestructura totalmente nueva diseñada para la transmisión. En muchos de los casos las terminales móviles también requieren hardware adicional para ajustarse a ciertos parámetros en la recepción de TV móvil. Además, algunos de estos estándares necesitan la asignación de espectro y la implantación de la televisión digital, mientras que MBMS utiliza el mismo espectro que las redes 3G, pudiéndose implantar de una forma relativamente fácil en el mercado.

El hecho de que MBMS utilice el mismo espectro de las redes celulares también es su debilidad, ya que esto reduce el ancho de banda disponible para otros servicios móviles que ofrecen los operadores (mensajes, llamadas, videoconferencia, etc.).

En la Figura 3.7 se muestra la comparación entre el nivel de personalización que permiten las tecnologías contra el número de usuarios que pueden soportar, es obvio que las tecnologías de difusión masiva como DVB-H, MediaFLO, DMB, ISDB-T soportan una gran cantidad de usuarios con muy poca diversidad en los contenidos. Esto no sucede en MBMS, ya que mediante un proceso denominado como Conteo, determina que tipos de contenidos son populares en ciertas áreas. Esta característica le permite a MBMS entregar contenidos en base a los intereses de los usuarios, permitiéndole al operador de red obtener mayores ingresos y al usuario final un nivel de personalización mayor. La desventaja de esta entrega de contenidos es que MBMS no soporta una gran cantidad de usuarios que soliciten un servicio personalizado a la vez.

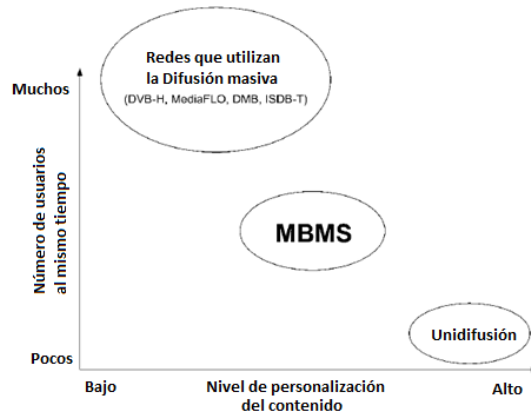


Figura 3.7. Nivel de Personalización vs número de usuario entre MBMS y otras tecnologías.

A diferencia de tecnologías como DVB-H, T-DMB, MediaFLO, etc., que utilizan únicamente la difusión masiva. MBMS permite la entrega de contenidos mediante dos modos de transmisión: difusión y la multidifusión. Estos dos modos se basan en el nuevo concepto de transmisiones punto a multipunto. La transmisión punto a multipunto consiste en la entrega de contenidos de una sola fuente a varios receptores al mismo tiempo. Además, MBMS entrega contenidos utilizando conexiones punto a punto. La decisión del tipo de conexión a utilizar depende de varios parámetros como el número de usuarios y la potencia de transmisión total. De esta forma, MBMS adapta los recursos de la red dependiendo de cómo se va a realizar el servicio, esto permite una eficiencia mayor en la red, así como la satisfacción del usuario que recibe sus contenidos de una forma óptima.

En la Tabla 3.3 se muestra un panorama general del servicio de TV móvil de todos los grupos que desarrollaron las tecnologías mencionadas en este capítulo.

Características	Radiodifusores	Operadores de Redes celulares	Operadores de Redes de Banda Ancha
Tecnologías	DVB-H, DMB, ISDB-T MediaFLO	MBMS BCMCS	WiMAX WiBro
Modos de Transmisión	Broadcast	Broadcast Multicast	Broadcast
Infraestructura	Diseñada totalmente para el servicio	Existente con algunas mejoras	Diseñada para redes Inalámbricas
Disponibilidad del espectro	Requiere asignación para TV digital	Existente y disponible	Existente con asignaciones Latentes
Interacción con el usuario	Mediante redes de telefonía celular	Mediante la misma infraestructura	Mediante redes de telefonía celular

Tabla 3.3. Panorama general de características de las tecnologías de TV móvil.

Existe otra tecnología que también utiliza los beneficios de las redes existentes, entonces ¿por qué MBMS? La respuesta es bastante sencilla. El diseño de las nuevas redes basadas en la entrega de paquetes IP utilizan MBMS para la entrega de sus contenidos multimedia, entre estas tecnologías están LTE y la plataforma IMS.

MBMS tiene un gran futuro en su implementación en las redes de LTE mediante el uso de OFDM y las redes de frecuencia única. En el capítulo cinco se analizarán a fondo las principales características que permiten a MBMS ser una tecnología tan prometedora, demostrando así porque estamos apostando por ella.

En conclusión existen muchas tecnologías que están disponibles para prestar el servicio de TV móvil. El desarrollo de las tecnologías móviles de difusión está muy relacionado con la disponibilidad de espectro mundialmente, así como la infraestructura, costos y acuerdos entre los operadores de las redes móviles y los radiodifusores de cada país, por lo que no es nada sencillo establecer un servicio tan prometedor bajo estas circunstancias.

Las tecnologías correspondientes a los radiodifusores así como las correspondientes a las redes móviles no deben de competir entre ellas, sino tomar las ventajas de cada una e implementar un sistema que proporcione la mejor experiencia al usuario final.

De este modo tecnologías como DVB-H, DMB y MediaFLO pueden entregar contenidos a un número ilimitado de usuarios a la vez, mientras que las tecnologías basadas en las redes de 3G permiten la interacción con el usuario asegurando la personalización del servicio.

La implementación de las tecnologías como un solo sistema no sólo trae mayores beneficios al usuario final sino también a las empresas y grupos encargados del desarrollo de los estándares, de los contenidos y de los anuncios dentro del servicio. Los ingresos que genera un servicio de esta magnitud incrementan el interés en el mejoramiento de servicio y seguramente la creación de nuevas tecnologías. Es por ello que la TV móvil no sólo es un servicio referido a la distribución de contenido multimedia, sino un grupo de beneficios a diversos grupos que han apostado en una propuesta tan prometedora.

3.6.2 Comparación de parámetros técnicos

A continuación veremos algunas tablas con los parámetros más importantes de cada tecnología mencionada referidos a aspectos relacionados con el uso del espectro, la transmisión del servicio multimedia, infraestructura de la red, transporte de datos dentro de la red y los codecs de audio y video. Cabe señalar que la información recabada pertenece a un estudio realizado en un artículo.⁷

En la Tabla 3.4 podemos apreciar una comparación de todas las tecnologías con respecto al uso del espectro.

	DVB-H	DVB-SH	DAB (DMB)		ISDB-T One seg	FLO	MBMS	BCMCS		WiMAX Móvil	WiBro
			T-DMB	S-DMB					E-BCMCS		
Marco Regulatorio	VHF: 174-230 MHz UHF: 470-862 MHz L-Band: 1 452-1 492 MHz	2 170-2 200 MHz (Europa) Frecuencias debajo de 3GHz, incluyendo UHF, banda L, ...	Banda III 174 – 240 MHz	Banda L: 1452-1492 MHz Banda S: 2100-2200 MHz, 2310-2360 MHz 2535-2655 MHz	UHF: 470 -770 MHz	VHF, UHF, Banda L	Terrestre: 1920 – 1980 MHz, extensión 2210 -2170 MHz	Mismas frecuencias y canales que utiliza cdma2000 1x Ev-DO HRPD		Bandas de: 2,3; 2,5; 3,3; 3,4 a 3,8 GHz Bandas: 2 -11 GHz	Mismas que WiMAX Corea: 2,3 – 2,4 GHz
Ancho de Banda	5; 6; 7; 8 MHz	1,7; 5; 6; 7; 8 MHz	1,536 MHz	1,54 MHz	430 kHz	5; 6; 7; 8 MHz	5 MHz	1,25 MHz por portadora		1,25; 2,5; 5; 7; 8,75; 10; 20 MHz	8,75 MHz por portadora
Eficiencia del espectro	0,46 – 1,86 bps/Hz	0,27 – 2,15 bps/Hz	1,216 bps/Hz	----	---	Hasta 1.86 bps/Hz	p-t-m: 0,15-0,35 bps/Hz p-t-p: hasta 2,88 bps/Hz con 16QAM	2 bps/Hz (pico) 0,33bps/Hz (típicas)	2.5 bps/Hz (pico) 1,2bps/Hz (típicas)	---	---
Org. Estándar	DVB	DVB	ETSI, DAB Forum	ETSI		Qualcomm	3GPP	3GPP2		IEEE 802.16	

Tabla 3.4. Comparación en el uso del espectro de las tecnologías de TV digital móvil.

⁷ Luigi Ardito, Claus Sattler, “Mobile Broadcast Bearer Technologies. A comparison. Update 02/2009”, Broadcast Mobile Convergence, Febrero, 2009, pp.73-83.

	DVB-H	DVB-SH	DAB (DMB)		ISDB-T One seg	FLO	MBMS	BCMCS		WiMAX Móvil	WiBro
			T-DMB	S-DMB					Enhanced		
Modulación	COFDM	COFDM	COFDM	CDMA	OFDM	COFDM	WCDMA	CDMA	OFDM	SOFDM	OFDM
Constelación	QPSK, 16QAM, 64QAM	QPSK, 16QAM	DQPSK		QPSK, 16QAM, 64QAM, DQPSK	QPSK, 16QAM	QPSK, 16QAM	QPSK	QPSK, 16QAM	QPSK, 16-64QAM	
Intervalo de guarda	1/4, 1/8, 1/16, 1/32		¼	---	1/4, 1/8, 1/16, 1/32	1/8	NA	NA		---	---
Tiempo de Intervalo de guarda	7 µs - 224 µs	11 µs - 90 µs	246µs (modo 1)	---	---	69,2 a 92,2µs	3,5µs a 1 120µs	NA	32 o 64µs	---	---
Tamaño FFT	2k, 4k, 8k	1k, 2k, 4k, 8k	256, 512, 1k, 2k	NA	1k, 2k, 4k	4k	NA	NA	320 y 360	128, 256, 512, 1k, 2k	---
Esquema de codificación	½, 7/8 Convolutacional, RS	Turbo código (1/5, 2/9, ¼, 2/7, 1/3, 2/5, ½, 2/3)	¼4/5	¼4/5	¼, 2/3, ¾, 5/6, 7/8	Turbo código 1/3, 1/2, 2/3	Turbo código (R= 1/3)	Turbo códigos 1/5, 1/3, 1/2, 2/3, 5/6(E)		Turbo códigos ½, 1/8, 1/4, 2/3, 3/4, 5/6	---
Periodo de Time Slicing	> 100 ms a 40 s		De 24ms a Minutos	---	---	Variable	Depende de MCCH, MSCH	1,667 ms		---	---
Bit rate (pico) por burst	Full transport Stream	1,34 a 5 Mbps	Full data rate	---	---	Full rate	Hasta 256kbps por canal	2,4 Mbps	3,1 Mbps	---	---
Tamaño de Burst	0,5 a 2 Mbit		192 bits a 76 kbits	---	---	1 Mbps	Variable	Hasta 4096 bits	Hasta 5120 bits	---	---
Duración del Burst	Tamaño max burst/ Bit rate pico		24ms	---	---	Variable	20, 40, 80 ms	1,667 ms		---	---
Tiempo entre Burst's	MPE-FEC	125ms a muchos seg.	16 data burst = 384 ms	---	0; 0,1; 0,2; ó 0,4 seg	Alrededor de 4 burst's	---	1,667ms a 100ms	1,667ms a 20ms	---	---
QoS Por canal	Si, diferente para cada time slice		Si	---	Si	Si	Si	Si		Si	Si
Modulación Jerárquica	Si	Posible	No necesario	---	---	Si	No	No		---	---
MPE-FEC	Si	No necesario	No necesario	---	RS(204,188)	RS(16,12)	No necesario	N/A		---	---
Data rate (teórica)	Hasta 27,7 Mbps	Más de 27Mbps en 8 MHz	Hasta 1,8 Mbps	---	---	---	Hasta 1,5 Mbps	2 Mbps	3 Mbps	---	---
Data rate (práctica)	Hasta 15 Mbps	Hasta 17,235 Mbps en 8 MHz	Hasta 1,4 Mbps	---	---	Hasta 14,9 Mbps	Hasta 1,5 Mbps	307,2 kbps (típico)	1,2 Mbps (típico)	---	---
Escalabilidad por servicio	0 - 10 Mbps (time slice)	0 - 5 Mbps	---	---	---	12kbps - 1Mbps	0 - 256 kbps	Hasta 2 Mbps	Hasta 3 Mbps	---	---

Tabla 3.5. Comparación de los parámetros de transmisión.

	DVB-H	DVB-SH	DAB (DMB)		ISDB-T One seg	FLO	MBMS	BCMCS		WiMAX Móvil	WiBro
			T-DMB	S-DMB					Enhanced		
Tamaño máximo de célula para SFN	No hay restricciones	Hasta cientos de km	No hay restricciones	---	---	Depende de C/N e intervalo de guarda	---	No utiliza SFN	No hay restricciones	---	---
Distancia entre Tx's (Típica)	25km a 40km	500m a 50 km	89 km (modo I)	22 km (modo II) 45km (modo IV)	---	2 km a 25 km	500m A 2 000m	500m A 3 000m		---	---
Potencia del Tx incluyendo PIRE	100 W a 100 kW	Pocos cientos de W hasta cientos de kW	Hasta 10 kW	Hasta 4 kW	---	Hasta 50 kW	600 W	≈1 kW (En dirección del pico de la ganancia de la antena)		---	---
Handover suave	Si	Si	Si	Si	---	Si	Si	Si		---	---

Tabla 3.6. Comparación en la estructura de las redes de distribución de las tecnologías de TV digital móvil.

	DVB-H	DVB-SH	DAB (DMB)		ISDB-T One seg	FLO	MBMS	BCMCS		WiMAX Móvil	WiBro
			T-DMB	S-DMB					Enhanced		
IP versión	IPv4, IPv6	IPv4, IPv6	No hay Capa IP	No hay Capa IP	---	IPv4, IPv6	IPv4, IPv6	IPv4, IPv6		---	---
Entrega de Streaming	RTP	RTP	MPEG2+MPEG4	MPEG2+MPEG4	MPEG2	FLO sync Layer	RTP	RTP		---	---
Entrega de Archivos (file's)	FLUTE	FLUTE	MOT	MOT	---	MFD	FLUTE	No especificada		---	---

Tabla 3.7. Comparación en el nivel de transporte de las tecnologías de TV digital móvil.

	DVB-H	DVB-SH	DAB (DMB)		ISDB-T One seg	FLO	MBMS	BCMCS	WiMAX Móvil	WiBro
			T-DMB	S-DMB				Enhanced		
Formato de video	H.264 (recomendado)	H.264	H.264	H.264	H.264	Enhanced H.264	H.264	---	---	---
Tamaño de pantalla	QCIF, QVGA	QCIF, QVGA	Max (QVGA)	QVGA	QVGA	QQVGA, QVGA, CIF, QCIF	QCIF (ó QVGA)	---	---	---
Frame rate	15-30 fps	15-30 fps	Hasta 30 fps	---	15 fps	Variable Hasta 30 fps	15 fps (ó hasta 30 fps)	---	---	---
Max Video bit rate	B: 384 kbps C: 768 kbps	B: 384 kbps C: 768 kbps	Hasta 1 Mbps Típico entre 256 - 544 kbps	128 kbps (ó 256 kbps)	220 a 320 kbps	1 Mbps	128 kbps (ó 256 kbps)	---	---	---
Encapsulamiento de video	RTP (RFC 3984)	RTP (RFC 3984)	H.264/AVC: RFC 3984 VC-1: RFC 4425	---	---	FLO Sync Layer	RFC 3984	---	---	---
A/V paquetes de video	No Decidido	No Decidido	MPEG-2 TS, MPEG-4 SL	MPEG-2	---	---	Single NAL mode	---	---	---
Formato de Audio	HE-AAC V2	HE-AAC V2	MPEG-4 ER-BSAC HE-AAC – Europa	MPEG-2 HE-AAC+	HE-AAC	HE-AAC V2	AMR-NB, AMR-WB, E-AMR-WB, HE-AAC V2	---	---	---
Max. Audio bit rate	192 kbps Para stereo	192 kbps Para stereo	192 kbps	---	64 kbps	---	192 kbps	---	---	---
Encapsulamiento de audio	RFC 3640	RFC 3640	BSAC, HE AAC v2	---	---	FLO Sync Layer	RFC 3267, RFC 4352, RFC 3640	---	---	---

Tabla 3.8. Comparación de los parámetros de video y audio.

3.7 Referencias

- <http://es.wikipedia.org/wiki/WiBro>.
- <http://en.wikipedia.org/wiki/WiBro>.
- ✓ Frank Dickson, White Paper. "Analog mobile TV: The world's Most Widely Available Option for Mobile TV", In-Stat, Agosto 2009.
- ✓ Amitabh Kumar, "Mobile TV. DVB-H, DMB, 3G Systems and Rich Media Applications", Editorial Focal Press, Estados Unidos, 2007.
- ✓ Borko Furht and Syed Ahson, "Handbook of Mobile Broadcasting. DVB-H, DMB, ISDB-T and MediaFL", CRC Press, Estados Unidos, 2008.
- ✓ White Paper. "Mobile TV: The Groundbreaking Dimension", Joint Mobile TV Group, 2006.
- ✓ Luigi Ardito, Claus Sattler, "Mobile Broadcast Bearer Technologies. A comparison. Update 02/2009", Broadcast Mobile Convergence, Febrero, 2009.
- ✓ Yan Zhan, Shiwen Mao, Laurence T. Yang and Thomas M. Chen, "Broadband Mobile Multimedia. Techniques and applications", CRC Press, Estados Unidos, 2008
- ✓ Alvarion, "The WiMAX 802.16e Advantage. A comparison between WiMAX 802.16d and 802.16e TDD Technologies", WiMAX Forum, 2009.
- ✓ Alvarion, White Paper. "Comparing Mobile WiMAX, 3G and Beyond A technical comparison of mobile WiMAX and third generation mobile technologies", WiMAX Forum, 2007.
- ✓ Monica Paolini, Senza Fili Consulting, White Paper. "Leveraging 802.16e WiMAX™ Technology in License-Exempt Bands Wireless operators, public agencies, and enterprises can now adopt the latest WiMAX technology without securing licensed spectrum", 2009.

4

Redes móviles de Tercera Generación

La infraestructura que utiliza MBMS es la misma que utilizan las redes móviles de tercera generación. Esta es una de las características que permiten a MBMS una rápida implantación en el mercado, ya que sólo se necesitan algunos ajustes en algunos nodos para establecer el servicio. De este modo, en este capítulo se analizan las arquitecturas de las redes móviles 3G actuales (pertenecientes a 3GPP), así como sus características principales, sus componentes, funciones y forma en la que permiten a un usuario móvil comunicarse.

Antes de comenzar directamente con el análisis de alguna red en particular, es importante saber que las redes 3G estandarizadas por el grupo 3GPP son parte de un grupo de tecnologías que la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) denomina como redes de Tercera Generación.

4.1 Redes de Tercera Generación

La tercera generación de redes inalámbricas (3G) es un término que se utiliza para describir a la generación actual de servicios móviles, los cuales proveen una mejor calidad de voz que las redes 2G, Internet de alta velocidad y servicios multimedia. La definición universal aceptada de qué es la

tercera generación de redes móviles es la publicada por la ITU, que define y especifica los requerimientos técnicos así como el uso del espectro para sistemas de 3G (IMT-2000).

Las redes 3G deben ser capaces de proporcionar servicios de datos con una transmisión mínima de 144 kbps para ambientes móviles (exteriores) y 2 Mbps para ambientes fijos (interiores). Basado en estos requerimientos la ITU aprobó cinco candidatos como interfaces de radio para los estándares IMT-2000 en 1999 como parte de la recomendación ITU-R M.1457. WiMAX también fue considerado como parte de las tecnologías 3G, pero esto fue hasta el 2007. En la Tabla 4.1 se muestran algunos parámetros relacionados con estas tecnologías:

Nombre según ITU IMS-2000	Nombre Comercial		Tecnología para datos	Pre-4G	Duplex	Acceso Múltiple	Descripción	Cobertura	Grupo
TDMA Single Carrier (IMT-SC)	EDGE (UWT-136)		EDGE Evolution	Ninguno	FDD	TDMA	Evolución GSM/GPRS	Mundial excepto Japón y Corea del Sur	3GPP
CDMA Multi-Carrier (IMT-MC)	CDMA 2000		EV-DO	UMB		CDMA	Evolución cdmaOne	América, Asia, otros	3GPP2
CDMA Direct Spread (IMT-DS)	UMTS	1.WCDMA 2. TD-CDMA 3.TD-SCDMA	HSPA	LTE			Familia de Estándares	1.Mundial 2.Europa 3.China	3GPP
CDMA TDD (IMT-TC)					FDMA/TDMA (IMT-FT)	DECT	Ninguno	FDMA TDMA	Servicio Fijo
IP OFDMA			WiMAX (IEEE 802.16)		TDD	OFDMA		Mundial	WiMAX

Tabla 4.1. Estándares 3G/IMT-2000.

Las redes 3G se diseñaron tomando en cuenta las siguientes características:

- Incrementar significativamente la capacidad del sistema de radio y las tasas de datos por usuario que se tenían en los sistemas 2G: Los sistemas de radio 3G deben soportar tasas de datos hasta de 144 kbps para usuarios móviles en un vehículo, 384 kbps para peatones y hasta 2 Mbps para usuarios estacionarios o fijos.
- Soporte de servicios de datos, voz y multimedia basados en IP: El objetivo de diseñar las redes 3G es que no exista una frontera entre la comunicación entre las personas que acceden a través de Internet y sus servicios por medio de las redes 3G.
- Mejoras al soporte de calidad del servicio (QoS): Los sistemas 3G buscan proveer mayor soporte de calidad del servicio, debido a que estos sistemas proveen servicios de datos, voz y video en tiempo real, flujos de datos así como descargas de video y audio.
- Mejorar interoperabilidad: La interoperabilidad entre los sistemas 3G con los 2G es muy importante para procesos de roaming entre diferentes proveedores de servicio, tecnologías de radio y países.

El ancho de banda y la información disponible en los dispositivos 3G permite aplicaciones que con las generaciones anteriores no eran posibles:

- I. TV móvil: El proveedor de 3G direcciona un canal de TV al teléfono del suscriptor.

- II. Video sobre demanda: El proveedor envía un archivo de video al teléfono del suscriptor
- III. Videoconferencia: Los suscriptores pueden realizar video llamadas.
- IV. Servicios basados en la localización: Dependiendo del lugar, el proveedor de servicios permite conocer el estado del clima, del tráfico o bien algún otro tipo de información.

Dos organizaciones a nivel mundial son las encargadas del desarrollo de extensiones así como evolución de los estándares de redes inalámbricas 3G: 3GPP y 3GPP2. Ya que MBMS es una tecnología perteneciente a los estándares hechos por 3GPP, solamente se realiza el análisis a las redes basadas en conmutación de paquetes IP que define el grupo 3GPP.

La información que publica el grupo 3GPP sobre sus tecnologías se encuentra disponible en su página web organizada en publicaciones denominadas como ‘Releases’. Cada publicación contiene cierto tipo de información correspondiente a la tecnología a desarrollar, ya sea una nueva o bien mejoras a los estándares correspondientes de alguna existente. Las publicaciones más recientes incorporan la versión mejorada de los estándares correspondientes a las redes UMTS. Mientras que las versiones que están en desarrollo incorporan información acerca de LTE (Long Term Evolution) e IMS (IP Multimedia Subsystem).

La documentación está disponible gratuitamente en la página web de 3GPP. Los estándares son tan detallados que cubren la interfaz de radio, la red núcleo, información para el cobro de cuotas, codificación de voz, codificación de fuente, autenticación y muchos otros aspectos como el tipo de señalización necesaria entre el equipo móvil y la red 3G. En la Tabla 4.2 se describe brevemente las tecnologías analizadas en las últimas publicaciones.

Versión	Año	Descripción de la Publicación
Phase 1	1992	GSM-Características.
Phase 2	1995	GSM-Características, Codec EFR.
Release 96	1997 Q1	GSM-Características, GPRS.
Release 97	1998 Q1	GSM-Características, Tasa de bits por usuario: 14.4 kbits/s.
Release 98	1998	GSM-Características, AMR, EDGE, GPRS.
Release 99	2000 Q1	Especifica la primera red de 3G UMTS incorporando como interfaz aérea CDMA.
Release 4	2001 Q2	Denominado en un principio como Release 2000, agrega algunas características, entre ellas redes núcleo basadas en IP.
Release 5	2002 Q1	Incluye IMS (IP Multimedia Subsystem) y HSDPA.
Release 6	2004 Q4	Se agregan interoperación con WLAN, además agrega HSUPA, MBMS y actualizaciones a IMS.
Release 7	2007 Q4	Concentra en reducir la latencia, mejoras al servicio de calidad (QoS) y aplicaciones en tiempo real como voz sobre IP. También se concentra en HSPA+, SIM, EDGE Evolution y en la interface de radio (‘front end’).
Release 8	Detenido en diciembre 2008	LTE, Redes sobre IP (SAE). Esta publicación constituye una reestructuración de las redes UMTS para lo que será en el futuro 4G.
Release 9	En progreso	Mejoras en SAES, interoperabilidad LTE/WiMAX.
Release 10	En progreso	LTE Advanced.

Tabla 4.2. Publicaciones realizadas por 3GPP.

4.1.1 Arquitectura de la red de 3G basada en IP

El término arquitectura describe tanto los componentes como las funciones de una red o sistema. Debido a la gran cantidad de funciones en un sistema de una red celular, la arquitectura de una red se divide en dos partes fundamentales: red de acceso por radio (RAN) y red núcleo (CN).

El Protocolo de Internet ó IP, conocido universalmente como un protocolo de la capa de red para redes de paquetes se ha convertido rápidamente en un protocolo prometedor para sistemas inalámbricos. La razón es porque un dispositivo IP móvil puede realizar el roaming fácilmente si los sistemas inalámbricos en su capa de red poseen IP. Las redes basadas en IP son menos costosas, más rentables, permiten una gran cantidad de servicios, son de fácil administración y permiten la interconexión con otras redes basadas en IP. En la Figura 4.1 se observa la interconexión entre diversas redes basadas en IP.

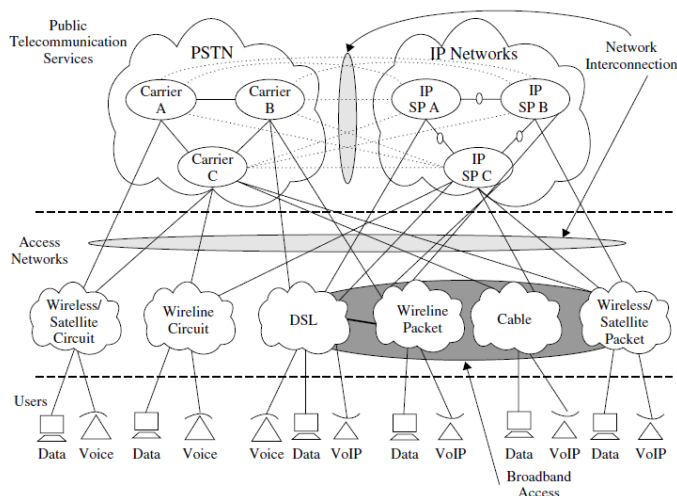


Figura 4.1. Servicios de comunicaciones basados totalmente en redes IP.

4.2 WCDMA/HSPA

Una red pública administrada por un solo operador para proveer servicios móviles terrestres se denomina Red Móvil Pública Terrestre ó PLMN (Public Land Mobile Network). En la Figura 4.2 se muestra la arquitectura de una red móvil basada en 3GPP que consiste en varias redes de acceso por radio ó RAN (Radio Access Network) interconectada con una red núcleo ó CN (Core Network).

En la Publicación número 5 (Release 5) se especifica que una red UMTS soporta tanto GSM/EDGE RAN (GERAN) como UMTS Terrestrial RAN (UTRAN) para la parte de RAN.

Las redes WCDMA/HSPA utilizan la filosofía de mantener una funcionalidad separada, es decir, que la red núcleo no esté consciente de la tecnología de acceso por radio. Esto significa que la parte de RAN debe de controlar toda la funcionalidad y optimización de la interfaz de radio y que las células deben de quedar escondidas desde el punto de vista de la red núcleo. Como

consecuencia la red núcleo se puede utilizar con cualquier tecnología de acceso por radio (RAN) que adopte esta misma funcionalidad separada. Como consecuencia de la funcionalidad separada, las funciones de una RAN para una red WCDMA/HSPA son:

- Codificación, entrelazado, modulación, y otras funciones típicas de la capa física.
- ARQ (Automatic Repeat reQuest), compresión del encabezado y otras funciones típicas de la capa de enlace.
- Administración de los recursos por radio, traspaso (handover) y otras funciones típicas del control de recursos de radio ó RRC (Radio Resource Control).
- Seguridad (cifrado y protección de la identidad).

Funciones necesarias para cualquier sistema móvil, que no tienen una repercusión en el rendimiento físico de la red se concentran en la red núcleo (CN):

- Tarifas y cuotas.
- Administración de los subscriptores.
- Administración de la movilidad (identificar usuarios que realizan roaming o bien a usuarios que se cambian a otras redes).
- Administración de la transmisión y la calidad del servicio.
- Políticas del control de flujo de datos.

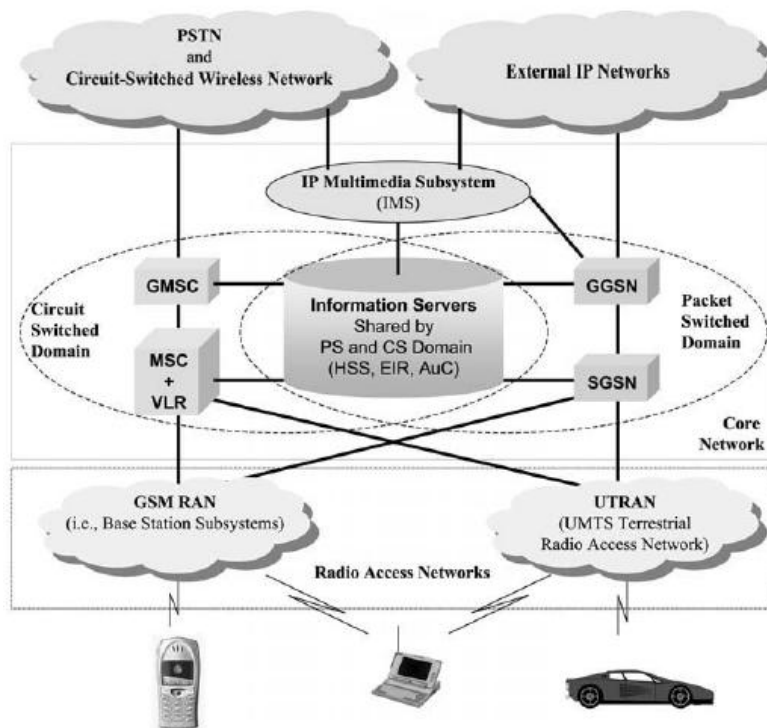


Figura 4.2. Arquitectura de una red 3GPP (Release 5).

4.2.1 Red de Acceso por Radio (RAN)

Como ya se mencionó anteriormente, en la publicación número 5 se menciona que una red de tercera generación en la zona RAN soporta tanto GERAN como UTRAN. Redes que a continuación se describen con más detalle.

GERAN

GERAN se divide en diversos Subsistemas de Estaciones Base ó BSSs (Base Station Subsystems). Cada uno de estos BSS consiste en una o múltiples Estaciones Tranceptoras Base ó BTSs (Base Transceiver Stations) y en Controladores de Estaciones Base ó BSCs (Base Station Controllers). El BTS mantiene la interfaz de aire, la señalización y el procesamiento de la voz a través de la interfaz de aire. Mientras que el BSC controla las conexiones de radio hacia las terminales móviles así como las conexiones hacia la CN, cada BSC puede controlar una o más BTSs. Entre cada nodo existe una interfaz que realiza la señalización entre ellos, pero la especificación de estas interfaces está fuera del alcance de esta tesis.

UTRAN

UTRAN se divide en diversos Subsistemas de Red de Radio ó RNS (Radio Network Subsystems). Cada RNS consiste en uno o más Nodos B controlados por un Controlador de Red de Radio ó RNC (Radio Network Controller). Un nodo B es una estación base inalámbrica que es análoga a la BTS en GSM, y es la encargada de proveer la interfaz aérea a las terminales móviles. Un RNC, que es análogo al BSC en GSM, controla las conexiones hacia las terminales móviles y también las conexiones provenientes de la CN.

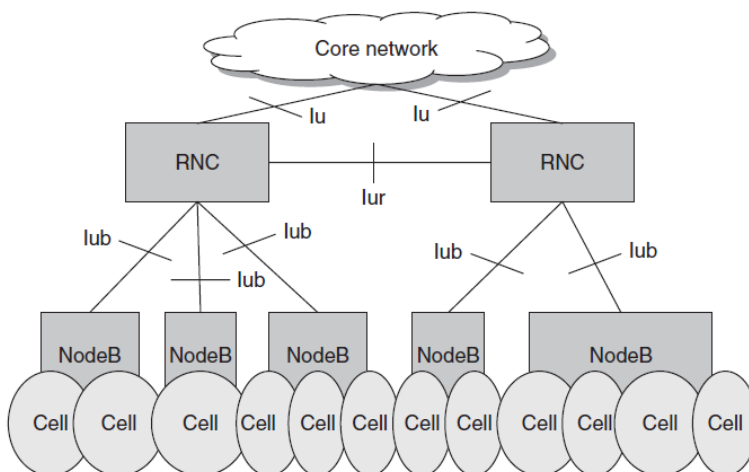


Figura 4.3. Red de Acceso por Radio de UMTS: Nodos e interfaces.

La Figura 4.3 muestra como está constituida UTRAN, sus nodos e interfaces: el Controlador de la Red de Radio (RNC), el nodo que conecta a la antena con las células (Nodo B), la interfaz lu que conecta la RAN con la CN, la interfaz lur que conecta los diversos RNC entre sí y la interfaz lub que conecta los RNC con los Nodos B. Estas interfaces están definidas en las extensiones dentro de las

publicaciones de 3GPP, pero están fuera del alcance de esta tesis. A continuación se enfocará el estudio en UTRAN y sus dos principales nodos.

Nodo B

El Nodo B es un nodo físico que maneja la transmisión y la recepción para un conjunto de células o sectores. Lógicamente las antenas de estas células pertenecen al Nodo B, pero no están obligadas a estar en el mismo sitio. Por ejemplo, para un ambiente de interiores muchas células pequeñas pueden ser manejadas por un Nodo B en el sótano de un edificio, mientras que las antenas pueden estar en diferentes corredores en distintos pisos.

Cada Nodo B maneja su propio “hardware” pero no los recursos de las células. Esto se refleja en el hecho de que el Nodo B puede rechazar una conexión debido a las limitaciones de su hardware, y no debido a los recursos de radio.

Sencillamente, un Nodo B es una estación base, responsable de todas las funciones requeridas para enviar y recibir datos sobre la interfaz de aire; esto incluye la codificación de canal, modulación, propagación y envío o recibo de tramas. También es el responsable del control de energía de todas las conexiones, es decir, dependiendo de los reportes CQI (reportes de calidad de la señal en la recepción) enviados desde la terminal de usuario hacia la red, el Nodo B decide si incrementa o disminuye la potencia de la estación para las transmisiones o bien le informa a la terminal de usuario que aumente la potencia o la disminuya para evitar la interferencia.

La interfaz Iub que conecta a los Nodos B con el RNC utiliza una conexión cercana a los 2 Mbps. Utiliza tecnología ATM basada en E-1 para cumplir con estos requerimientos aunque también cuenta con otras interfaces ópticas y de microondas para comunicarse con RNC o bien vía Ethernet.

RNC

En la Figura 4.3 se muestra que un Nodo B solo puede estar conectado con un RNC, mientras que un RNC puede estar conectado a diversos Nodos B al mismo tiempo. Un nodo RNC maneja los recursos de radio de todos los Nodos B a los que esté conectado y también realiza otras tareas:

- Establecimiento de la conexión de radio o conexión de la transmisión.
- Selección de las propiedades de la transmisión basadas en la capacidad de radio disponible, tipo de transmisión (voz y datos), requerimientos de calidad del servicio y servicios disponibles dependiendo del perfil de suscripción del usuario.
- Administración de la movilidad mientras la transmisión se ha establecido, es decir, control del traspaso entre diferentes células y entre distintos Nodos B de la red (handover).
- Control en la sobrecarga de la red y sobre la interfaz de radio. Cuando la red ya no tiene recursos disponibles, el RNC bloquea el establecimiento de nuevas conexiones para prevenir la ruptura de las que ya se tienen establecidas, o bien reasigna los anchos de banda de otras conexiones para permitir otra conexión de voz o de datos.

Estructura de la Interfaz de Aire

La interfaz de aire que utiliza UTRAN es WCDMA, por ello comúnmente se le denomina de este modo. El acceso a la red se realiza mediante códigos, los cuales son variables en longitud y ortogonales entre usuarios de la misma célula. Estos códigos utilizan un cierto número de chips⁸ para codificar un bit de información, de modo tal que podemos tener muchos códigos de dispersión (spreading) para la representación de un solo bit.

La asignación del código depende de la disponibilidad de los mismos, así como de la capacidad de la red. En general la ventaja que proporcionan es la posibilidad de reutilizar la misma frecuencia para la transmisión de diversos códigos a diversos usuarios, ya que cada uno de los usuarios “habla un idioma diferente”. Sin embargo, el análisis de estos códigos es un tema que está fuera del enfoque de esta tesis, por ello solamente se menciona su uso para el acceso a la red.

GSM, UMTS y otros sistemas de comunicaciones inalámbricos utilizan dos tipos de flujos de información. En UMTS, se les denomina como planos de información. Los dos planos que se utilizan son: Plano de Usuario y Plano de Control. El Plano de Usuario está referido a la información que se intercambia en las conexiones de usuarios, como los paquetes IP o la voz en las llamadas. El Plano de Control se utiliza para la información de señalización entre la red y el usuario en el establecimiento de llamadas y mensajes. En la Figura 4.4 se muestran ambos planos.

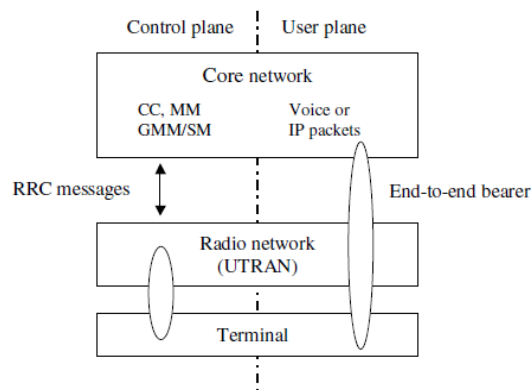


Figura 4.4. Planos de Usuario y de Control.

Como existen muchas redes visibles para un usuario al mismo tiempo, la terminal móvil necesita obtener información acerca de qué red pertenece a cada operador, también necesita detectar células vecinas para reaccionar a los cambios en la intensidad de la señal cuando el usuario se mueve. Para mantener o ahorrar el consumo de energía de la batería del dispositivo es necesario saber cuándo encender el receptor para detectar si hay una llamada, algún mensaje o paquete en descarga. El asegurar la calidad del servicio así como la prevención del corte de una llamada por saturación de la red, son motivos por los cuales el canal de radio se divide en diversos canales individuales.

⁸ Un chip es un pulso de un código DSSS (Direct-Sequence Spread Spectrum), parecido a una secuencia de pseudo-ruido utilizado en las técnicas de acceso al canal en CDMA.

Para separar las propiedades físicas de la interfaz de aire de la transmisión lógica de datos, UMTS introduce diferentes capas de canalización, la Figura 4.5 muestran estos canales.

Canales Lógicos: Llevan consigo flujos de información como son datos de usuario y datos de señalización; no contienen ningún tipo de información acerca de las características del canal de transmisión.

Canales de Transporte: Estos canales preparan los paquetes de datos que se reciben de los canales lógicos para la transmisión sobre la interfaz de aire. Definen que tipos de codificación de canal se utilizan sobre la capa física.

Canales Físicos: Estos canales describen como se transportan los datos de la capa anterior cuando se envían sobre la interfaz aérea y aplican la codificación de canal establecida.

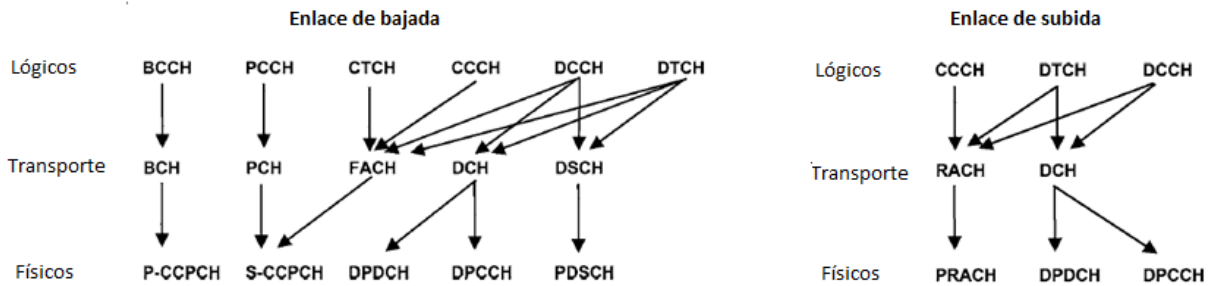


Figura 4.5. Canales lógicos, de transporte y físicos utilizados en UMTS.

En general existen dos tipos de canales relacionados con los planos antes mencionados, los canales que transportan información de control y los canales que transportan información de usuario. La información que se transporta sobre cada canal esta fuera del enfoque de esta tesis, sin embargo, es importante mencionar que la información entre el usuario y la red se divide principalmente en:

- Información broadcast: Contiene información que se distribuye a todos los usuarios en la célula concerniente a cómo se realiza el acceso a la red, códigos que se utilizan tanto en la célula como en células vecinas y algunos otros parámetros de identificación de la red. Los canales que la contienen son: BCCH; BCH y P-CCPCH.
- Información específicamente a datos: Contiene los datos de las aplicaciones solicitadas por el usuario, es decir, una llamada, un mensaje SMS, un paquete, etc. La entrega del contenido se realiza a través de canales dedicados para cada usuario (con ancho de banda definido y conexión fiable) o bien a través de un canal con tasas variables de datos de acceso común. Los canales que contienen esta información son: CTCH, DTCH; FACH, DCH, DSCH; S-CCPCH, DPDCH, DPCCH y PDSCH

- Información de control: Contiene información referida al acceso a la red, es decir, los códigos que se utiliza, en qué momento se usan, mensajes de paging, mensajes entre la red - usuario y viceversa para indicar la llegada de una llamada o paquete. Los canales que contienen esta información son: BCCH, PCCH, CCCH, DCCH; BCH, PCH, FACH, RACH, DCH; P-CCPCH, S-CCPCH, DPCCH y DPSCH.

Los canales FACH y S-CCPCH son dos canales muy importantes dentro MBMS. Los canales lógicos que utiliza MBMS se mapean en el canal de transporte FACH, el cual a su vez se mapea sobre el canal físico S-CCPCH. A continuación una breve descripción de ambos:

- FACH (forward access channel): Se utiliza por la red para enviar mensajes de control de recursos de radio (RRC) a las terminales que previamente solicitaron dicha conexión mediante el Canal de Acceso Aleatorio (RACH). Los mensajes contienen información de cómo acceder a la red, así como los códigos de dispersión (spreading) para los enlaces de subida y bajada de un enlace dedicado. Además, el canal FACH se utiliza para enviar datos a la terminal móvil cuando no hay un canal dedicado.
- S-CCPCH (secondary common control physical channel): Se utiliza para enviar la información de PCH y FACH a toda la célula (broadcast). Las tasas de transmisión de este canal son variables ya que no solamente se envía la información de control sino que además se envía la información de datos a una terminal cuando ésta se encuentra en estado FACH.

Con la implantación de HSPA (HSDPA y HSUPA) en las redes UMTS se incrementaron las tasas de datos y se agregaron algunos canales físicos compartidos:

- HS-DPSCH (High Speed Downlink Physical Shared Channel) ó Canal Físico Compartido de Bajada de Alta Velocidad: Se utiliza por varios usuarios con diferentes códigos de esparcimiento en diferentes slots de tiempo para la transmisión de los datos.
- HS-SCCH (High Speed Shared Control Channel) ó Canal Compartido de Control de Alta Velocidad: Se utiliza por varios usuario para informales cuáles y cuántos slots de tiempo les fueron asignados por la red.

Además del uso de códigos ortogonales de longitudes variables, HSPA utiliza intervalos de tiempo de transmisión que se asignan dependiendo del ancho de banda que requiera la aplicación. Esto permite mayores tasas de datos que a su vez permiten aplicaciones más demandantes, como la TV móvil. La mayoría de las terminales móviles que soportan HSPA permiten monitorear varios canales compartidos a la vez, lo cual es una mejora con respecto a WCDMA que sólo permitía un canal dedicado por usuario.

Estados de Control de Recursos de Radio ó Estados RRC

Para ahorrar energía y para asignar recursos a las terminales móviles sólo cuando es necesario, la red específica a las terminales móviles en que estados RRC (Radio Resource Control) deben entrar:

- Estado Idle: Los dispositivos no se están comunicando de forma activa con la red, periódicamente escuchan los mensajes del canal de “paging” para recibir una llamada, mensaje SMS o paquete.
- Estado Cell-FACH: Este estado es en el que entran los dispositivos cuando desean contactar con la red. La terminal móvil envía mensajes de control vía RACH y la red le contesta en canal FACH dentro del S-CCPCH. Los requerimientos de potencia se ven incrementados mientras las terminales esperan por los mensajes de control.
- Estado Cell-DCH: Cuando la red decide establecer una conexión de voz o datos, la terminal móvil entra en este estado para utilizar un canal dedicado, si la terminal es capaz de usar HSPA, la terminal es instruida por la red para utilizar un canal compartido. Si se tiene una conexión de conmutación de paquetes con mucho tiempo de inactividad, la terminal es instruida a pasar al estado Cell-FACH; cuando se reciba algún paquete de la red, entonces la terminal nuevamente volverá a pasar al estado Cell-DCH.

4.2.2 Red Núcleo ó CN (Core Network)

La Red Núcleo soporta servicios de conmutación de circuitos (CS) y de conmutación de paquetes (PS) para usuarios móviles. Los servicios basados en CS incluyen conmutación de llamadas de voz, video llamadas y funciones de control de llamadas para el soporte de llamadas punto a punto. Mientras que los servicios basados en PS incluyen enrutamiento y transporte de paquetes IP de usuarios. Ambos dominios de conmutación soportan servicios adicionales que generalmente son aplicaciones sobre redes IP que necesitan más que un simple transporte, ejemplos de ellas son: servicios de locación (clima, tráfico), juegos, mensajes multimedia, e-mail, www, y comercio electrónico.

La red núcleo se divide en los siguientes bloques funcionales:

- Dominio de Conmutación de Circuitos ó CS (Circuit-Switched).
- Dominio de Conmutación de Paquetes ó PS (Packet-Switched).
- Subsistema Multimedia IP ó IMS (IP Multimedia Subsystem).
- Servidores de Información.

Cabe mencionar que tanto IMS como los Servidores de Información son bloques que no pertenecen específicamente a las redes WCDMA/HSPA, sino más bien son bloques funcionales que se encuentran en la gran mayoría de Redes Núcleo de diversos operadores.

Cada RAN de cada red enruta el tráfico de conmutación de circuitos al CS, mientras que el tráfico de conmutación de paquetes se enruta hacia PS. En la Figura 4.6 se muestra la Red Núcleo simplificada para redes WCDMA/HSPA; se puede apreciar los nodos principales que la componen y sus respectivas interfaces.

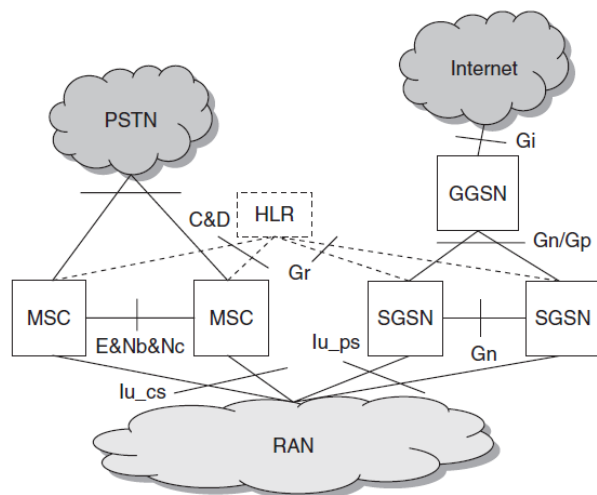


Figura 4.6. Red Núcleo de WCDMA/HSPA basada en GSM.

Dominio de Conmutación de Circuitos (CS)

Este dominio consiste en elementos que proveen servicios de voz y datos a los usuarios mediante la conmutación de circuitos. Está basado en mismas tecnologías que GSM, sus elementos principales son:

- Centro de Conmutación de servicios Móviles ó MSC (Mobile services Switching Center).
- Gateway MSC.
- Registro de Ubicación de Visitantes ó VLR (Visitor Location Register).
- Servidor de Suscriptores Local ó HSS (Home Subscriber Server), Registro de Identidad de Equipos ó EIR (Equipment Identity Register) y el Centro de Autenticación ó AuC (Authentication Center).

El MSC realiza la conmutación y el control de llamadas que son servicios básicos hacia los usuarios móviles, realiza la administración de la movilidad, el registro de ubicación y el traspaso entre células (handover). El MSC interconecta las RANs con los dominios de CS, de este modo, un solo MSC puede estar interconectado a GERAN y a UTRAN a la vez.

El Gateway MSC se utiliza como interfaz con la red externa de conmutación de circuitos (PSTN). El GMSC es el responsable de direccionar la llamada a su destino final en la red externa de conmutación de circuitos.

El VLR se encarga del seguimiento de la ubicación de las terminales móviles que se encuentren en la misma red que él, e informa a su correspondiente HLR de la ubicación de las terminales. También obtiene información de la suscripción de la terminal para controlar los servicios a los que puede acceder el usuario durante su estancia en la red visitada. Usualmente, el VLR está integrado en cada MSC.

Dominio de Conmutación de Paquetes (PS)

El dominio de PS realiza las siguientes funciones:

- Control de acceso a la red: Determina cuál dispositivo puede utilizar el dominio PS; estas funciones incluyen registro, autenticación y autorización, control de admisión, filtrado de mensajes y recolección de datos del usuario.
- Enrutamiento y transporte de paquetes: Enruta los paquetes de usuario hacia su destino, ya sea que esté en la misma red o en otras redes externas.
- Administración de la movilidad: Realiza funciones de movilidad en la capa de red, estas funciones incluyen rastreo y actualización de la ubicación de las terminales móviles y 'paging'.

El dominio de conmutación de paquetes utiliza como base la plataforma de red GPRS. Los nodos que se encuentran dentro de este dominio son principalmente dos: Nodo de Soporte del Servicio GPRS (SGSN) y el Nodo de Soporte del Gateway GPRS (GGSN).

EL SGSN interconecta a varias RANs hacia el dominio PS, además realiza las siguientes funciones:

- Control de Acceso: El SGSN es el responsable de la conexión entre la RAN y el dominio PS.
- Administración de ubicación: Rastrea la ubicación de los móviles que utilizan el servicio de conmutación de paquetes y se comunica con el HLR para obtener información de suscripción.
- Administración de las Rutas: Mantiene una ruta hacia el GGSN para cada móvil enviando el tráfico a través de dicha ruta.
- Paging.

El GGSN sirve como interfaz entre el dominio de PS y cualquier otra red de paquetes (Internet, intranet, IMS). Realiza las siguientes funciones:

- Enrutamiento de paquetes y centro de envíos: Todos los paquetes de y hacia el móvil en la red deben de pasar primero por el GGSN, el cual envía los paquetes a su destino final.
- Ruteo y administración de la movilidad: El GGSN rastrea al SGSN que provee el servicio a cada móvil, establece entonces una ruta con este SGSN a través de la cual se realizará el intercambio de tráfico.

IP es el protocolo que se utiliza para el intercambio de tráfico entre SGSNs, entre SGSN-GGSN, entre GGSNs, entre GGSN y cualquier otra red IP externa. Como se utiliza este protocolo se deben asignar direcciones IP a los SGSNs y a los GGSNs dentro de la red. Se deben utilizar direcciones privadas para ello y mediante NATs se puede obtener una comunicación con las redes ruteables de las redes externas.

Servidores de Información

Los servidores de información proveen la información a la red para operar y proveer servicios a los usuarios. Tanto el CS como el PS comparten los servidores de información:

- Servidor de Subscriptores Local ó HSS (Home Subscriber Server): Es la base de datos maestra que contiene la información de suscripción de los usuarios. El componente principal del HSS es el HLR que contiene identidad del usuario, ubicación e información de suscripción.
- Centro de Autenticación ó AuC (Authentication Center): Es un elemento que contiene la información necesaria para autenticar al usuario y encriptar la comunicación sobre el trayecto de radio. Las redes acceden a él a través del HSS.
- Registro de Identidad del Equipo ó EIR (Equipment Identity Register): Es el elemento que contiene información de la identidad de los subscriptores.

4.3 LTE (Long Term Evolution)

LTE sólo se diseñó para dar soporte a servicios de conmutación de paquetes. Las tecnologías dentro de LTE agrupan evoluciones tanto en la red de acceso de radio (E-UTRAN ó Evolved-UTRAN) como en la red núcleo (EPC ó Evolved Packet Core). Estas dos evoluciones comprenden lo que se denomina como Evolución del Sistema de Paquetes ó EPS (Evolved Packet System).

EPS utiliza la transmisión mediante conexiones que dirigen el tráfico IP desde el gateway en la red de paquetes de datos hacia la terminal del usuario (UE). Estas conexiones son flujos de paquetes IP con una calidad de servicio (QoS) definida entre el Gateway y UE.

La Figura 4.7 muestra la arquitectura y los elementos de la red cuando tenemos una conexión RAN de E-UTRAN. Además se muestra claramente una división entre 4 dominios principales: La terminal del usuario (UE), E-UTRAN, EPC y el dominio de servicios.

UE, E-UTRAN y EPC representan la capa de conectividad de IP, esta parte del sistema también se denomina como EPS. La función principal de esta capa es proveer conectividad basada en IP, de forma que todos los procesos están optimizados y basados totalmente en este protocolo.

El desarrollo de E-UTRAN se enfoca en un solo nodo, el Nodo evolucionado B ó eNodo B. Todas las funciones de radio se concentran aquí. E-UTRAN es simplemente un conjunto de eNodo Bs conectados con otros eNodo Bs mediante una interfaz X2.

Uno de los cambios que presenta la red núcleo respecto a lo que estamos acostumbrados, es que la EPC no contiene dominio de conmutación de circuitos con conectividad directa con las redes de PSTN. Por su funcionalidad la EPC es equivalente al dominio de conmutación de paquetes existente en las otras redes de 3GPP. Al igual que las redes WCDMA/HSPA, LTE cuenta con funcionalidad separada.

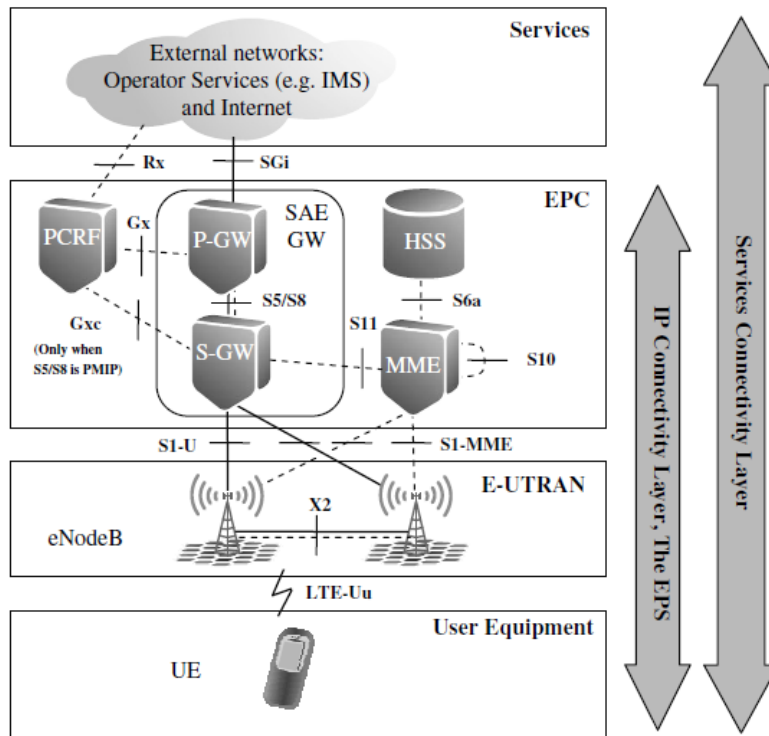


Figura 4.7. Arquitectura de LTE basada en E-UTRAN.

4.3.1 E-UTRAN (Evolved UTRAN)

La red de acceso de radio de LTE, E-UTRAN, consiste en una red de eNodo Bs. Estos eNodo Bs están interconectados entre sí mediante una interfaz X2. La interfaz S1 conecta a los eNodo Bs con la red núcleo evolucionada (EPC) específicamente al MME y al S-GW. La Figura 4.8 muestra E-UTRAN con sus respectivas interfaces.

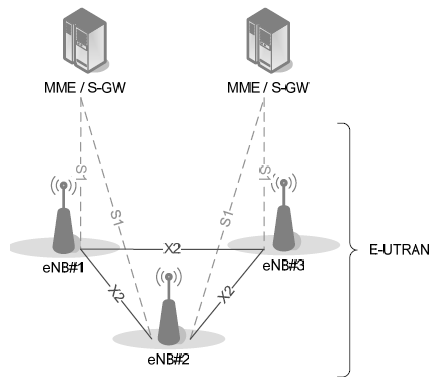


Figura 4.8. Único nodo en E-UTRAN: eNodo B.

E-UTRAN es responsable de las siguientes funciones:

- **Administración de los Recursos de Radio:** Cubre las funciones relacionadas con las transmisiones de radio: control de las conexiones de radio, control de admisión, control movilidad y asignación dinámica de los recursos de radio en los enlaces de subida y bajada.
- **Compresión del Encabezado:** Al realizar la compresión del encabezado se realiza un uso eficiente de la interfaz de radio para evitar la sobrecarga de la red.
- **Seguridad:** Toda la información que pasa sobre la interfaz de radio es encriptada.
- **Conectividad con la EPC:** Consiste en la señalización hacia el MME (Mobility Management Entity) y el trayecto de la conexión hacia el S-GW (Serving Gateway).

eNodo B

El único nodo en E-UTRAN, eNodo B, es una estación base de radio que controla las funciones relacionadas con la interfaz de radio. Estas estaciones base están distribuidas a lo largo del área de cobertura de la red y controlan diversas células a la vez.

A diferencia de las tecnologías de segunda y tercera generación, en LTE se integra la función del controlador de radio dentro del eNodo B. Esto permite una interacción más fácil entre las diferentes capas de protocolos y la RAN; además se reduce la latencia y los costos. Estos nodos utilizan 'hard handover', es decir, que sólo hay un sólo eNodo B comunicándose con un usuario a la vez. Para que no existan pérdidas de información mientras esto sucede, la interfaz X2 realiza una serie de operaciones para mantener la comunicación entre eNodo Bs.

Una característica de la conexión mediante la interfaz S1, que realiza el enlace entre la RAN y la CN, es que permite conectar la parte de RAN con muchos nodos de la red núcleo (MME/S-GW pool) para evitar la sobrecarga de la red. Debido a que la carga de datos se puede dividir entre los MME/S-GW que existen, evitando así fallas de los nodos de la red núcleo.

LTE está totalmente basado en el transporte de IP sobre la red de radio, las estaciones base están equipadas con puertos Ethernet de 100 Mbps o 1 Gbps o bien con puertos ópticos de 1 Gbps.

El eNodo B actúa como un puente entre la terminal del usuario (UE) y la red núcleo (EPC), siendo un puente entre las conexiones de radio y las conexiones basadas en conectividad IP hacia EPC. El eNodo B hace el cifrado/descifrado de datos, compresión/descompresión del encabezado IP. También es responsable de diversas funciones en el plano de control. Se encarga de la administración de los recursos de radio (RRM), controla la utilización de la interfaz de aire, reubica los recursos dependiendo de las peticiones de los usuarios, priorizando y organizando el tráfico dependiendo de la calidad del servicio (QoS) y además hace un monitoreo constante del uso de los recursos.

De esta forma, el eNodo B tiene un rol importante en la administración de movilidad (MM), ya que controla y analiza los niveles de intensidad de radio tomando en cuenta la información proporcionada por las terminales de los usuarios. Entonces decide como realizar el traspaso entre células, 'handover'. Esto incluye el intercambio de señalización entre los eNodo Bs y el MME. Cuando un usuario nuevo hace una petición para obtener recursos de la red, el eNodo B enruta la solicitud hacia el MME, ya sea utilizando uno nuevo o alguno que haya sido previamente utilizado.

Estructura de la Interfaz de Aire

A diferencia de las redes UMTS, LTE hace uso de la tecnología OFDM como interfaz de aire. Esto le permite incrementar el número de usuarios por ancho de banda, incrementar la robustez de la señal en contra del multitrayecto, reducir latencia, gran flexibilidad de anchos de banda (1,25, 2,5, 5, 10, 15 y 20 MHz) y un ambiente de propagación adecuado para el uso de redes de frecuencia única.

La adaptación del enlace es fundamental para el diseño de la interfaz de radio. La adaptación del enlace en HSPA y LTE permite que las tasas de datos de las transmisiones se ajusten dinámicamente en base a la capacidad del canal de radio para cada usuario. La adaptación del enlace está muy relacionada con el diseño del canal, el esquema de codificación y modulación y la corrección de errores.

Las transmisiones de datos en LTE se realizan re-utilizando el concepto de canales de UMTS basado en dos planos: Usuario y Control. En comparación con UMTS, en LTE todos los dispositivos utilizan un canal compartido en la capa física, es decir, entre el eNodo B y la terminal del usuario. El modelo de canales que utiliza LTE reutiliza el concepto de canales lógicos (qué se transmite), canales de transporte (cómo se transmite) y canales físicos (interfaz de aire) para separar la transmisión de datos sobre la interfaz de aire de la representación de datos. En la Figura 4.9 se pueden observar tanto los canales de subida como los de bajada para las diversas capas.

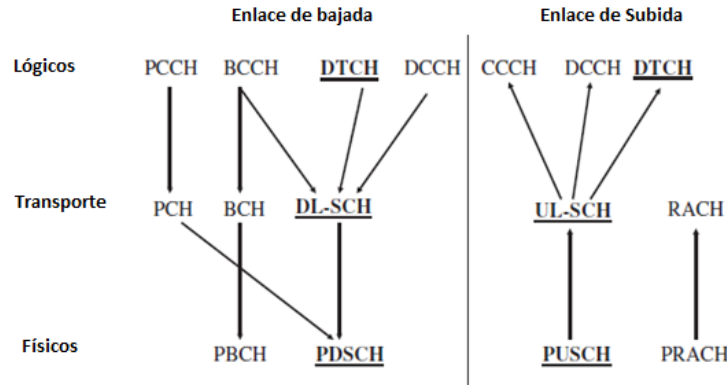


Figura 4.9. Canales de subida y bajada de LTE.

La transmisión de datos de usuario para el enlace de bajada se realiza en el canal PDSCH. Dentro del canal PDSCH, el acceso se realiza mediante OFDMA. Cada sub portadora se transmite en paralelo con 15 kHz de separación, las tasas de datos de los usuarios dependen del número de sub portadoras dentro de un tiempo de transmisión (TTI) o bien del número de bloques que les sean asignados.⁹ El nodo B determina los recursos de la red a utilizar para cada usuario mediante los reportes CQI que reciben de cada terminal (Figura 4.10).

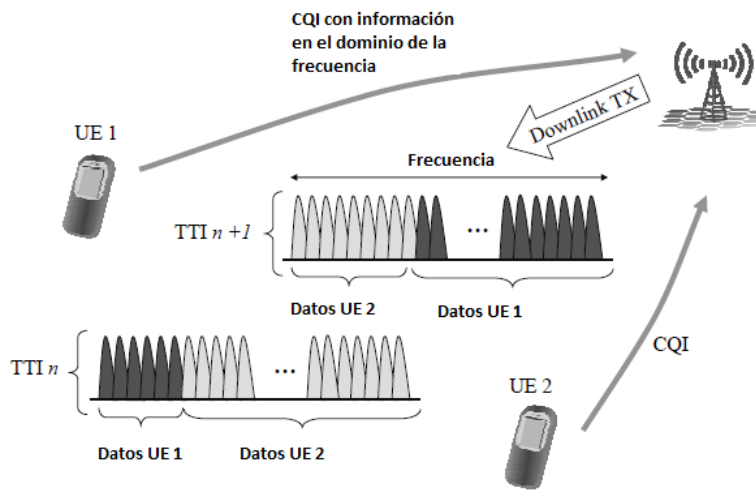


Figura 4.10. Asignación de recursos para el enlace de bajada en el eNodo B.

En las transmisiones de datos para el enlace de bajada, el eNodo B selecciona el esquema de modulación y la tasas de codificación a partir de una predicción en las condiciones del canal de bajada. Los reportes CQI son indicadores de las tasas de datos que puede soportar el canal, tomando en cuenta la relación señal a interferencia (SINR) y las características de las terminales móviles. En general, en respuesta a los reportes CQI, el nodo B selecciona el tipo de esquemas de modulación QPSK, 16QAM y 64QAM y las tasas de codificación.

⁹ Harri Holma y Antti Toskala, "LTE for UMTS: OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access", John Wiley & Sons, Reino Unido, 2009, p.89.

4.3.2 EPC (Evolved Packet Core)

La Red Núcleo (llamada EPC) es responsable del control de la terminal de usuario (UE) y de las conexiones. Los nodos lógicos más importantes que lo componen son:

- Gateway de la Red de Paquetes de Datos ó P-GW (PDN Gateway).
- Gateway de Servicio ó S-GW (Serving Gateway).
- Elemento de Administración de Movilidad ó MME (Mobility Management Entity).
- Servidor Local de Suscriptores ó HSS (Home Subscriber Server).
- PCRF (Policy Control and Charging Rules Function).

PCRF: Es el responsable del control de políticas, así como el encargado del control del flujo basado en las funciones que se pueden realizar dependiendo del perfil del usuario y las tarifas. El PCRF es el elemento que autoriza si un paquete lleva consigo algún tipo de calidad de servicio (QoS) basado en el perfil del suscriptor.

HSS: Contiene la información de subscripción de los usuarios así como su perfil para determinar si pueden utilizar QoS y 'roaming'. También contiene información acerca de las redes de paquetes de datos con las cuales el usuario puede conectarse. Mantiene información dinámica como la identidad del MME con el cual el usuario está registrado.

P-GW: Es el responsable por la asignación de las direcciones IP a los usuarios, así como de las mejoras en la calidad del servicio (QoS) y el flujo de datos dependiendo de las reglas establecidas por el PCRF para el cobro de tarifas. También se encarga de colocar los paquetes IP en diferentes transmisiones dependiendo su QoS, de forma tal que se garanticen las tasas de transmisiones adecuadas. Sirve como punto de anclaje para la intercomunicación con otras tecnologías como lo es CDMA2000 y WiMAX.

S-GW: Todos los paquetes IP de los usuarios pasan a través del S-GW. Sirve como un nodo de anclaje para todas las conexiones de datos cuando el usuario se mueve entre eNodos B. También retiene la información de la transmisión cuando la terminal móvil se encuentra en el estado inactivo (idle) y almacena temporalmente las descargas de datos mientras el MME empieza el censado (paging) de las terminales para restablecer la conexión. Además, realiza algunas funciones administrativas en la red visitada, como lo es la recolección de información del cobro de tarifas y las cuestiones legales. Por último, el S-GW es el punto que sirve de anclaje con otras tecnologías como lo son GPRS y UMTS, para cuestiones de movilidad entre redes.

MME: Este elemento es el nodo principal de control que procesa la señalización entre la terminal móvil (UE) y la red núcleo (EPC). Los protocolos que se utilizan entre dichos elementos se conocen como protocolos NAS (Non-Access Stratum). Las funciones que realiza son principalmente:

- Autenticación y seguridad: Aquí el MME es el encargado de autenticar al usuario mediante la información obtenida por el HSS, así como asegurarse de que sus claves sean lo suficientemente seguras para que no pueda ocurrir un robo de identidad.

- Administración de la movilidad: El MME se encarga de crear entradas y avisar al HSS sobre la ubicación de la terminal móvil (UE). MME hace el rastreo del equipo de usuario sin importar el estado en que se encuentre la terminal de usuario (inactiva o activa). También controla la asignación y la terminación de los recursos de la red dependiendo de los estados de la terminal de usuario. Participa en el control de señalización para el traspaso (handover) entre eNodo Bs, S-GWs o bien entre MMEs.
- Administración de la suscripción y control de servicios: El MME está en contacto con la base de datos que contiene el perfil del usuario, así como los servicios con los que cuenta, y a partir de este perfil permite que el usuario pueda acceder a diversas aplicaciones con diversos QoS.

4.4 IMS (IP Multimedia Subsystem)

El Subsistema Multimedia de IP (IMS) se introdujo por primera vez en la Publicación número 5 del grupo 3GPP (Release 5), para las redes y servicios existentes. Pero desde la Publicación 8, IMS se empezó a utilizar para proveer servicios sobre redes fijas e inalámbricas basadas en IP.

IMS es independiente de la capa de conectividad IP que se tenga en cada red. IMS requiere su propio registro y administración de las sesiones, también ha sido específicamente diseñada para operar en las redes de acceso de 3GPP. IMS utiliza el protocolo de inicio de sesión ó SIP (Session Initiation Protocol) para el registro y control de las sesiones de servicio. SIP se utiliza en la terminal de usuario, las interfaces y nodos de IMS. La arquitectura básica de IMS consta de diversos bloques que están agrupados por las funciones que realizan, estos bloques son:

- Administración de la sesión y enrutamiento.
- Bases de Datos.
- Elementos de Servicio.
- Elementos de Interconexión.

En el proceso de conexión de IMS ocurre lo siguiente: Primero, una terminal de usuario (UE) realiza un proceso de señalización con los nodos CSCFs (*Call State Control Function*), dependiendo de los servicios que desee, y con los Servidores de Aplicación (AS). Las funciones de administración de sesión y enrutamiento son manejadas por los CSCFs que controlan el registro de esa UE en IMS. Estos CSCFs realizan la señalización con las bases de datos para obtener información del perfil del suscriptor, también se señalizan con los Elementos de Servicio para saber qué tipo de conexión se necesita para el servicio, así como los recursos para la transmisión. Finalmente, los CSCFs realizan la señalización con algunos de los Elementos de Interconexión de redes para controlar la interconexión.

Administración de la sesión y enrutamiento

Función de Control del Estado de Llamada ó CSCF (Call State Control Function)

El CSCF es el elemento central en la señalización SIP entre el UE e IMS. Este CSCF se encarga del registro, autenticación y de la administración de la sesión de servicio. CSCF puede asumir tres roles en el mismo nodo o bien, en diferentes nodos conectados a través de una interfaz Mw; de cualquier forma estos tres roles intervienen en la señalización SIP entre el UE e IMS.

S-CSCF (Serving-CSCF)

El S-CSCF provee servicios de control de sesión al usuario, además realiza las siguientes funciones:

- Registro: El S-CSCF puede actuar como un registro SIP, e informa la ubicación del usuario al servidor de ubicación o bien al servidor de suscriptores (HSS).
- Control de Sesión: El S-CSCF realiza funciones de control de sesión para los usuarios registrados.
- Servidor Proxy: También puede actuar como un servidor Proxy SIP que permite el envío de mensajes entre usuarios y otros CSCFs ó bien entre servidores SIP.
- Interacción con los servidores de aplicaciones (AS): Actúa como una interfaz para los servidores de aplicación y otras plataformas IP.

P-CSCF (Proxy-CSCF)

Un P-CSCF es el primer contacto que tiene la terminal móvil con la red local o visitada IMS. El P-CSCF acepta peticiones SIP provenientes de las terminales móviles y proporciona servicios el mismo o a través de otros servidores. P-CSCF incluye la Función de Control de Políticas ó PCF (Policy Control Function) que controla la parte legal de cómo se deben utilizar las conexiones. Además realiza las siguientes funciones:

- Permite el paso de mensajes SIP desde el móvil hacia su red local ó hacia los servidores SIP. También permite el paso de mensajes SIP de la red hacia el móvil.
- Realiza ajustes a las peticiones SIP antes de enviarlas a los demás elementos de la red.
- Mantiene la seguridad con el móvil.
- Detecta sesiones de emergencia.

I-CSCF (Interrogating-CSCF)

Su principal función es seleccionar el S-CSCF para la sesión del usuario, enrutar las peticiones SIP hacia el S-CSCF seleccionado. El I-CSCF se ubica en la frontera de la red local y es el responsable del estado de registro del usuario, así como de la asignación de un nuevo S-CSCF o bien direccionar al usuario uno ya existente. Además, puede interactuar con los servidores de aplicaciones para el manejo del servicio.

Bases de Datos

El Servidor de Subscriptores Local (HSS) es la base de datos principal que se utiliza en IMS. El HSS contiene una copia de los datos de suscripción. Provee información de la ubicación y autenticación a las peticiones realizadas por el I-CSCF, S-CSCF o el AS. Pueden existir varios HSS seleccionables, por lo que se necesita de una base de datos de estos HSS para poder acceder a ellos, dicha base de datos se conoce como Función del Localizador de Suscripción ó SLF (Subscription Locator Function).

Elementos de Servicio

Los Servidores de Aplicación (AS) proveen servicios específicos a los usuarios finales. Estos servicios comprenden juegos multi-usuario, videoconferencia, mensajería, servicios comunitarios y compartimiento de contenido.

IMS define tres tipos de servidores de aplicación: Servidores SIP, OSA y CAMEL. Los servidores SIP se comunican directamente con los S-CSCF a través del protocolo SIP. Los servidores OSA cumplen la misma función, pero requieren el uso de un servidor SCS ('Service Capability Server') entre el servidor OSA y el S-CSCF para traducir mensajes SIP. El ambiente de servicio CAMEL, es un conjunto de mecanismos que permiten al operador de la red entregar servicios específicos a los usuarios, incluso cuando estos realizan el 'roaming'.

Los servidores de aplicación deben cumplir con los siguientes requerimientos:

- Soporte para un amplio rango de servicios para usuarios finales.
- Rápido despliegue y creación del servicio.
- Configuración sencilla del servicio.
- Evolución independiente entre servicios e infraestructura.
- Soporte para ambientes multi-jugador.
- Acceso universal a los servicios.

Elementos de Interconexión

Los elementos de interconexión son nodos que se utilizan cuando IMS necesita interoperación con otras redes, ya sean otras IMS ó redes de conmutación de circuitos (CS). Los elementos de interconexión que utiliza IMS son: BGCF (Breakout Gateway Control Function), MGCF (Media Gateway Control Function), IBCF (Interconnection Border Control Function), IMS-MGW (IMS-Media Gateway) y MRF ('Multimedia Resource Function').

4.4.1 Interconexión de IMS con las redes de 3GPP

La plataforma IMS se diseñó para proveer conectividad IP a redes de telefonía móvil de tercera generación de la familia GSM/GPRS/UMTS/LTE (grupo 3GPP) y otorgar a los usuarios una amplia gama de servicios.

En la Figura 4.11 se observa la arquitectura de la plataforma IMS correspondiente a las capas de control y de servicio. Es importante recalcar que otras redes basadas en la distribución de funciones por capas (transporte, control y servicio) pueden trabajar utilizando IMS, debido a que IMS realiza su propio registro, control y terminación de sesiones basado en un protocolo de inicio de sesión (SIP) que permite la interconexión con redes basadas totalmente en IP correspondientes a la capa de transporte.

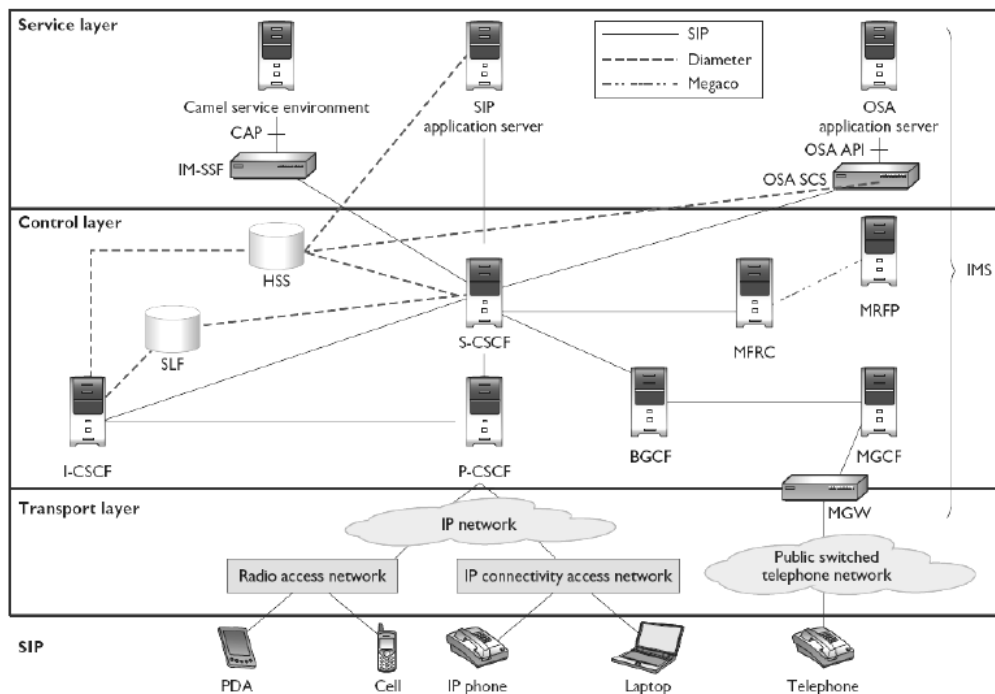


Figura 4.11. Arquitectura IMS para redes que transportan paquetes IP.

En la Figura 4.12 se observa un ejemplo de la interconexión de IMS con una red de UMTS, mientras que en la Figura 4.13 se observa la interconexión de IMS con una red LTE. Claramente comprobamos que IMS se puede implantar en redes de paquetes IP, (aunque estos ejemplos pertenecen solamente a redes del grupo 3GPP), así, IMS tiene la posibilidad de adaptarse a cualquier red basada en el protocolo IP. Esta es una cuestión importante porque en el capítulo cinco se analiza la interconexión de IMS con MBMS para la distribución de contenidos en conexiones punto a multipunto. Esto demuestra que MBMS es una tecnología que también sirve como referencia para la entrega de contenidos multimedia en plataformas que solamente realizan la entrega de servicios en conexiones punto a punto.

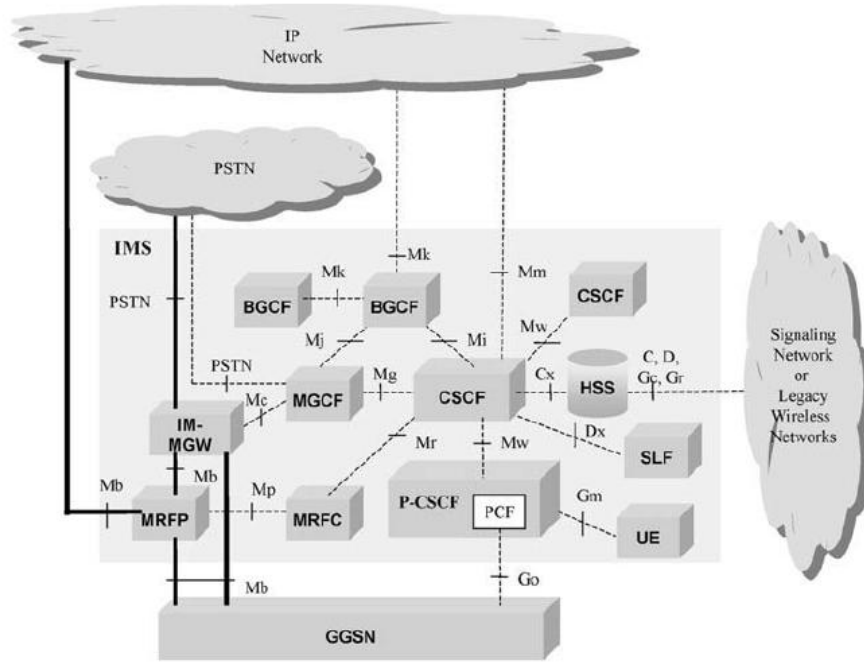


Figura 4.12. IMS interconectada con UMTS.

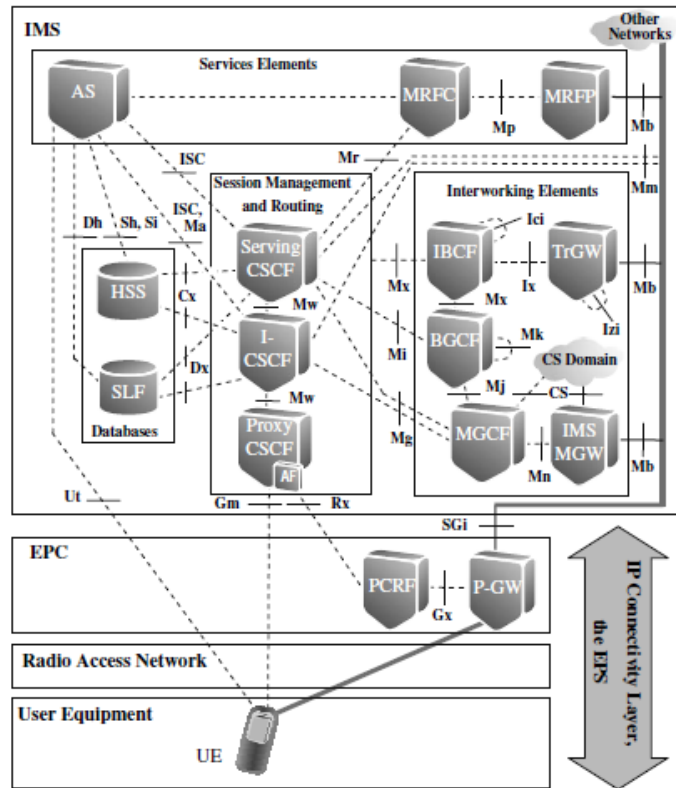


Figura 4.13. IMS interconectada con LTE.

4.5 Características de las terminales móviles de usuario (UE)

En los últimos años, las terminales móviles han evolucionado muchísimo. Cerca de 1992 y hasta 2002 el principal interés era construir dispositivos cada vez más pequeños. En ese tiempo los únicos dos servicios que se utilizaban eran la voz y el servicio de mensajes SMS. Desde entonces el desarrollo de las terminales móviles se concentró en agregar funciones para aplicaciones multimedia. En un principio, las pantallas en blanco y negro fueron remplazadas por pantallas a color y las resoluciones que antes eran de 100 x 64 pixeles se incrementaron a 240 x 320 pixeles, 480 x 320 pixeles e incluso resoluciones mucho mayores. Actualmente, grandes resoluciones y pantallas a color son requisitos para las aplicaciones. Estas aplicaciones incluyen el uso de cámaras de video, mensajes multimedia, correo electrónico y navegación por Internet.

La mayoría de los dispositivos que se conectan a las redes están basados en un chip con un procesador diseñado por ARM.¹⁰ Otras compañías como Intel, Texas Instruments están interesadas en la creación de chips para terminales móviles.

Los diseños de los chips que soportan una gran cantidad de aplicaciones están diseñados para ser lo más baratos posibles. Al mismo tiempo la terminal móvil debe de consumir poca energía cuando está inactiva para hacer un uso eficiente de la energía. Los chips diseñados deben tener un balance entre la eficiencia de energía y su desempeño cuando los usuarios interactúan con la terminal. En la Figura 4.14 se observa un diagrama de bloques simplificado de un chip multimedia. El diagrama está basado en el diseño OMAP 24xx y 34xx de Texas Instruments.

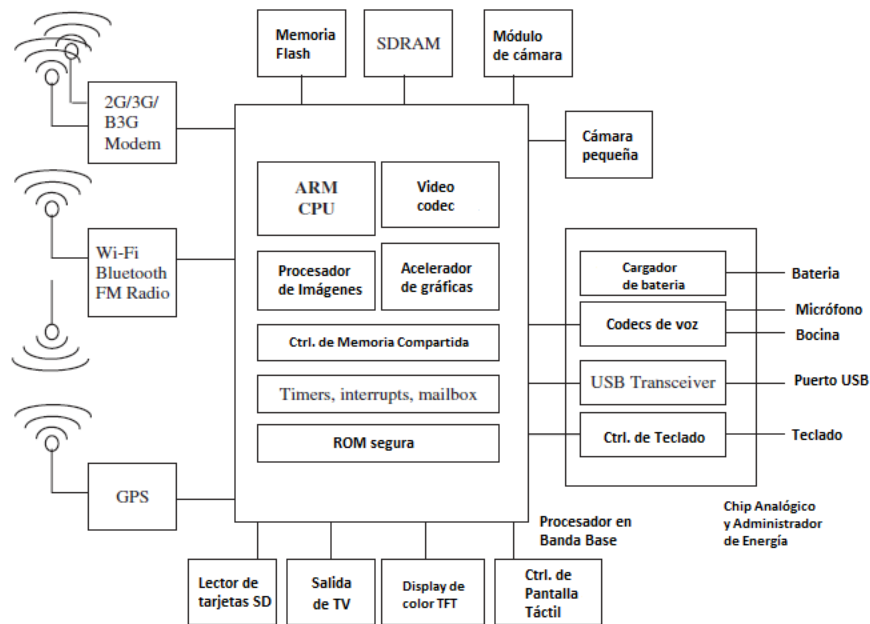


Figura 4.14. Chip utilizado en terminales móviles para aplicaciones multimedia.

¹⁰ Citado en: Martin Sauter, "Beyond 3G – Bringing Networks, Terminals and the Web Together: LTE, WiMAX, IMS, 4G Devices and the Mobile Web 2.0", John Wiley & Sons, Reino Unido, 2009, p.237.

El chip consta de varias secciones encargadas del procesamiento de los datos dentro de la terminal. El chip de banda base contiene diversas unidades para realizar funciones específicas. La unidad de procesamiento de imágenes es utilizada para el procesamiento de flujos de datos que recibe de módulos externos, como cámaras. El chip soporta algunos sensores de la cámara con resoluciones hasta de 12 mega píxeles, además, convierte imágenes a formatos de compresión como JPEG. Esta acción reduce considerablemente la carga al CPU ya que esta función se realiza totalmente en esta unidad.

La unidad de codec ayuda al CPU al codificar los flujos de datos que vienen de la cámara a formatos MPEG4. Esta unidad también se encarga de decodificar y mostrar en pantalla los videos que previamente se almacenaron o se descargaron. La unidad de aceleración de gráficos es utilizada para aplicaciones como los videojuegos que requieren de cálculos para juegos en dos y tres dimensiones.

En sí un chip para aplicaciones multimedia requiere de unidades dedicadas para aplicaciones específicas relacionadas con diversos servicios. En este caso la unidad dedicada al procesamiento de imágenes y gráficos se encarga de las aplicaciones diseñadas para mostrar video en pantalla.

En general se aprecia que en el lado izquierdo de la Figura 4.14 hay una serie de receptores para diversas tecnologías inalámbricas (redes 2G, 3G, Wi-Fi, Bluetooth, Radio FM). Cada uno de estos receptores aumenta el costo de la terminal ya que permite la conexión a más redes. En el centro de la imagen se tiene un chip (que trabaja en banda base) encargado de todas las funciones del procesamiento de datos para las aplicaciones de video, audio, texto, mensajes multimedia, conexión a Internet, grabaciones, reproducciones, llamadas, etc. Finalmente, del lado derecho se observa un chip encargado de las funciones análogas y de la administración de energía. La arquitectura y diseño de los chips varía según el fabricante y las terminales donde se implanten.

En el pasado sólo algunas bandas de frecuencia eran utilizadas para los sistemas inalámbricos celulares. Actualmente, el número de bandas que se liberan se ha incrementado. Sin embargo, esto conlleva algunas implicaciones no deseadas por el operador de red y el usuario final. Comúnmente, hasta las terminales más sofisticadas soportan una o dos bandas de frecuencia de 3G como 2 100 MHz para Europa ó 850/1 900 MHz para EU. Además, soportan cuatro bandas de 2.5G de GSM/GPRS para 1 800 MHz en Europa y 850 MHz y 1 900 MHz para EU.¹¹ En el futuro, las terminales móviles soportarán bandas adicionales para asegurar a los viajeros el uso de sus terminales en todo el mundo.

La inclusión de bandas adicionales en las terminales de usuario no impacta a los componentes digitales de las terminales porque el procesamiento de las señales es independiente de la banda de frecuencia. Pero si afecta al chip banda base encargado del procesamiento de señales, ya que debe adaptarse a las bandas adiciones de frecuencia. Un ejemplo de estos cambios es el escaneo

¹¹ Citado en: Martin Sauter, *"Beyond 3G – Bringing Networks, Terminals and the Web Together: LTE, WiMAX, IMS, 4G Devices and the Mobile Web 2.0"*, John Wiley & Sons, Reino Unido, 2009, p.252.

de las bandas disponibles por la red, que a su vez conlleva a un incremento en el estado activo de la terminal y por ende el consumo de energía en las baterías.

La parte analógica de la terminal consiste en antenas, receptores, filtros y chips de radiofrecuencia. Cada banda de frecuencia requiere componentes adicionales. La parte analógica de la terminal es responsable del 7-10% del costo del dispositivo.¹²

Desde el punto de vista de desarrollo, muchas empresas prefieren enfocar sus diseños para reducir el precio y mejorar la sensibilidad de sus terminales en vez de agregar bandas de frecuencias exóticas. En otras palabras, las bandas ya establecidas son más atractivas para la investigación con menor costo por hardware y con mayor sensibilidad.

En conclusión una terminal móvil debe ser capaz de sacar el máximo provecho a las redes. El diseño de cada terminal debe poseer chips dedicados para aplicaciones de video, audio, seguridad, procesamiento, administración de energía, etc. Además, cada terminal posee un conjunto de receptores de diversas redes ajustados a diversas bandas de frecuencia. Estas bandas le permiten una mayor interacción con las redes disponibles, sin embargo, también aumentan el costo de la terminal y el consumo de energía.

La elección de una terminal depende de muchos factores que proporcionan muchas ventajas y desventajas. Sin embargo, con el rápido crecimiento y evolución de las tecnologías, cada vez son menos las desventajas que se obtienen al utilizar una terminal móvil que permite la ejecución de muchas aplicaciones a la vez.

4.6. Referencias

- <http://en.wikipedia.org/wiki/3G>
- ✓ Martin Sauter, *"Beyond 3G – Bringing Networks, Terminals and the Web Together: LTE, WiMAX, IMS, 4G Devices and the Mobile Web 2.0"*, John Wiley & Sons, Reino Unido, 2009.
- ✓ Harri Holma y Antti Toskala, *"LTE for UMTS: OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access"*, John Wiley & Sons, Reino Unido, 2009.
- ✓ Erik Dahlman, Stefan Parkvall, Johan Sköld and Per Beming, *"3G evolution: HSPA and LTE for mobile broadband"*, Academic Press, Estados Unidos, 2007.
- ✓ Jyh-Cheng Chen and Tao Zhang, *"IP-Based Next-Generation Wireless Networks, Systems, Architectures, and Protocols"*, John Wiley & Sons, Estados Unidos, 2004.
- ✓ Hsiao-Hwa Chen y Mohsen Guizani, *"Next Generation Wireless Systems and Networks"*, John Wiley & Sons, Inglaterra, 2006.

¹² Martin Sauter, *"Beyond 3G – Bringing Networks, Terminals and the Web Together: LTE, WiMAX, IMS, 4G Devices and the Mobile Web 2.0"*, John Wiley & Sons, Reino Unido, 2009, p.254.

5

Multimedia Broadcast Multicast Service (MBMS)

En este capítulo se especifica porque MBMS es una tecnología tan prometedora para ofrecer servicios multimedia, especialmente TV móvil. Se analiza la forma en la que MBMS encaja en las redes actuales de 3G y en las redes futuras, todas pertenecientes al grupo 3GPP. La forma en la que se prestan los servicios de multidifusión y difusión masiva, así como los servicios de descargas y flujos de datos son revisados. Finalmente, algunos resultados de simulaciones y otras características relacionadas con la provisión del servicio de TV móvil son analizados al final del capítulo.

MBMS es una tecnología desarrollada y estandarizada por el grupo 3GPP, fácilmente se puede acceder a la información publicada en su página web. La primera aparición de MBMS ocurrió en la Publicación número 6 (Release 6), en la cual se establecieron las bases de MBMS sobre las redes de UMTS y GSM. En las publicaciones posteriores se establecieron algunos parámetros para que MBMS se implementada en las redes futuras basadas totalmente en el protocolo IP, entre ellas LTE y la plataforma IMS.

Estas publicaciones agrupan especificaciones técnicas. Las especificaciones señalan que el servicio de MBMS se dividen en dos grupos: Servicio de Conexión MBMS y Servicio de Usuario MBMS. El

Servicio de Conexión incluye lo referente a los modos de multidifusión y difusión masiva (multicast y broadcast); básicamente todo lo referente a la conexión, flujos de datos, paquetes IP, recursos, etc. Mientras que el Servicio de Usuario MBMS se refiere a la forma en que se entregan los contenidos: descargas de contenido (download) y flujos de contenido (streaming), protocolos, etc. Los flujos de contenido se utilizan para aplicaciones como TV móvil, mientras que las descargas se utilizan para contenido que no se requiere al momento.

Las especificaciones técnicas utilizadas para el desarrollo de esta tesis corresponden a la Publicación número 9 (Release 9). A continuación se muestran las especificaciones que definen MBMS.

Servicio de Conexión de MBMS (Capa de Distribución):

- 3GPP TS 22.146 Servicio de Difusión/Multidifusión Multimedia (MBMS); Etapa 1.
- 3GPP TS 23.246 Servicio de Difusión/Multidifusión Multimedia (MBMS); Arquitectura y descripción de funciones.
- 3GPP TS 25.346 Introducción al Servicio de Difusión/Multidifusión Multimedia (MBMS) en la Red de Acceso de Radio (RAN); Etapa 2.
- 3GPP TS 25.992 Servicio de Difusión/Multidifusión Multimedia (MBMS); Requerimientos de UTRAN/GERAN.
- 3GPP TS 43.246 Servicio de Difusión/Multidifusión Multimedia (MBMS) en GERAN; Etapa 2
- 3GPP TR 25.803 Desempeño de S-CCPCH en el Servicio de Difusión/Multidifusión Multimedia (MBMS).

Servicio de Usuario (Capa de Servicio):

- 3GPP TS 22.246 Servicios de usuario del Servicio de Difusión/Multidifusión Multimedia (MBMS); Etapa 1.
- 3GPP TS 26.346 Servicio de Difusión/Multidifusión Multimedia (MBMS); Protocolos y codecs.
- 3GPP TR 26.946 Directrices del servicio de usuario del Servicio de Difusión/Multidifusión Multimedia (MBMS).
- 3GPP TS 33.246 Seguridad del Servicio de Difusión/Multidifusión Multimedia (MBMS).
- 3GPP TS 32.273 Administración de las Telecomunicaciones; Administración del cobro de tarifas; Facturación del Servicio de Difusión/Multidifusión Multimedia (MBMS).

5.1 ¿Por qué MBMS?

La necesidad actual de ofrecer servicios multimedia que requieren grandes cantidades de recursos de ancho de banda, así como la necesidad de ofrecer un servicio a miles de personas al mismo tiempo fueron incentivos para que el grupo 3GPP creara y estandarizara MBMS.

MBMS se definió principalmente para utilizarse sobre las redes existentes de GSM y UMTS con un mínimo ajuste sobre los nodos existentes en ambas redes. También se diseñó para reutilizar los canales de transporte y físicos de ambos sistemas, de tal forma que los costos por implementación fueran mínimos y se aprovechara al máximo la infraestructura existente. Aunque LTE se encuentra todavía en desarrollo, su diseño está pensado para soportar MBMS una vez establecido en el mercado. Estas ideas demuestran lo fácil y rápido que es la implantación de MBMS como un servicio de entrega de contenidos IP multimedia, sobre las redes actuales de tercera generación.

MBMS utiliza dos modos para la transmisión de paquetes IP: difusión masiva y multidifusión. Ambos servicios se pueden proveer en paralelo a llamadas de voz y mensajes SMS, esto permite una gran flexibilidad a los operadores de red.

El modo de difusión masiva entrega contenidos a un área determinada o bien a toda una red. Cuando se utiliza este modo de transmisión, se establece una conexión en todas las células en las cuales se provee el servicio. Este modo no requiere una conexión de subida, de hecho, es similar a la difusión que realizan otras tecnologías como DVB-H y DMB.

El modo de multidifusión es parecido a la multidifusión IP. Cuando una terminal quiere recibir determinado contenido de cierto canal de multidifusión, se une a uno o varios canales de contenido. Esta información es direccionada en la red a través de la Red Núcleo y se utiliza para la optimización del enlace de datos. Esta optimización no es más que una conexión compartida por terminales que reciben los mismos canales de multidifusión, de modo tal que la transmisión es una sola. La única desventaja de la multidifusión es el retardo adicional que se genera por el cambio de un canal a otro. Este retardo no es aceptable para servicios de TV móvil, ya que usualmente se requieren retardos mínimos en la selección de canales de TV para disfrutar correctamente del servicio. La aplicación más común en la multidifusión de MBMS es la descarga de contenidos o los servicios de Podcast.

MBMS define áreas de servicio denominadas como Áreas Servicio de MBMS (MSAs). El servicio se provee en áreas conformadas ya sea por una sola célula, por varias o bien hasta llegar a ser un área de servicio nacional utilizando Redes de Frecuencia Única a través de todo el país.

Un mecanismo muy interesante con el que cuenta MBMS es el denominado como Conteo. El Conteo es la señalización en un canal de subida, utilizada para informar a la RAN sobre las peticiones realizadas por el usuario para recibir un determinado canal de contenido. A partir de esta información, la red de acceso de radio tiene una idea de cuál es el número de usuarios recibiendo un servicio en particular. Esto permite a la RAN tomar una decisión sobre cómo se va a transmitir ese contenido sobre una célula o bien qué tipo de conexión de radio se va a utilizar. El conteo se diseñó en un principio para la multidifusión, pero también se puede utilizar en los servicios de difusión de MBMS.

Un nuevo tipo de conexión se introdujo en MBMS, la denominada conexión de radio Punto a Multipunto (P-t-M). Mientras que una conexión Punto a Punto (P-t-P) sólo se puede recibir en una sola terminal, la conexión P-t-M puede ser recibida por varias terminales a la vez en una célula.

Las conexiones P-t-P tienen la ventaja de que la red ajusta el uso de los recursos de radio a las condiciones de recepción de la terminal de usuario. En buenas condiciones, se utilizan menos recursos de radio que en malas condiciones. En contraste con esto, una conexión P-t-M siempre requiere una gran cantidad de recursos de radio para proveer la cobertura deseada aún en malas condiciones de recepción. Dependiendo del tipo de condiciones, una o varias conexiones P-t-P puede consumir menos recursos de radio que una sola conexión P-t-M. La decisión del tipo de conexión utilizada para cierta transmisión de MBMS la realiza el RNC. La información para determinar cual tipo de conexión es mejor se obtiene en base al proceso de Conteo antes mencionado.

MBMS soporta servicio de descargas y flujos de datos. Gracias a esto, ciertos servicios se pueden proveer a través de MBMS. Un ejemplo de ello es la TV móvil, ya que los operadores pueden obtener grandes beneficios al lanzar el servicio al mercado utilizando su infraestructura ya existente, reduciendo costos y generando nuevos ingresos. Otros servicios como las descargas de videoclips y audio también se benefician de MBMS, ya que pueden ser entregados a una gran cantidad de usuarios a la vez. Otros servicios muy importantes como la información pública en caso de emergencias, desastres y accidentes también se benefician de MBMS. En general es muy grande el beneficio que obtienen los distintos servicios al proveerse sobre una red ya existente.

Los flujos de datos y descargas de contenidos están protegidos utilizando protocolos de seguridad en tiempo real (SRTP). Las Contraseñas de Seguridad de MBMS (MTKs) para el acceso a estos servicios se actualizan constantemente para evitar el uso indebido de los mismos (derechos de autor). La protección de las Contraseñas de Servicio (MSKs) se realiza mediante un proceso de señalización entre la red y las Contraseñas de Usuario (MUKs) instaladas dentro del Módulo de Identificación del Subscriptor (SIM), que se encuentra dentro de la terminal de usuario. De esta forma, la tarjeta SIM es la base de la protección del servicio en MBMS.

MBMS emplea tres esquemas para la recuperación de errores en paquetes, que pueden ocurrir durante la pérdida de paquetes por malas condiciones de radio. El más importante de estos esquemas es FEC (Forward Error Correction), ya que permite la recuperación de paquetes sin la interacción con la red. FEC se utiliza en los servicios de descargas y flujos de datos. En las descargas de contenidos de MBMS se utilizan otros dos esquemas, el primero de ellos utiliza una conexión P-t-P para la petición explícita de las partes que no se recibieron bien de un archivo. El segundo, utiliza una conexión P-t-M para la entrega de partes faltantes de un archivo a varias terminales al mismo tiempo.

La calidad de los servicios multimedia depende de la eficiencia en la compresión de los codecs utilizados en el audio y video, y de las tasas de datos a las cuales se codificaron dichos datos. MBMS utiliza el codec de video H.264/AVC con resoluciones de imagen QVGA (320x240) a 30 cuadros por segundo. Para el audio, utiliza el codec HE-AAC V2 y soporta diversos codecs AMR. En las publicaciones actuales las tasas de transmisión de MBMS para la entrega de flujos de datos están limitadas a 256 kbps.

MBMS define los componentes básicos para la encriptación de la entrega del contenido audiovisual. Sin embargo, no especifica servicios adicionales como una guía de programación o soporte para servicios interactivos como selección de contenidos populares. Estas funciones fueron especificadas por OMA (Open Mobile Alliance) en BCAS 1.0.

Si un servicio multimedia desea proveerse dentro una cierta área geográfica compuesta por varias células, se debe tomar ventaja de la operación de las Redes de Frecuencia Única (SFN) que permite una eficiencia espectral mayor así como un mejor rendimiento en el uso de los recursos de radio. La explotación del uso de las redes SFN en MBMS se denomina como MBSFN. Actualmente todavía se está trabajando en el desarrollo de estas tecnologías para su futura implementación sobre las redes de LTE.

Estas son las características que hacen de MBMS una tecnología tan importante en la actualidad. En las siguientes secciones se hablará con más detalle de cada una de ellas y de algunos resultados obtenidos de diversas simulaciones hechas por varios grupos que se encuentran trabajando en el desarrollo y mejora de MBMS.

5.2 Especificaciones de MBMS en redes de 3G

En esta sección se analiza la implantación de MBMS sobre la infraestructura existente de las redes de 3G, el uso de ciertas tecnologías para proveer transmisiones de buena calidad mediante el uso eficiente de los recursos, y la flexibilidad y escalabilidad del sistema.

5.2.1 Arquitectura

MBMS no requiere cambios en la arquitectura de las redes existentes de 3G. Las funciones necesarias para prestar el servicio a los operadores y proveedores del servicio se agrupan en un único elemento denominado como BM-SC. El BM-SC es un elemento funcional que se puede ver como una interfaz entre los servicios que ofrecen la red celular y la entrega de los contenidos. El BM-SC controla el establecimiento y terminación de las conexiones de transporte así como la organización de las transmisiones MBMS que se dirigen hacia la Red Núcleo.

En la Figura 5.1 se muestra cómo encaja BM-SC en la arquitectura de las redes UMTS (según la Publicación número 9). Las nuevas funciones propuestas por el BM-SC requieren algunas extensiones de los nodos de la Red Núcleo y de la RAN, así como de sus protocolos.

UE

La terminal de usuario debe de contar con las características mencionadas en el capítulo anterior para poder utilizar de forma eficiente los servicios multimedia de las redes móviles. Sin embargo para que pueda utilizar el servicio de MBMS, la terminal de usuario debe de recibir una mejora en su software que se ajuste a la señalización del servicio.

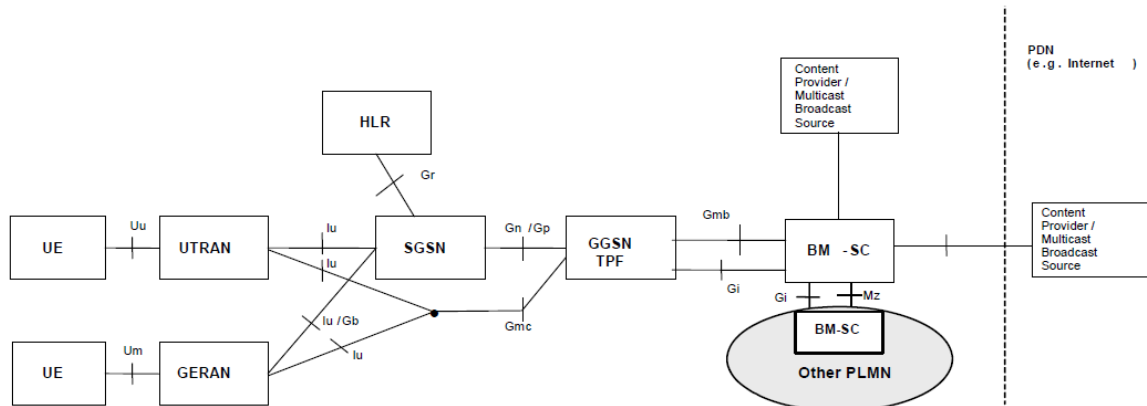


Figura 5.1. Arquitectura MBMS sobre las redes UMTS (Release 9).

UTRAN/GERAN

MBMS se puede utilizar sobre las redes móviles de 2G, 2.5G y 3G gracias a que puede ser implementado sobre UTRAN y GERAN. La zona RAN se encarga de las siguientes funciones:

- Elección de la conexión de radio apropiada basándose en el número de usuarios por célula (punto a punto o punto a multipunto).
- Transmisión de anuncios del servicio de MBMS.
- Inicio y terminación de las transmisiones MBMS.
- Soporte a la movilidad del usuario.

Ambas redes de acceso (UTRAN y GERAN) incrementaron sus capacidades para entregar eficientemente datos en el área de servicio de MBMS. En GERAN, MBMS utiliza 5 intervalos de tiempo (timeslots) en el enlace de bajada para un solo canal de transporte. Dependiendo del esquema de modulación y de las dimensiones de la red, un canal de transporte tiene capacidad de 32 -128 kbps. En UTRAN, MBMS utiliza hasta 256 kbps por canal de transporte. Múltiples conexiones de MBMS pueden estar activas al mismo tiempo en una sola portadora de UTRAN.

En la Publicación 6 (Release 6), las transmisiones de MBMS se realizaban utilizando una única célula con diferentes códigos ortogonales y se utilizaban las células vecinas para incrementar la ganancia en la recepción. En la Publicación 7 (Release 7), MBMS se mejoró para que se transmitiera el mismo servicio utilizando el mismo código en múltiples células de manera sincronizada; análogamente a lo que hacen las redes de frecuencia única (SFN) para las transmisiones de MBMS en LTE.

SGSN (Serving GPRS Support Node)

El SGSN es el responsable del direccionamiento de la información entre los nodos del operador, así como de la administración y del control de sesiones. También se encarga de los procedimientos de

movilidad de los usuarios (dentro y entre SGSNs) así como de la conmutación del tráfico de datos entre las redes GSM y UMTS. En MBMS, el SGSN realiza un control individual del servicio de MBMS y también da soporte a los procedimientos de movilidad. Reúne a todos los usuarios del servicio de MBMS en una sola área de servicio. Mantiene una sola conexión con el proveedor de servicios de MBMS y provee la transmisión sobre UTRAN/GERAN. Además está involucrado en procedimientos de cobro de tarifas, ya que genera la facturación del servicio de conexión de MBMS, aunque no realiza como tal el cobro de las mismas.

GGSN (GPRS Gateway Support Node)

En MBMS, el GGSN establece, administra y libera las conexiones punto a multipunto de los diferentes SGSNs involucrados dentro de la red móvil, en base a las notificaciones del BM-SC. En el modo de multidifusión, el GGSN administra a aquellos SGSNs que sirven a los subscriptores con conexión. En el modo de difusión masiva, el BM-SC le da una lista de cuales SGSNs debe administrar. Además, el GGSN se encarga de recibir el tráfico del BM-SC y redirigirlo hacia los SGSNs que participan en las sesiones de multidifusión o de difusión masiva mediante el uso del protocolo GTP (GPRS Tunneling Protocol).

BM-SC (Broadcast/Multicast Service Centre)

El BM-SC toma el rol de fuente de datos en MBMS y es el nodo más importante de la arquitectura ya que provee funciones del servicio que incluyen:

Membresía: Esta función es necesaria únicamente en las conexiones de multidifusión. Se encarga de la autorización, tiene acceso a la información de los usuarios que necesitan autorizarse y provee acceso al servicio a los usuarios autorizados. También genera facturas del cobro de tarifas.

Sesión y Transmisión: Su rol principal es el de enviar los datos. Organiza las sesiones de transmisión y retransmisión de MBMS especificando qué tipo de sesión es, para que la terminal del usuario pueda distinguir entre ellas. Se subdivide en dos funciones relacionadas con el envío de datos. La primera de ellas, la Función de Entrega de MBMS se encarga de la entrega de los contenidos ya sea mediante descargas o flujos de datos. La segunda, la Función Asociada a la Entrega se encarga de procedimientos auxiliares como la recuperación de errores y los reportes de la recepción para la elaboración de estadísticas.

Proxy y Transporte: Toma el rol de un agente proxy para la señalización entre los GGSNs y otras sub funciones del BM-SC. Genera facturas del cobro de tarifas para el proveedor de contenidos. Se divide en las siguientes sub funciones: Administración Proxy del plano de control y Administración de Transporte de la carga útil para multidifusión.

Anuncio del servicio: Es una función de servicio a nivel del usuario. Provee información acerca de los servicios de multidifusión y difusión masiva de MBMS, como el identificador del servicio de multidifusión, la dirección IP de multidifusión, el tiempo de transmisión y algunas descripciones

del medio que son necesarias para que la terminal se una a MBMS. Este servicio se provee a través de WAP, URL, HTTP, SMS, SMS-CB (difusión masiva en la célula), etc.

Seguridad: Esta función es esencial cuando se utiliza el modo multidifusión ya que previene acceso de usuarios no autorizados. Es muy importante cuando se realiza la facturación del cobro de tarifas sobre los servicios. Los sistemas de seguridad consisten en autenticación, distribución de contraseñas y métodos de protección de datos. La función básica de la Seguridad en MBMS es la distribución de contraseñas, ya que es diferente cuando se entrega una contraseña a un grupo selecto en vez de a un solo usuario en el modo de multidifusión. Todas las demás funciones se realizan a través de soluciones punto a punto, utilizando el protocolo AKA (Authentication and Key Agreement). La contraseña debe cambiarse constantemente para evitar actos ilícitos.

En la Figura 5.2 se puede apreciar la estructura funcional del BM-SC, así como las interfaces de referencia que existen entre cada sub-función.

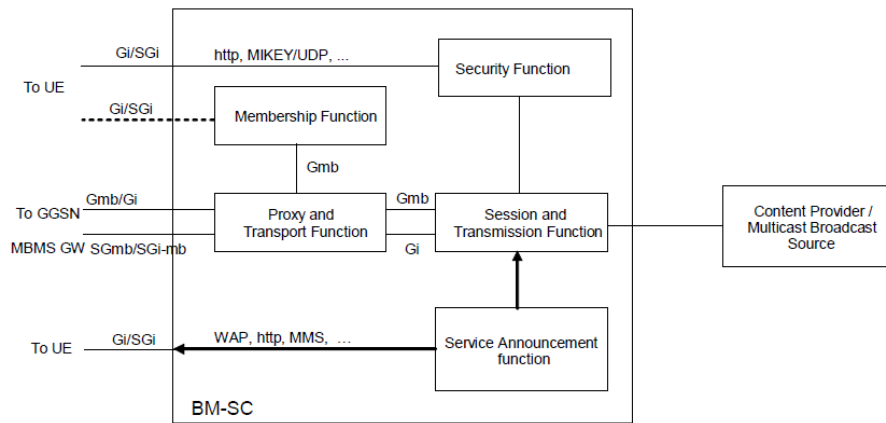


Figura 5.2. Estructura Funcional del BM-SC.

5.2.2 Tecnologías en MBMS

Hasta ahora hemos hablado del porque MBMS es una tecnología prometedora, pero no hemos especificado ninguna de las características técnicas que le permiten ofrecer los servicios multimedia en ambos modos, en esta sección se detallan algunas características importantes del funcionamiento MBMS sobre las redes UMTS.

Las transmisiones punto a multipunto requieren algunos parámetros diferentes de las transmisiones punto a punto. La asignación de los canales así como el control de los mismos se realiza de forma distinta: el manejo de los parámetros de potencia y modulación se realizan tomando en cuenta el peor de los casos para el área a servir; mientras que los mensajes de subida entre la terminal y la red (reportes CQI y ARQ) se administran de otra forma para evitar una saturación la red. Estos son los motivos por los cuales MBMS requiere del uso de ciertas técnicas para proveer eficientemente el servicio. A continuación dichas técnicas.

Macro diversidad

La Macro diversidad se define como la combinación de las transmisiones de múltiples células del mismo contenido. Estas transmisiones proveen una ganancia de 4 a 6 dB en la reducción de energía en la potencia de transmisión, en comparación con la transmisión de una sola célula que transmite el mismo contenido (Figura 5.4).¹³ MBMS utiliza dos tipos de combinaciones en base a esta diversidad: combinación suave y combinación por selección, en la Figura 5.3 se observan ambas combinaciones.

- **Combinación Suave:** Es la combinación de las señales recibidas de “n” transmisiones de las células sobre “n” receptores RAKE, es decir, simplemente es una combinación de todas las señales del mismo contenido y sus respectivos multitrayectos sobre las cuales se hace una combinación de las mismas y posteriormente se decodifica la señal combinada. Para realizar este tipo de combinación MBMS utiliza el mismo contenido y estructura del canal físico sobre el enlace de radio. La ganancia que se obtiene respecto a una célula transmitiendo es de 4 a 6 dB.
- **Combinación por selección:** En este tipo de combinación, las señales de cada “n” transmisión se reciben en su respectivo receptor RAKE y se decodifican individualmente. Después se selecciona una de las señales decodificadas correctamente para el procesamiento. La ganancia que se obtiene de este tipo de combinación en la potencia de transmisión es de 2 a 3 dB.

Otro de los motivos para soportar estos tipos de combinación es porque se pueden manejar diferentes niveles de falta de sincronía en la red. Para la combinación suave, los bits se almacenan hasta que el TTI de todos los enlaces de radio se reciba completamente, mientras que para la combinación por selección, cada enlace de radio se decodifica por separado y basta con almacenar los bits decodificados de cada enlace, esto significa que requiere menos almacenamiento pero más procesamiento en ambientes altamente asíncronos. Para la elección del tipo de combinación, la terminal móvil es informada por la red acerca de la sincronía, entonces la terminal decide cual combinación se adapta a sus necesidades.

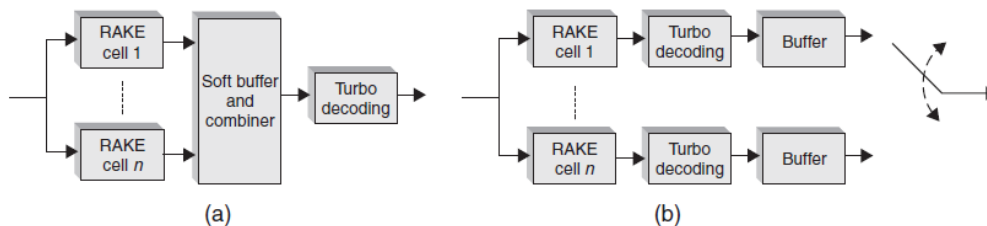


Figura 5.3. Ilustración de los principios de selección y combinación de señales.

¹³ Citado en: Erik Dahlman, Stefan Parkvall, Johan Sköld and Per Beming, “3G evolution: HSPA and LTE for mobile broadband”, Academic Press, Estados Unidos, 2007, p.242.

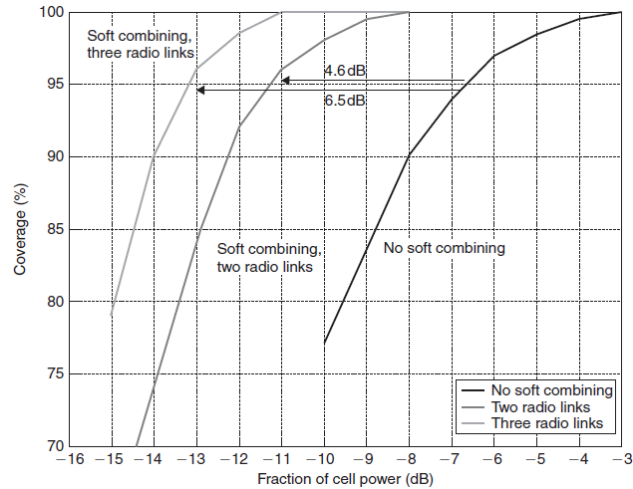


Figura 5.4. Ganancia en base a la combinación de señales debida a recepción de múltiples células para un servicio de MBMS de 64 kbit/s donde no hay diversidad en la transmisión ni en la recepción.

Mejoras en WCDMA y HSPA

MBMS utiliza la infraestructura y algunos canales existentes de las redes de 3G. Las mejoras en las tecnologías como WCDMA y HSPA, también son mejoras que incrementan la eficiencia de MBMS en la entrega de sus servicios.

Evolución en WCDMA (MBSFN)

Para separar las transmisiones de una célula a otra se utilizan diferentes códigos entre ellas para la canalización. Dentro de una célula se utilizan códigos ortogonales para la comunicación con los usuarios. Estos códigos ortogonales permiten evadir la interferencia entre canales dentro de la misma célula, sin embargo debido a que los códigos que se utilizan entre células no son ortogonales, la interferencia entre células es un parámetro común.

Las mejoras a WCDMA se definieron en publicaciones posteriores a la número 6, algunas definen el uso de las redes sincronizadas de frecuencia única (MBSFN). Estas redes transmiten el mismo contenido en la misma frecuencia en células adyacentes, así, se reduce la interferencia entre células (aumenta el SINR, Signal to Interference Noise Ratio es un parámetro utilizado para definir la relación de la señal a interferencia entre células) y se aprovecha el uso del espectro. Esto permite (según Publicación No.7) el uso de la modulación 16QAM para el canal físico S-CCPCH en el cual se mapea el canal de tráfico de MBMS (MTCH). La implementación de las redes de frecuencia única en MBMS (MBSFN) es un tema que se desarrolla principalmente en LTE. En secciones posteriores se hará énfasis en los beneficios que conlleva esta tecnología a los servicios de MBMS.

Evolución en HSPA (MIMO y modulación de alto orden)

HSPA está formado por HSDPA y HSUPA. HSDPA se puede utilizar en MBMS para las conexiones de radio P-t-P. Las mejoras realizadas en HSDPA describen el uso de MIMO y la modulación de alto orden (16QAM a 64QAM) para incrementar las tasas de datos por usuario y la capacidad del sistema. Sin embargo, la utilización de estas mejoras está condicionada a la relación señal a ruido por interferencia, a la capacidad de la terminal móvil y a los reportes CQI. En ambientes donde existe una mala recepción en la terminal móvil y la relación SINR no es buena, el tipo de modulación necesita ser de orden bajo para poder demodular correctamente la señal. La importancia de estas técnicas se observará en la sección de pruebas con MBMS.

5.3 Conexiones de Radio para GSM/EDGE y UMTS/WCDMA

En esta sección se analizan con más detalle algunas de las características que tienen las redes de acceso por radio (GERAN y UTRAN) en MBMS para prestar un servicio eficiente. Principalmente se especifica cómo funcionan las conexiones de radio punto a punto y punto a multipunto.

5.3.1 GSM/EDGE

En los sistemas GSM, MBMS utiliza los esquemas de modulación y codificación de GPRS y EDGE. Para la transmisión P-t-M, MBMS utiliza el canal de paquetes de datos (PDCH) y los protocolos de capa dos: RLC/MAC. Las dos mejoras que se realizaron para mejorar el desempeño de MBMS en las redes GSM fueron:

- RLC/MAC con Solicitud de Repetición Automática (ARQ). En este modo, los canales de regreso soportan hasta 16 terminales en una célula determinada. Cuando las terminales no reciben correctamente los bloques de datos, el RLC vuelve a distribuirlos sobre la conexión de radio, de este modo, las terminales pueden recuperar la información mediante técnicas de redundancias.
- RLC/MAC sin ARQ. En este modo de datos, el RLC envía varias veces un mismo bloque de datos antes de enviar el bloque siguiente.

5.3.2 UMTS/WCDMA

Las transmisiones de radio de UMTS se realizan utilizando la tecnología WCDMA. En WCDMA, MBMS reutiliza los canales de transporte y físicos. La implementación en WCDMA requiere de tres canales lógicos nuevos, el Canal de Control de MBMS (MCCH), el Canal de Tráfico (MTCH) y el Canal de Organización (MSCH); y un canal físico nuevo, el Canal de Indicador de notificaciones (MICH). Estos canales lógicos se mapean utilizan el canal de transporte FACH el cual a su vez se mapea en el canal físico S-CCPCH.

El canal de control MCCH lleva consigo información referida a las sesiones próximas y en curso de MBMS. El canal de tráfico MTCH lleva los datos de las aplicaciones solicitadas por el usuario. El canal de organización MSCH lleva consigo información sobre cómo está organizada la información en el canal de tráfico MTCH. El canal de tráfico puede utilizar 40ms ó 80ms como TTI. La selección de un mayor TTI le permite una mayor diversidad temporal al dispersar los datos que se pierden en los desvanecimientos. De esta forma, mejora la capacidad de MBMS.

El canal MICH es aquel por el cual la red informa a las terminales acerca de los cambios en la información del canal MCCH. La creación de este canal se realizó tomando en cuenta el ahorro de energía en las baterías de las terminales. Un solo bit contenido en el canal MICH indica a la terminal cuando existe o no un cambio en la información sobre MCCH. Mientras la información en MCCH no cambie, la terminal no necesita recibir dicho canal y por lo tanto puede apagar el receptor para ahorrar energía.

Si la terminal de usuario detecta un indicador de MBMS del servicio que le interesa en el canal MICH, lee el canal MCCH para encontrar la información de control requerida. Un ejemplo sería determinar cuándo se transmite algún servicio sobre el canal MTCH. Si la terminal de usuario no detecta un servicio de interés, entonces simplemente vuelve a dormir hasta el siguiente MICH.

En la Figura 5.5 se puede observar los intervalos de tiempo de los canales de MBMS y cómo se accede a un determinado servicio a través de ellos. El proceso que se realiza cuando se presta un servicio es el siguiente. Los canales MICH y MCCH siempre están disponibles en la célula, mientras que el canal MTCH sólo se establece mientras dure la transmisión de la sesión de MBMS. El RNC recibe una notificación por parte del BM-SC sobre el Inicio de Sesión de un servicio determinado, entonces actualiza la información de acceso de los canales MCCH y MICH y establece el canal correspondiente de tráfico MTCH. Si el usuario desea recibir algún servicio primero lee el canal MICH, después lee la información de control del canal MCCH para acceder al servicio y accede al servicio mediante el canal MTCH. Finalmente, el RNC libera los recursos que utilizó para el canal MTCH al recibir la Terminación de Sesión por parte del BM-SC.

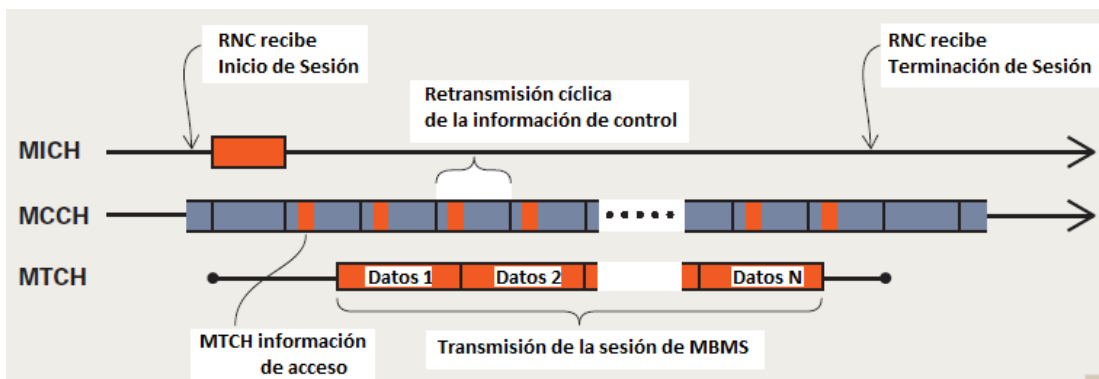


Figura 5.5. Entrega de datos dentro del canal de tráfico de MBMS.

Conexiones Punto a Punto basadas en HSDPA

Las conexiones de radio p-t-p como HSDPA tienen un conocimiento preciso del canal de radio en la terminal de usuario (UE) debido al canal de retorno proveniente de dichas terminales. Los parámetros de transmisión como la modulación y la codificación se optimizan para cada UE individualmente; y las retransmisiones son posibles, incrementando así la eficiencia del canal.

HSDPA se diseñó para dar un soporte eficiente a los usuarios basado en un canal de regreso utilizado por la terminal. Mediante este canal de regreso, HSDPA determina el tipo de modulación (QPSK ó 16QAM) y la codificación de canal necesarias para vencer las malas condiciones de recepción. El uso de HARQ, le permite realizar retransmisiones continuas basadas en el incremento de redundancias. Así, la terminal reconstruye la información que no recibió en un principio de forma correcta.

Conexiones Punto a Multipunto

En contraste, las conexiones de radio P-t-M en UTRAN no dan soporte individual a los canales de regreso de las terminales de usuario. Es por ello que no hacen uso de los canales de regreso de HSDPA. Los parámetros de transmisión se ajustan estáticamente para alcanzar una cobertura deseada de todo el grupo de servicio, causando que algunos de los nodos no tengan una conexión óptima. Las conexiones de radio P-t-M son más eficientes que las conexiones P-t-P solamente cuando se tiene un número muy grande de terminales en el área de cobertura. La señal en el borde de la célula tiene una intensidad muy baja, por ello se utilizan técnicas como la combinación suave para mejorar la calidad en la recepción o bien transmisiones mediante MBSFN.

El umbral entre las conexiones P-t-P y P-t-M depende de las capacidades de las terminales. Comúnmente en las conexiones P-t-M no se conoce el estado de la señal de la terminal, de esta forma, la terminal no es capaz de adecuarse a las condiciones de la conexión y por lo tanto requiere una conexión dedicada, donde los parámetros se ajusten de acuerdo a sus características.

La elección de cuál de estas opciones debe utilizarse para la entrega de un servicio en particular depende del número de usuarios en una célula interesados en un servicio. El operador define un valor de umbral en el cuál se basa la elección de la conexión. Un ejemplo de un servicio utilizando el modo de multidifusión sería la transmisión de los resultados de eventos deportivos, ya que se requiere una suscripción por la cual se haría el cargo de tarifas.

En ambos modos, los servicios no se garantizan sobre la red de radio, sin embargo la fiabilidad de las transmisiones de datos de aplicaciones y servicios puede asegurarse utilizando diversos métodos de protección de datos. MBMS soporta cruces entre células (handover) con mínima pérdida de datos, por lo que los servicios continuarán siempre y cuando se esté en el área de servicio.

5.4 Descripción del servicio (multicast, broadcast) en UMTS

El Servicio de Conexión de MBMS ofrece dos modos de transmisión, el modo de multidifusión (multicast) y el modo de difusión masiva (broadcast), para la entrega de contenidos multimedia. La principal diferencia entre estos modos es el nivel de administración que se tiene de los grupos en la RAN y en CN.

5.4.1 Difusión masiva (broadcast)

El modo de difusión masiva se refiere a una transmisión unidireccional punto a multipunto de datos multimedia de una sola fuente a todos los usuarios que se encuentran dentro del área de servicio de difusión masiva (área broadcast). No existen requerimientos para activar o suscribirse al servicio de MBMS en este modo. En consecuencia una terminal que desea recibir un servicio de difusión de MBMS sólo escucha. La red UMTS no tiene información acerca de los receptores activos en el área de servicio. Por ello, la recepción de datos enviados por MBMS en este modo no está garantizada. Sin embargo, el receptor puede reconocer la pérdida de datos. Este modo de transmisión es similar a las transmisiones realizadas por las otras tecnologías como DVB-H, DMB, MediaFLO, y se puede implementar utilizando solamente transmisiones de radio para el enlace de bajada.

Los recursos de radio de la red se utilizan eficientemente debido a que los datos se transmiten sobre un canal común de radio. La transmisión de datos de MBMS se adapta a las capacidades de la RAN y la disponibilidad de recursos, por ejemplo, reduciendo las tasas de datos. Los usuarios que no deseen recibir el servicio pueden deshabilitar la recepción de difusión masiva en sus terminales.

Conteo de usuarios para los servicio de conexión de Difusión Mejorada y Multidifusión

Dentro de UTRAN, el proceso de Conteo y Recuento se realiza a un determinado número de usuarios dentro de una célula. El Conteo se realiza por el RNC cuando este necesita saber el número de usuarios activos que desean recibir un servicio en específico. Este valor se utiliza para determinar una conexión óptima para la transmisión, ya sea P-t-P ó P-t-M o bien la negación de la transmisión para todos los servicios de MBMS dentro de las células consideradas.

El Conteo permite a las terminales de usuario revelar al RNC su interés en recibir una transmisión de MBMS. Cuando una gran cantidad de usuarios desean recibir determinado servicio, la red necesita evitar que todas esas terminales empiecen la señalización al mismo tiempo para que no sobrecarguen la red. Esta necesidad por conteo se indica en el canal MCCH mediante una respuesta de conteo. Cuando la indicación de conteo se recibe, la terminal de usuario toma la decisión de enviar o no la señalización, dependiendo de la información que viene en el MCCH. Si la decisión es no enviar, la terminal espera a que termine el tiempo del MCCH e inicie otro MCCH

diferente, entonces repite el proceso de decisión. La red termina el proceso de conteo cuando detiene los mensajes de indicación de conteo en el MCCH.

Difusión masiva mejorada (Broadcast Mode Enhanced) con Conteo de usuarios

Un modo especial en MBMS que resulta de la combinación del Conteo con el modo de difusión masiva es el EBM (Enhanced Broadcast Mode). En este modo es posible utilizar conexiones P-t-P si es necesario o bien detener completamente la transmisión en una célula determinada si ya no hay terminales escuchando el servicio. De este modo, EBM permite un mejor uso de los recursos que el modo de difusión masiva común. EBM puede ser tratado como una mejora en la red de acceso por radio.

5.4.2 Multidifusión (multicast)

El modo de multidifusión se refiere a una transmisión unidireccional punto a multipunto de contenido multimedia de una sola fuente a todos los usuarios que estén definidos en el área del servicio de multidifusión. En este modo los usuarios necesitan suscribirse a un grupo en particular para poder recibir el servicio. También se hace un uso eficiente de los recursos de radio de la red al transmitir la información en un canal común. Al igual que en el modo de difusión, también se adapta la transmisión a las capacidades de la RAN y a la disponibilidad de los recursos de radio. Una de las diferencias de este modo es la posibilidad de la red de transmitir a algunas células seleccionadas dentro del área de servicio, que contiene a los miembros del grupo de multidifusión.

Se realiza una mejor entrega del contenido a los usuarios, debido a que las terminales indican a la red la necesidad de “unirse” (‘joining’) a la Red de Radio. La Red de Radio entonces realiza lo que se denomina como “conteo” (‘counting’) que es un procedimiento que le permite determinar el número de terminales en cada célula que quieren recibir un servicio en particular y de esta forma determinar el tipo de transmisión que se va utilizar, ya sea punto a punto o bien punto a multipunto.

5.4.3 Etapas para el servicio de MBMS

En la Figura 5.6 se muestran las etapas para proveer el servicio MBMS en ambos modos de transmisión. Las siguientes etapas se realizan en ambos modos en la provisión del servicio de MBMS:

- **Anuncio del servicio:** Durante esta etapa los usuarios son informados acerca de los servicios activos disponibles o bien sobre aquellos que estarán disponibles próximamente, los parámetros necesarios para la activación del servicio y algunas otras especificaciones. Algunos métodos útiles para la entrega de estos anuncios son: anuncios SMS de difusión masiva en la célula para ambos modos, mecanismos de push (WAP, SMS-PP, MMS) y URL (HTTP y FTP).

- Inicio de Sesión: El inicio de sesión es el punto en el cual el BM-SC está listo para enviar los datos. El inicio de sesión ocurre independientemente de la activación del servicio por el usuario, debido a que el usuario puede activar el servicio antes o después de la sesión. Si el usuario requiere recibir un servicio de múltiples servicios de conexión MBMS, un mensaje de inicio de sesión es enviado por cada uno de estos servicios de conexión MBMS.
- Notificación MBMS: Etapa en la cual se informa a la terminal de usuario acerca de una transferencia de datos MBMS próxima o en curso.
- Transferencia de datos: Los datos se transfieren a la terminal de usuario.
- Detención de la sesión: En esta etapa, el BM-SC determina que no existe más información en un cierto periodo de tiempo y los recursos de radio de la conexión de la sesión son liberados.

Las etapas que solamente se realizan en el modo de multidifusión son:

- Subscripción: Es un acuerdo entre usuario y el proveedor de servicios para recibir un servicio determinado en MBMS. La información de subscripción se guarda en alguna de las bases de datos del operador de la red.
- Unión: Una vez que el servicio ha sido anunciado, el subscriptor puede unirse a un grupo de multidifusión; el usuario indica su interés en recibir un servicio en particular.
- Abandono del servicio: El usuario indica su interés en detener la recepción de datos del servicio, entonces ocurre la desactivación de MBMS.

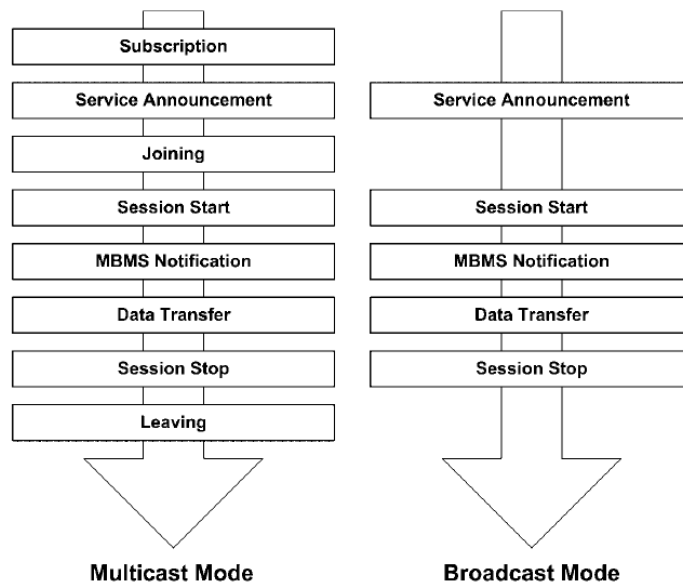


Figura 5.6. Etapas que se utilizan para proveer el servicio de MBMS en sus dos modalidades.

5.5 Servicios

MBMS no provee ningún tipo de contenido por sí mismo, pero una amplia variedad de aplicaciones pueden utilizar las capacidades de las conexiones para crear nuevos servicios. Cualquier tipo de servicio es aplicable, sin importar el contenido, por lo menos hasta que las limitaciones en la transmisión de datos (tasas de datos, etc.) no causen problemas en la calidad del servicio. Gracias a que MBMS provee tasas de datos de 256 kbps, puede proveer servicios multimedia demandantes en ancho de banda, aunque probablemente no sea apto para proveer programas de TV de larga duración.

5.5.1 Tipos de Servicios

La entrega de canales de TV sobre MBMS es posible, pero MBMS es más una tecnología complementaria de las redes de radiodifusión. Los siguientes son tres tipos principales de Servicios de Usuario de MBMS:

- Servicio de Flujo de datos (streaming): El flujo de datos continuo es el Servicio de Usuario básico de MBMS (audio, video). Como información suplementaria se tiene texto o imágenes que vienen con este flujo de datos.
- Servicio de Descarga de archivos (download): Este servicio entrega datos binarios sobre la conexión MBMS. La terminal de usuario activa la aplicación apropiada para utilizar los datos descargados. La característica más importante del servicio es la fiabilidad, ya que el usuario recibe todos los datos en el orden correcto.
- Servicio de Carrusel: Este servicio combina aspectos del flujo de datos y de las descargas de archivos. El objetivo de este servicio es tener un servicio estático el cual recibe actualizaciones de datos constantemente.

El tipo de contenido multimedia es independiente de los formatos. En general, MBMS soporta los siguientes tipos de contenidos multimedia: texto (hipervínculos, etc.), imágenes, video, audio estéreo y mono. En la Tabla 5.1 se puede apreciar algunos servicios convencionales.

Servicios por	Servicios
Eventos en vivo	Deportes, noticias, eventos musicales bolsa de valores, tráfico, clima, clases electrónicas, etc.
Área determinada	Clima, anuncios, emergencias, compras Noticias locales, entretenimiento local exposiciones, canal de transporte aéreo, transporte terrestre, etc.
Perfil/ Preferencias	Noticias por suscripción, servicios personalizados, descargas de video, etc.
Comercio	Canales de compras, servicios de texto, información de publicidad, etc.

Tabla 5.1. Servicios convencionales en MBMS.

5.5.2 Servicios de Usuario de MBMS

Los Servicios de Usuario que incluye MBMS son principalmente dos: las descargas de contenido y los flujos de datos. La entrega de estos servicios no depende de los Servicios de Conexión de MBMS.

El método de descarga de contenidos de MBMS pretende incrementar la eficiencia en la distribución de archivos, incluyendo servicios de mensajes MMS. La entrega por el método de descarga permite transmisiones de archivos libres de errores mediante el Servicio de Conexión de MBMS unidireccional. Estos archivos son descargados y almacenados en la memoria interna de la terminal móvil para su reproducción posterior en algún momento. El método de flujos de datos se utiliza en la recepción continua y reproducción inmediata de aplicaciones, como TV móvil.

En la Figura 5.7 se muestran los protocolos que utiliza MBMS. En la parte izquierda de la imagen se observan los protocolos que requieren una conexión de unidifusión IP (P-t-P). El lado derecho de la imagen muestra la parte de los protocolos diseñados para las conexiones de multidifusión/difusión (P-t-M) construidos sobre UDP. Como los paquetes con UDP también se pueden implementar en las conexiones de unidifusión, el lado derecho de la imagen también se puede implementar en dichas conexiones.

Application(s)									
Service announcement & metadata (USD, etc.)	Associated-delivery procedures		MBMS security		MBMS security	Streaming codecs (audio, video, speech, etc.)	Download 3GPP file format, binary data, still images, text, etc.	Associated delivery procedures	Service announcement & metadata (USD, etc.)
	ptp file repair	Reception reporting	Registration	Key distribution (MSK)					
	HTTP	HTTP-digest	MIKEY	MIKEY	RTP payload formats SRTP, RTP/RTCP	FEC			
	TCP		UDP			FLUTE			
	IP (unicast)			UDP					
	IP (multicast) or IP (unicast)								

Figura 5.7. Conjunto de protocolos utilizado en MBMS.

Descarga de Contenidos (download)

La descarga de contenidos es un método de distribución de servicios que se reciben y almacenan internamente en la terminal para su reproducción posterior. El principio de funcionamiento de la entrega de contenidos por descargas en MBMS se observa en la Figura 5.8.

Los archivos de datos se entregan durante la etapa de Transferencia de Datos (ver Etapas del Servicio). La conexión de la transmisión se activa con el mensaje de Inicio de Sesión. Este mensaje produce el comienzo del proceso de censado (paging) en la RAN, que informa a los receptores acerca de una transmisión que está a punto de empezar. Después de que la conexión sea establecida, el BM-SC empieza a enviar los datos por descarga. El protocolo FLUTE se utiliza para enviar datos a través de UDP. Este FLUTE permite la protección de archivos mediante FEC. Después de la transmisión de datos, los recursos de la conexión son liberados mediante mensajes

de Sesión Detenida. Durante la etapa de Transferencia de Datos, ciertas terminales pueden experimentar la pérdida de paquetes debido a condiciones de desvanecimiento o por cruces entre células (handover). Tres esquemas de recuperación de errores se utilizan en las descargas de contenidos. El más importante de ellos es el uso de FEC, que permite la recuperación de paquetes perdidos sin la interacción con la red.

Para la recuperación de archivos a través de la red, la terminal móvil espera a que termine la transmisión de archivos e identifica los datos faltantes. Entonces, elige un servidor de recuperación de forma aleatoria. Después solicita la recuperación de los datos faltantes mediante una petición al servidor de recuperación. El servidor envía una respuesta con los datos faltantes hacia la red y el BM-SC envía los datos faltantes a la terminal mediante una conexión de radio (posiblemente la misma que se utilizó en la descarga original) como término del proceso de recuperación.

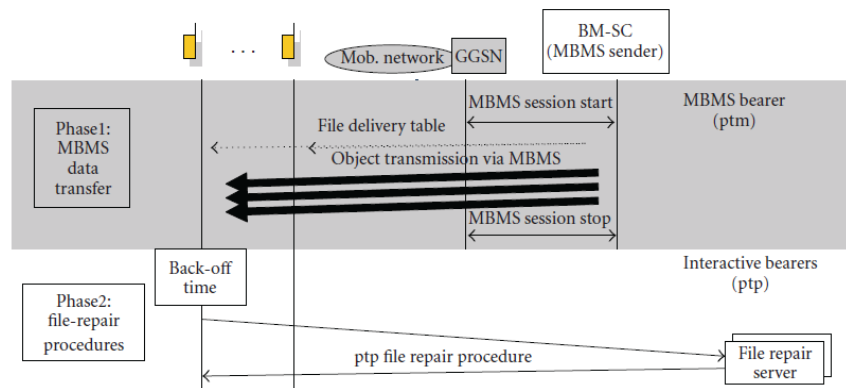


Figura 5.8. Principio del método de descarga de contenidos en MBMS.

Flujos de Datos (streaming)

El método de flujos de datos se utiliza para la recepción continua y la reproducción inmediata de multimedia (audio, video, etc). Un ejemplo típico de una aplicación utilizando este método es la transferencia de canales en vivo del servicio de TV móvil. El protocolo RTP se utiliza para la entrega de flujos de datos en MBMS. Ya que permite la entrega de contenidos en tiempo real o bien flujos de datos sobre UDP.

Las pérdidas de datos pueden ocurrir en las transferencias de datos, como resultado provocan distorsiones en la calidad del video y audio recibido. En este caso, los procedimientos de recuperación de archivos no son convenientes. En vez de ello, se utiliza FEC.

Gracias al uso de redundancias en los diversos bloques de información, FEC permite la protección del audio y video. En la Figura 5.9 se observa el concepto de recuperación de archivos mediante el uso de FEC. Cada bloque contiene información de redundancias que permite obtener una trama común de FEC y así recuperar los datos originales

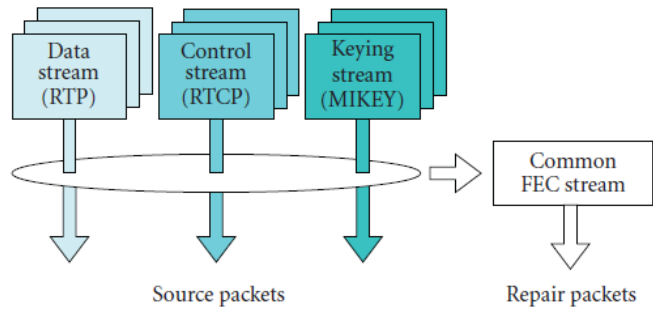


Figura 5.9. Concepto de recuperación de archivos utilizando FEC.

En la Figura 5.10 se observa cómo diferentes tipos de paquetes (audio, video, RTP, RTCP) son enviados a la capa FEC antes de su transmisión para su protección y recuperación.

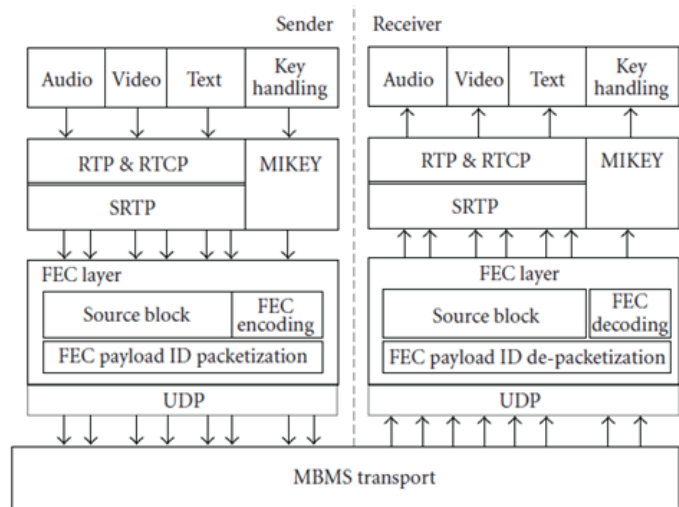


Figura 5.10. Envío de varios paquetes a la capa FEC para su protección.

5.5.3 CODECS

MBMS soporta varios formatos multimedia para voz, audio, video y texto en ambos métodos de entrega de contenidos (descargas y flujos de datos). También, MBMS define diversos codecs para el audio, imágenes, gráficos y texto que se utilizan solamente en las descargas de contenidos. En esta sección se mencionan los codecs que se utilizan para los dos métodos de entrega de contenidos.

Para la voz, MBMS puede elegir entre AMR para rangos de voz estrechos y AMR de banda ancha (AMR-WB+) para voz de banda ancha trabajando a 16 kHz como frecuencia de muestreo. Para la codificación de audio, se utiliza el codec E-AAC+ y el AMR-WB+. Dentro del grupo 3GPP se realizaron algunas pruebas para diferentes contenidos de audio a distintas tasas de codificación. Los resultados de estas pruebas se observan en la Tablas 5.2 y 5.3.

Tasa de bits (kbps)	Música	Mezclas	Voz
~ 10	AMR-WB+	AMR-WB+	AMR-WB+
~ 16	AMR-WB+	AMR-WB+	AMR-WB+
~ 20	AMR-WB+	AMR-WB+	AMR-WB+
24	(AMR-WB+)		AMR-WB+
32	(AMR-WB+)		(AMR-WB+)

Tabla 5.2. Preferencia de codec de audio utilizado en diferentes tipos de audio mono (Resultados de un estudio en 3GPP TR 26.936. Resultados de ITU.T 24 a 32 kbps (14 kHz como límite de ancho de banda)).

Tasa de bits (kbps)	Música	Mezclas	Voz
~ 16	(E-AAC+)	(E-AAC+)	AMR-WB+
~ 21	E-AAC+	(AMR-WB+)	(AMR-WB+)
~ 28	E-AAC+	(AMR-WB+)	AMR-WB+
~ 36	E-AAC+	(AMR-WB+)	(AMR-WB+)

Tabla 5.3. Preferencia de codec de audio utilizado en diferentes tipos de audio estéreo (Resultados de un estudio en 3GPP TR 26.936).

Para la codificación de video, MBMS utiliza H.264/AVC. Ya que es el único codec recomendado para esta tecnología. En la versión actual de MBMS se especifica que el contenido puede codificarse con una resolución máxima QVGA (320x 240 pixeles) a 30 fps.

Un aspecto importante en MBMS es la flexibilidad del sistema, ya que con una sola porción del ancho de banda proporciona diferentes servicios multimedia, dejando el resto a datos y voz. Cada porción del ancho de banda por portadora utilizado en MBMS lleva consigo un número variable de conexiones de radio. Cada conexión a su vez puede tener tasas de bits variables que dependen de varios factores y que se ajustan dependiendo de las condiciones deseadas para el área de cobertura. Se han realizado simulaciones que comprueban la escalabilidad de MBMS para entregar video a diferentes tasas dependiendo del estado en la recepción. Mediante los reportes CQI la red determina las condiciones de recepción de las terminales y ajusta las tasas de video para diferentes grupos de usuarios. En la siguiente sección se hablará con más detalle de esta propiedad.

Componentes de la capa de servicio

MBMS define todos los componentes necesarios para la transmisión audiovisual de contenidos. Sin embargo, esto no incluye las funciones pertenecientes a la capa de servicio. MBMS no especifica una guía de servicio o guía de programación que describa los canales o programas disponibles de una forma simple y amigable para el usuario.

OMA (Open Mobile Alliance) definió un conjunto de funciones denominadas como BCAST 1.0. que se encargan de aspectos como la guía de servicio, los protocolos de distribución de archivos y flujos de datos así como mecanismos de recuperación de archivos y FEC, funciones de notificación, protección del servicio y los contenidos, interacción en el servicio, provisión del servicio, roaming y movilidad. Para integrar todas estas funciones en los distintos sistemas de radiodifusión, OMA definió algunas adaptaciones específicas para cada sistema. Sin embargo la especificación de cada uno de estos puntos esta fuera del enfoque de esta tesis.

5.6 Pruebas con tecnología MBMS

Para prestar eficientemente el servicio de TV móvil a una gran cantidad de usuarios mediante ambos modos de transmisión (difusión/multidifusión), MBMS debe ser capaz de adaptar las tasas de video de acuerdo a las condiciones de recepción de las terminales de usuario. En esta sección se analizan algunas simulaciones realizadas por diversos grupos que demuestran que MBMS es capaz de adaptar las tasas de video de acuerdo a las condiciones que experimentan las UE en la recepción.

Comúnmente las comunicaciones en las redes inalámbricas existentes están optimizadas para la transferencia de datos a través de conexiones P-t-P. Diversas modificaciones a los estándares se han realizado para proveer eficientemente los servicios de multidifusión. Debido a la falta de canales de regreso en la distribución en el modo de difusión, la adaptación de las terminales móviles a los esquemas de codificación, modulación y control de energía no es posible. En consecuencia ocurren pérdidas de paquetes por las malas condiciones de recepción. Convencionalmente algunos esquemas como ARQ permiten la solución a estas pérdidas, sin embargo, esta solución sobrecarga la red cuando hay demasiadas terminales solicitando la retransmisión de sus paquetes, convirtiéndose en un proceso difícilmente realizable para MBMS. Las pérdidas de paquetes ocurren en órdenes de 10% o mayores.¹⁴ Para solucionar esta situación diversos esquemas que utilizan FEC se han considerado en la estandarización de MBMS.

Con los avances en HSDPA, los investigadores mostraron un gran interés explorando la capacidad del sistema para utilizar tasas de datos adaptables para mejorar el rendimiento y la QoS para aplicaciones en Tiempo-Real y Tiempo-No-Real. MBMS es una tecnología que emplea HSDPA para las conexiones P-t-P y para mecanismos de recuperación de paquetes. Sin embargo, HSDPA no es apto para una gran cantidad de usuarios.

Las conexiones que utilizan HSDPA adaptan su transmisión basándose en los valores de los reportes CQI obtenidos mediante el canal de regreso. No es realista que dentro de una célula todos los usuarios reciban contenidos a la misma tasa de datos, debido a las condiciones de la recepción que experimentan cada uno de ellos. Las terminales de usuarios reciben contenidos de video apropiados basados en los reportes CQI que recibe el nodo B.

En la Tabla 5.4 se observa la escalabilidad de video que propone HSDPA según el tipo de Modulación y Codificación (MCS) que se utilice con respecto a la escalabilidad que propone MBMS para grupos de usuarios.

En MBMS, en vez de utilizar los esquemas de HSDPA basados en modulación y Codificación Adaptativa (AMC) para un solo usuario, se utilizan esquemas AMC para grupos de usuarios. Este mecanismo mejora en promedio la QoS del sistema debido a que los usuarios con un valor mayor de CQI no dependen de los grupos de terminales con menor CQI ni tampoco de la QoS en el área

¹⁴ Junaid Afzal, Thomas Stockhammer, Taigo Gasiba, Wen Xu, "Video Streaming over MBMS: A System Design Approach", JOURNAL OF MULTIMEDIA, VOL. 1, No. 5, Agosto 2006, p.1.

de cobertura. El número de grupos se optimiza basándose en los requerimientos de usuario y las tasas de datos que requieren las aplicaciones. Así, se logra una escalabilidad del sistema con una mínima señalización en enlaces de subida.

Codificación de Video Escalable				HSDPA MCS	
Grupo	Capa	Resolución @ fps	Tasas de datos (kbps)	CQI	Tasas de datos (kbps)
1	Base	352x288 @ 30	75,5	2	86,5
2	Base+E1	352x288 @ 30	156	4	158
3	Base+E1+E2	352x288 @ 30	396	8	396

Tabla 5.4. Escalabilidad del video en MBMS vs HSDPA MCS.

En base en estas ideas, algunos grupos se encargaron de realizar simulaciones acerca del comportamiento del tráfico en la entrega de video utilizando MBMS. Los parámetros que utilizaron en dichas simulaciones toman en cuenta desvanecimientos por multitrayecto, por sombra, pérdidas por propagación y otros parámetros.¹⁵ Los resultados de sus simulaciones demuestran puntos muy interesantes.

En la Figura 5.11 se aprecia claramente que a medida que tenemos una mayor tasa de datos el área de cobertura se ve reducida de forma casi linealmente. Las tasas de datos pequeñas corresponden a valores de CQI muy pequeños que nos indican que la calidad de la señal no es buena, pero es aceptable para la mayor parte de las UE. Mientras que solamente una fracción de las UE tienen una recepción de señal muy buena que les permite recibir mayores tasas de datos. Si el tamaño de la célula es muy grande, las tasas de datos que pueden recibir las UE se ven reducidas considerablemente. En esta simulación se analizó individualmente el comportamiento de cada UE.

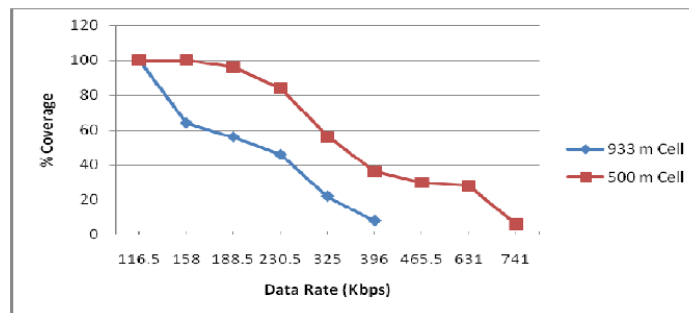


Figura 5.11. Distribución del área de cobertura para un esquema no grupal de transmisión de MBMS.

El CQI es una medida para ajustar la conexión de radio con cada terminal y en base en esto se determina a que tasa se recibe el video de acuerdo a las características de la conexión de radio. Entre mayor sea el número de CQI mayor será la tasa de datos. En una célula no todas las UE reciben la señal de forma igual, algunas tienen mayor CQI que otras. El nodo B realiza un análisis de los CQI dentro de la célula y decide la tasa de datos que utilizará en base al menor CQI. Esto no

¹⁵ Ahsan Chaudhry, Jamil Y. Khan, "An Efficient MBMS Content Delivery Scheme over the HSDPA Network", 2009, p.3.

es óptimo, ya que a pesar de que esta decisión permite que el 100% de las UE reciban el contenido, existen UE que pueden recibir a tasas mayores de datos como se ve en la Figura 5.12.

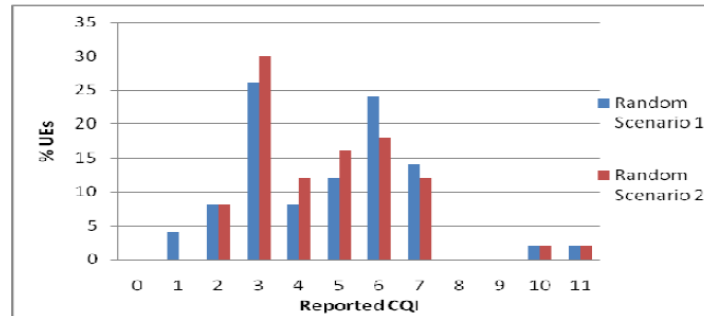


Figura 5.12. Distribución de CQI en un esquema no grupal de UEs.

Los resultados demuestran que en MBMS la decisión no se realiza en base al menor CQI de las UE sino que se agrupan las UE por CQIs y cada grupo de terminales (dependiendo del tiempo de transmisión TTI) recibe en la tasa de datos que le corresponde. Así, se logra una optimización en las tasas de datos para cada grupo de usuarios. La desventaja es que no todas las UE reciben el contenido debido a que no se ajustan a las condiciones de la conexión de radio del grupo. En la Figura 5.13 se observan algunos grupos con sus correspondientes tasas de datos asignadas de acuerdo a los reportes CQI.

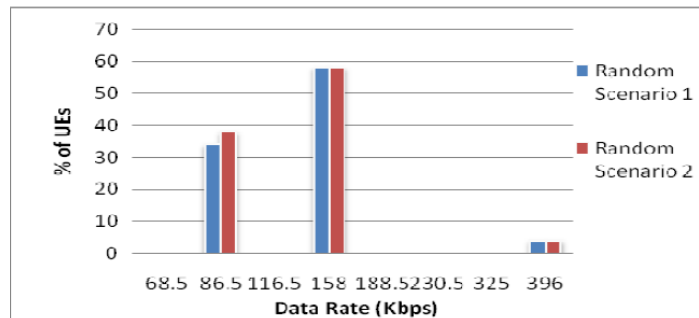


Figura 5.13. Grupos con sus respectivas tasas de datos.

Es así como MBMS permite una entrega de video optimizado para grupos de usuarios con condiciones de recepción semejantes. Los resultados nos permiten entender porque MBMS es una propuesta tan interesante en la entrega de contenidos de video.

5.7 MBMS sobre LTE

Son dos los motivos por los cuales MBMS ha evolucionado en las redes pertenecientes al grupo 3GPP. La evolución de WCDMA y la evolución de UTRA a LTE han permitido que MBMS esté presente en el desarrollo de las redes futuras. La evolución de WCDMA le ha permitido a MBMS

mejoras en las conexiones de radio P-t-M, principalmente en las redes de frecuencia única (MBSFN) y la evolución con HSPA le ha dado una mayor capacidad al utilizar conexiones P-t-P.

En paralelo, el grupo 3GPP ha trabajado en la evolución de UTRA, la denominada LTE. La estandarización de MBMS sobre las redes LTE se dio en la Publicación No.9. Las innovaciones más importantes de LTE con respecto a MBMS son: el soporte de anchos de banda mayores, el uso de OFDM como el tipo de modulación en la capa física y la eficiencia y flexibilidad de las redes MBSFN.

MBMS se implementa en LTE para buscar una eficiencia espectral tal que le permita soportar el equivalente a 16 canales de TV móvil de alrededor de 300 kbps por canal en 5 MHz de ancho de banda. Esta mejora solo es posible si se implementa utilizando OFDM como la interfaz de aire en Redes de Frecuencia Única (SFN).

5.7.1 Redes de Frecuencia Única para MBMS

El uso de las Redes de Frecuencia Única (Single Frequency Network) en MBMS se denomina como MBSFN (Multimedia Broadcast SFN), esto hace referencia a que en LTE, sólo se puede transmitir contenido multimedia en el modo de difusión masiva (broadcast). Estas Redes de Frecuencia Única disminuyen la interferencia entre células e incrementan la potencia de la señal en las fronteras de las mismas, mejorando así la relación de señal a interferencia y la eficiencia espectral.

Las transmisiones de difusión del servicio de MBMS en LTE se puede realizar de dos formas, la primera de ellas es mediante una sola célula, la segunda es mediante una transmisión utilizando múltiples células configuradas como una red SFN (MBSFN). La transmisión mediante MBSFN se realiza comúnmente sobre un canal de multidifusión (MCH) que se utiliza en todas las células que intervienen en la transmisión. La terminal de usuario demodula este canal en base a una referencia que lo diferencia de los otros canales que se utilizan en cada célula, así, la terminal de usuario recibe correctamente las transmisiones de las células que intervienen en MBSFN.

Las señales provenientes de las diferentes células llegan con retardos de propagación distintos, por ello, las células que intervienen en MBSFN comúnmente tienen un tiempo de guarda bastante grande. LTE define tres valores diferentes en OFDM para el tiempo de guarda: $4,67\mu\text{s}$, $16,7\mu\text{s}$ y $33\mu\text{s}$. Las señales que lleguen dentro del tiempo de guarda contribuyen útilmente a la señal y mejoran la cobertura, mientras que las señales que lleguen después del tiempo de guarda contribuyen a la interferencia. El tiempo de guarda no contiene información útil, su longitud es un intercambio entre el tiempo útil para la transmisión de datos y el valor de intensidad de señal deseado en área MBSFN. El tiempo de guarda más pequeño se utiliza en transmisiones donde no se utiliza MBSFN, el valor de $16,7\mu\text{s}$ se utiliza solamente cuando se tienen pocas células en una red MBSFN y el valor de $33\mu\text{s}$ se utiliza cuando tenemos distancias más grandes entre los sitios de transmisión que requieren una buena cobertura.

En la Figura 5.14 se muestra la transmisión sincronizada de algunas estaciones con tiempos de propagación menores al tiempo de guarda, lo que permite una recepción eficiente en la terminal.

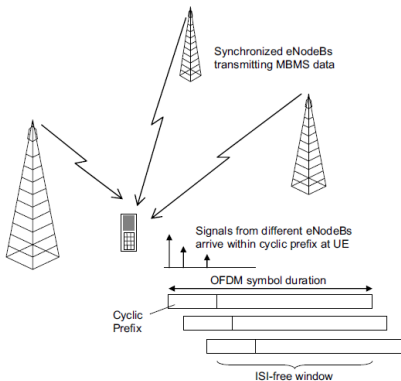


Figura 5.14. Transmisión de MBSFN sin interferencia entre símbolos (ISI).

Un ejemplo de la mejora en el desempeño de MBSFN comparándola con respecto a la transmisión de una sola célula en una transmisión p-t-m se muestra en la Figura 5.15. En dicha figura se observa claramente que un conjunto de células que utilizan SFN permite una mayor cobertura que una sola célula transmitiendo con la misma eficiencia espectral.

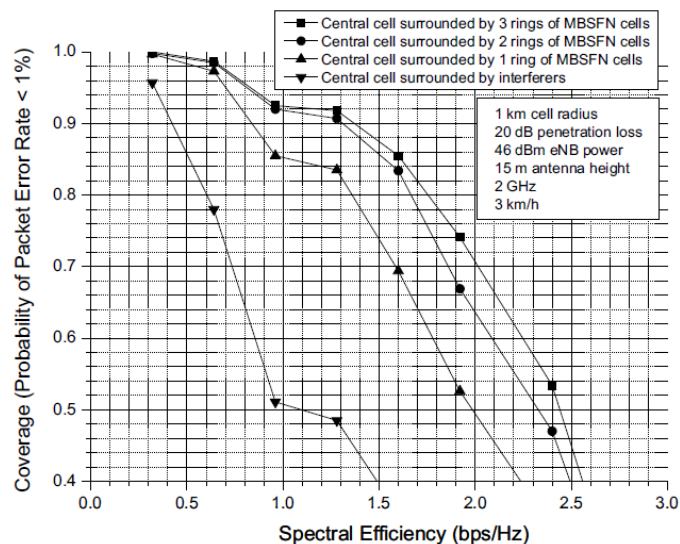


Figura 5.15. Reducción en los recursos utilizados para los enlaces de bajada logrados mediante las transmisiones de redes SFN.¹⁶

Las transmisiones de células múltiples (eNodo Bs) en un área MBSFN, (es el área donde las células transmiten el mismo contenido), debe de tener una sincronización muy precisa del orden de μ s para evitar la interferencia entre símbolos. El método que se utiliza para alcanzar este nivel de sincronización no está definido en las especificaciones de LTE. La decisión de cómo sincronizar las

¹⁶ Citado en: Stefania Sesia, Issam Toufik y Philips Research, "LTE – The UMTS Long Term Evolution: From Theory to Practice", John Wiley & Sons, Reino Unido, 2009, p.329.

estaciones se realiza en el momento de la implementación de los eNodo Bs. Las soluciones típicas a este problema están basadas en la sincronización por satélites mediante GPS.

Áreas de servicio MBMS

El área geográfica de la red donde MBMS se transmite se denomina Área de Servicio MBMS. El área geográfica donde todos los eNodos B están sincronizados y pueden realizar transmisiones MBSFN es denominada Área de Sincronización MBSFN. Dentro de un Área de Sincronización MBSFN, un grupo de células que están coordinadas para una transmisión MBSFN se denomina como Área MBSFN. De este modo un Área de Sincronización MBMS soporta muchas Áreas MBMS cada una transmitiendo contenidos diferentes y con un conjunto de células participando.

En la Figura 5.16 se puede observar los diferentes tipos de áreas para proporcionar el servicio de MBMS a través de las transmisiones MBSFN:

- Grupo 1: Es el Área de Servicio MBMS que contiene a todas las demás áreas donde se ofrece el servicio MBMS ya sea a través de una sola célula o bien a través de una red SFN sincronizada. La elección del tipo de transmisión la realiza un elemento denominado como MCE (MultiCell/Multicast Coordination Entity) al momento de la configuración del Área de Servicio MBMS o bien de células individuales para la transmisión de los servicios MBMS.
- Grupos 2-5: Pertenecen al Área de Sincronización de MBMS y operan en el modo de transmisión MBSFN con sus respectivas Áreas MBSFN. Los grupos 2, 3 y 4 operan en transmisiones MBSFN con sus respectivas Áreas MBSFN, mientras que el grupo 5 está conformado por células en las que se traslapan dos Áreas de MBSFN, sin embargo este tipo de operación aún está en desarrollo.

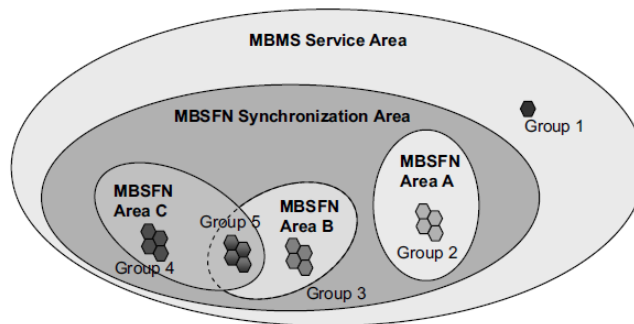


Figura 5.16. Diferentes áreas en MBMS: Servicio, Sincronización y Grupos.

5.7.2 Arquitectura

Al igual que en las redes UMTS, MBMS tiene una arquitectura de referencia que también aprovecha los nodos y su funcionalidad para soportar el servicio, sin embargo la gran diferencia radica en que en LTE, MBMS solamente presenta un modo de transmisión: difusión masiva (broadcast).

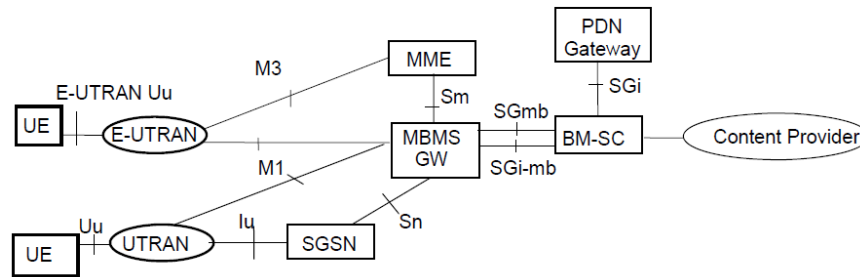


Figura 5.17. Arquitectura para MBMS en LTE: E-UTRAN y UTRAN (sólo modo broadcast). No aparece el bloque MCE por simplicidad.

En la Figura 5.17 se puede observar la arquitectura de MBMS en LTE. Con anterioridad se mencionaron las funciones de los bloques pertenecientes a las redes de UMTS (UTRAN, SGSN) por lo que ahora sólo se describirán las funciones de los bloques que pertenecen únicamente a LTE (E-UTRAN y EPC) con excepción del BM-SC, el cual es un nodo independiente del cual ya se especificaron sus funciones y no se hará referencia de él.

E-UTRAN

La zona de la Red de Acceso de Radio (RAN) al igual que en las redes UMTS es la encargada de entregar eficientemente la información de MBMS sobre el Área de Servicio de MBMS. Y ya que en LTE solamente se manejan paquetes IP, E-UTRAN es capaz de recibir distribución de multidifusión IP. Soporte a la movilidad, elección del tipo de modo de transmisión (única célula o red SFN) siguen siendo funciones de gran importancia en MBMS.

MBMS Gateway (MBMS GW)

Es un elemento localizado entre el proveedor de servicios y los eNodo Bs. Está involucrado con el inicio/establecimiento de las sesiones y participa en la sincronización de contenidos para los servicios de MBSFN.

MME

Para el soporte de MBMS en E-UTRAN se encarga del control de la sesión de la Conexión MBMS para el acceso a E-UTRAN (inicio/terminación), transmisión de mensajes de control de sesión a diversos nodos en E-UTRAN y recepción de datos de MBMS proveniente del MBMS GW.

MCE (Multicell/Multicast Coordination Entity)

MCE es el bloque responsable de la coordinación en las transmisiones MBSFN en la RAN de LTE. Se encarga de la coordinación de las transmisiones de múltiples células; así como de la asignación de los recursos en tiempo y frecuencia de todos los eNodo Bs en el Área MBSFN. También maneja el tipo de modulación y el esquema de codificación que se utiliza a través de toda el Área MBSFN para un servicio en particular. En la Figura 5.18 se observa donde está ubicado para una arquitectura dentro de LTE.

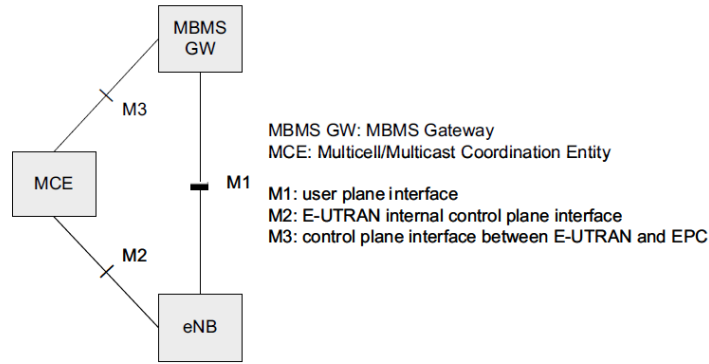


Figura 5.18. Nodo MCE para la arquitectura de red de MBMS en LTE.

5.8 Integración de IMS con MBMS

Las comunicaciones móviles han evolucionado de solamente ser conexiones punto a punto prestando voz como el único servicio a un modelo más complejo de servicios multimedia que se transmiten mediante conexiones punto a multipunto. Muchas tecnologías se están desarrollando en este momento para prestar estos servicios eficientemente. Estas tecnologías competitivas podrían ser complementos unas de otras, si convergieran en una sola plataforma de control. IMS promete ser una tecnología revolucionaria que serviría como plataforma de convergencia que ofrecería a los usuarios finales acceso en cualquier momento y lugar a sus servicios multimedia.

El objetivo de esta sección es presentar una arquitectura que permite la entrega de servicios multimedia mediante un sistema de difusión/multidifusión. El desarrollo de la integración de IMS con MBMS se está llevando a cabo por diversos grupos como 3GPP, TISPAN, ITU NGN y OMA.

Dos soluciones fueron presentadas con sus respectivos diseños. En la primera solución IMS utiliza MBMS mediante el bloque BM-SC, el cual no sufre ningún cambio en sus funciones. Esta integración corresponde a la arquitectura propuesta en 3GPP en las Publicaciones 7 y 8. La segunda solución considera las funciones del bloque BM-SC y las distribuye en los diversos elementos pertenecientes a IMS. Esta solución es apropiada para la arquitectura SAE/LTE.

Ambas soluciones aún se encuentran bajo investigación, pero es importante tener una noción de la importancia que tiene MBMS en las tecnologías futuras de distribución de contenidos multimedia.

Integración de IMS-MBMS en R7/R8 de 3GPP

En la Figura 5.19 se muestra la arquitectura de esta integración, donde IMS se utiliza para controlar las conexiones de MBMS.

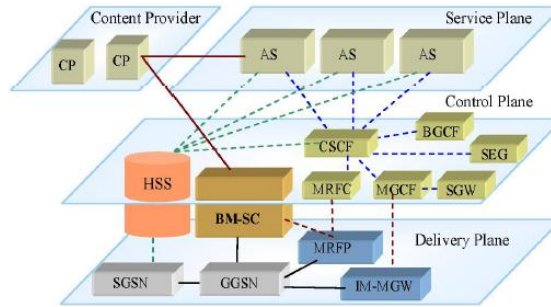


Figura 5.19. Arquitectura de integración IMS-MBMS (R7/R8).

Un servicio de multidifusión o de difusión masiva se puede iniciar directamente a través del proveedor de contenidos o bien indirectamente vía Servidor de Aplicaciones IMS (IMS AS). No existen nuevos elementos en la arquitectura, pero si hay modificaciones en los elementos existentes y la introducción de nuevas interfaces.

El bloque de BM-SC correspondiente a MBMS provee las funciones del Servicio de Usuario de MBMS para proveer y entregar el servicio. Sirve como un punto de entrada para las transmisiones MBMS del Proveedor de Contenidos, se utiliza para autorizar e iniciar los Servicios de Conexión de MBMS dentro de la PLMN, así como para organizar y entregar las transmisiones MBMS. Se introduce una nueva interfaz entre el MRFP y el BM-SC. En conclusión se mantiene sin cambios el plano de Entrega multimedia.

El plano de control necesita algunas mejoras para dar soporte al inicio, terminación y administración de los datos y de la señalización entre los elementos de IMS y MBMS. El bloque funcional encargado de esto se denomina como Controlador de Difusión/Multidifusión. Para el flujo de señalización, el BM-SC interactúa directamente con el plano de control, mientras que para el procesamiento de medios, el controlador BMSC se comunica con el MB-SC a través del MRFP.

Integración de IMS-MBMS en LTE

En la Figura 5.20 se puede apreciar la propuesta de integración de IMS-MBMS basada en una red evolucionada totalmente en IP (LTE). En esta propuesta se distribuyen las funciones del bloque conocido como BM-SC en diversos elementos de los planos de Entrega, Control y Servicio.

El transporte y pre-procesamiento del contenido se realiza en el plano de medios. El MRFP se mejoró para realizar cifrado de medios (seguridad en difusión masiva), codificación de corrección de errores, mezclado de diferentes flujos de medios y además se colocó como Gateway entre el Proveedor de Contenidos y la EPC. En resumen el MRFP se encarga de las funciones de administración de las sesiones y grupos.

El HSS es la base central de la red IMS; la información de suscripción y los perfiles de usuarios están contenidos en este bloque.

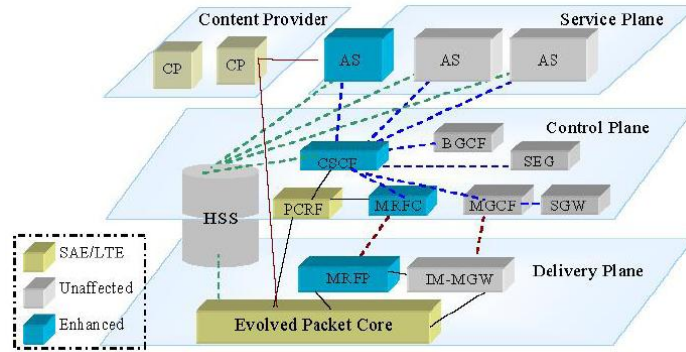


Figura 5.20. Arquitectura de integración IMS-MBMS (SAE/LTE).

El S-CSCF contiene la información para activar el servicio utilizando un criterio determinado. Cuando un usuario establece una conexión con IMS, el S-CSCF transfiere el perfil de usuario correspondiente desde el HSS. Este perfil contiene los grupos a los cuales está suscrito. Cuando la conexión se ha establecido, el S-CSCF realiza su criterio para activar el servicio y envía mensajes SIP al grupo de servidores en la capa de aplicación. Estos mensajes SIP resultan en la activación del servicio y por ende en la entrega del servicio por parte de este grupo de servidores de aplicaciones.

El MRFC está mejorado para administrar la colocación de los recursos relacionados con la difusión/multidifusión. Esto incluye la reserva y administración de las direcciones de multidifusión IP. Además se encarga de la administración de las sesiones de difusión/multidifusión mediante el Administrador de Sesión BM que controla a su vez las funciones de Proxy y Transporte del MRFP.

El BM-SE (Broadcast-Multicast Service Enabler) provee algunas de las funciones que se encuentran en el BM-SC. Algunas de estas funciones son: la administración de la seguridad que incluyen el registro de las actualizaciones de las contraseñas, la descripción del servicio y las guías de agregación de los servicios de multidifusión/difusión, organización del contenido y recolección de estadísticas para la entrega de flujos y descargas de datos.

Estos son algunos de los cambios que se realizaron en esta integración para proporcionar un servicio de multidifusión y difusión masiva, aunque actualmente se sigue trabajando en ello para lograr una convergencia entre las diferentes redes basadas en IP, ya sean móviles o fijas.

5.9. Referencias

- ✓ 3GPP TS 23.246, "Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS); Architecture and functional description", V9.5.0, Junio 2010.
- ✓ 3GPP TS 26.346, "Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS); Protocols and codecs", V9.3.0, Junio 2010.
- ✓ 3GPP TR 25.992, "Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS); UTRAN/GERAN requirements", V9.0.0, Diciembre 2009.
- ✓ 3GPP TR 22.146, "Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS); Stage 1", V9.0.0, Junio 2008.
- ✓ 3GPP TR 25.346, "Introduction of the Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS) in the Radio Access Network (RAN); Stage 2", V9.1.0, Abril 2010.
- ✓ A. Ikram, M. Zafar, N. Baker, R. Chiang, "IMS-MBMS Convergence for Next Generation Mobile Networks", IEEE, 2007.
- ✓ Josephine Antoniou, Marinos Stylianou y Andreas Pitsillides, "Ran selection for converged networks supporting IMS signaling and MBMS service", IEEE, 2007.
- ✓ Frank Hartung, Uwe Horn, Jörg Huschke, Markus Kampmann, and Thorsten Lohmar, "Research Article: MBMS—IP Multicast/Broadcast in 3G Networks", Diciembre 2009.
- ✓ Junaid Afzal, Thomas Stockhammer, Taigo Gasiba, Wen Xu, "Video Streaming over MBMS: A System Design Approach", Journal of Multimedia, volumen 1, No. 5, Agosto 2006.
- ✓ Ahsan Chaudhry, Jamil Y. Khan, "An Efficient MBMS Content Delivery Scheme over the HSDPA Network", IEEE, 2009.
- ✓ Martin Sauter, "Beyond 3G – Bringing Networks, Terminals and the Web Together: LTE, WiMAX, IMS, 4G Devices and the Mobile Web 2.0", John Wiley & Sons, Reino Unido, 2009.
- ✓ Erik Dahlman, Stefan Parkvall, Johan Sköld and Per Beming, "3G evolution: HSPA and LTE for mobile broadband", Academic Press, Estados Unidos, 2007.
- ✓ Hsiao-Hwa Chen y Mohsen Guizani, "Next Generation Wireless Systems and Networks", John Wiley & Sons, Inglaterra, 2006.
- ✓ Grzegorz Iwacz, Andrzej Jajszczyk y Michał Zajaczkowski, "Multimedia Broadcasting and Multicasting in Mobile Networks", John Wiley & Sons, Reino Unido, 2008.
- ✓ Harri Holma y Antti Toskala, "LTE for UMTS: OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access", John Wiley & Sons, Reino Unido, 2009.
- ✓ Stefania Sesia, Issam Toufik y Philips Research, "LTE – The UMTS Long Term Evolution: From Theory to Practice", John Wiley & Sons, Reino Unido, 2009.

Conclusiones

El objetivo principal de esta tesis fue realizar un análisis de las principales plataformas tecnológicas desarrolladas por los diversos grupos para entregar servicios de televisión móvil y multimedia a usuarios de dispositivos inalámbricos portátiles, principalmente teléfonos celulares. El análisis realizado se concentró en el sistema que ofrece servicios multimedia y televisión móvil propuesto por la organización 3GPP, denominado como MBMS (Multimedia Broadcast and Multicast Service).

El análisis se realizó en base a diversos estudios sobre la evolución de los sistemas celulares de tercera generación propuestos por 3GPP (3GPP2 e IEEE 802), haciendo hincapié en su evolución hacia redes de acceso IP, el uso de la tecnología MBMS para el ofrecimiento de servicios de multimedia y televisión móvil, el empleo del subsistema IMS (IP Multimedia Subsystem) y la integración de IMS con MBMS.

Para poder entender la importancia del servicio de televisión móvil se utilizaron diferentes publicaciones referentes al funcionamiento del servicio, la multimedia dentro del portafolio de servicios de los sistemas celulares 3G y posteriores, y el impacto en la evolución de la tecnología.

A lo largo de esta investigación se han analizado diversos temas relacionados con la entrega de un servicio que aún se encuentra en desarrollo y del cual apenas se empiezan a tener pruebas de su aceptación. El servicio de TV móvil es un servicio multimedia que se piensa proporcionar mediante el uso de diversas tecnologías desarrolladas por grupos de investigación como 3GPP, 3GPP2, radiodifusores, operadores de redes móviles, operadores de banda ancha y mediante el uso de redes satelitales.

Con el paso del tiempo se vislumbra que todas las tecnologías van a necesitar cooperar unas con otras para ofrecer un servicio que requiere de la interacción del usuario con el operador. Las ventajas que ofrecen las tecnologías propuestas por los radiodifusores están relacionadas con la distribución masiva de contenidos populares, mientras que las tecnologías basadas en el uso de las redes móviles ofrecen un canal de retorno que les permite a los proveedores del servicio de TV móvil determinar cuáles contenidos son del agrado del público y cuáles no.

Por otro lado el uso de sistemas satelitales para la distribución de TV móvil requiere de la utilización de sistemas híbridos basados en el uso de satélites de alta potencia con repetidores terrestres para proveer servicios dentro de interiores. De igual forma la interacción entre la red y el usuario se daría mediante las redes móviles a través de la terminal de usuario.

Las redes de banda ancha (WiMAX, Wibro) ofrecen servicios IP a grandes áreas de cobertura con altas tasas de bits, pero con un soporte menor para la movilidad que las redes móviles existentes. WiMAX proporciona tasas de bits mucho mayores que las tecnologías existentes de 3G (HSPA, cdma2000 3x). WiMAX es ideal para aplicaciones de datos ya que está basada en la conmutación de paquetes IP, mientras que las redes de tercera generación están adaptadas para aplicaciones de voz con datos. Por otro lado, las redes 3G son ideales para servicios de voz ya que la calidad del servicio (QoS) en WiMAX se deteriora debido a la gran saturación de la red, por ello el costo del servicio es muy grande. Las redes 3G están adaptadas para entornos de movilidad, mientras que WiMAX ofrece movilidad como característica adicional del estándar.

Como se puede apreciar, todas las tecnologías antes mencionadas obtienen la interacción con el usuario mediante las redes móviles. Es aquí donde reside la principal ventaja que poseen las tecnologías como MBMS y BCMCS. Ambas son tecnologías adaptadas para utilizarse dentro de las redes existentes de 3G. Sin embargo, el grupo encargado del desarrollo de BCMCS (3GPP2) decidió participar en el desarrollo e investigación de las redes futuras basadas en IP pertenecientes al grupo 3GPP, las redes LTE. LTE se diseñó tomando en cuenta que MBMS podría ser implementada dentro de sus redes. Esta es la razón principal de la elección de MBMS en esta investigación.

MBMS es una tecnología que se beneficia de las tecnologías que se utilizan en las redes de 3G. La arquitectura de red que utiliza MBMS es la misma que utilizan las redes UMTS/HSPA y LTE. La única diferencia radica en que todas las funciones relacionadas con la provisión y soporte del servicio de MBMS están contenidas dentro de un solo elemento denominado como BM-SC.

El BM-SC es un elemento que se divide en diversas sub-funciones. Estas sub-funciones están relacionadas con acceso a los contenidos mediante el uso de una membresía, el manejo de

sesiones y transmisión de la información, proxy y transporte de los datos, los anuncios de los contenidos dentro del servicio y la seguridad de los usuarios cuando solicitan algún servicio determinado.

La utilización de la misma infraestructura que WCDMA le permite a MBMS poder transmitir sus contenidos mediante el uso de múltiples células. La transmisión por múltiples células provee una reducción de la energía en la potencia de transmisión. Además permite el uso de redes de frecuencia única para la transmisión de los contenidos. El uso de HSPA le confiere a MBMS una flexibilidad para ajustar los esquemas de codificación y modulación para los enlaces de bajada (HSDPA), únicamente en las conexiones punto a punto. Sin embargo, esta flexibilidad se ve limitada por las condiciones de recepción que experimenta la terminal de usuario. Cuando las condiciones en la recepción sean muy pobres, los esquemas de modulación y codificación tendrán que ser más robustos, utilizar más redundancias y por lo tanto reducir la capacidad del canal.

Los avances que trae consigo la implementación de MBMS sobre la Red de Acceso por Radio (RAN) en GERAN y UTRAN son los siguientes: en GERAN se mejoró la forma en la que se realiza la recuperación de paquetes mediante el uso de ARQ. En UTRAN se crearon nuevos canales para el acceso al servicio de MBMS. Cuando se desea recibir algún servicio en particular, la terminal de usuario debe leer primero si el servicio disponible es el que desea (MICH), después revisar la información de control que le permite acceder a ese servicio (MCCH) y finalmente debe leer el canal donde se envía la información correspondiente a ese servicio (MTCH).

Otra de las innovaciones que presenta MBMS es el uso de conexiones punto a multipunto. Este tipo de conexiones permiten la creación de una sola conexión en la red que al final se distribuye a varios receptores en diferentes áreas. Esta conexión no da soporte al uso de HSDPA ya que no hay ninguna información entre la red y la terminal de usuario para ajustar las condiciones en la recepción. La cobertura que se utiliza en esta conexión está diseñada para ser estática, por lo que algunas de las terminales de usuario podrían experimentar pérdidas de datos. Sin embargo, estas conexiones hacen un uso eficiente de los recursos de la red, únicamente cuando el número de usuarios que solicitan un servicio es muy grande.

Por otro lado, MBMS también hace uso de las conexiones punto a punto. Para este tipo de conexiones utiliza HSDPA. La transmisión se ajusta de acuerdo a las condiciones en la recepción de la terminal. Dicho ajuste lo realiza el nodo B en base a los reportes de calidad del canal de radio que recibe de la terminal (reportes CQI). Los ajustes consisten en adaptar los esquemas de modulación y codificación, ajustes en la potencia de transmisión para incrementar la relación señal a interferencia y a ruido (SINR), y en las repeticiones automáticas de paquetes (ARQ).

La entrega de contenidos basada en ambas conexiones se realiza utilizando dos modos de transmisión: el modo de difusión masiva y el modo de multidifusión.

El modo de difusión masiva permite la entrega de contenidos populares a una gran cantidad de usuarios a la vez dentro de un área de servicio. No requiere de alguna conexión particular entre la red y el usuario. Al igual que el modo de difusión masiva, el modo de multidifusión es una forma

de entrega punto a multipunto. La diferencia radica en que en este modo de transmisión el usuario debe registrarse y mediante un proceso conocido como conteo la red decide qué tipo de conexión utilizar para hacer un uso eficiente de los recursos de la red. Las etapas para el acceso al servicio difieren en ambos modos debido a que en el modo de multidifusión, el usuario debe registrarse para solicitar un servicio, mientras que en el modo de difusión masiva, el usuario únicamente decide si escucha o no el servicio que se va a transmitir o que se está transmitiendo.

En MBMS se ofrecen diferentes servicios como TV móvil, descargas de video, audio, noticias, deportes, etc. Estos servicios se entregan principalmente mediante dos métodos: las descargas de contenidos y los flujos de datos.

Las descargas de contenidos permiten obtener aplicaciones que se almacenan en la memoria interna de la terminal móvil. El usuario decide cuándo reproduce las aplicaciones descargadas. En este método los paquetes que contienen las aplicaciones solicitadas por los usuarios se envían en orden. Si ocurre algún error que no permite la recuperación del paquete utilizando FEC, simplemente la terminal solicita la retransmisión del paquete al servidor de recuperación. Entonces la red crea otra conexión para la entrega del paquete perdido.

Los flujos de datos son información que se reproduce instantáneamente cuando se recibe. Este tipo de aplicaciones es en tiempo real y por ello necesita de algoritmos más eficaces para la recuperación de errores. El uso de FEC para estos flujos de datos es necesario para prevenir lo más posible la pérdida de paquetes.

Por cuestiones de movilidad es común que las tasas de bits a las que recibe una terminal de usuario sean variables. Se han realizado pruebas que demuestran que MBMS posee escalabilidad de video, esto permite que las tasas de bits se ajusten de acuerdo a las condiciones de recepción que experimentan las terminales. Los resultados de estas simulaciones demuestran que MBMS agrupa terminales de usuarios que envían reportes CQI similares. De esta forma a cada grupo de usuarios se le asigna una tasa de bits óptima de acuerdo a sus necesidades. Así, evita limitar a otros usuarios a tasas de bits más altas de las que son capaces de recibir.

Las transmisiones de video en MBMS se realizan utilizando H.264/AVC con resolución máxima QVGA (320x 240 pixeles) a 30 fps, ya que es el único codec recomendado para esta tecnología. Diversos codecs AMR (AMR, AMR-WB+) y HE-AAC V2 son utilizados para el audio.

La implementación de MBMS en LTE se basa en el uso de las redes de frecuencia única (MBSFN). La eficiencia espectral y la disminución de la interferencia entre células son las ventajas que se obtienen del uso de estas redes. Dependiendo del área de cobertura, MBSFN ajusta el tiempo de guarda que soporta para evitar la interferencia entre símbolos. Sin embargo, esto limita la capacidad del canal ya que el tiempo de transmisión de datos se ve reducido al incrementar el valor del tiempo de guarda.

La implementación de MBMS en LTE también permite la integración de MBMS con una plataforma diseñada para la distribución de contenidos multimedia IP. Esta integración es necesaria ya que

IMS como tal solamente soporta conexiones punto a punto. Por ello, la integración de MBMS es tan importante. Los trabajos realizados por diversos grupos han diseñado dos soluciones para lograr esta integración. El primero de estos acercamientos conserva la funcionalidad de los bloques existentes en IMS e integra el bloque BM-SC entre los planos de control y entrega del servicio. En este caso, el BM-SC conserva todas las funciones que realiza para MBMS. Los únicos cambios que se necesitan hacer son la creación de nuevas interfaces con sus respectivos protocolos para la comunicación entre los elementos de IMS con el BM-SC. El segundo de los acercamientos propone una solución basada en la distribución de las funciones que realiza el BM-SC en diversos de los elementos de los diferentes planos de IMS. Cabe resaltar que ambos esfuerzos por parte de diversos grupos aún se encuentran bajo desarrollo, pero lo que buscan es una idea muy prometedora que permitirá en un futuro distribuir contenidos a todas las redes de acceso basadas en IP.

Todas estas son características que definen exactamente porque MBMS es una buena tecnología. Es obvio que las tasas de datos que soporta no se comparan con las que ofrecen las tecnologías desarrolladas por los demás grupos. Sin embargo, el gran soporte a la movilidad, el ajuste de los esquemas de modulación, codificación, la potencia de transmisión, la escalabilidad de video, el uso eficiente de los recursos de la red, etc. Son características que reflejan que MBMS es una tecnología totalmente diseñada para ambientes móviles. La distribución de servicios móviles no es algo nuevo para los operadores de redes de tercera generación ya que han estado involucrados en esta clase de servicios desde el surgimiento de las redes celulares.

Las razones porque MBMS es la mejor opción para proporcionar un servicio tan importante como la TV móvil son obvias. La investigación realizada demuestra que las características de MBMS se ajustan perfectamente a las necesidades del ambiente móvil. El nivel de personalización que ofrece MBMS es bastante grande en comparación con las demás tecnologías. Pero lo más importante, actualmente las terminales móviles denominadas como teléfonos celulares cada vez son más en el mundo. Por ello la implementación de un servicio que se puede ofrecer en una red que sólo necesita algunos ajustes en el software de la misma y en las terminales, es muy sencilla y poco costosa.

La TV móvil digital aún tiene un largo camino por recorrer antes de llegar al mercado como un servicio multimedia más. Las dificultades que experimenta no sólo están relacionadas con cuestiones técnicas. La legislación de los derechos de autor, el control sobre el tipo de contenidos que se ofrecen dependiendo de las regiones o localidades, el contenido para adultos, el 'roaming' entre operadores, el diseño de las terminales que sean capaces de recibir el servicio y la asignación de las bandas de frecuencia son sólo algunos de los problemas con los que se va a enfrentar la TV móvil. Sin embargo, estamos ante un gran acontecimiento que marcará el modo en que se realiza la comunicación, al igual que lo hizo la televisión analógica en su momento.

En la actualidad MobiTV. Inc (www.mobitv.com) es una compañía de tecnología que se encuentra como la principal proveedora de servicios de televisión móvil (además proporciona servicios de radio digital) para teléfonos y dispositivos de banda ancha en todo el mundo. El servicio se provee

en varios países: Estados Unidos, Inglaterra, Canadá y en algunos países latinos como Ecuador, Perú, República Dominicana, Brasil y Argentina.

MobiTV se encarga de dar soporte de televisión móvil a empresas como AT&T y Verizon Wireless en EU. Entrega televisión en vivo, así como programación estelar, video sobre demanda, servicios de satélite y música digital de las redes de cable y televisión. Fue la primera compañía en ofrecer televisión en vivo en redes inalámbricas. La plataforma optimizada de entrega utilizada por MobiTV proporciona una distribución escalable, de baja latencia y segura combinando los modos unicast y multicast de transmisión, para la entrega de servicios como flujo en tiempo real, video sobre demanda y contenido descargable.

Para asegurar que el contenido que provee está codificado con la más alta calidad posible. MobiTV soporta diversos formatos para prestar servicios a más de 350 tipos de dispositivos móviles. Algunos de los codecs que soporta son: H.264, MJPEG, MJPEG1, MJPEG2, MJPEG4, WMV, Flash Video para el video y AAC, AAC+, MP3, QCELP, AMR, WMA, MPEGA para el audio.

El servicio ofrece los canales de televisión más populares, como MSNBC, ABC News Now, CNN, Fox News, Fox Sports, ESPN 36TV, NBC Mobile, CNBC, The Discovery Channel, TLC y The Weather Channel, junto con caricaturas, videos de música, comedia, etc. Entre los canales en español se encuentran CNN en español, AEtE Network, The History Channel, Fashion TV, Nickelodeon, Cartoon Network, Bloomberg Televisión SM, ESPN Móvil, MAXX Sports, Discovery Mobile y Shortstv Corto.

La TV digital móvil en el mundo tuvo una prueba muy reciente durante el campeonato mundial de fútbol de Sudáfrica 2010 donde MobiTV obtuvo diversos resultados al monitorear la transmisión de los contenidos de la Copa del Mundo. Así, el servicio de TV móvil es una alternativa a la televisión estática, pero no la sustituye totalmente, es un complemento.¹⁷ Los resultados demuestran que mientras más grande es la pantalla del dispositivo más tiempo es el que se dedica a observar TV móvil. Además, se observa que las personas que consumen el servicio son aficionados a los contenidos multimedia.

En el reino unido empresas como ROK y SPB ya están ofreciendo TV digital móvil, ROK lo hace para dispositivos de 2.5G, 3G y Wi-Fi con la ventaja de ofrecer el servicio sin importar la red del operador.¹⁸ SPB lanzó una aplicación para ver TV móvil gratis en las terminales iPhone, para ver canales públicos de todo el mundo utilizando el tiempo de almacenamiento en búfer como un tiempo para poner avisos comerciales. Estos son sólo canales públicos por lo que la personalización del servicio queda de lado.

¹⁷ <http://www.mobitv.com/news-and-events/press-releases/articles/081110/>

¹⁸ <http://www.mobiletvworld.com/news/2010/04/SPB-TV-Brings-Mobile-DTV-to-the-iPhone-for-Free.shtml>

Otra forma de ofrecer TV móvil digital se dio a conocer en el International CES 2010 en Las Vegas, esto se realiza mediante un dispositivo llamado Tivit¹⁹, el cual recibe la señal de las transmisiones digitales terrestres y las envía a los dispositivos celulares mediante Wi-Fi.

Las últimas noticias que se tienen de la TV móvil digital en otras partes del mundo son alentadoras. En Rusia la empresa MegaFon ofrece el servicio mediante las redes EDGE y 3G con 20 canales de TV. En Colombia²⁰, Comcel empresa perteneciente a America Móvil, cuyo operador es Telcel (respaldado por ROK), lanzaron el servicio de TV móvil como flujo de video y video sobre demanda, con canales como: Discovery Movil, Discovery Kids, Nickelodeon, Playboy Lifestyle, ESPN, ESPN-X, Wappo TV, Disney Channel y National Geographic.

En México existen dos empresas que son las encargadas de proporcionar el servicio de TV móvil. Estas empresas son: Iusacell con el servicio IusaTV y Telcel mediante el servicio Ideas TV.

El servicio proporcionado por Telcel, denominado como Ideas TV²¹, es un servicio para visualizar contenido televisivo desde un equipo Telcel mediante la red 3G, la forma de pago puede ser mediante postpago con cargo al estado de cuenta o por prepago con esquemas de cobro por día, por semana o por mes. Se puede acceder al servicio mediante la descarga de una aplicación para ver TV o mediante WAP. El principal requisito para utilizar el servicio es contar con un equipo Telcel 3G compatible (ciertos modelos de teléfonos celulares que se enlistan en la página del servicio) mediante WAP o con la aplicación que se instala. Ideas TV no cuenta con roaming internacional, y ofrece los siguientes canales: A&E, Azteca Internacional, Discovery Channel, Disney, ESPN, MTV, National Geographic, Nickelodeon, Playboy Lifestyle y The History Channel. En el portal Ideas Telcel en la sección videos se proporciona el servicio de videos bajo demanda (como YouTube), el cual se cobra por datos descargados. Además ofrece otras secciones diferentes de videos, videoclips y videos musicales así como el precio por el cual pueden ser descargados.

El segundo servicio es proporcionado por Iusacell con el servicio denominado como IusaTV, que también ofrece contenido televisivo a dispositivos que se encuentren dentro de la red 3G de Iusacell.²² IusaTV ofrece los canales: azteca 13, azteca 7, Canal 40, edusat, multimedios, el canal del congreso, canal 10 Chiapas, canal Milenio, KWTv y Pronósticos deportivos. Existe la posibilidad también de contratar TvPremium con otros canales como MTV, Nickelodeon, Cartoon Network, ExaTV, Discovery Móvil, Discovery Kids y CNN en Español. El portal de Internet de Iusacell muestra una lista con equipos 3G compatibles con el servicio. El costo del servicio de IusaTV es gratis al contratar un plan AddOn de navegación (por día, semana o mes), mientras que los costos del servicio Premium y de contenidos para adultos tienen un costo adicional.

¹⁹ <http://www.mobiletvworld.com/news/2010/01/mobile-tv-at-the-ces-2010.shtml>

²⁰ <http://www.rokcorp.com/news.php>

²¹ <http://www.ideastelcel.com/lightbox/video/ideastv.html>

²² http://www.iusacell.com.mx/New_Site/3G/Television/

El servicio que prestan ambas tecnologías está limitado por la infraestructura con la que cuentan dentro del país, así como el estado en que se encuentren sus redes de 3G. En ambos casos, el servicio de TV móvil que se ofrece en México todavía se encuentra en una etapa muy temprana de desarrollo debido principalmente a que la implementación de redes 3G a lo largo del territorio nacional aún se está llevando a cabo. Además, los altos costos por la adquisición de una terminal capaz de interactuar eficientemente con la red 3G, la renta del servicio, la falta de cobertura 3G, el mal servicio y la falta de información del personal que labora en ambas empresas son elementos que causan en los usuarios una falta de interés por el servicio. Prueba de ello se encuentra comúnmente en los foros, post y podcast que publican los usuarios que utilizaron los servicios que proveen ambas compañías.

En conclusión, sin importar que tan prometedor sea un servicio, que tan buena sea una tecnología y que tan fácil sea de implementar. Lo importante es proveer un servicio atractivo a los usuarios que los mantenga satisfechos y que cumpla con sus expectativas, ya que ellos son los elementos principales que generan ingresos para todos los grupos que trabajan en una determinada tecnología.