

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.

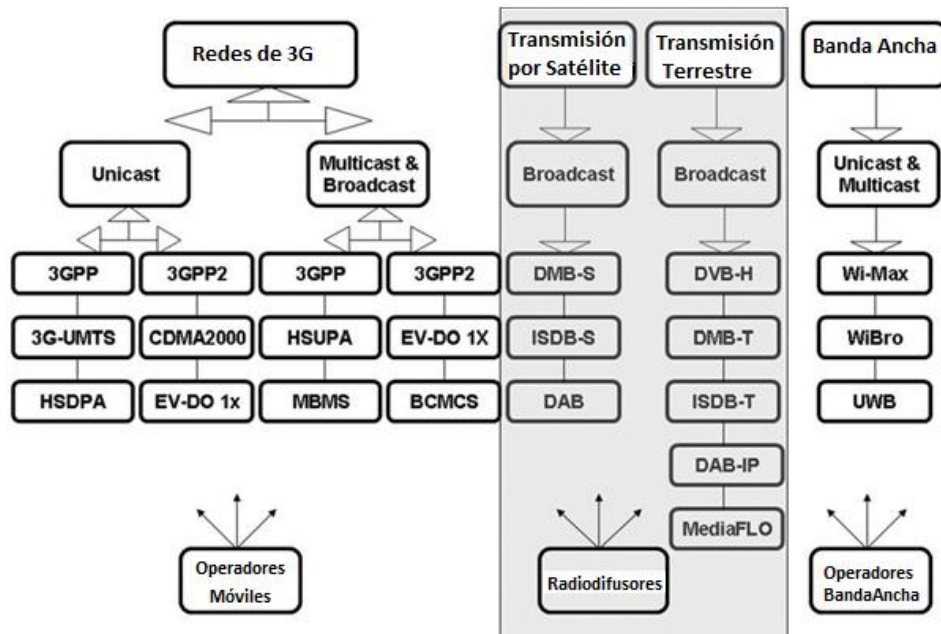


Figura 3.1. Tecnologías de TV móvil.

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 Foward 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.

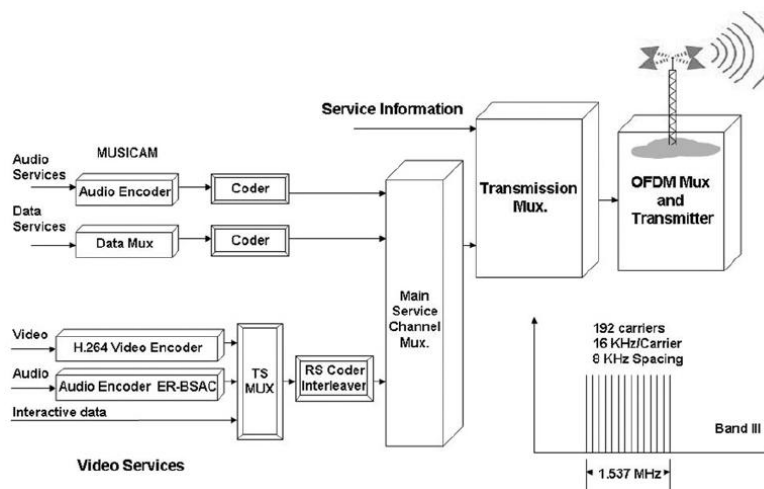


Figura 3.2. Sistema DAB Eureka 147.

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.

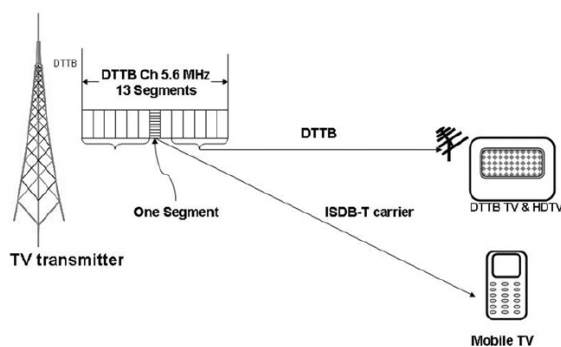


Figura 3.3. Servicios ISDB-T en Japón.

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.

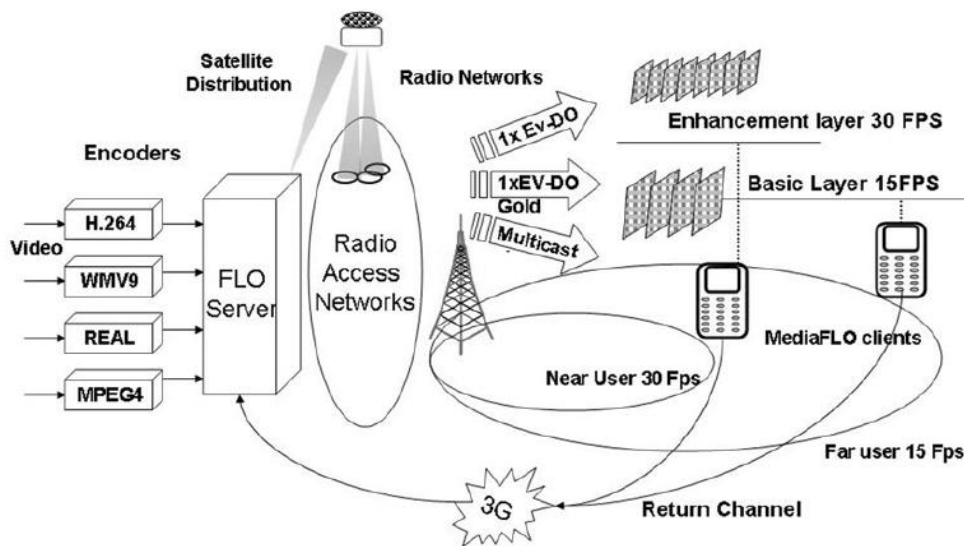


Figura 3.4. Red de MediaFLO.

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.

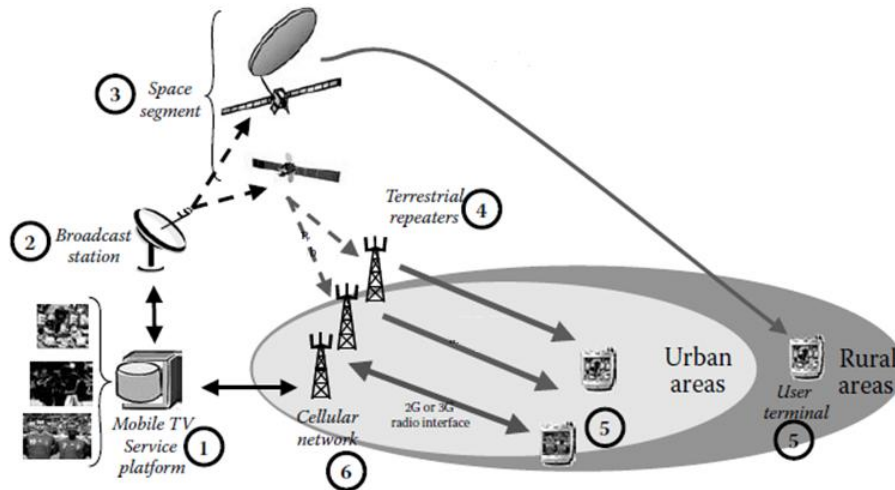


Figura 3.5. Arquitectura híbrida satélite-terrestre.

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.

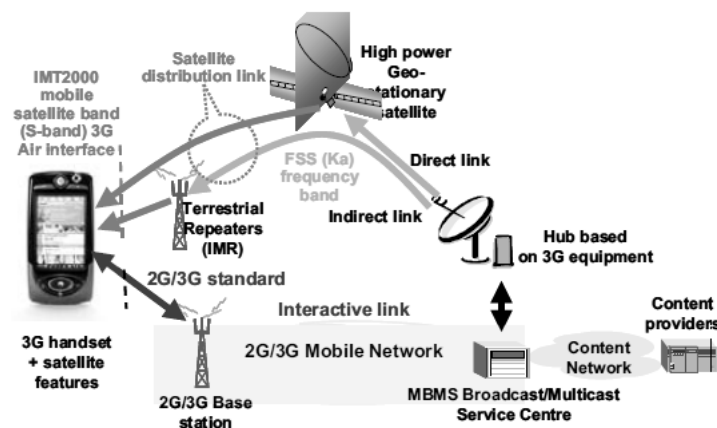


Figura 3.6. Arquitectura de S-DMB.

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.

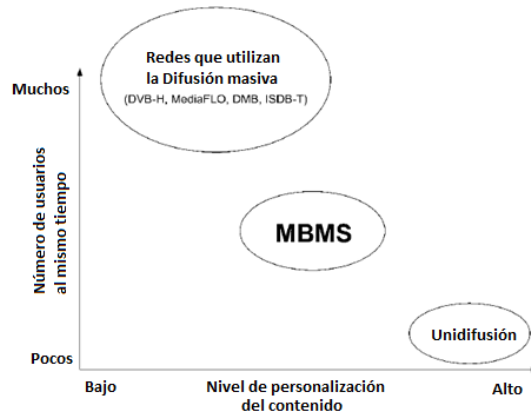


Figura 3.7. Nivel de Personalización vs número de usuario entre MBMS y otras tecnologías.

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.

