

# 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.

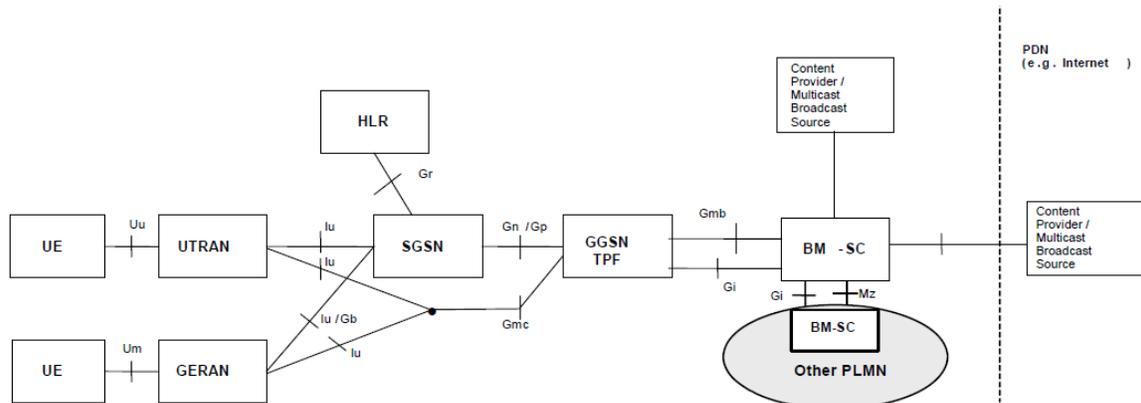
### 5.2.1 Arquitectura

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.

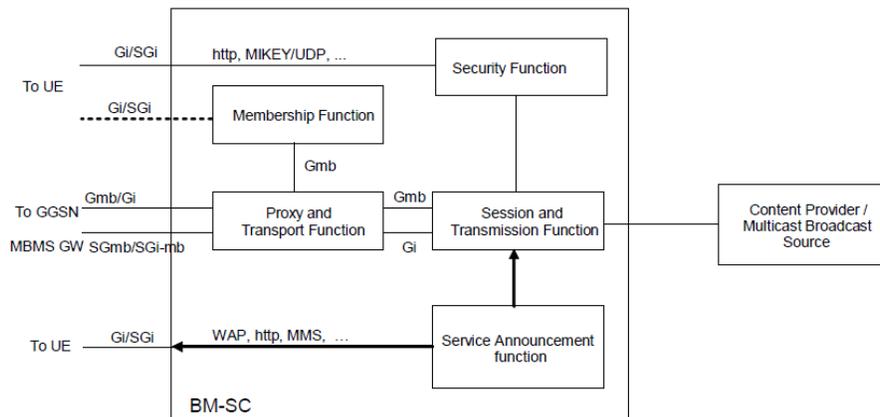
Proxy y Transporte: Toma el rol de un agente proxy para la señalización entre los GGSNs y otras sub funciones del BM-SC. Genera facturas del cobro de tarifas para el proveedor de contenidos. Se divide en las siguientes sub funciones: Administración Proxy del plano de control y Administración de Transporte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

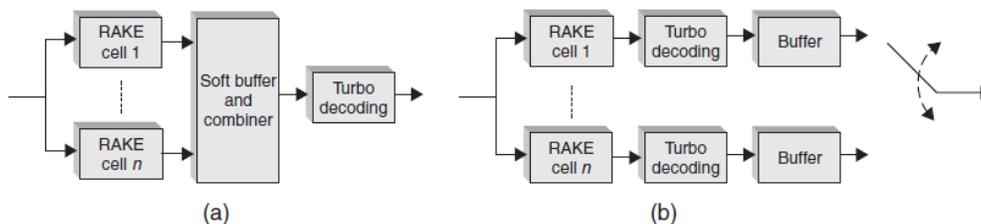
Las transmisiones punto a multipunto requieren algunos parámetros diferentes de las transmisiones punto a punto. La asignación de los canales así como el control de los mismos se realiza de forma distinta: el manejo de los parámetros de potencia y modulación se realizan tomando en cuenta el peor de los 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).<sup>13</sup> 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.

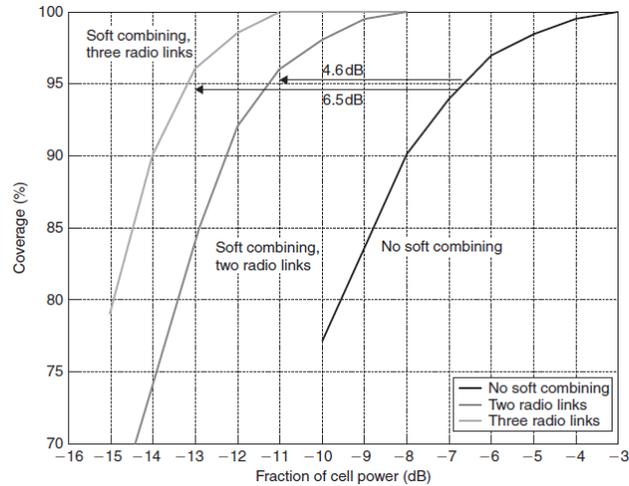
- **Combinación Suave:** Es la combinación de las señales recibidas de “n” transmisiones de las células sobre “n” receptores RAKE, es decir, simplemente es una combinación de todas las señales del mismo contenido y sus respectivos multitrayectos sobre las cuales se hace una combinación de las mismas 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.

<sup>13</sup> 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.

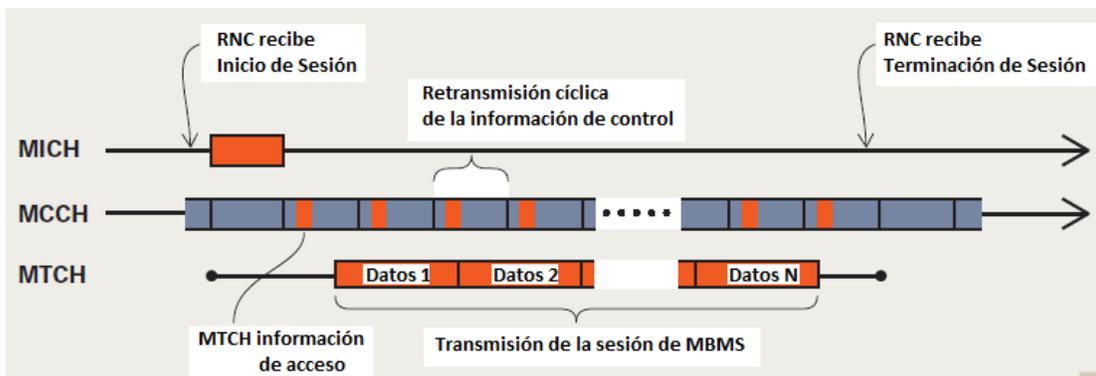


Figura 5.5. Entrega de datos dentro del canal de tráfico de MBMS.

### **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**

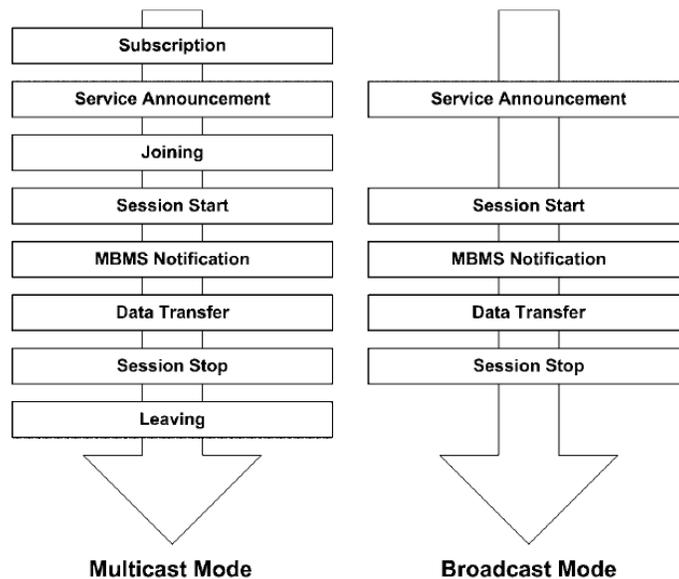
En la Figura 5.6 se muestran las etapas para proveer el servicio MBMS en ambos modos de transmisión. Las siguientes etapas se realizan en ambos modos en la provisión del servicio de MBMS:

- **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.

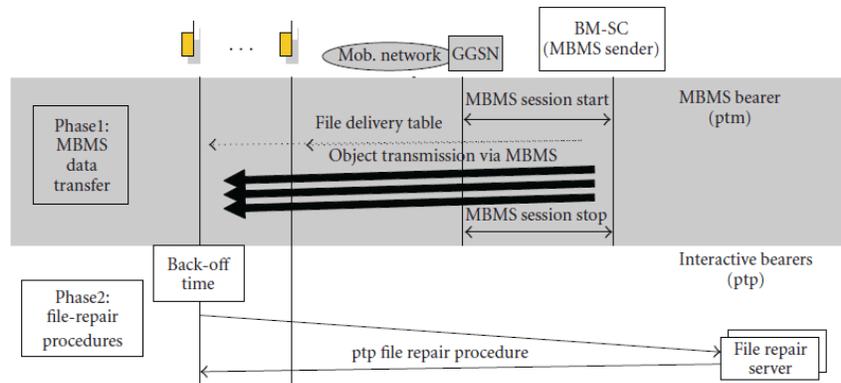
#### Descarga de Contenidos (download)

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.



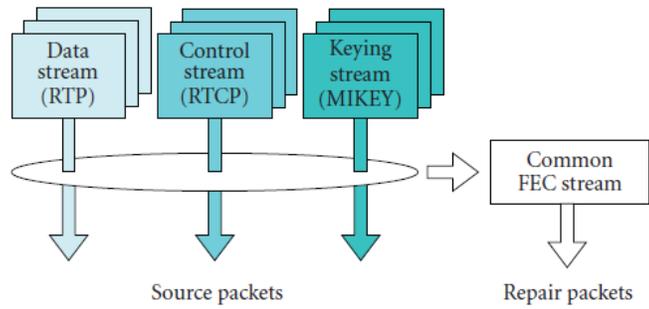
**Figura 5.8.** Principio del método de descarga de contenidos en MBMS.

### 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.

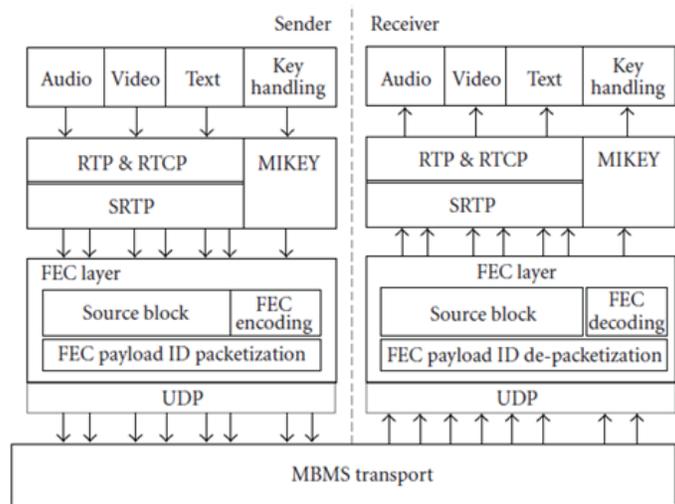
Las pérdidas de datos pueden ocurrir en las transferencias de datos, como resultado provocan distorsiones en la calidad del video y audio recibido. En este caso, los procedimientos de recuperación de archivos no son convenientes. En vez de ello, se utiliza FEC.

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.<sup>14</sup> 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

---

<sup>14</sup> 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.

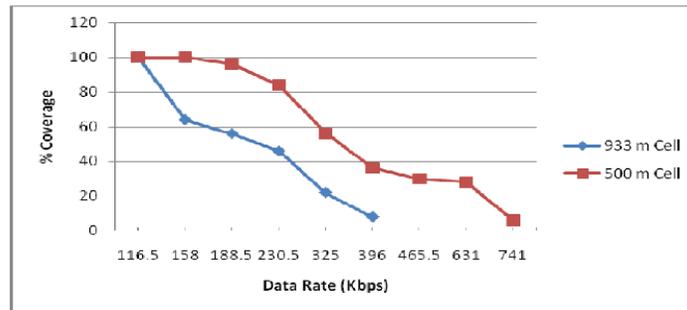
de cobertura. El número de grupos se optimiza basándose en los requerimientos de usuario y las tasas de datos que requieren las aplicaciones. Así, se logra una escalabilidad del sistema con una mínima señalización en enlaces de subida.

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.<sup>15</sup> 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

<sup>15</sup> 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.

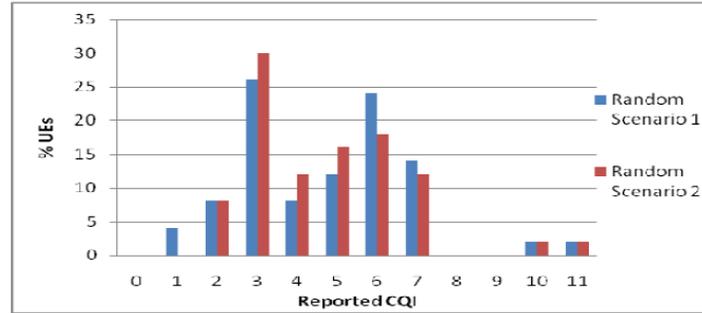


Figura 5.12. Distribución de CQI en un esquema no grupal de UEs.

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.

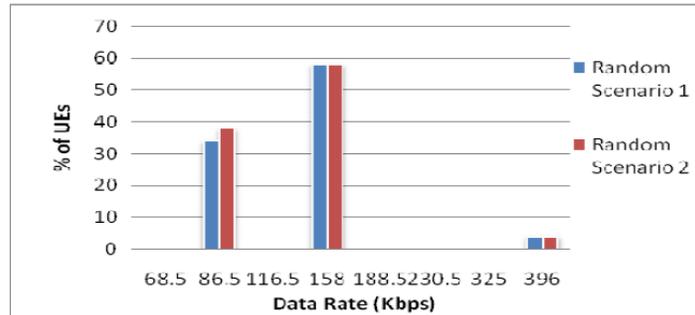


Figura 5.13. Grupos con sus respectivas tasas de datos.

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).

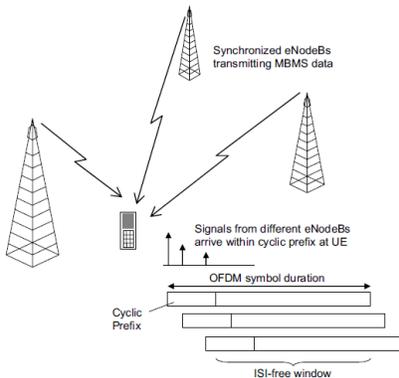
### 5.7.1 Redes de Frecuencia Única para MBMS

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.

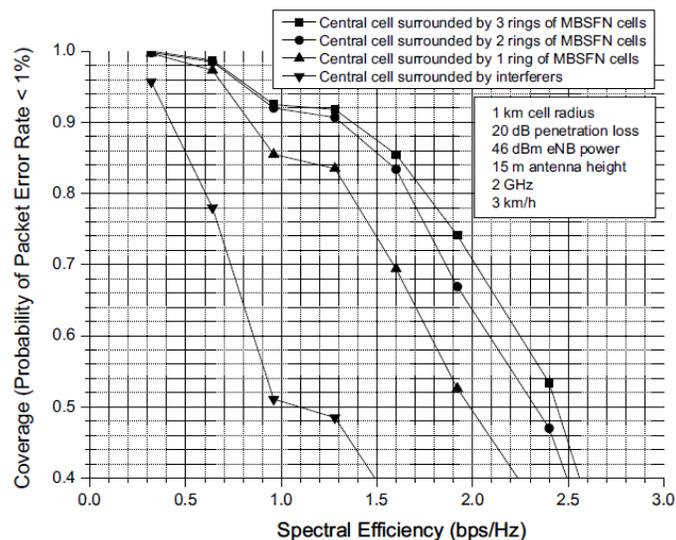
Las señales provenientes de las diferentes células llegan con retardos de propagación distintos, por ello, las células que intervienen en MBSFN comúnmente tienen un tiempo de guarda bastante grande. LTE define tres valores diferentes en OFDM para el tiempo de guarda:  $4,67\mu\text{s}$ ,  $16,7\mu\text{s}$  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.<sup>16</sup>

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  $\mu$ 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

<sup>16</sup> 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.

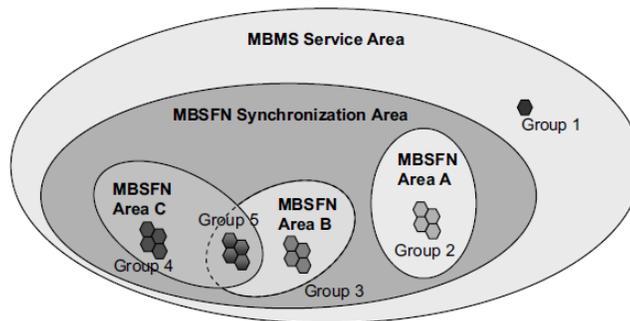
estaciones se realiza en el momento de la implementación de los eNodo Bs. Las soluciones típicas a este problema están basadas en la sincronización por satélites mediante GPS.

**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:

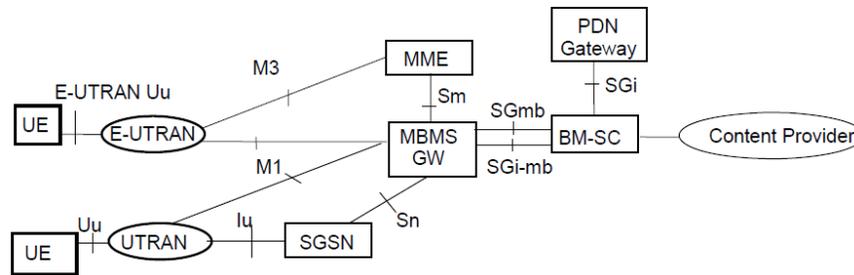
- Grupo 1: Es el Área de Servicio MBMS que contiene a todas las demás áreas donde se ofrece el servicio MBMS ya sea a través de una sola célula o bien a través de una red SFN sincronizada. La elección del tipo de transmisión la realiza un elemento denominado como MCE (MultiCell/Multicast Coordination 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)

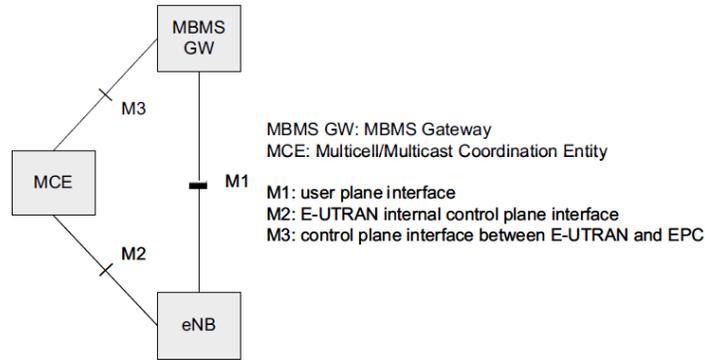
Es un elemento localizado entre el proveedor de servicios y los eNodo Bs. Está involucrado con el inicio/establecimiento de las sesiones y participa en la sincronización de contenidos para los servicios de MBSFN.

#### 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.

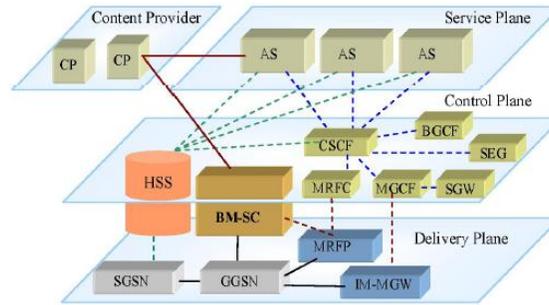
El objetivo de esta sección es presentar una arquitectura que permite la entrega de servicios multimedia mediante un sistema de difusión/multidifusión. El desarrollo de la integración de IMS con MBMS se está llevando a cabo por diversos grupos como 3GPP, TISPAN, ITU NGN y OMA.

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.

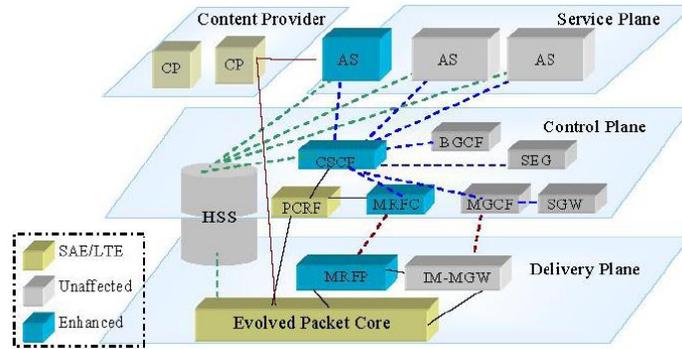
El plano de control necesita algunas mejoras para dar soporte al inicio, terminación y administración de los datos y de la señalización entre los elementos de IMS y MBMS. El bloque funcional encargado de esto se denomina como Controlador de Difusión/Multidifusión. Para el flujo de señalización, el BM-SC 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.