

# Resumen

Los servicios punto-a-multipunto sobre redes móviles siempre han sido de interés para diversos verticales. No solo está limitado al envío de televisión, otras aplicaciones tales como Internet de las Cosas, Vehicular-a-Todo, o Sistemas de Alarma Pública (SAP) también pueden explotar eficientemente la capacidad de las conexiones punto-a-multipunto. La primera versión de servicios Broadcast/Multicast para redes móviles ocurrió en 3G, definido como Multicast Broadcast Multimedia Services (MBMS). Sin embargo, esta tecnología se considera limitada en términos económicos y tecnológicos, y nunca llegó a despegar con éxito. La versión 4G Long Term Evolution (LTE), enhanced MBMS (eMBMS), trajo las mejoras necesarias escuchando los requerimientos de la industria televisiva. Las operadoras de televisión, especialmente en Europa, ven en eMBMS un candidato potencial para el envío de televisión terrestre, capaz de proveer servicios de radiodifusión a antenas fijas, dispositivos a nivel de calle, o vehículos en movimiento. Aún así, el requerimiento de un modo punto-a-multipunto basado en 5G New Radio no se cumplió hasta la llegada de la Release 17, a pesar de estar definido durante las etapas de estandarización 5G. Este modo se llama 5G Multicast Broadcast Services (5MBS). Estos estándares móviles punto-a-multipunto compiten contra los existentes estándares de Televisión Digital Terrestre, tales como el Europeo DVB-T2 o el Americano ATSC 3.0, ya desplegados comercialmente. Queda observar lo que ocurrirá a la parte baja de la banda UHF, la cual sigue asignada a servicios de radiodifusión primarios en la región 1 de la ITU, pero es un punto en la agenda del World Radio Congress de 2023. En otras regiones, parte de la banda ya ha sido asignada a comunicaciones 5G.

Esta disertación cubre el estado del arte en LTE eMBMS Release 14, también conocido como Enhanced Television Services (ENTV). ENTV trajo un conjunto de mejoras, tanto a nivel radio como a nivel de núcleo, que transformó a eMBMS en un estándar de televisión terrestre completo. La última versión de esta tecnología se denomina LTE-based 5G Broadcast; pero no usa New Radio ni el núcleo 5G. Para proveer una solución nativa 5G de servicios

## RESUMEN

---

punto-a-multipunto, hubo investigación en entornos académicos y colaboraciones público-privada. La iniciativa más notable en este aspecto fue el proyecto del Horizon 2020 5G-Xcast, que transcurrió de 2017 a 2019. 5G-Xcast produjo varias soluciones a nivel de arquitectura, desde la perspectiva de provisión de contenidos, nuevas funciones de red interoperables con el núcleo 5G, hasta modificaciones a la interfaz aire basada en New Radio. Los hallazgos del proyecto están descritos en esta tesis. La tesis incluye dos ejemplos de eMBMS aplicados a verticales diferentes, una para el uso de eMBMS en entornos industriales, y otra presentando eMBMS como un sistema SAP.

Incluir servicios punto-a-multipunto como un modo adicional celular trae algunos desafíos, como ya mostró la estandarización de eMBMS: las redes de radiodifusión terrestre y las redes celulares son muy distintas entre ellas. Encontrar una forma de onda viable para ambas infraestructuras es complejo. Esta tesis ofrece un punto de vista distinto al problema: un escenario de colaboración entre cadenas televisivas y operadores móviles, donde la infraestructura de radiodifusión y móvil son compartidas. Este concepto se ha definido como Convergence of Terrestrial and Mobile Networks. Las tecnologías elegidas para converger son ATSC 3.0 y 5G, usando el Advanced Traffic Steering, Switching and Splitting (ATSSS). ATSSS está compuesto de una serie de procedimientos, interfaces, funciones de red, para permitir el uso compartido de un acceso 3GPP con uno non-3GPP, como Wi-Fi. Sin embargo, el uso de ATSSS para juntar radiodifusión y celular no es trivial, ya que ATSSS no fue diseñado para enlaces radio unidireccionales como ATSC 3.0. Estas limitaciones son descritas en detalle, y una propuesta para solventarlas también está incluida. La solución se basa en Quick UDP Internet Connections (QUIC), y se usa como ejemplo para la provisión de Convergent Services (File Repair y Video Offloading).

La tesis concluye con una descripción de Release 17 5MBS, con los nuevos conceptos introducidos. 5MBS es capaz de cambiar entre unicast, multicast y broadcast; dependiendo del servicio, la ubicación geográfica de los usuarios, y las capacidades de la infraestructura móvil involucradas. Para evaluar 5MBS, se ha realizado un estudio de prestaciones, basado en comunicaciones multicast dentro del núcleo de red 5G. Este prototipo 5MBS forma parte del laboratorio VLC Campus 5G, y utiliza el software comercial Open5GCore como base del desarrollo. El modelo de sistema para la experimentación esta formado por un servidor de vídeo, que se conecta al Open5GCore y a las funciones de red mejoradas con funcionalidades 5MBS. Estas funciones de red envían el contenido mediante punto-a-multipunto a un entorno radio y terminales simulados. Los resultados obtenidos resaltan el objetivo principal de la tesis: las comunicaciones punto-a-multipunto son una solución escalable para el envío de contenido multimedia en directo.