

# Broadcasting in 4G mobile broadband networks and its evolution towards 5G

---

Uno de los desafíos de la industria móvil es hacer frente al aumento de la demanda de tráfico móvil esperado para los próximos años, impulsado principalmente por el uso creciente de los servicios de vídeo para móviles. Ciertamente, la existencia de terminales cada vez más poderosos está alentando el consumo de contenido de vídeo de alta calidad. A menudo, los servicios de vídeo se identifican con la radiodifusión programada de los servicios de TV lineal utilizando la distribución punto a multipunto (*broadcast*). Sin embargo, el consumo de contenido vídeo sobre las redes móviles es diferente de la TV fija tradicional ya que los contenidos se consumen principalmente bajo demanda del usuario con conexiones punto a punto (*unicast*). Por lo tanto, la convergencia de la distribución de TV lineal y contenido bajo demanda representa un desafío que requiere un modelo que combine ambos tipos de transmisiones, *broadcast* y punto a punto *unicast*.

Esta tesis doctoral aborda el uso de las tecnologías de radiodifusión para la provisión de los servicios multimedia a dispositivos móviles en las redes de banda ancha móvil de cuarta generación (4G) y su evolución más allá de 4G. Específicamente, la tesis se centra en la tecnología de radiodifusión incluida en las redes 4G LTE y LTE-Advanced, conocida como eMBMS. Se analizan los beneficios de los aspectos de la capa física de eMBMS con respecto a los despliegues de redes de radiodifusión sincronizadas en tiempo y frecuencia (MBSFN) y se identifican las limitaciones actuales de la capa física de eMBMS comparado con la tecnología de radiodifusión del otro sistema celular 4G como es el estándar IEEE 802.16m. Esas limitaciones son el uso de portadoras dedicadas y de técnicas con múltiples antenas en transmisión para la distribución *broadcast*. Nuestras investigaciones emplean una plataforma completa de simulación que incluye simulaciones a nivel de enlace y a nivel de sistema para evaluar las prestaciones de la radiodifusión en esas tecnologías reales.

La investigación sobre los servicios eMBMS está encaminada en encontrar la transmisión óptima de los servicios de video-streaming y descarga de ficheros centrándose en el problema de la gestión de los recursos radio y la solución de compromiso entre las técnicas de corrección de errores en la capa física (PHY-FEC) y la de aplicación (AL-FEC). Respecto a los servicios de video-streaming, los resultados muestran que el uso de mecanismos de corrección de errores en la capa de aplicación aumenta el nivel de cobertura y, por lo tanto, la máxima tasa de datos del servicio. La ganancia debido al uso de AL-FEC es mayor en escenarios con usuarios de alta movilidad, aunque, esta ganancia está limitada si se desea tener tiempos de zapping bajos. Respecto a los servicios de descarga de ficheros, esta tesis analiza la duración de la transmisión requerida para garantizar la correcta recepción del fichero y la reducción de la tasa de datos media en los usuarios *unicast* con diferentes modos de transmisión. Los modos de transmisión son la entrega mediante *unicast*, eMBMS y un método híbrido que combina una primera fase con eMBMS y una fase posterior de corrección de errores con transmisiones *unicast*. Nuestros resultados muestran que este último

modo es la configuración más eficiente en términos de tiempo de descarga del fichero, aunque se reducen más las prestaciones de los usuarios *unicast*.

Por otra parte, como un ejemplo de caso de uso, esta tesis doctoral también investiga el uso de las redes LTE para la provisión de los servicios de seguridad vehiculares comparando los modos de transmisión *unicast* y eMBMS. Los resultados resaltan que con el uso de eMBMS para la provisión de las aplicaciones de seguridad en carretera se pueden alcanzar significantes beneficios en términos de uso de recursos, latencia extremo a extremo y el ahorro en el coste de transmisión. Además, la investigación también aborda el problema asociado con la el soporte de estas aplicaciones en la actual arquitectura de eMBMS, la configuración del servidor de los sistemas de transporte inteligente (ITS) encargado de distribuir los mensajes de seguridad así como su interacción con el operador de red móvil.

Finalmente, esta tesis doctoral analiza las posibles opciones de convergencia entre la industria móvil y los radiodifusores de TV digital terrestre para asegurar el éxito de los despliegues de redes de radiodifusión móvil en el futuro. Una evolución separada de las tecnologías de radiodifusión de ambas industrias llevaría a un escenario con dos industrias diferentes, con sus diferentes infraestructuras de red y modelos de negocio, compitiendo por el mercado y espectro. Esta tesis doctoral propone una estrategia basada en que la futura definición del sistema de comunicaciones de banda ancha móvil de quinta generación (5G) junte las industrias móviles y de radiodifusión para formar una única red convergente fija y móvil. Esto permitiría ofrecer una alternativa completa para que la radiodifusión de TV terrestre sea un servicio universal.