

Resumen

En la actual sociedad de la información, hay una creciente necesidad de acceso a servicios de comunicación de datos de forma ubicua, móvil y a velocidades cada vez más altas. Esta demanda de la sociedad, junto con los intereses de operadores, fabricantes y organismos de estandarización, ha motivado el desarrollo de la cuarta generación de comunicaciones móviles (4G) y su evolución hacia la quinta generación (5G). Este desarrollo ha requerido una revolución en la interfaz radio de los sistemas de comunicaciones móviles y, consecuentemente, ha modificado en gran medida sus capacidades y la forma en la que se gestionan sus recursos. Este es el caso de la tecnología conocida como Long Term Evolution (LTE) y su versión 4G llamada LTE-Advanced.

En concreto, esta Tesis Doctoral aborda el modelado, análisis de la gestión de recursos radio y evaluación de prestaciones del enlace descendente de LTE y LTE-Advanced, donde, de entre las características de LTE-Advanced, se ha puesto el foco de atención en la transmisión multipunto coordinada (CoMP).

La Tesis proporciona, en primer lugar, una descripción detallada de las principales características de LTE y LTE-Advanced. La gran complejidad del sistema descrito, con múltiples elementos interrelacionados, ha motivado que la metodología de estudio se haya basado en simulación mediante ordenador. La Tesis realiza una descripción detallada de la metodología de simulación y del modelado del sistema que esta metodología requiere, incluyendo algunas aportaciones del autor en este campo. De entre éstas, destaca la provisión de resultados de simulación de nivel de enlace que se usaron en el proyecto europeo WINNER+ para la evaluación de LTE.

En lo concerniente al análisis de la gestión de recursos radio en LTE, en primer lugar, se explican los fundamentos de la adaptación al enlace y el *scheduling*, describiendo los algoritmos más utilizados. En relación con el *scheduling*, se realiza un estudio del concepto de *proportional fairness* y de la implementación subóptima típicamente usada en LTE para maximizar esta métrica. Este estudio ha dado como resultado una serie de ideas que se han plasmado en una modificación de la implementación típica y que han demostrado ser capaces de aumentar la *proportional fairness* en la asignación de recursos con un bajo incremento de complejidad. Además, el análisis de la adaptación al enlace ha revelado el problema del efecto de “luz de flash” consistente en la alta variabilidad de la interferencia debida a rápidos cambios en las decisiones del scheduler. La Tesis demuestra que se pueden mejorar las prestaciones del sistema estabilizando dichas decisiones mediante una implementación concreta.

El bloque de análisis de la gestión de recursos, se completa con el estudio de la capacidad de LTE-Advanced para coordinar las transmisiones entre estaciones base, es decir, CoMP. El desarrollo hacia la 5G ha puesto de actualidad técnicas estudiadas en el 3GPP en la primera fase de evolución de CoMP, en las que la coordinación es muy rápida. La propuesta de CoMP estudiada en esta Tesis es una solución de este tipo, con coordinación de *scheduling* y conformación de haz (CS/CB), que tiene en cuenta suposiciones reales y robustas en cuanto al conocimiento que los puntos coordinados tienen de los canales radio de los usuarios servidos. La Tesis propone esta solución por su sencillez y capacidad de mejorar la eficiencia de los sistemas de comunicaciones móviles, tanto en cobertura de velocidades altas de transmisión como en capacidad, aun teniendo un conocimiento incompleto del canal, en contraposición a otros sistemas de transmisión conjunta cuya complejidad es mucho mayor y pueden verse muy perjudicados cuando no tienen un conocimiento muy completo del canal radio.

En cuanto a la evaluación de LTE y LTE-Advanced, ésta se realiza en dos tipos de escenarios diferentes. Por un lado, los escenarios definidos por la Unión Internacional de Telecomunicaciones, por medio de la ITU-R, dentro del proceso de evaluación de tecnologías IMT-Advanced. Dentro de este marco, se evalúa la importancia de diferentes técnicas de transmisión multiantena, incluyendo CoMP, y considerando tráfico de tipo *full-buffer*. Las conclusiones más importantes son la gran mejora de prestaciones que se puede conseguir con la multiplexación espacial de usuarios y que el esquema CoMP proporciona una discreta mejora. El segundo grupo de escenarios son los definidos por el proyecto europeo METIS para evaluación de tecnologías 5G, concretamente se han elegido un escenario de interiores con una oficina, y uno de exteriores con un estadio deportivo. En estos escenarios se utiliza un tráfico realista y se ha demostrado la utilidad de CoMP para satisfacer los requisitos de la 5G empleando anchos de banda razonables. En estos escenarios con despliegues menos uniformes, o con un número limitado de transmisores provocando la mayor parte de la interferencia, es donde esta Tesis ha encontrado la mayor utilidad de CoMP y donde promueve su uso.