

Resumen

La llegada de la próxima generación del estándar de comunicaciones móviles, la llamada quinta generación (5G), es prácticamente una realidad. Las primeras redes comerciales han comenzado a ser desplegadas, centrándose en ofrecer altas velocidades de transferencia de datos. Sin embargo, el estándar 5G va mucho más allá y prevé dar soporte a nuevos servicios que pretenden revolucionar la sociedad. Estos nuevos servicios imponen un nivel alto de requisitos en no solo en cuanto a velocidad del tráfico de datos, sino en cuanto a latencia o número de dispositivos conectados simultáneamente. La amplia variedad de requisitos no puede ser soportada por las redes de cuarta generación (4G), por lo que se hizo necesario plantear un nuevo paradigma para las redes inalámbricas.

Con la promesa de grandes cantidades de ancho de banda sin utilizar, el estándar 5G contempla utilizar frecuencias en la comúnmente conocida como banda de milimétricas (mmWave). Esta banda presenta grandes pérdidas de propagación, que se acentúan si existen bloqueos de señal. Actividades regulatorias del uso de las bandas de milimétricas atrajo el interés tanto de la industria como de la academia en plantear soluciones para dar servicio en estas bandas. En los últimos años se han presentado infinidad de trabajos basados en sistemas con múltiples antenas o MIMO, para conformar las señales transmitidas o recibidas en haces apuntando en determinadas direcciones. La ganancia que aportan los sistemas MIMO pueden compensar las altas pérdidas de propagación, asegurando la viabilidad de las comunicaciones mmWave.

Se ha detectado una evidente falta de estudios sobre la viabilidad de sistemas MIMO en entornos móviles y dinámicos con bloqueos que hagan necesario que el sistema se reconfigure. Esta Tesis pretende cubrir este espacio desde un enfoque práctico y propone mecanismos de gestión de los haces para hacerles un seguimiento utilizando los recursos y mecanismos del nuevo estándar 5G. Las soluciones aportadas se basan en el uso eficiente de los reportes de medidas de las señales de referencia estandarizadas en enlace descendente.

En primer lugar, esta Tesis recoge un análisis minucioso del estado del arte, donde se corrobora la necesidad de aportar soluciones de seguimiento de haces en sistemas de comunicaciones en la banda de milimétricas. Además, se estudian los diferentes mecanismos definidos en el estándar 5G y que posibilitan el seguimiento. Cabe destacar que el estándar no define un mecanismo único a seguir, permitiendo presentar propuestas.

Una vez conocidas las tecnologías, se centra el estudio en el impacto del seguimiento sobre las prestaciones a nivel de red y de enlace. Dicho estudio se

realiza sobre un sistema punto a punto, donde el terminal móvil se desplaza por un entorno urbano. En base a simulaciones de red, se cuantifica el Índice de seguimiento de haz y de cómo dicho seguimiento afecta a la relación señal a ruido más interferencia (SINR) y la tasa de transmisión del usuario.

Las soluciones de seguimiento propuestas en esta Tesis se pueden clasificar en dos categorías. En una primera categoría, se realiza el seguimiento en base a reportes de medidas de las señales de referencia. Independientemente de la velocidad, se alcanza un seguimiento del 91% con poca penalización en la tasa de transmisión si se monitorizan los haces de interés con una periodicidad menor de 20 ms. En la segunda categoría caben mecanismos de seguimiento que hacen uso de fuentes externas de información. Dentro de esta categoría, se propone un fingerprinting que relacione haces con la localización reportada y un modelo de machine learning (ML) que prediga los haces a utilizar. El fingerprinting proporciona los mismos niveles de rendimiento. Sin embargo, esta solución es muy sensible a errores y requiere considerar todos los casos posibles, lo que la hace tecnológicamente inviable. En cambio, el modelo de ML, que hace predicciones con un error del 16%, presenta una alternativa real.