

## Resumen

---

La presente tesis se enmarca dentro de los sistemas de comunicaciones de múltiples antenas o sistemas MIMO (*Multiple-Input Multiple-Output*). Hoy en día, estos sistemas presentan una de las tecnologías más prometedoras dentro de los sistemas de comunicaciones inalámbricas, debido a que además de las dimensiones de frecuencia y tiempo también permiten aprovechar la dimensión espacial. De esta forma, a través del uso de múltiples antenas en ambos lados, transmisor y receptor, la tasa de transmisión y la calidad de la misma es aumentada. Por otro lado, la tecnología MIMO puede ser utilizada en un escenario multiusuario, donde una estación base (BS) la cual está equipada con varias antenas, sirve a varios usuarios al mismo tiempo, estos usuarios comparten dimensión espacial causando interferencias multiusuario. Sin embargo, empleando algoritmos de precodificación las interferencias multiusuario son mitigadas.

Por todas estas razones, la tecnología MIMO ha sido adoptada en muchos de los estándares de comunicaciones de nueva generación como por ejemplo *Wireless Local Area Network* (WLAN), *Worldwide interoperability for Microwave Access* (WiMAX), *Long Term Evolution* (LTE) o *Next Generation Handheld* (DVB-NGH). Por otro lado, la tecnología MIMO Masivo, en la cual la estación base está equipada con un gran número de antenas (cientos o miles) que sirve a muchos usuarios en el mismo recurso de tiempo-frecuencia, se ha convertido en una candidata para ser implementada en los futuros estándares de comunicaciones. Sin embargo, las ventajas proporcionadas por los sistemas MIMO implican un aumento en el coste computacional requerido. Por ello, el diseño de receptores de baja complejidad es una cuestión importante en estos sistemas, la cual será abordada a lo largo de la tesis. Para conseguir esta finalidad, las principales contribuciones de la tesis se basan en la implementación de algoritmos de detección soft eficientes, debido a que esta etapa es considerada una de las más costosas en el proceso de comunicaciones. Por otro lado, en un escenario multiusuario el mayor coste computacional es llevado a cabo en el estado de precodificación el cual es implementado en la estación base, permitiendo de este modo el desarrollo de pequeños y económicos terminales. Por lo tanto, otras de las principales contribuciones de la tesis están centradas en mejorar los esquemas de precodificación.

En primer lugar, el problema de la detección soft eficiente en un sistema receptor sin iteración es abordado. Es decir, detectores que solamente procesan el vector recibido. Una descripción detallada sobre los detectores soft más empleados es presentada. Además, la complejidad y rendimiento de estos métodos han sido evaluados y comparados. Por otro lado, han sido propuestos dos algoritmos de bajo coste. El primer algoritmo está basado en el algoritmo *Box Optimization Hard Detector* (BOHD) y proporciona una baja complejidad de implementación logrando un buen rendimiento. El segundo de los algoritmos propuestos intenta reducir el coste computacional del conocido algoritmo *Subspace Marginalization with Interference Suppression* (SUMIS).

En segundo lugar, han sido investigados detectores de entrada y salida soft (SISO, *soft-input soft-output*) los cuales son ejecutados en estructuras de recepción iterativa. Un detector SISO además de procesar la información recibida por el canal también procesa la información proporcionada por el decodificador de canal a través del bucle de realimentación. El empleo de un receptor iterativo mejora el rendimiento del sistema con respecto a no realizar realimentación, pudiendo lograr la capacidad óptima. Por el contrario, el coste computacional se vuelve prohibitivo. En este contexto, tres algoritmos han sido presentados. Dos de ellos logran un rendimiento óptimo, reduciendo la complejidad de los detectores SISO óptimos que normalmente son empleados. Por el contrario, el otro algoritmo logra un rendimiento casi óptimo a baja complejidad. En la tercera parte de esta tesis, se ha abordado el problema de la precodificación. Se ha llevado a cabo un análisis de algunas de las técnicas de precodificación más usadas, prestando especial atención a su rendimiento y a su complejidad. En este contexto, se ha evaluado el impacto que el número de condición de la matriz de canal tiene en el rendimiento de los precodificadores. Además, se ha aprovechado este impacto para proponer un precodificador híbrido, con el fin de reducir la complejidad de algoritmos previamente propuestos. Por otro lado, en MIMO Masivo, se ha propuesto un esquema precodificador. El algoritmo propuesto reduce el coste computacional con respecto a precodificadores convencionales a la vez que el buen rendimiento es mantenido. En la última parte de la tesis, la implementación paralela del algoritmo SUMIS es presentada. Varias estrategias sobre la paralelización del algoritmo han sido propuestas y evaluadas en dos plataformas diferentes: Unidad Central de Procesamiento multicore (multicore CPU) y Unidad de Procesamiento Gráfico (GPU). Las implementaciones paralelas consiguen una mejora de

speedup cuando el número de antenas o el orden de la constelación incrementa, esto es en el contexto de MIMO Masivo. De este modo, estas implementaciones permiten simular para MIMO Masivo y de forma más rápida que por simulación convencional, un algoritmo soft, el cual presenta rendimiento casi óptimo.

***Palabras Clave:*** detección MIMO, Decodificación Esférica, GPU, Optimización de caja, Eficiencia, Precodificación.