

RESUMEN

La insaciable demanda de ancho de banda de comunicación por parte de los usuarios finales, unido al abaratamiento de los terminales y de los servicios de telecomunicación han provocado un crecimiento espectacular del mercado de las comunicaciones inalámbricas en estos últimos años.

Las entidades responsables, a nivel internacional, de la estandarización tecnológica han sabido acompañar y guiar este crecimiento redactando normas como LTE (Long Term Evolution), IEEE 802.11 (WiFi) e IEEE 802.16 (WiMax) o las redes 3G o 4GPP. Todas ellas comparten como denominador común, para la mejora de la eficiencia espectral, el uso de las tecnologías MIMO, que utiliza múltiples antenas en emisor y receptor, y el uso de esquemas de modulación elevados como 256-QAM, introducido en la revisión 12 del estándar 3GPP-LTE.

Bajo esta perspectiva de grandes ganancias en la eficiencia espectral, no es de extrañar que la tecnología MIMO haya sido incorporada en los estándares mencionados anteriormente. No obstante, conseguir estas ganancias no es trivial, hasta el punto de que la implementación VLSI de esta tecnología se ha convertido en un reto.

En esta tesis se ha realizado un estudio exhaustivo de diferentes detectores MIMO, fijando el punto de mira en aquellos pertenecientes a las dos familias que muestran mejores características para su implementación VLSI: cancelación sucesiva de interferencias (detector VBLAST) y basados en búsqueda en árbol (detector KBest). Aunque inicialmente las prestaciones alcanzadas por los segundos (KBest) son muy superiores a las de los primeros (VBLAST), la reciente aparición en la literatura especializada del algoritmo de proyecciones sucesivas (SPA) abre la puerta al desarrollo de un nuevo detector, perteneciente a la familia de los detectores de cancelaciones sucesivas (SIC), que pueda competir en prestaciones con los detectores KBest.

La tarea de desarrollar un detector, cuya implementación *hardware* sea viable y competitiva, tomando como punto de partida el algoritmo original publicado, no es trivial. Los detectores basados en el algoritmo SPA ofrecen como valor añadido, frente a otros detectores SIC, la posibilidad de generar de forma iterativa distintas soluciones. Sin embargo sus autores no establecen ningún método para controlar las repeticiones en las iteraciones, ni se estudia el número de iteraciones requeridas para aproximar la solución ML con un coste computacional razonable.

En esta tesis se aportan las claves algorítmicas necesarias que hacen viable y competitiva la implementación *hardware* del algoritmo SPA. En particular, se han desarrollado dos mecanismos de control de repeticiones: Simplified-ESPA (SESPA) y Table-ESPA (TESPA), y se han adaptado los mecanismos de obtención de salidas *hard output* y *soft output*, existentes en la literatura, a este algoritmo.

Se ha diseñado la primera arquitectura VLSI para el algoritmo SPA, siendo ésta altamente flexible, en el sentido de que se adapta a diferentes condiciones de transmisión y cumple con las últimas especificaciones publicadas en los estándares WiMAX y LTE. La flexibilidad de la arquitectura permite seleccionar diferentes configuraciones de antenas en transmisión y recepción, desde 2x2 hasta 4x4, diferentes esquemas de modulación desde QPSK hasta 256QAM, controla el balance entre tasa de transmisión y las prestaciones BER/FER y ofrece las decisiones *soft output* y *hard output*.

Finalmente, con esta arquitectura se ha realizado la implementación de los detectores SESPA y TESPA, con salidas *soft output* y *hard output*, en los dispositivos FPGA y ASIC. Estos detectores han sido evaluados y comparados con los mejores publicados en la literatura especializada, consiguiendo la tasa de pico máxima de 465 Mbps para el detector SESPA 4x4 256-QAM, en un área de 3.83 mm^2 con una tecnología de 90 nm . Los detectores implementados ofrecen como valor añadido, además de la alta configurabilidad, la posibilidad de decodificar 256QAM sin incrementar el área. Esta característica es altamente competitiva con los detectores no lineales basados en KBest, que son muy sensibles, en cuanto a tasa de decodificación y área se refiere, con el esquema de modulación seleccionado. Además, los detectores basados en ESPA alcanzan unas prestaciones FER (*soft output*) claramente competitivas con los detectores KBest, debido a la mayor calidad del LLR generado por el ESPA. La comparación con otras arquitecturas flexibles seleccionadas demuestra que los detectores SESPA y TESPA ofrecen la mayor configurabilidad de parámetros de transmisión y el mejor equilibrio entre área, prestaciones BER y tasa detección.