

Título Tesis:

Distributed Radiofrequency Signal Processing based on Space-Division Multiplexing Fibers.

Autor: Sergi García Cortijo

Resumen:

La multiplexación por división espacial en fibras ópticas surgió como una solución prometedora al inminente colapso en la capacidad de las redes de fibra monomodo convencionales. Aunque estas fibras fueron concebidas inicialmente como medio de distribución en comunicaciones digitales de larga distancia y alta capacidad, pueden emplearse en una amplia variedad de escenarios, incluyendo redes de acceso radio centralizadas para comunicaciones inalámbricas, interconexiones en centros de datos, así como procesamiento de señal en Fotónica de Microondas y sensado en fibra. Los paradigmas de comunicaciones emergentes despiertan un interés particular, como 5G y el Internet de las Cosas, que requieren una integración total entre el segmento de red de fibra óptica y el inalámbrico. La Fotónica de Microondas, disciplina que se focaliza en la generación, procesamiento, control y distribución de señales de radiofrecuencia por medio de la fotónica, está destinada a jugar un papel decisivo. Uno de los mayores desafíos que la Fotónica de Microondas debe superar para satisfacer los requisitos de las nuevas generaciones de comunicaciones se basa en la reducción de tamaño, peso y consumo de potencia, mientras se garantiza reconfiguración y estabilidad de banda ancha. Encontramos aquí un enfoque revolucionario capaz de abordar este desafío de una manera innovadora que, sin embargo, no ha sido aprovechado en este contexto: la explotación del espacio, el último grado de libertad para multiplexación óptica.

En esta Tesis, proponemos explotar el paralelismo inherente de las fibras ópticas multinúcleo y de pocos modos para implementar líneas de retardo en tiempo real muestreadas que proporcionan, en una sola fibra óptica, una solución compacta y eficiente tanto para distribución como para procesamiento de señales de Fotónica de Microondas. En el caso de fibras multinúcleo, estudiamos la influencia del perfil de índice de refracción de cada núcleo heterogéneo en las características de propagación para que exhiba unos valores concretos de retardo de grupo y dispersión cromática. Diseñamos y fabricamos dos fibras distintas de 7 núcleos con zanjas que se comportan como líneas de retardo en tiempo real muestreadas. Mientras que una de ellas se fabricó utilizando 7 preformas diferentes para garantizar un funcionamiento completo, la segunda se fabricó utilizando una única preforma con el objetivo de minimizar costes de fabricación. En el caso de fibras de pocos modos, proponemos la implementación de líneas de retardo en tiempo real sintonizables mediante el uso de una fibra específicamente diseñada y la inscripción de un conjunto de redes de difracción de periodo largo que actúan como conversores de modos para ajustar adecuadamente el retardo de grupo de las muestras. Diseñamos y fabricamos una línea de retardo en tiempo real en una fibra de 4 modos mediante la inscripción de 3 redes de difracción de periodo largo en posiciones concretas a lo largo de enlace de fibra. Como validación de prueba de concepto, demostramos experimentalmente diferentes funcionalidades de procesamiento de señal de Fotónica de Microondas implementadas en fibras multinúcleo y de pocos modos. Este trabajo abre el camino hacia el desarrollo del procesamiento de señal distribuido para señales de microondas y ondas milimétricas en una única fibra óptica. Además, las líneas de retardo en tiempo real desarrolladas pueden aplicarse a una amplia variedad de paradigmas de Tecnologías de la Información y Comunicaciones más allá de las comunicaciones radio sobre fibra, como es el caso de las comunicaciones de banda ancha por satélite, el sensado distribuido, la imagen médica, la tomografía óptica coherente y las comunicaciones cuánticas.