

Resumen

El nacimiento de la sociedad de la información y el conocimiento ha sido posible en buena medida gracias al desarrollo de las comunicaciones sobre fibra óptica. La optimización de los procesos de fabricación de la fibra óptica en la década de los 70, permitió que estos sistemas de comunicaciones ópticas se erigiesen progresivamente como paradigma en las comunicaciones de larga distancia empleando fibra monomodo (*Single Mode Fiber*, SMF), y también en las comunicaciones de corto alcance mediante el uso de fibra multimodo (*Multimode Fiber*, MMF). Las características de la fibra, como medio de transmisión de muy bajas pérdidas y elevada capacidad, han permitido hasta fechas recientes cubrir la demanda siempre creciente en la transmisión de datos por medio de sistemas de comunicación sencillos desde el punto de vista de la teoría de la señal en comunicaciones.

El enfoque de esta tesis consiste en aplicar técnicas de transmisión de señal más avanzadas en varios escenarios de comunicaciones sobre fibra con el fin de aumentar las capacidades potenciales de los mismos. Además, los escenarios estudiados en este trabajo comparten una característica común que consiste en que la transmisión de la luz en la fibra se produce en condiciones de propagación multimodal. De este modo, las señales transmitidas sufren, como mayor fuente de distorsión, la dispersión en la velocidad de grupo de los distintos modos propagados. Las técnicas de transmisión de señal propuestas no son nuevas y su uso está ampliamente establecido en otros ámbitos más exigentes, como por ejemplo las comunicaciones inalámbricas. Además, a la hora de evaluar las distintas propuestas, se han empleado simulaciones numéricas con el fin de estudiar la mayor gama de condiciones posibles que la fibra puede experimentar y obtener así unas conclusiones más generales.

En primer lugar, se ha estudiado la capacidad de la multiplexación por división en frecuencia ortogonal (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*, OFDM) de compensar la dispersión modal en enlaces de MMF a 1550 nm. Se ha mostrado cómo la implementación clásica con prefijo cíclico (*Cyclic Prefix*, CP-OFDM) tiene un pobre rendimiento en cuanto a la detección de las señales recibidas en condiciones de fuerte selectividad frecuencial del canal. Para superar esta limitación, se ha propuesto de manera novedosa la utilización del esquema OFDM con postfijo de ceros (*Zero Padding*, ZP-OFDM), el cual admite distintas implementaciones en recepción. Los resultados estadísticos de las simulaciones numéricas muestran que los receptores ZP-OFDM, basados en el criterio forzador de ceros (*Zero Forcing*, ZF) y en la arquitectura V-BLAST (*Vertical Bell Laboratories Layered Space-Time*), permiten aumentar la capacidad de los enlaces en cuanto a la tasa de datos transmitida; sin embargo, estos esquemas ZP-OFDM implican un aumento notable de complejidad computacional en el receptor. Con el fin de alcanzar las buenas prestaciones en cuanto a la detección de estos receptores, pero reduciendo a la vez la complejidad asociada, se ha propuesto por primera vez un esquema de recepción ZP-OFDM combinado (OLA+V-BLAST) que permite alcanzar la capacidad más alta obtenida con el receptor V-BLAST, pero con una complejidad sensiblemente menor.

En segundo lugar, se han utilizado técnicas de igualación de señales moduladas en amplitud para mejorar la recepción en sistemas ópticos con modulación de intensidad y detección directa (IM/DD) sobre fibra monomodo estándar (SSMF) a la longitud de onda de 850 nm, utilizando láseres de cavidad vertical

y emisión superficial (*Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser*, VCSEL) como fuentes ópticas. La utilización de esta ventana del espectro óptico para comunicaciones sobre SSMF es un marco que no ha sido exhaustivamente investigado, y esta es la primera vez que se aplican igualadores para compensar las características propias de la propagación bimodal en este medio que afectan a las señales transmitidas. Se ha construido un modelo numérico a partir de medidas experimentales, incluyendo una distribución estadística de la desalineación entre fibras debido a conectores ópticos, que ha permitido evaluar mediante simulaciones las distintas propuestas de igualación, basadas todas ellas en el esquema con realimentación de decisiones previas (*Decision Feedback Equalization*, DFE). Los resultados obtenidos permiten afirmar que los esquemas de igualación DFE bidireccionales (BiDFE), con combinación lineal (*Linear Combining*, LC-BiDFE) o con selección de tiempo inverso (*Selective Time Reversal*, STR-DFE), se ajustan adecuadamente a este escenario, permitiendo aumentar de forma notable el alcance máximo de los enlaces para una amplia gama de condiciones de excitación de la fibra.

Finalmente, se ha aplicado el procesado de señal de entrada múltiple y salida múltiple (*Multiple-Input Multiple-Output*, MIMO) en un sistema con multiplexación por división modal (*Modal Division Multiplexing*, MDM) sobre SSMF a 850 nm. Esta es la primera vez que se aplican estas estructuras para la recepción de señales con MDM en este escenario de propagación bimodal. Por medio de simulaciones numéricas, los distintos receptores propuestos, basados en el esquema de igualación DFE, han sido evaluados en su capacidad de compensar la interferencia entre las distintas señales transmitidas, debida a los elementos que permiten la multiplexación/de-multiplexación (MX/DMX) y a los conectores que pueda incluir el enlace de SSMF con alta dispersión modal. Los resultados obtenidos muestran tanto la incapacidad del esquema clásico MIMO-DFE, como el buen rendimiento de los dos esquemas MIMO propuestos: el esquema BiDFE con combinación lineal (MIMO LC-BiDFE), y el esquema MIMO-DFE con cancelación sucesiva de interferencia ordenada (*Fully Connected Ordered Successive Interference Cancellation*, MIMO-DFE FC-OSIC).