Receptores ópticos coherentes integrados insensibles a la polarización mediante compensación de errores de fabricación

Natalia Herguedas, David Izquierdo, Pascual Sevillano, Jorge Ciudad-Real, Jesús Subías, Ignacio Garcés

Grupo de Tecnologías Fotónicas (GTF)
Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A)
Universidad de Zaragoza, Mariano Esquillor s/n, 50018, Zaragoza, Spain.
Tel. +34-976762707, e-mail: nherguedas@unizar.es

Resumen

En este trabajo presentamos un nuevo método basado en el ajuste del estado de polarización del oscilador local de un receptor coherente integrado para compensar los errores de fabricación y hacerlo insensible a la polarización de la señal de entrada.

Introducción

Las redes ópticas pasivas (passive optical networks, PONs) son la base de las comunicaciones de acceso actuales, pero deben evolucionar para soportar las altas tasas de transmisión que demandarán las redes del futuro. En este aspecto, las PONs coherentes se ofrecen como una solución frente a las limitaciones de las PON tradicionales, pero su adopción se enfrenta a dos obstáculos: la dependencia de las prestaciones del receptor con la polarización de la señal, y el mayor coste de los terminales de usuario u ONUs (Optical Network Units) por requerir un láser adicional que actúe como oscilador local (LO).

Una solución prometedora es miniaturizar el receptor coherente en un circuito fotónico integrado (PIC), que integre todos los elementos y que sea insensible al estado de polarización de la señal recibida. La arquitectura de receptor heterodino coherente de Glance [1] ofrece dicha insensibilidad utilizando divisores de haz por polarización (PBS), pero estos son altamente sensibles a desviaciones en el proceso de fabricación. A pesar de que pueden ajustarse parcialmente por medios térmicos, en este trabajo se propone una técnica alternativa controlando el estado de polarización del LO, que logra mejores resultados.

Receptor coherente integrado

La Figura 1 muestra el esquema de nuestro receptor coherente integrado y una foto del PIC fabricado en el Heinrich-Hertz-Institut (HHI). El oscilador local entra por el puerto A, pasa por un rotador de polarización de 45º (C) y se combina con la señal recibida, que entra por el puerto B, en un MMI (Multimode Interferometer, D). La salida del MMI se lleva al PBS (E) que, en teoría, separa las polarizaciones TE y TM, cada una de las cuales va a un fotodetector (α y β, respectivamente).

El diseño del PBS está basando en un interferómetro Mach-Zehnder [2] que incluye dos calentadores para corregir térmicamente las posibles desviaciones en fabricación. En el caso del PBS fabricado, este calentamiento no es capaz de corregir los defectos producidos en fabricación y no hay ningún punto de trabajo que consiga una separación completa de las polarizaciones, es decir, que TE vaya a un detector y TM al otro. Por ejemplo, si no se calienta el PBS, al detector α llega una combinación de TE y TM, mientras que al detector β llega predominantemente la polarización TE.

Ante esta situación, proponemos ajustar el estado de polarización del LO, concretamente girándolo hacia TM, de forma que aumentamos la amplificación coherente de la señal en TM, mejorando la detección de esta polarización en el detector α, a costa de degradar ligeramente la de TE en el detector β.

Cambio del estado de polarización del oscilador local

Para estudiar el efecto que tiene nuestra propuesta en el funcionamiento del receptor, utilizamos una señal óptica de 2 Gb/s con modulación 4-QAM sobre una portadora de 1550 nm. Las corrientes generadas por los fotodetectores se digitalizan con un osciloscopio y son procesadas offline calculando el EVM (Error Vector Magnitude) como estimador de la calidad de la recepción.

La Figura 2 muestra los valores de EVM que se obtienen para dos polarizaciones de señal recibida (TE y TM) en cada detector (α y β) al ir girando el oscilador local hacia TM. Se puede observar que la detección de TM en α va mejorando, mientras que la detección de TE en β empeora, como habíamos

predicho. El punto de trabajo deseado es donde las curvas se cruzan, en nuestro caso con el LO a 66º de TE, lo que significa que ambas polarizaciones son recibidas con la misma calidad.

Para verificar la mejora en la insensibilidad de nuestro receptor a la polarización de la señal de entrada, se barren todos los estados de polarización de la señal recibida a lo largo de la esfera de Poincaré, tanto para el LO convencional, a 45º, como con el LO propuesto a 66º. En la Figura 3 se presentan los valores de EVM obtenidos al combinar la información de ambos detectores. Se puede ver que para el LO a 45º el EVM máximo es de 21,4% y el mínimo de 9,0%, lo que supone una diferencia de 12,4 puntos porcentuales entre ellos. Para el LO a 66º la diferencia es, sin embargo, de solo 5,6 puntos porcentuales, lo que supone una mayor insensibilidad a la polarización y demuestra la efectividad del método propuesto.

Conclusiones

En este trabajo demostramos un receptor heterodino coherente independiente de la polarización basado en una arquitectura Glance. Para compensar el comportamiento no ideal del PBS, presentamos un nuevo enfoque basado en ajustar el estado de polarización del oscilador local. La diferencia de valores de EVM al cambiar la polarización de la señal baja de 12,4 a 5,6 puntos porcentuales al aplicar este método, demostrando una mejora en la insensibilidad a la polarización de la señal de entrada.

Agradecimientos

Este trabajo es parte del proyecto T20_23R financiado por el Gobierno de Aragón, el proyecto PID2020-114916RB-I00 financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033, el proyecto PDC2023-145803-I00 financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y por la Unión Europea NextGenerationEU/PRTR, y el proyecto PID2023-148342OB-I00 financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por FEDER, UE.

REFERENCIAS

[1]. GLANCE, B. Polarization independent coherent optical receiver. *Journal of Lightwave Technology*. 1987, 5(2), pp. 274–276. Disponible en doi:10.1109/JLT.1987.1075494

[2]. PÉREZ GALACHO, et al., Integrated Polarization Beam Splitter for 100/400 GE Polarization Multiplexed Coherent Optical Communications. *Journal of Lightwave Technology*. 2014, 32 (3), pp. 361-36. Disponible en doi:10.1109/JLT.2013.2293782

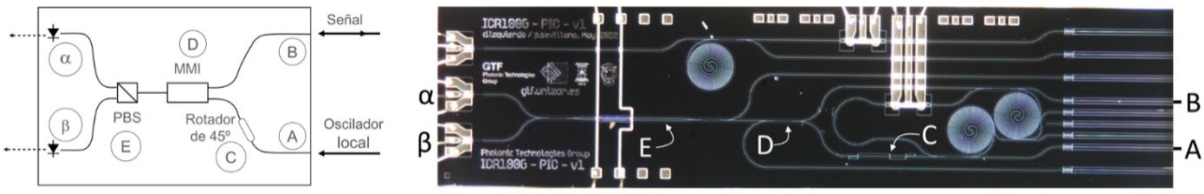

Figura 1: Esquema del receptor integrado en el PIC (a), y fotografía del PIC fabricado (b).

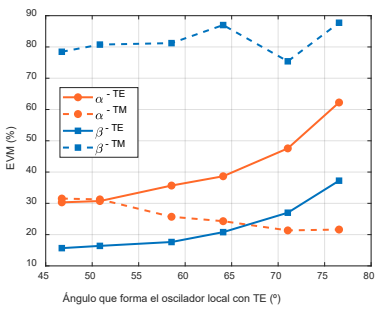

Figura 2: EVM en cada detector para las polarizaciones TE y TM como función del ángulo que forma el LO con TE.

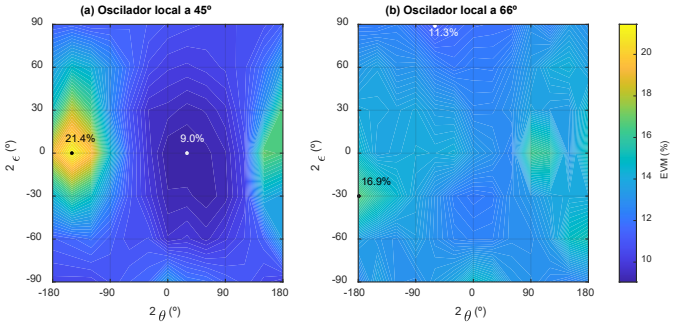

Figura 3: EVM como función del estado de polarización de la señal para dos osciladores locales. 2ε y 2θ representan la latitud y longitud, respectivamente, en la esfera de Poincaré.