

MÁSTER EN NUEVAS TECNOLOGÍAS ELECTRÓNICAS Y FOTÓNICAS

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	<i>Más alcance sin perder detalle: esquemas de detección y códigos de pulso en sensado distribuido Rayleigh</i>
Título en inglés:	<i>Detection Schemes and Pulse Codes for Extended Reach in Rayleigh Distributed Sensing</i>
Tutor/es:	Miguel Soriano Amat
Correos-e:	miguel.soriano.amat@csic
Lugar de realización:	Instituto de Óptica CSIC Calle Serrano 144, Madrid

Resumen:

Una única fibra óptica de telecomunicaciones, interrogada desde uno de sus extremos, puede comportarse como decenas de miles de sensores acústicos y de vibración repartidos a lo largo de decenas de kilómetros. Esta es la base de la monitorización distribuida (*Distributed Acoustic Sensing*, DAS), con aplicaciones en monitorización estructural, seguridad perimetral y vigilancia medioambiental, así como un interés creciente en sismología, donde permite aprovechar fibras ya desplegadas.

Uno de los grandes retos es medir más lejos sin perder detalle: que el sistema llegue a más kilómetros y, a la vez, distinga puntos de medida muy próximos entre sí. Para lograrlo se emplean pulsos codificados y un procesamiento de señal específico.

Este TFM tiene como objetivo implementar y validar un sistema DAS basado en retrodispersión Rayleigh (ϕ -OTDR) con pulsos codificados. Partiendo de un sistema existente, se evaluará el esquema de detección coherente y se adaptará el algoritmo de procesamiento, cuantificando la mejora en términos de SNR, incremento de puntos de medida y/o sensibilidad.

Metodología:

1) Familiarización teórica y experimental

Estudio de la retrodispersión Rayleigh en fibra óptica y de los fundamentos de la monitorización distribuida, con especial atención a las técnicas de pulsos codificados y a sus esquemas de decodificación.

Se introducirá al estudiante en el manejo de un analizador de espectros ópticos y a la interpretación de los datos obtenidos. Además, se introducirá experimentalmente el manejo de un láser de onda continua, atenuadores (VOA), amplificadores o elementos pasivos como acopladores o circuladores, necesarios para montar el sistema óptico.

2) Montaje experimental

A partir de un banco base, se configurará el sistema de medición y el sistema necesario para introducir perturbaciones en la fibra. Las señales serán recogidas por un detector de gran ancho de banda y digitalizados por un osciloscopio de altas prestaciones.

3) Procesado y análisis de datos

Adaptación de los algoritmos de decodificación y de extracción de la señal a lo largo de la fibra, programados en MATLAB o Python. Se analizarán los resultados en términos de alcance, resolución espacial y relación señal-ruido, comparando distintas configuraciones de codificación y de detección para identificar la más favorable.

4) Validación con muestras de referencia

Comprobación del sistema mediante una perturbación conocida y controlada (por ejemplo, un actuador piezoeléctrico a frecuencia y amplitud definidas) aplicada sobre un tramo de la fibra. Se verificará que el sistema localiza y reconstruye correctamente la perturbación, y se cuantificará la mejora respecto a la configuración de partida.

Conocimientos previos recomendados (pero no imprescindibles):

- **Fundamentos de óptica y dispersión Rayleigh.**
- **Trabajo con fibra óptica.**
- **Procesado de señal:** filtrado, correlación, transformada de Fourier.
- **Programación:** manejo de vectores/matrices y ajuste de curvas en MATLAB, Python o C++, generación de figuras.

Bibliografía:

[1] H. F. Martins *et al.*, "Real time dynamic strain monitoring of optical links using the backreflection of live PSK data," *Opt. Express*, vol. 24, no. 19, pp. 22303-22318, Sep. 2016, doi: 10.1364/OE.24.022303.

[2] D. Chen *et al.*, "Phase-detection distributed fiber-optic vibration sensor without fading-noise based on time-gated digital OFDR," *Opt. Express*, vol. 25, no. 7, pp. 8315-8325, Apr. 2017, doi: 10.1364/OE.25.008315.

[3] D. Chen *et al.*, "108-km distributed acoustic sensor with 220-pε/√Hz strain resolution and 5-m spatial resolution," *J. Lightw. Technol.*, vol. 37, no. 18, pp. 4462-4468, Sep. 2019, doi: 10.1109/JLT.2019.2901276.

[4] H. F. Martins *et al.*, "Code length limit in phase-sensitive OTDR using ultralong (>1M bits) pulse sequences due to fading induced by fiber optical path drifts," in *Proc. SPIE 25th Int. Conf. Opt. Fiber Sens. (OFS-25)*, vol. 10323, Apr. 2017, Art. no. 103235W, doi: 10.1117/12.2263117.