

HERRAMIENTA SOFTWARE PARA LA SIMULACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE SENSORES ÓPTICOS “SoSo”

A. COBO, J. L. ARCE-DIEGO, A. QUINTELA, J. ECHEVARRÍA, J.M. LOPEZ HIGUERA
GRUPO DE INGENIERIA FOTONICA - Dpto. TEISA - UNIVERSIDAD DE CANTABRIA.
TLFNO. 942-201539. FAX. 942-201873
Correo electrónico: acobo@teisa.unican.es

Abstract: A novel ray-tracing-based software simulator is presented, intended for the simulation and optimisation of a wide class of extrinsic optical sensors. It includes features such performance extraction from the simulation results or a new global multi-parametric optimisation algorithm.

Introducción

La etapa de simulación se ha convertido en un paso imprescindible en el proceso de diseño de cualquier dispositivo o sistema, como ha sucedido igualmente en el campo de los sensores ópticos. Sin embargo, no se dispone actualmente de una herramienta específica en este campo, encontrándose serias limitaciones en los simuladores fotónicos de propósito general: Aquellos enfocados a las comunicaciones ópticas no contemplan, por ejemplo, la posición espacial de los dispositivos; los utilizados para óptica integrada están optimizados para estructuras planares 2D, con un modelado limitado de la fibra óptica, lo que también ocurre con los simuladores de óptica de volumen; mientras que aquellos para la simulación de componentes específicos (acopladores, redes de Bragg, ...) no se pueden integrar para la simulación de sistemas sensores completos [1].

Por estas razones, se ha desarrollado una herramienta software específica para la simulación y optimización de sensores ópticos, especialmente enfocada a los sensores extrínsecos para la medida de magnitudes mecánicas, pero fácilmente extensible a otro tipo de sensores con gran diversidad de arquitecturas, y cuyas principales características se detallan en este artículo.

Descripción del simulador

El simulador se ha programado en lenguaje Java® con capacidad de ejecución distribuida en red, y dispone de un interfaz gráfico para su manejo. Su arquitectura interna se ha organizado en tres capas independientes y superpuestas, facilitando con esta organización su empleo en esta aplicación. Estas capas se denominan de simulación, de barridos y de optimización, comentándose a continuación las características más relevantes de cada una de ellas e incidiendo en las posibilidades que aportan en la simulación y optimización de sensores ópticos.

La capa más interna, de **simulación**, está basada en trazado de rayos extendido, capaz de modelar efectos no contemplados a priori por la óptica

geométrica como es la difracción. Actualmente, incluye modelos 3D para fibras ópticas, fuentes de luz y redes de difracción en volumen, entre otros.

Por otro lado, la capa de simulación incorpora los modelos desarrollados en el Grupo de Ingeniería Fotónica para el comportamiento mecánico de los tallos de fibra óptica [2] y el acoplo de luz entre fibras ópticas multimodo [3], así como diferentes esquemas de demodulación diferencial para procesar las señales devueltas por el transductor simulado.

La capa de **barridos** se encarga de realizar variaciones programadas de cualquiera de los parámetros de simulación, simulando las diferentes configuraciones definidas y permitiendo un análisis de los resultados obtenidos y extrayendo, automáticamente, información de las prestaciones del sensor: alinealidad de la respuesta, sensibilidad con un parámetro, resolución, etc. Adicionalmente, esta capa se encarga de realizar la demodulación diferencial de dos configuraciones diferentes y es capaz de obtener un error de comparación con un comportamiento esperado.

Ésta última característica es utilizada por la tercera capa, denominada de **optimización**, y que permite calcular de forma automática los valores de los parámetros que maximizan una determinada magnitud o prestación del sistema simulado. Para ello, incorpora varios algoritmos de optimización convencionales, destacando el método local “*down-hill simplex*” de Nelder y Mead (adecuado para un ajuste preciso de los valores óptimos cuando se tiene una estimación de los mismos), o el algoritmo global de optimización basado en búsqueda aleatoria controlada debido a M M. Ali y denominado CRS6 [4]. Éste último, por otro lado, es de gran utilidad cuando no se conoce a priori ninguna información sobre los valores más adecuados para los parámetros de la simulación.

Fruto de la utilización de estos algoritmos, se ha desarrollado un nuevo método de optimización global, basado en búsqueda aleatoria controlada, y que ha demostrado ser más adecuado para esta aplicación concreta, al poseer una mayor velocidad

de convergencia y mayor precisión en la determinación de los parámetros óptimos.

Aplicación al diseño óptimo de un acelerómetro basado en tallo de fibra óptica y red de difracción

La herramienta ha sido validada mediante su aplicación a diferentes arquitecturas de transductores para la medida de aceleraciones. A modo de ejemplo, se muestra en la figura 1 un acelerómetro

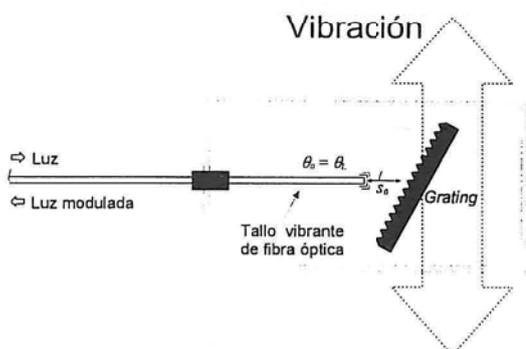


Figura 1. Arquitectura de cabeza transductora espectrométrica basada en red de difracción y tallo vibrante de fibra óptica.

basado en red de difracción planar y tallo de fibra óptica [5], cuyas prestaciones (alinealidad de amplitud, respuesta frecuencial, sensibilidad, resolución, dependencia con la temperatura, ...) han sido obtenidas mediante simulación y confirmadas de forma experimental mediante la construcción de un prototipo. Igualmente, el simulador ha servido para demostrar cómo la posición de *Litrow* entre la red de difracción y la fibra óptica es óptima en esta arquitectura por cuando maximiza muchas de las prestaciones alcanzables, como se muestra en la figura 2.

Conclusiones

Se ha presentado una herramienta específica para la simulación de sensores ópticos, que incorpora características diferenciales respecto a los comercialmente existentes y nuevos algoritmos que facilitan el diseño y la simulación optimizada de sensores ópticos. Esta herramienta ha sido validada mediante su aplicación al diseño de diversas arquitecturas de sensores de vibración, y cuyos resultados han sido contrastados con medidas experimentales.

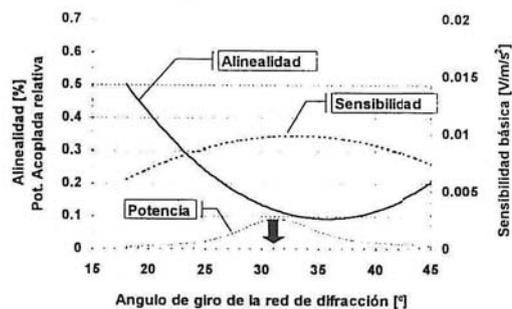


Figura 2. Dependencia de varias de las prestaciones del sistema sensor (cuyo transductor se muestra en la figura 1), con el ángulo entre la red de difracción y el tallo vibrante de fibra óptica en reposo. La flecha indica el ángulo de Littrow para la longitud de onda central de la fuente de luz.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado con medios aportados por la CICYT a través del proyecto TIC'98-0397-C03-02

Referencias

- [1] A. Cobo, "Contribución al desarrollo de sistemas sensores para monitorizado y medida de vibraciones basados en tallos de fibra óptica", Tesis Doctoral, Universidad de Cantabria, Enero, 1999.
- [2] A. Cobo, M.A. Morante, J.L. Arce, F.J. Madruga, C. Jaúregui, J.M. López-Higuera, "Simple and efficient technique for the desing and analysis of accelerometers based on optical fiber cantilever beams", ODIMAP-II Conference, Pavia, May, 1999.
- [3] A. Cobo, M. A. Morante, J.L. Arce, C. Jaúregui, J. M. López-Higuera, "More Accurate Coupling Function Approach For Optical Transducers Based On Power Coupling Between Multimode Fibers ", Optical Fiber Sensors XIV (OFS'99), Corea, 1999.
- [4] M.M. Ali y C. Storey, "Aspiration based simulated annealing algorithm", Journal of global optimization, No. 11, pp. 181-191, 1997.
- [5] A. Cobo, M.A. Morante, J.L. Arce and J.M. López-Higuera, "Simple Compensated Spectrometric Optical Fibre Accelerometer For Vibration Monitoring", European Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO'98), Glasgow, U.K.