

다중 FBG 센서 어레이를 구성하는 태그들의 변형력에 대한 고유 응답특성 시뮬레이션

Simulation of unique response characteristic of tags assigned to a FBG sensor array with strain

손주연, 최기선, 김근진, 이정신, 유은미, 윤재순, 백세종, 임기건

전남대학교 물리학과

kgim@chonnam.ac.kr

광섬유 격자 (Fiber Bragg Gratings)⁽¹⁾ 는 구조적인 안정성과 파장 인코딩 (wavelength encoding) 특성에 의하여 구조물의 안전도 등을 측정하는 센서로서 매우 활발하게 연구되고 있다. 광섬유 격자 센서는 기존의 전기적 신호처리 센서에 비해 높은 내구성과 분해능 그리고 우수한 노이즈 특성뿐 아니라 준분배형태 (quasi-distributive) 의 센서어레이 (sensor array) 를 구성할 수 있기 때문에 최근 측정 범위가 넓은 대형 구조물의 변위와 변형을 측정에 많이 이용되고 있다. 즉 시간, 파장, 공간, 코드 분할 다중화방식에 의하여 하나의 광섬유에 여러 개의 광섬유 격자를 연결한 센서어레이를 구성함으로써 매우 단순하고 효율적인 시스템 구성을 가능하게 한다.

본 연구에서는 이 중 WDM⁽²⁾ 접근 방식으로 한 가닥의 광섬유에 브래그 격자 센서의 개수를 효과적으로 늘리기 위하여 각각의 센서에 두 개 이상의 코드화된 브래그 격자를 배열함으로써 여러 개의 고유한 태그를 얻는 방법 (spectral tag method) 을 연구하였다. 최대 인

식 가능한 스펙트럼 태그의 개수 (n) 는 $n = {}_N C_M = \frac{N!}{M!(N-M)!}, M \leq \frac{N}{2}$ 와 같이 나타낼 수 있으며, 이 식에서 N 은 센서어레이 시스템에 포함된 서로 다른 브래그 파장 (spectral code) 의 개수이며, M 은 각각의 센서에 포함된 격자의 개수를 나타낸다.

그림 1 에서는 각각의 센서에 서로 다른 두 개의 브래그 파장 (code) 을 할당하여 구성된 광섬유 격자 다중화 센서 시스템의 개략도를 보여주고 있다. 이러한 다중화 센서 시스템은 결합 모드 이론 (coupled-mode theory)⁽³⁾ 과 전달 행렬법 (transfer matrix method)⁽⁴⁾ 를 바탕으로 계산되어지는 Opti-Grating (Ver. 4.0) 을 이용하여 시뮬레이션 하였다.

각각의 센서에 두개의 코드를 배정하는 조합을 사용하여 총 6 개의 태그를 갖는 광섬유 격자 센서 시스템을 그림 2 에 나타내었다. 두 개 이상의 센서에 동시에 변형력이 적용되어질 때에 생기는 구별 불가능한 현상 (degeneracy) 을 피하기 위해서 0.09 nm, 0.18 nm, 0.36 nm 의 서로 다른 간격으로 4 개의 브래그 파장 (코드) 들을 배치하였고 각각의 코드는 5 %, 8 %, 11 % 의 서로 다른 반사도를 사용하여 전체 반사도는 약 18.8 % 로 동일하게 구성하였다. 그림 3 에서는 두개의 센서에 임의의 변형력이 적용되었을 때의 반사 스펙트럼을 보여준다 (음영). 그리고 변형이 적용된 스펙트럼과 초기의 스펙트럼 (reference) 의 비교함으로써 변형력에 따른 대응하는 스펙트럼 코드들의 파장 위치와 반사도를 실선으로 표현

하였다. 각각의 스펙트럼 태그들의 고유 응답 특성을 관찰, 비교함으로써 센서 1번과 4번에 적용된 변형력이 각각 $700 \mu\epsilon$ ($\Delta\lambda=0.845 \text{ nm}$) 과 $400 \mu\epsilon$ ($\Delta\lambda=0.485 \text{ nm}$) 임을 알 수 있다.

감사의 글

본 논문은 전남대학교 광소재부품연구센터 (R12-2002-054) 의 연구비 지원에 의해 연구되었습니다.

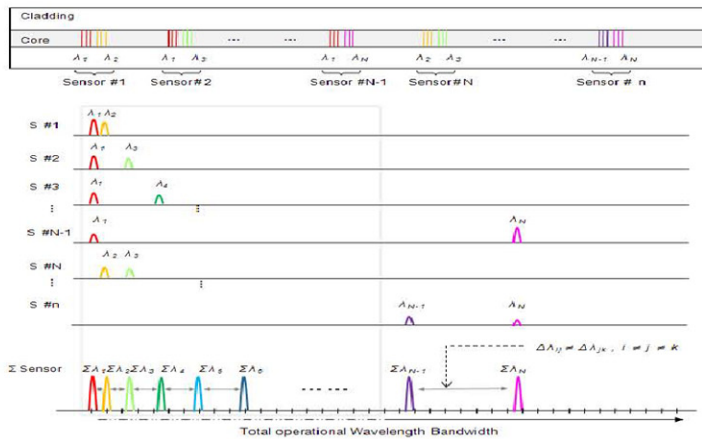


그림 1. 서로 다른 파장 간격과 반사도를 갖는 코드들로 구성된 스펙트럼 태그 방법에 따른 다중화 시스템의 개략도

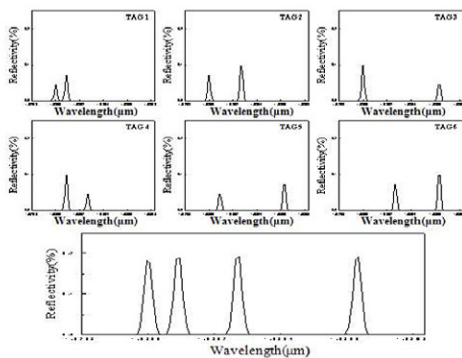


그림 2. 두 개의 코드들로 구성된 6개의 태그들과 전체 반사 스펙트럼

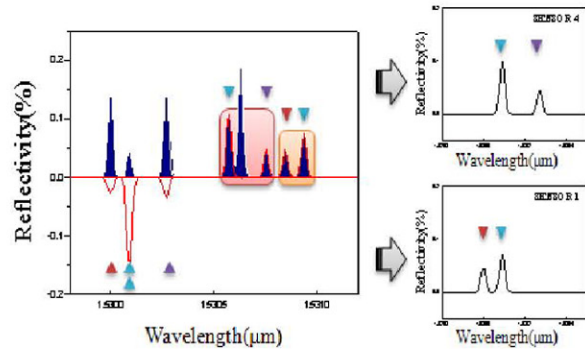


그림 3. 임의의 변형력에 대한 반사 스펙트럼 (음영) 과 대응하는 태그들의 고유 응답 특성 (실선)

참고문헌

1. A D. Kersey, M A. Davis, H J. Patrick, M LeBlanc, K. P. Koo, et al, "Fiber grating sensors," J. Lightwave Tech. 15 (8), 1442-1463 (1997).
2. L. Zhang, Y. Liu, J. A. R. Williams, and I. Bennion, "Enhanced FBG strain sensing multiplexing capacity using combination of intensity and wavelength dual-coding technique," IEEE Photon. Tech. Letters, 11 (12), 1638-1640 (1999).
3. A. Yariv, "Coupled-mode theory for guide-wave optics," IEEE Journal of Quantum Electronics., vol. QE-9, 919-933 (1973).
4. M. Yamada, K. Sakura, "Analysis of almost-periodic distributed feedback slab waveguide via a fundamental matrix approach," Applied Opt., 26, (16), 3474-3478, (1987).