

광섬유와 필름격자를 이용한 가속도 센서

이윤재 · 조재흥

한남대학교 이과대학 광·전자물리학과
Ⓞ 306-791 대전광역시 대덕구 오정동 133번지

권일범[†] · 서대철 · 이남권

한국표준과학연구원 안전그룹
Ⓞ 305-340 대전광역시 유성구 가정로 209(도룡동)

(2008년 3월 26일 받음, 2008년 6월 3일 수정본 받음, 2008년 6월 3일 게재 확정)

상용의 전자기 가속도 센서에 비해 신호의 안정성 면에서 우수하고 가격이 저렴하며 제작이 비교적 용이한 필름 격자를 이용한 광세기 방식의 새로운 가속도 센서를 제안하고 이를 제작하였다. 외부의 진동에 반응하는 외팔보(cantilever beam)에 서로 주기가 어긋난 2장의 진폭 변조용 필름 격자가 나란히 부착되어 이 필름격자를 지나가는 출력광이 외부진동에 따라 서로 다른 위상으로 변조된다. 이 두 필름격자에 의한 출력의 위상각을 이용하여 출력광 신호의 위상을 구하고, 위상 연속화 과정을 거쳐 외팔보의 변위를 계산하여 가속도 환산 관계식을 통해 가속도를 측정하였다. 본 논문의 필름 격자를 이용한 광섬유 가속도 센서는 대형 구조물 및 토목 구조물의 모니터링에 알맞은 7 Hz 이하의 저주파 대역에서 사용 가능하도록 설계하였다. 이 광섬유 가속도 센서는 광섬유를 이용하였으므로 전자기적 노이즈가 예상되는 곳에서도 구조물의 진동 측정에 적합하다.

주제어: Plastic optical fiber, Acceleration sensor, Cantilever beam, Film grating, Phase unwrapping

I. 서 론

현대 문명의 발달과 경제 성장이 점차 커짐에 따라 건축, 산업, 기계 등의 수많은 구조물들이 점차 정밀화, 대형화되고 있다. 따라서 터널, 교량, 대형 건축물, 파이프라인 및 도시철도시설 등과 같은 사회기반시설의 상시 감시를 위하여 대형 구조물의 진동특성을 측정하는 가속도 센서의 연구가 활발히 진행되고 있다. 가속도 센서는 구조물의 가속도, 진동, 충격 등의 동적 힘을 감지하고 물체의 운동 상태를 실시간적으로 감지하는 센서로서 교량, 빌딩 등 각종 토목구조물과 자동차, 기차, 선박, 비행기 등 수송수단에 있어서 필수적인 센서이다.^[1,2] 그러나 기존의 전자기 센서는 전자기 잡음의 영향이 있어 EMI(electromagnetic interference) 환경에서는 제약을 받는다. 따라서 이러한 단점을 보완하기 위해서 EMI에 영향을 받지 않는 광섬유 센서의 필요성이 부각되고 있다. 광섬유는 전자기적 잡음의 영향을 받지 않으며 일반적으로 저렴한 가격에 우수한 민감도와 분해능을 지니고 있으며, 직경이 작고 유연하여 설계자가 원하는 크기의 센서를 쉽게 구성할 수 있다.^[3]

광섬유를 이용한 가속도 센서로는 측정방식에 따라 FBG(Fiber Bragg Grating) 센서,^[4] 광세기 센서, 간섭형 센서로 분류할 수 있으면, 간섭형 센서는 간섭 방식에 따라 Michelson 간섭계 센서,^[5] Fabry-Perot 간섭계 센서,^[6] Mach-Zender 간섭계 센서,^[7] Moire Fringe 센서^[8] 등이 있다. 이 중에서 FBG

센서는 측정량이 브래그 반사파장의 변화이므로 측정이 간편하고, 높은 분해능을 가지고 있으나 장치 구성에 많은 비용이 소요된다. 간섭형 센서들은 높은 정밀도와 변형률에 민감한 장점을 가지고 있지만 제작상의 어려움과 신호의 맥놀이 현상 및 온도의 영향을 받는 등 단점을 가지고 있다. 그러나 광세기 방식을 이용한 가속도 센서는 제작이 쉽고 견고하며 온도의 영향을 받지 않는 장점을 가지고 있다.

본 논문에서는 기존의 전자기 가속도 센서에 비해 신호의 안정성 면에서 우수하고, 가격이 저렴하며 또한 제작이 비교적 용이한 필름 격자들과 LED(Light Emitting Diode), PD(Photo Diode), 플라스틱 광섬유(POF: Plastic Optical Fiber)를 이용한 광세기 방식의 가속도 센서를 제안하고, 이를 제작하여 그 특성을 조사하였다.

II. 센서의 구성 및 이론

구조물의 진동을 측정하기 위해 제작된 필름 격자 광섬유 가속도 센서의 장치 구성은 그림 1과 같다. 광원으로는 650 nm의 LED(Industrial Fiber Optics, IF-E99)를 사용하였다. 광신호 전송매체로서 코어 직경 486 μm , 클래딩 직경 500 μm 인 플라스틱 광섬유(POF; plastic optical fiber)(Industrial Fiber Optics, SH-2001)를 사용하였으며, 구조물의 진동을 센서에 그대로 전달하기 위하여 알루미늄으로 만든 외팔보(cantilever beam)를 이용하였다. 이러한 외팔보에 부착되어 외팔보의 진동에 따라 광신호를 변조시키는 역할을 하는 on-off 형태의 투과를 갖는 격자간격 1 mm인 필름격자를 투명한 필름과

[†]E-mail: ibkwon@kriss.re.kr

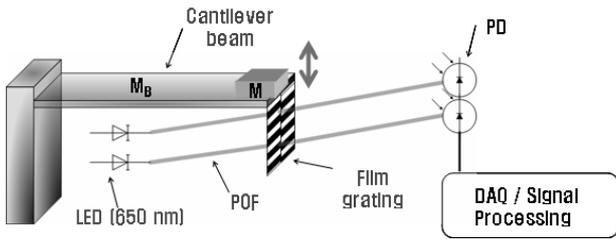


그림 1. 필름 격자 광섬유 가속도 센서의 시스템 개략도.

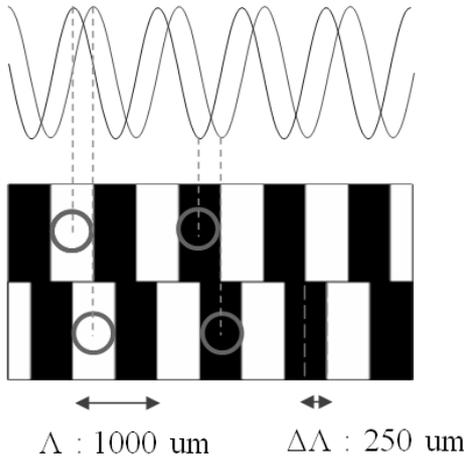


그림 2. 필름 격자 광섬유 가속도 센서에서 필름 격자를 통과하는 위치에 따른 광 출력 변화.

프린터기를 이용하여 제작하였다. 그리고 광신호 검출기로는 PD(Industrial Fiber Optics,IF-D99)를 사용하였으며, 출력광의 특성을 분석하기 위하여 자체적으로 제작한 신호처리 프로그램을 만들어서 사용하였다. 본 실험에서 유리광섬유가 아닌 플라스틱 광섬유를 사용한 이유는 플라스틱 광섬유가 일반적인 유리 광섬유에 비해 전송속도가 낮고 전송손실이 크지만 설치 및 연결을 용이하게 할 수 있고 개구율(numerical aperture: NA)가 커서 많은 광량을 전달 할 수 있는 장점을 가지고 있기 때문이다.

그림 1에서 보듯이 LED에서 출력된 광은 입력 광섬유에서 외팔보에 부착된 필름 격자를 거쳐 출력 광섬유를 통해 PD로 전달된다. 여기서 그림 2와 같이 두 개의 필름 격자를 통과한 광의 출력을 비교하면 출력광의 형태를 이해할 수 있다. 두 필름 중 하나를 먼저 살펴보면 필름의 on 부분에 해당하는 투명한 부분과 off 부분에 해당하는 검은 부분이 주기적으로 반복 되는 형태로서 외팔보(cantilever beam)의 진동에 따라 입력 광섬유에서 출력 광섬유로 결합되는 광량을 변화시키는 역할을 한다. 그러면 그림 2의 위쪽 그림에서 보듯이 출력광은 정현파와 유사한 형태로 변조되어 나타나며, 변조된 출력광의 위상은 진동에 따른 외팔보의 변위와 상관 관계가 있다. 따라서 출력광의 위상을 이용하여 외팔보의 변위를 구할 수 있다. 그림 2의 아래와 같이 두 개의 광원을 사용하고 두 광로 상의 필름 격자의 주기를 약간 엇갈리게

하면 일정한 위상차 ϕ 를 갖는 두 개의 출력 신호를 그림 2의 위쪽 두 신호에서처럼 얻을 수 있다. 만약에 진동의 방향이 바뀌게 되면 위상차가 역전되고 이를 통해 진동의 방향을 알아낼 수도 있다. 본 논문에 사용한 플라스틱 광섬유의 코어 지름이 486 um이므로 필름 격자의 격자 간격을 1 mm로 하였으며 두 출력광의 초기 위상차가 90°가 되도록 하기 위하여 필름 격자를 250 um 엇갈리게 제작하였다. 초기 위상차가 90°가 되도록 필름 격자를 설계하였지만 필름 격자 제작 과정과 외팔보에 필름 격자를 고정하는 과정에서 초기 위상차가 정확하게 90°가 유지되지 않을 경우가 있으므로 초기 위상차는 신호처리 과정에서 다시 측정하게 된다. 이때 입력 광섬유와 출력 광섬유가 2 mm 정도 떨어져 광 손실이 일어나지만 본 논문에서는 2개의 출력 광섬유로 들어오는 광량의 세기가 아니라 광량의 변화 즉, 변조된 출력광의 위상을 이용하므로 초기 광 손실이 존재하더라도 가속도 측정이 가능하다.

필름 격자에 의한 차단과 투과에 의해 변조된 출력광과 이 출력광을 사인파로 피팅한 결과를 비교해 본 결과 1% 이내의 오차를 가지고 일치하고 있으므로 본 논문에서는 출력광의 세기를 정현파로 취급하였다. 따라서 필름 격자를 통과한 두 신호는 아래와 같이 식 (1)과 식 (2)로 표현할 수 있다.^[8] 이때 ϕ 는 어긋난 필름 격자에 의한 S_1 과 S_2 위상 차이를 나타내고, θ 는 두 신호가 가지고 있는 위상값이다.

$$S_1 = A_1 \sin(\theta) + M_1 \tag{1}$$

$$S_2 = A_2 \sin(\theta + \phi) + M_2 \tag{2}$$

여기에서 A_1 과 A_2 는 각각 두 출력광의 진폭이고 M_1 과 M_2 는 일정한 값이다. A_1 과 A_2 는 두 신호 S_1 과 S_2 의 최대값($S_{n,max}$)와 최소값($S_{n,min}$)으로 표현할 수 있으며, 이는 아래와 같이 식 (3)과 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$A_n = \frac{S_{n,max} - S_{n,min}}{2} \tag{3}$$

$$M_n = \frac{S_{n,max} + S_{n,min}}{2} \tag{4}$$

여기에서 아래첨자 n 은 1, 2,를 나타낸다. S_1 과 S_2 의 두 신호의 조합으로 위상 θ 으로 정리하여 표현하면 식 (5)을 구할 수 있다. 이 식에서 초기 위상차 ϕ 를 알면 위상 θ 로 정리가 됨을 알 수 있다.

$$\theta = \tan^{-1} \left\{ \sin(\phi) / \left[\frac{A_1}{A_2} \cdot \frac{S_2 - M_2}{S_1 - M_1} - \cos(\phi) \right] \right\} \tag{5}$$

특히 초기위상차 ϕ 는 그림 3과 같이 각 출력광의 세기의 최대값들과 최소값들을 이용하여 $S_{1,max} - S_{2,max}$ 의 차이(그림 3의 위쪽 \leftrightarrow 표기) 또는 $S_{1,min} - S_{2,min}$ 의 차이(그림 3의 아래쪽 \leftrightarrow 표기)를 이용하여 계산한다.

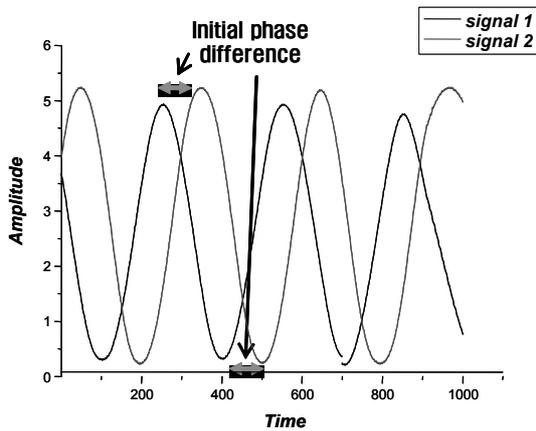


그림 3. 두 출력광 S_1 과 S_2 사이의 초기위상차.

식 (1)에서 S_1 은 $\theta = \frac{\pi}{2}$ 일 때 최대값을 갖는다. 수학적으로 $\cot\left(\frac{\pi}{2}\right) = 0$ 이므로 식 (5)는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\frac{A_1}{A_2} \frac{S_2 - M_2}{S_1 - M_1} - \cos(\phi) = 0 \quad (6)$$

(6) 식에서 $S_1 = S_{1,max}$, $S_1 = S_{2,min}$ 로 놓을 경우, 식 (3)와 식 (4)를 각각 대입해 정리하면 위상각은

$$\phi = \cos^{-1}\left(\pm \frac{S_2 - M_2}{A_2}\right) \quad (7)$$

이 된다. 식 (7)에 따라 신호처리 과정에서 구한 위상각은 $-90 \sim +90^\circ$ 사이의 값을 가지는 톱니파 형태의 위상각을 갖는다. 따라서 위상의 미분 과정 등 추가적인 신호처리 과정을 거칠 때 위상을 연속적인 함수로 만들어 줄 필요가 있다. 이때 시간에 따라 주기적으로 나타나는 $-90 \sim +90^\circ$ 사이의 값을 갖는 위상을 정상적인 위상 변화량으로 연속적으로 퍼주는 위상 연속화(phase unwrapping) 과정을 수행하여 위상변화량을 정확히 나타내 주어야 한다.

위상 연속화한 위상각은 가속도계를 구성하는 외팔보의 변위에 비례한다. 또한 이 변위는 측정하고자 하는 가속도와 비례관계를 이룬다. 식 (8)은 외팔보 시스템에서의 변위($\delta(t)$)와 가속도($a(t)$) 관계를 보여준다.^[9,10]

$$\delta(t) = \left(\frac{M_B \cdot L^3}{8E \cdot I} + \frac{M \cdot L^3}{3E \cdot I} \cdot a(t) \right) \quad (8)$$

여기에서 $I = B \cdot H^3 / 12$ 이고, E 는 외팔보의 탄성계수, L , B , H 는 각각 외팔보의 길이, 폭, 두께를 나타낸다. 그리고 M_B 와 M 은 외팔보의 질량과 추가 질량이다. 따라서 가속도는 위상각을 구한 후 필름 간격에 따르는 변위를 계산한 뒤 환산계수를 곱하여 결정한다.

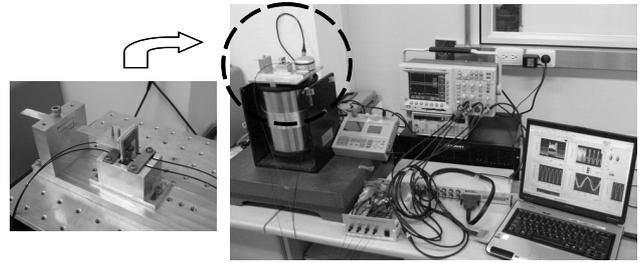


그림 4. 가속도 측정을 위한 실험 장치 사진.

III. 실험장치 및 신호처리 방법

그림 4는 그림 2에 따라 구성한 가속도 측정을 위한 실험 장치 사진으로 그림 1에서 제안하고 제작한 필름격자를 이용한 광섬유 센서와 두 종류의 상용 가속도 센서(RION CO., LTD. VM-53A와 PCB piezotronics, 352C66)를 진동시험기(VG100-6)에 부착하여 구성하였다. 이 때 제작한 필름격자 광섬유 가속도 센서의 외팔보의 크기는 두께 0.4 mm, 폭 10 mm, 길이 60 mm이다. 그리고 필름 격자판은 외팔보의 폭과 진동을 고려하여 폭 10 mm, 높이 30 mm의 크기로 뒤틀림을 줄이기 위해 알루미늄 틀을 이용하여 고정하였다. 그림에서와 같이 두 센서를 테이블위에 장착한 후 앰프(CROWN, CE1000)와 신호 발전기(Stanford Research Systems, DS345)를 이용하여 여러 주파수대의 정현파 신호를 진동시험기에 입력시켜 센서에 진동을 가하였다. 진동 시험기의 진동에 의해 변조된 신호는 제어보드의 PD로 들어와 터미널 박스(BNC-2090)로 연결하여 데이터 수집 장치(DAQ card-6062)를 통해 PC로 데이터를 전송하여 신호처리를 하였다.

LED에서 나온 출력 광이 플라스틱 광섬유를 따라 진행하다 외팔보가 부착된 필름의 진동에 의해 변조된 2개의 출력 광이 PD로 전달된다. 이 두 신호는 단순히 필름의 진동에 의해 변조된 광신호이므로 신호처리 과정을 거쳐야 한다. 신호처리 프로그래밍은 National Instrument 사의 LabView 8.2를 사용하였다. 전체적인 신호처리 과정은 그림 5에 나타난 신호결과들과 같이 크게 초기 신호검출과정, 초기 위상차 계산 과정, 위상각 계산과 위상 연속화 과정 그리고 이들을 이용하여 최종적으로 가속도를 계산하는 과정으로 나눌 수 있다. 각 신호처리과정의 flow-chart는 그림 5의 가운데에서 볼 수 있다.

IV. 실험 결과 및 논의

그림 6은 4 Hz 대역에서 외팔보의 가속도를 0.01 g ~ 0.15 g($g =$ 지표에서의 중력가속도 크기)까지 변화 시켜가면서 위상각과 위상 연속화를 통해서 구한 가속도에 따른 외팔보의 변위에 대한 측정결과이다. 그림 6에서 보듯이 가속도가 커질수록 변위(즉, 진폭)가 커짐을 알 수 있다. 이 실험에서 측정 데이터의 주파수 성분을 확인하기 위해서 FFT(Fast Fourier Transform) 분석을 하였다. FFT 측정 결과, 그림 7과 같이 4

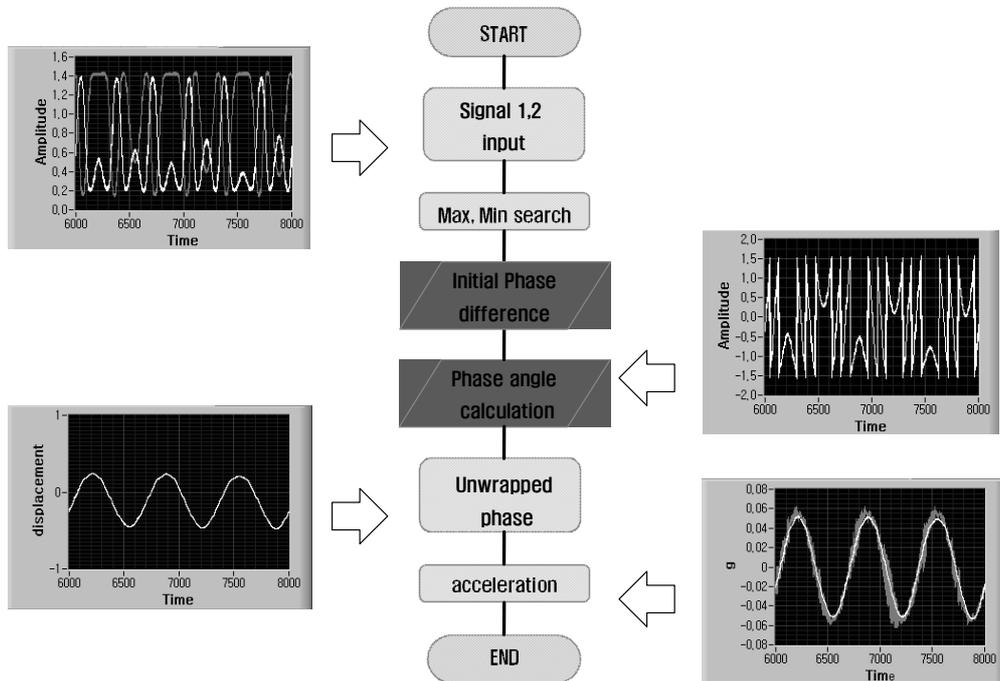


그림 5. 필름 격자 광섬유 가속도 센서의 신호처리 순서도.

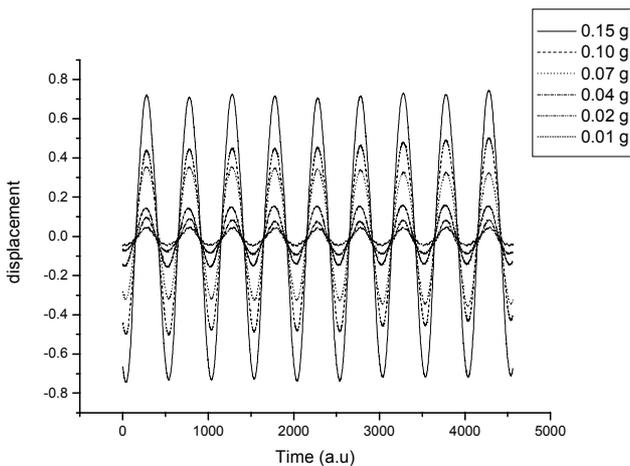


그림 6. 진동 주파수 4 Hz일 때 가속도의 크기에 따른 외팔보의 변위 측정 결과.

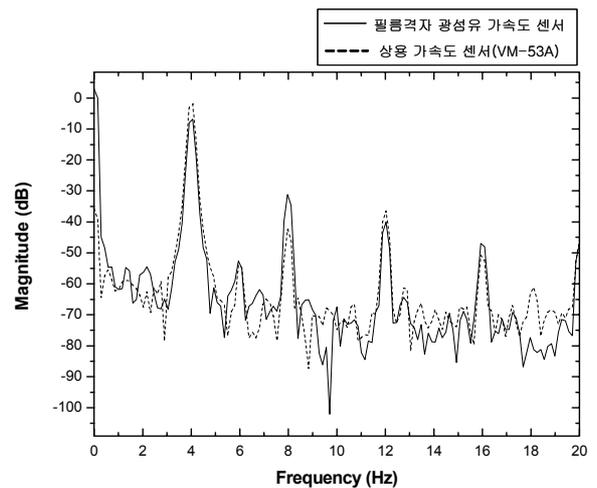


그림 7. 그림 6의 실험결과에 대한 저주파 영역에서의 FFT 결과.

Hz에서 이 외팔보의 진동에 대한 기본 진동주파수가 측정되었으며, 이 주파수의 정수배에 해당하는 곳에 harmonic 주파수가 발생함을 알 수 있었다. 이러한 기본 진동주파수는 본 논문의 가속도계에 의한 결과이지만 이를 다른 상용 가속도계 2개에서도 동일한 결과가 나옴을 확인할 수 있었다. 이때 제작된 센서의 외팔보는 추가질량 6.753 g을 추가시켜 제작하였고 이론적인 고유 진동수는 23.234 Hz이었다.

센서의 동작 특성을 확인하기 위해서 진동 시험기를 건축물에 피해를 줄 수 있는 가속도 0.1 g에서 실험을 하였다.^[11] 이때 주파수는 2~25 Hz 대역까지 변화 시켜가면서 필름격자 광섬유 가속도 센서의 반응을 측정하였다. 측정 결과, 이론

적인 고유 진동수 23 Hz 근처에서 그림 8과 같은 공진이 일어나는 특성을 가지고 있음을 확인하였다. 고유 진동수 대역에서 가속도 변화를 주게 되면 작은 크기의 입력에도 불구하고 진동이 커지는 현상이 발생한다. 따라서 공진현상에 의한 과장된 가속도가 측정되지 않으면서 선형성이 유지되는 사용가능 영역은 이 공진 주파수의 1/3로 정할 수 있다. 이 경우 그림 8의 작은 사각형에 확대하여 보여준 결과와 같이 측정 가능한 영역은 7 Hz 이하이며, 이 영역에서 가속도 측정 오차는 8% 이내임을 알 수 있다.

그림 9는 2종류의 상용 가속도 센서들과 본 논문에서 제작한 필름격자 광섬유 가속도 센서를 이용하여 중력가속도 0.1

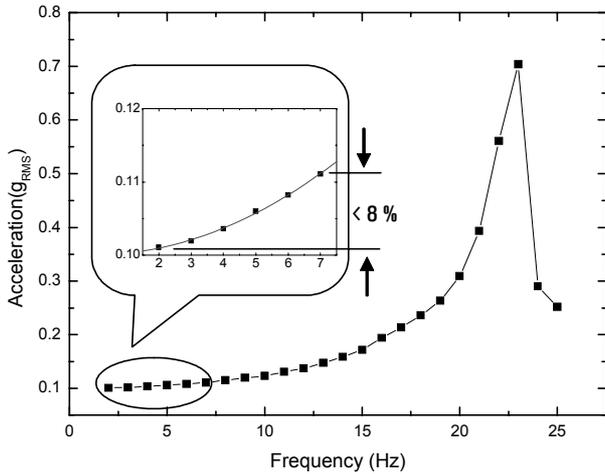


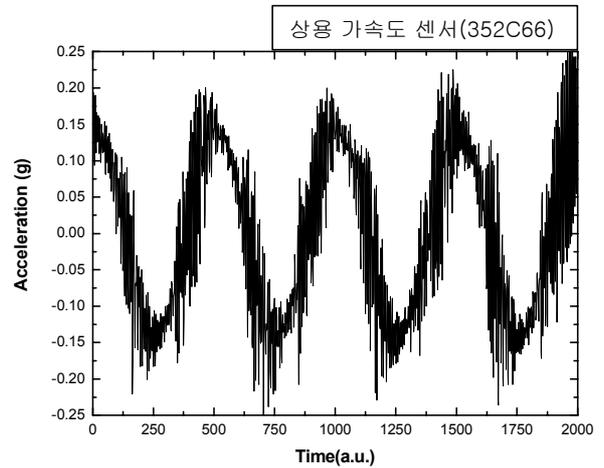
그림 8. 가속도 0.1 g일 때 진동 주파수에 따른 가속도 측정 결과.

$g_{(RMS)}$ 을 주었을 때 측정된 결과를 3 Hz의 진동영역에서 서로 비교한 결과이다. (a)는 상용 가속도 센서인 PCB piezotronics사의 모델 352C66(동적구간이 0.5~10000 Hz, 측정 레벨이 ± 50 g)으로 측정된 결과이다. 그리고 (b)는 두 번째 상용 가속도 센서인 RION사의 VM-53A(동적구간이 1~80 Hz, 측정 레벨이 ± 1 g)으로 측정된 결과이다. (a)의 센서는 측정 레벨이 크고, 동적구간이 넓지만 본 논문에서 관심 있는 저주파수 영역에서 잡음특성이 좋지 않음을 알 수 있다. 반면에 (b)의 센서는 저주파수 영역에서 좋은 잡음 특성을 보여주고 있으나 매우 고가이다. 본 논문에서 제작한 필름 격자 광섬유 가속도 센서(c)의 실험결과는 (a)에 비해 좋으며 (b)와는 비슷한 수준의 잡음 특성을 보여줌을 알 수 있었다.

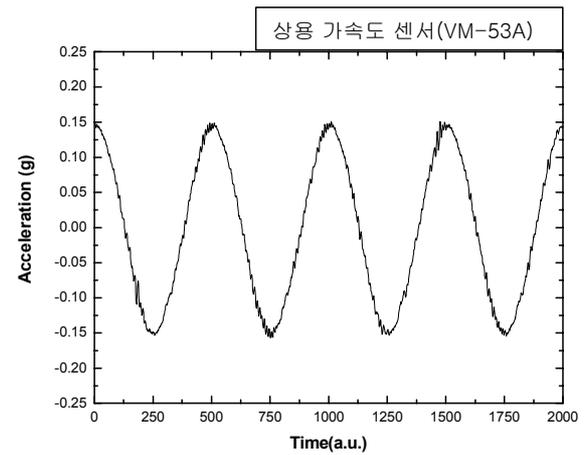
그림 10은 실제로 본 논문에서 제작한 센서로 진동 주파수 3 Hz(a)와 (d), 5 Hz(b)와 (e), 7 Hz(c)와 (f) 대역일 때 중력 가속도 0.1 $g_{(RMS)}$ (a), (b), (c), 0.05 $g_{(RMS)}$ (d), (e), (f)의 반응을 상용 가속도 센서(VM-53A)와 비교해본 결과이다. 그림 10에서 보듯이 7 Hz까지의 영역에서는 필름격자 광섬유 가속도 센서는 상용 가속도 센서들과 거의 같은 반응특성을 보여주고 있음을 확인 할 수 있었다. 이와 같이 본 논문에서 제안하고 제작한 필름격자 광섬유 가속도 센서는 기존의 상용 가속도 센서와 비슷하거나 좋은 성능을 가지면서도 취급이 매우 용이하며, 제작가격도 상당히 저렴하고 전자기파 장애에 대해서도 강하다는 것이 장점이다.

V. 결 론

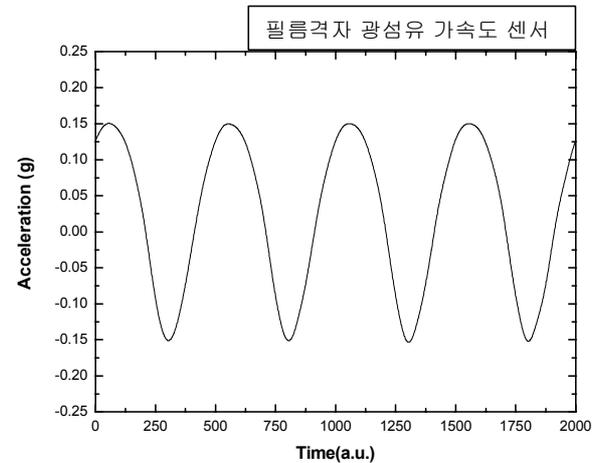
상용의 전자기 가속도 센서에 비해 신호의 안정성 면에서 우수하고, 가격이 저렴하고 제작이 비교적 용이한 필름 격자를 이용한 광세기 방식의 새로운 가속도 센서를 제안하고 이를 제작하였다. 본 논문에서 제안한 광섬유 필름격자 가속도 센서는 플라스틱 광섬유(POF)와 저가의 LED, PD 그리고 출력 광을 변조시키는 역할을 하는 필름 격자가 부착된 외팔보



(a)



(b)



(c)

그림 9. 진동주파수 3 Hz일 때 제작된 센서와 상용 가속도 센서와의 특성 비교.

등으로 구성되어 있으며 구조물의 진동을 측정할 수 있다. 본 논문에서는 센서의 고유 진동수가 23 Hz가 되도록 설계

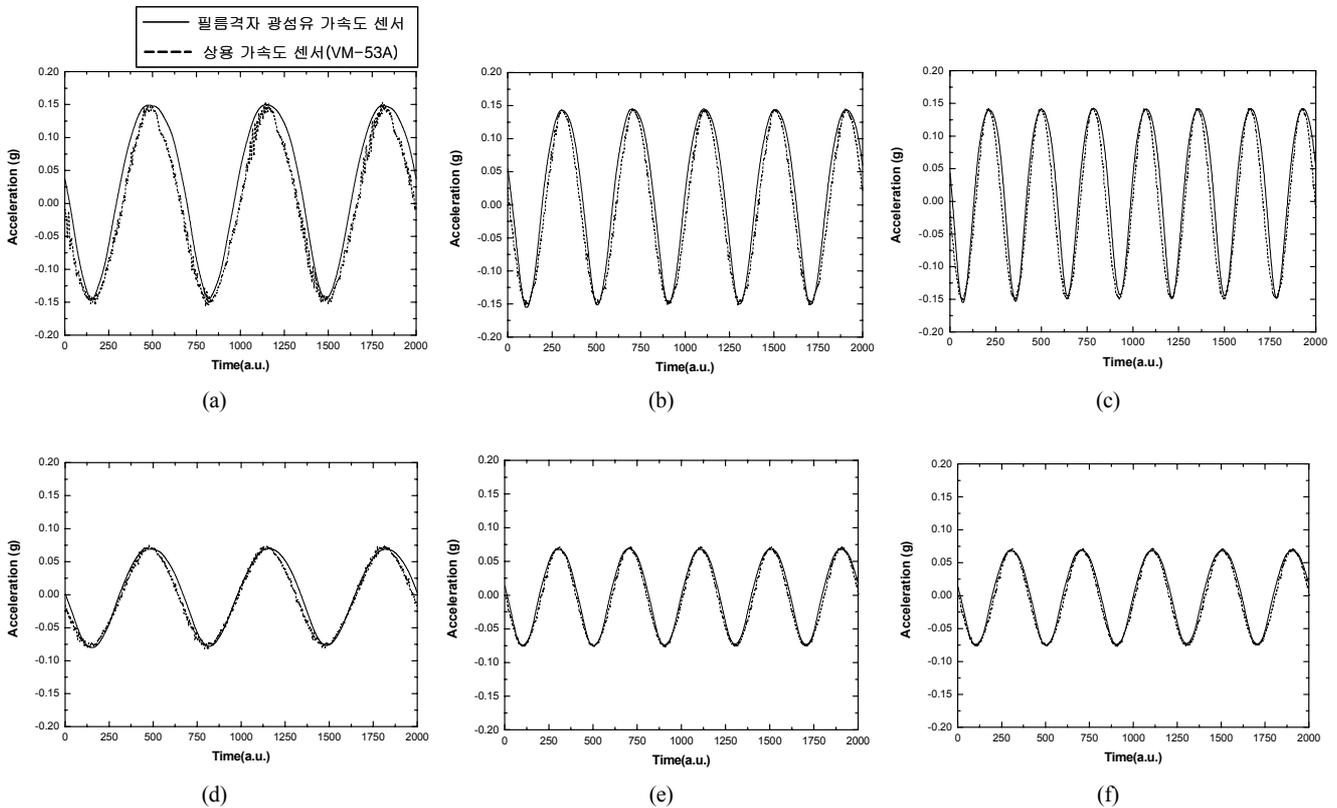


그림 10. 진동주파수 3, 5, 7 Hz일 때 중력 가속도 $0.1 \text{ g}_{\text{RMS}}$, $0.05 \text{ g}_{\text{RMS}}$ 에서 제안된 센서와 상용 가속도 센서(VM-53A)와의 특성 비교.

하고 제작하였으며, 센서의 주파수별 동작 특성을 확인한 결과 7 Hz 이하에서 8% 이내의 오차 범위를 갖고 있음을 확인하였다. 가속도 $0.1 \text{ g}_{\text{RMS}}$ 와 $0.05 \text{ g}_{\text{RMS}}$ 에서 측정결과 상용 가속도 센서와 잘 일치하였고 상용 가속도 센서 보다 잡음이 적은 특성을 보였다. 본 논문에서 제작한 광섬유 필름격자 가속도 센서는 7 Hz 이하의 저주파 대역에서 전자기적 잡음이 예상되는 대형 교량, 터널, 고층 건축물 등의 구조물의 진동을 측정하기에 적합할 것으로 예상된다.

참고문헌

- [1] 박기태, “광섬유센서를 이용한 교량구조물 계측”, *건설기술정보 논문 요약*, 2003.
- [2] 송재용, “가속도 센서의 원리와 응용”, *드림스포텍 센서의 기술동향과 적용사례*, 2003.
- [3] Jose Miguel Lopez-Higuera, “Handbook of optical fiber sensing technology,” *JONH WILEY & SONS LTD*, Upper saddle river, new jersey, 2002.
- [4] C. Z. Shi, N. Zeng, H. L. Ho, C. C. Chan, M. Zhang, W. Jin, and Y. B. Liao, “Cantilever optical vibrometer using fiber Bragg grating,” *Optical Engineering*, vol. 42, no. 11, 2003.
- [5] Bo Wu, Caihe Chen, Guilan Ding, Delong Zhang, and Yuming Cui, “Hybrid-integrated Michelson fiber optic accelerometer,” *Optical Engineering*, vol. 43, no. 2, 2004.
- [6] 박호림, 최재봉, 김영진, “타공사 검사를 위한 광섬유 가속도계의 개발”, *대한기계학회논문집 A 권*, 제25권 제10호, pp. 1551-1558, 2001.
- [7] 이기완, “Mach-Zehnder 간섭계를 이용한 광섬유 가속도기”, *한국통신학회논문집*, vol. 17, no. 10, 1992.
- [8] 김대현, Maria Q. Feng, “Real-time signal compensatory of a Moire Fringe based fiber optic accelerometer,” *한국비파괴검사학회 06 추계학술대회*, pp. 62-68, 2006.
- [9] Petko D. Dinev, “Two dimensional fiber-optical accelerometer,” *American Institute of Physics*, vol. 67, no. 1, 1996.
- [10] F. S. Tse, I. E. Morse, R. T. Hinkle, R. T., “Mechanical Vibrations, 2nd,” *Allyn & Bacon*, Boston, 1978.
- [11] 김두훈, “지진을 고려한 구조물 면진/제진 기술개발 현황”, *한국소음진동공학회지*, 제5권 1호, 1995.

Acceleration Sensor Using Optical Fibers and Film Gratings

Youn Jea Lee and Jae Heung Jo

Dept. of Applied Optics and Electromagnetics, Hannam University, Daejeon 306-791, Korea

Il Bum Kwon[†], Dae Cheol Seo, and Nam Kwon Lee

Korea Research Institute of Standards and Science, Daejeon 305-340, Korea

[†]*E-mail: ibkwon@kriss.re.kr*

(Received March 26, 2008; Revised manuscript June 3, 2008; Accepted June 3, 2008)

We develop a fiber optic acceleration sensor with LED, PD, POF, and a cantilever beam, having film grating at the edge of the beam. Light is transmitted from LED to PD through the film grating. When the cantilever beam moves by external vibration, output light is modulated as sinusoidal signals. The characteristics of output signals are dominated by the spacing of the film grating and also by the size and the elasticity of the beam. Two output signals, having constant initial phase difference, are obtained by two gratings with 90 degree phase difference. Those two signals are used to determine phase angle, which is proportional to the displacement of the beam. Finally, the acceleration is determined from conversion equation between displacement and acceleration. This sensor is designed for monitoring the vibration of large and complex building in the low frequency range of below 7 Hz, and is particularly suitable to measure acceleration in electromagnetic environments.

OCIS codes: (060.2310) Fiber optics; (060.2370) Fiber optics sensors; (230.0230) Optical devices.