

광변조 방식 소형 5자유도 힘센서

5-D.O.F. force sensor using optical modulation

*김민규¹, 이동혁¹, 안정화¹, 백소영¹, #조남규²

*M. G. Kim¹, D. H. Lee¹, J. H. Ahn¹, S. Y. Baek¹, #N. G. Cho(ngcho@hanyang.ac.kr)²

¹한양대학교 대학원 기계설계메카트로닉스공학과, ²한양대학교 기계공학과

Key words : small force sensor, multi-degrees of freedom (D.O.F.), electromagnetic field (EMF), optical modulation

1. 서론

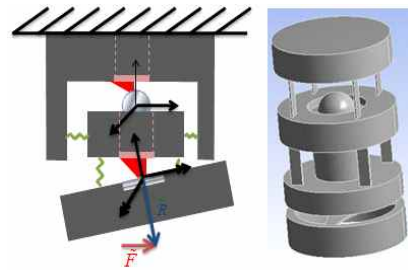
힘 계측은 기계부품의 가공, 이송, 용접 및 조립 작업 등 산업용 로봇에서 햅틱(Haptic), 교육용 시뮬레이터, 미세 힘 측정 등 다양한 목적을 갖는 분야들로 적용이 확장되고 있으며, 그에 따라 힘 측정 기술 또한 고정밀화, 다 자유도화, 고급화, 고기능화, 고성능화가 이루어지고 있다. 특히, 최근의 로봇 손가락 또는 산업용 내시경에의 적용으로부터 최소침습술 (minimally invasive surgery, MIS), 도뇨관삽입술(catheterization), MRI 내의 환자 반응성 측정 과 같은 의료분야에 까지 소형의 다자유도 힘 센서의 적용이 요구되고 있다.^{1,2}

본 논문에서는, 소형성과 다자유도 힘 측정의 요구에 대응하기 위해 기존 힘계측에 널리 적용되는 strain gauge를 이용한 변환방식 대신 광섬유를 이용한 광변조 변환방식을 통한 소형 다자유도 센서의 구조 설계안들을 제시하고 그 중 하나의 모델에 대한 개발을 수행 하였다.

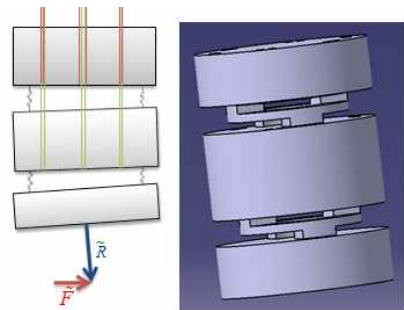
2. 구조설계

소형화 요구를 만족시키기 위해 설계된 구조를 Fig. 1에 보인다. (a)의 검지부설계의 경우 정밀도를 위해 5자유도 입력힘에 대해 반응하는 변형부를 각 힘에 반응하도록 구조적으로 독립시켰고, 소형화를 위해 각각 구면반사체와 평면반사체를 이용하는 다자유도 변위 검지모듈을 새롭게 고안하였다. (b)의 구조의 경우 평면 반사체위에 위치한 3쌍의 발광 및 수광섬유를 통해 평면의 3자유도 위치 변환부를 2단으로 설계하여 5자유도 힘 검지를 한다. (c)의 경우 정밀도를 위해 독립설계된 6자유도 변형부와 6자유도 변위를 변환하기 위해 피라미드 반사체 위에 90° 간격으로 배치된 4개의 발광섬유와 각각의 발광섬유 양옆에 배치된 총

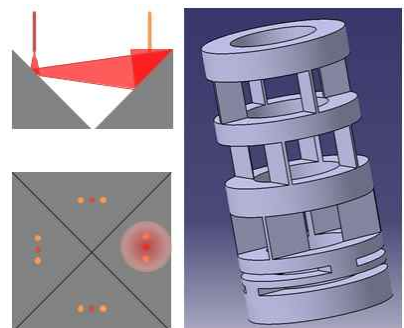
8개의 수광섬유를 통한 8개의 신호를 이용하여 6자유도 힘 검지가 가능하다.



(a) 1st model



(b) 2nd model



(c) 3rd model

Fig. 1. Concept structures of the models

3. 개발 및 평가

(a) 구조모델에 대하여 직경 20 mm의 센서가 개발되었다. 앞서 서술한바와 같이 소형화를 위해 구면반사체 위에 1개의 발광섬유와 이를 둘러싸여 배치된 9개의 수광 섬유를 통해 구의 병진 이동량을 변환시키고, 1개의 발광섬유와 1개의 수광 섬유로 이루어진 변위검지모듈 3쌍의 조합으로 평면반사체의 z축 병진 이동량과 x축, y축 회전 이동량을 변환시키는 모듈을 각각 제작하여 조합하였다. 구조와 원리를 Fig. 2 에 나타낸다.

Fig. 3 에 보이는 지그를 이용한 보정실험을 수행하였고, 추가적인 입출력 성능 평가 실험을 수행한 결과를 Fig. 4에 보이고 Table 1에 정리하여 나타낸다. 복원력은 입력힘에 대하여 강한 선형성을 나타내고 있고, 소형 다자유도임에도 불구하고 좋은 선형성을 보이는 것으로 평가 되었다.

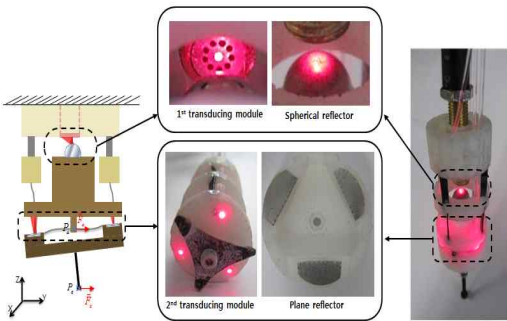


Fig. 2. Structure and working principle of the developed sensor

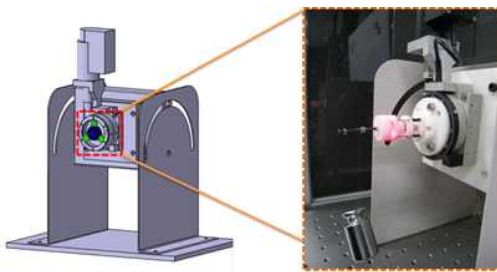


Fig. 3. Experimental setup for evaluation of the developed sensor

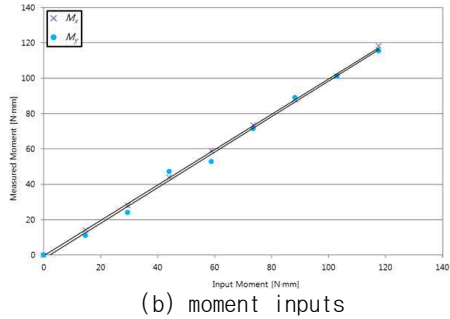
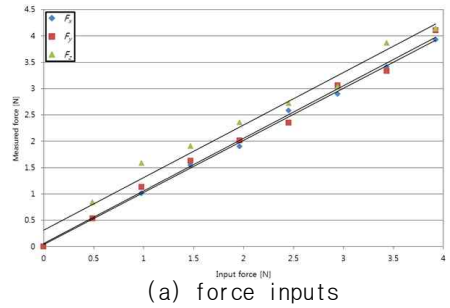


Fig. 4. Estimated force results

Table 1 Comparison of measured roughness data

	F_x	F_y	F_z	M_x	M_y
Range	±4 N	±4 N	±4 N	±150 N-mm	±150 N-mm
Resolution	2.6 mN	1.0 mN	7.1 mN	0.023 N-mm	0.037 N-mm
Linearity	0.99	0.99	0.98	0.99	0.99

4. 결론

소형의 다자유도 요구를 만족시키기 위해 4가지 구조모델이 제안되었다. 그중 정밀성의 장점을 지닌 모델이 선정되어 5자유도 힘 센서가 성공적으로 개발되었다. 향후 추가적인 모델의 설계와 설계된 모델들에 대한 개발을 수행할 예정이다.

참고문헌

1. U-Xuan Tan, Bo Yang, Rao Gullapalli and Jaydev P. Desai, "Triaxial MRI-compatible fiber-optic force sensor," IEEE Transactions on Robotics, **27**, 65-74. 2011
2. Pinyo Puangmali and Kaspar Althoefer, "Novel Design of a 3-Axis Optical Fiber Force Sensor for Applications in Magnetic Resonance Envrionments," IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2009.