

3 자유도 힘센서의 자세 오차 교정

Attitude Error Compensation Method for 3-Degree of Freedom Force Sensor

*이동혁¹, #조남규², 이상훈¹

*D. H. Lee¹, #N. G. Cho(ngcho@hanyang.ac.kr)², S. H. Lee²

¹한양대학교 대학원 기계설계·메카트로닉스공학과, ²한양대학교 기계공학과

Key words : Shape From Motion Method Force sensor, Compliance matrix, Calibration

1. 서론

힘센서는 시스템의 성능을 좌우 하는 핵심 부품으로, 고정도화, 다자유도화, 소형화의 요구가 증대되고 있는 추세이다. 그러나, 힘센서의 신뢰성을 확보하기 위한 보정기술에 관한 연구는 미비한 실정이며, 현재 가장 널리 사용되고 있는 보정기술인 최소제곱법 (Least squares method; LSM)의 경우 높은 신뢰성과 다축 힘센서에 적용 가능하지만, 센서의 대량 생산화와 소형화에 따른 보정기술이 가져야 할 특징인 보정의 신속성, 편의성, 작업의 안전성에 대해서는 취약하다는 단점이 있다.¹

이러한 LSM 을 이용하는 보정법의 결점을 보완하기 위한 방법으로 Shape from motion method (SFMM)가 연구되었으며, 보정의 신속성 및 편의성, 가해지는 하중에 관한 모든 하중정보를 알 필요 없다는 점, 보정 작업의 안전성을 가지고 있는 장점을 가지고 있지만 센서의 자체 구조 및 자세에 대한 유동적이지 못하며 다축 센서에 적용이 미비한 결점을 가지고 있다.²

본 연구에서는 이와 같은 문제점을 고려하여 센서의 구조 및 자세가 보정 결과에 미치는 영향을 가능한 억제할 수 있도록 SFMM 의 적용기법을 보완하고 다자유도 힘센서의 보정에 효과적으로 적용할 수 있는 보정 기술 개발을 목표로 수행되었다.

2. 센서 자세의 영향을 고려한 보정

Fig. 1 는 센서의 자체 중량(F_0) 및 외력(F) 이 센서 출력에 작용하는 관계를 보인다. 즉, 센서를 이용하여 측정하고자 하는 피측정력 이

외에, 스타일러스를 포함하는 센서의 힘 전달 부의 자체 질량에 의해 센서의 자세에 따라 센서 출력이 영향을 받게 된다.

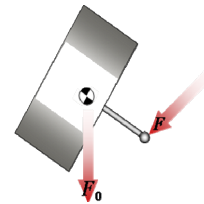


Fig. 1 Sensor output error by the sensor attitude and the weight of the stylus unit

본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해, 이와 같이 원치 않는 센서 출력값을 정량화하고, 그 결과를 적용할 수 있도록 SFMM 에 의한 보정식을 수정하여 보정 실험에 적용하였다

3. 다자유도 보정시스템 설계 및 실험

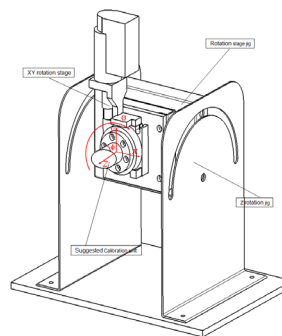


Fig. 2 Schematic of jig system for calibration

제안된 보정방법의 적용을 위해서는,

특정한 하중의 적용과 센서 자세의 구동에 의해 다자유도 힘 발생이 가능한 보정기구가 필요하다. 이를 위해 Fig. 2 와 같이 3 차원 공간 상에서 임의의 방향에 대해 힘센서가 세차운동을 할 수 있도록 보정기구가 고안되어 설계/제작 되었다. 이 보정기구는 힘 센서와 결합하여 360° 회전한다. 실험장치는 센서 고정부, θ 방향으로 360° 회전이 가능한 회전스테이지(PI社, M-037 PD), 그리고 센서의 Z 방향을 편평한 바닥면에 대해 0° 에서 180° 까지 설정이 가능한 회전 지그로 구성되었다.

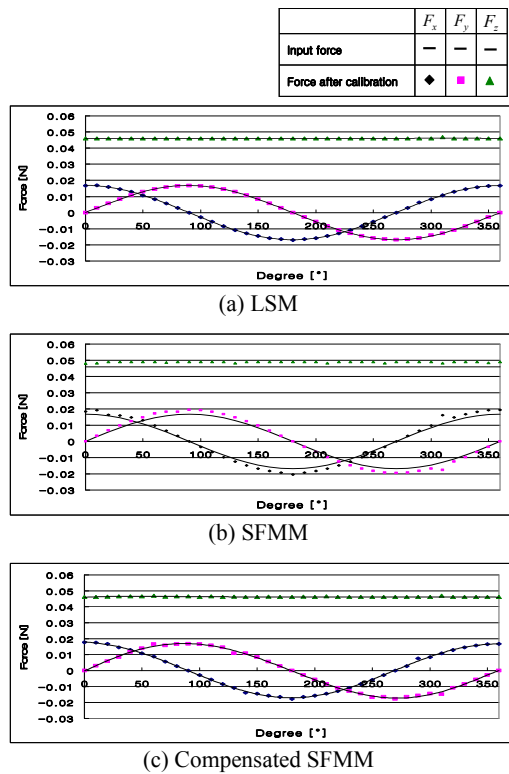


Fig. 3 Calibration results

Fig. 3 은 입력된 힘과 민감도 행렬을 사용하여 산출한 힘의 추정값과의 비교 결과를 나타낸다. 실험은 하중 5 g, $\phi=20^\circ$ 의 조건에서 θ 를 0° 에서 360° 까지 20° 간격으로 각도를 변화시키며 실행되었다. LSM 의 경우 입력된 힘과 보정 후 추정된 힘이 일치함을 보이고 있

다. 그러나 본 연구에서 제안한 바와 같은 자세의 영향에 대한 보완이 이루어지지 않은 채 SFMM 이 적용된 경우에는, 보정 후 추정된 힘이 입력된 힘과 일치하지 않는 결과를 보이고 있다. 그에 비해 SFMM 의 단점을 보완한 Compensated SFMM 의 경우 입력된 힘과 보정 후 추정된 힘이 잘 일치함을 보이고 있어, 예상대로 그와 같은 영향에 의한 문제점이 제거되고 있음을 알 수 있다.

4. 결론 및 고찰

센서의 자세가 보정결과에 미치는 영향을 가능한 억제할 수 있도록 SFMM 의 적용 기법을 보완하여, 다자유도 힘센서의 보정에 효과적으로 적용할 수 있는 3 축 방향으로 힘 발생이 가능한 간단한 구조의 보정 장치를 개발하였다. Compensated SFMM 를 적용하여 힘을 추정하였을 경우, 12 g, 56 g 의 하중이 가했을 때, 각각 0.5 %, 1.4 %의 오차를 보였으며, 이로부터 제안된 보정법이 LSM 을 이용하는 방법과 유사한 보정 정확도를 가지는 것을 확인하였다. 기존 다른 보정 방법에 비해 센서를 1 회전만으로 보정이 가능한 Compensated SFMM 의 경우 LSM 보정 방법에 비해 보정 소요시간이 약 1/3 정도로 높은 신속성을 가짐을 알 수 있었다.

후기

본 연구는 한국과학재단의 후원으로 진행되었다.

참고문헌

- Shimano, B. and Roth, B., "On force sensing information and its Use in Controlling Manipulators," Proceedings of the IFAC International Symposium on information-Control Problems in Manufacturing Technology, pp.119 - 26, 1977.
- Richard M. V. and Pradeep, K. K., "Collaborative Calibration: Extending Shape from Motion Calibration," Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp.2795 - 2800, 1997.