

사람의 평형감각 측정시스템 개발 Development of an Equilibrium Sensation Measuring System for human being

*#김갑순¹, 김현민²

*#G. S. Kim¹(gskim@gsnu.ac.kr), H. M. Kim²
¹ 경상대학교 제어계측공학과, ² 경상대학교 대학원

Key words : 3-axis force/moment sensor, Measuring device, Equilibrium sensation, Measurement

1. 서론

최근 빈혈 환자, 침해 환자 등 평형감각기관의 이상으로 공통을 받는 환자가 크게 증가하고 있는 추세이다. 이와 같은 환자는 의사의 경험에 의한 진찰 혹은 수십억원의 대형 의료장비를 이용하여 측정할 수 있다. 의사의 검진에 의한 판별은 정성적으로 평형감각기관의 이상유무를 알 수 있으나 정량적(수치적)으로 얼마만큼 문제가 있는지를 알 수 없다. 고가인 의료장비는 국내에서 생산되지 않아 해외에서 전량 수입되고 있는 실정이며, 이 장비는 우리나라에 몇대 밖에 없어 정확한 진료가 이루어지기 어렵다. 그러므로 사람의 평형감각을 간단하게 측정하는 측정시스템의 개발이 필요하다.

본 논문에서는 사람의 평형감각을 측정하는 측정시스템을 개발하였다. 힘 F_z , 모멘트 M_x 와 M_y 를 동시에 측정할 수 있는 3 축 힘/모멘트 센서를 설계 및 제작하였고, 평형감각 측정시스템의 몸체를 설계 및 제작하였으며, 평형감각 측정시스템을 이용한 사람의 평형감각 특성실험을 실시하였다.

2. 3 축 힘/모멘트 설계 및 제작

2.1 3 축 힘/모멘트 센서의 설계

본 논문에서는 사람의 평형감각의 상태를 평가하기 위한 측정시스템을 설계 및 제작하므로 사람의 무게를 측정하는 F_z 힘센서, 사람의 앞과 뒤쪽으로 흔들림을 측정하는 M_x 모멘트 센서, 사람의 좌우쪽으로 흔들림을 측정하는 M_y 모멘트 센서를 동시에 측정할 수 있는 3 축 힘/모멘트 센서의 구조를 모델링하였으며, Fig. 1 에 센서의 감지부의 구조 나타내고 있다. 힘 F_z 를 감지하는 F_z 힘센서의 감지부는 평행평판보 PPB1 과 PPB2 의 두께 t_1 인 부분이고, M_x 모멘트 센서를 위한 그것은 PPB3 와 PPB4 의 두께 t_2 인 부분이며, M_y 모멘트 센서의 그것은 PPB1 과 PPB2 의 두께 t_2 인 부분이다.

3 축 힘/모멘트 센서의 설계변수는 몸체의 크기, 각 센서의 정격축력, 정격하중, 평행평판보의 폭 b , 두께 t_1, t_2 , 길이 l_1, l_2 이다. 3 축 힘/모멘트 센서를 설계하기 위한 설계변수의 정격출력은 약 $0.5 mV/V$, 센서의 크기(직경과 높이)가 $\phi 120mm \times 49mm$, 스트레인게이지의 부착위치가 길이방향으로는 1mm, 폭방향으로는 보의 폭방향으로 1/2, 스트레인게이지의 부착위치에서의 변형률은 약 $250 \mu m/m$, 정격하중은 힘 $F_z=1200N$, 모멘트는 $M_x=M_y=80Nm$ 로 결정하였다. 스트레인게이지 부착위치는 게이지의 크기 $3 \times 7.2mm$ 를 고려하여 결정하였다.

본 논문에서는 결정한 설계변수들을 ANSYS 소프트웨어에 적용하여 3 축 힘/모멘트 센서의 감지부를 설계하였다. 유한요소해석을 위해 소프트웨어에 입력한 재료상수는 제작할 센서의 재질이 알루미늄이므로 종탄성계수가 70GPa, 프와송의비가 0.3 이며, 8 절점 6 면체블록을 선택하였다. 격자(mesh) 크기는 해석하고자 하는 평행평판보를 길이방향으로는 0.5mm, 두께방향으로는 4 등분, 폭방향으로는 6 등분하였다.

여러 번의 소프트웨어를 수행시켜 3 축 힘/모멘트 센서의 각각의 정격하중인 힘들과 모멘트들을 가하여 센서들의

감지부 크기, 즉 평행평판보의 폭 b , 두께 t_1, t_2 길이 l_1, l_2 를 결정하였다. 3 축 힘/모멘트 센서를 설계한 결과, 평행평판보의 길이 l_1, l_2 를 각각 6mm, 4mm, 폭 b 을 24mm, 두께 t_1, t_2 를 각각 2mm, 5mm 로 결정되었다.

3 축 힘/모멘트 센서의 각 센서의 스트레인게이지 부착 위치는 Fig. 1 에 나타내고 있고, F_z 센서의 부착위치는 S1~S4, M_x 센서는 S5~S8, M_y 센서는 S9~S12 이다.

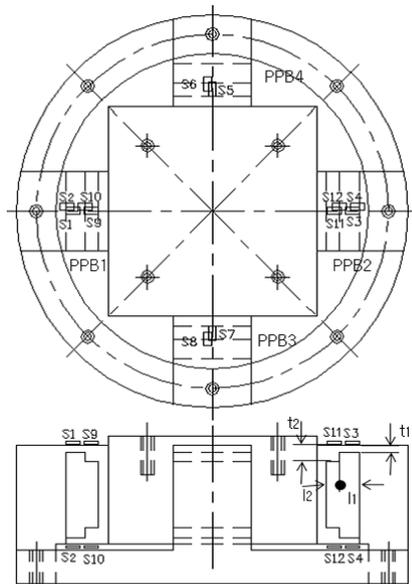


Fig. 1 Structure of six-axis force/moment sensor, and the attachment locations of strain-gages for each sensor

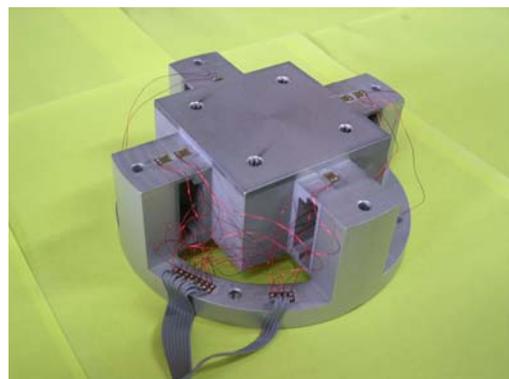


Fig. 2 Photograph of developed 6-axis force/moment sensors for right foot

2.2 3 축 힘/모멘트 센서의 제작 및 특성실험

3 축 힘/모멘트 센서는 각각의 게이지부착위치에 스트레인게이지 (N2A-13-S1452-350, Micro-Measurement Company사 제작, 게이지 상수 2.03, 크기 $3 \times 7.2mm$)를 부착하고 휘스톤 브리지¹ 구성하여 제작하였으며, Fig. 2 는 제작된 6 축 힘/모멘트센서의 사진을 보이고 있다.

3 축 힘/모멘트 센서의 특성실험은 6 축 힘/모멘트센서 교정장치²를 이용하여 정격하중 $F_z=1200N$ 과 모멘트

$M_x=M_y=80Nm$ 를 가하고 각 센서의 정격출력을 측정하였으며, 총 세 번의 실험을 실시하여 평균값으로 각 센서의 정격출력을 결정하였다. F_z 힘센서의 정격출력은 $0.5137 mV/V$, M_x 모멘트 센서는 $0.5371 mV/V$, M_y 모멘트 센서는 $0.5294 mV/V$ 이었다. 그리고 3 축 힘/모멘트 센서의 최대상호간섭오차는 2.89% 이내이었다.

3. 측정장치 설계 및 제작

제작된 평형감각 측정장치의 제어장치는 DSP(digital signal processor), 외부 메모리(memory), 증폭기부(amplifier), 통신부, 전원부, 스위치부 등으로 구성되었다. DSP 는 30MHz 크리스털을 사용하여 발생된 클럭(clock)을 DSP 내부에서 5 배 증폭시켜 150 MHz 로 동작되고, 내부 플래쉬롬에 프로그래밍된 동작 프로그램을 램에 임시로 저장한 상태에서 각각의 명령을 처리하며, A/D 컨버터, 병렬 인터페이스, 직렬 통신 인터페이스 등을 동작 시킨다.

A/D 컨버터는 2 개의 3 축 힘/모멘트 센서로부터 출력되는 아날로그 신호를 디지털 신호로 바꾸기 위하여 사용되고, 병렬 인터페이스는 LCD 에 신호를 주기 위하여 사용되며, 직렬통신 인터페이스는 컴퓨터 혹은 다른 제어장치와 통신하기 위해 사용된다. 그리고 전원은 DSP 와 다른 주변 장치들에 전압 9 V, 5 V, 3.3 V, 1.8 V 를 각각 공급하며, 스위치는 원하는 3 축 힘/모멘트 센서들의 각 센서(F_z 센서, M_x 센서, M_y 센서)의 측정값을 LCD 에 나타내거나 지능형 발의 움직임 등의 명령을 내리기 위해 사용된다.

4. 평형감각 측정시스템

Fig. 3 은 개발한 평형감각 측정시스템을 나타내고 있으며, (a)는 측정을 위해 사람이 서서 밟는 발판이 없는 상태, (b)는 발판을 조립한 상태이며, 이것은 몸체, 2 개의 3 축 힘/모멘트 센서, 측정장치, 배터리 등으로 구성되어 있다. 몸체는 모든 부품을 고정하고, 크기가 $400m \times 400mm \times 77mm$ 이며, 센서의 부착위치는 사람 발의 폭방향으로는 중앙이고 길이방향으로는 뒤꿈치로부터 112mm 떨어진 위치이다.

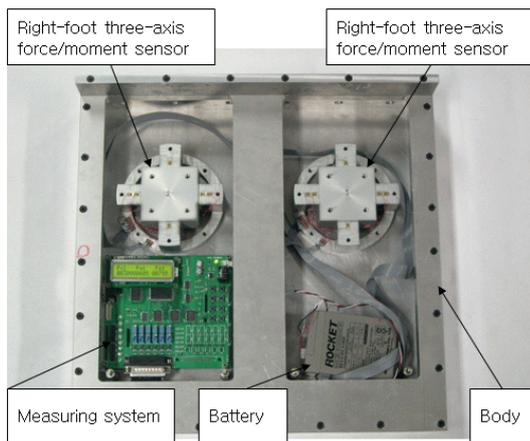


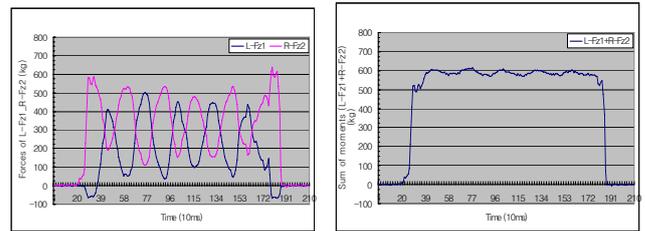
Fig. 3 Manufactured equilibrium sensation measuring system

5. 실험 및 고찰

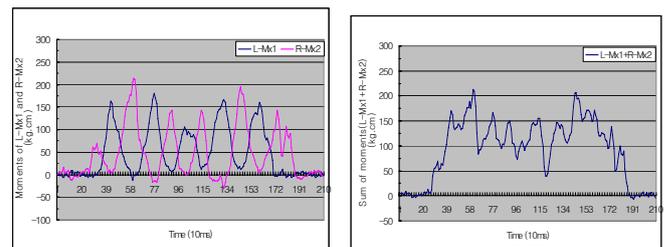
사람의 평형감각의 정도를 측정하는 장치는 Fig. 3 에서 나타낸 평형감각 측정장치에 컴퓨터를 연결하여 구성하였으며, 특성실험은 평형감각 측정장치 위에 사람이 올라서서 좌우 앞으로 움직이고 발바닥에 가해지는 힘과 모멘트를 측정하여 컴퓨터에 나타냄과 동시에 저장하는 방식으로 진행하였다. Fig. 4 는 측정값을 그래프로 나타낸 것이다. (a) 의 좌측 그래프는 왼발과 오른발에 가해지는 체중을 측정 한 것이고 사람 무게의 중심이 있는 쪽으로 큰 출력이 나타났으며, 오른 쪽 그래프는 양쪽 발바닥에 가해지는 체중

을 합한 것이고 실험에 참가한 사람의 몸무게가 거의 60kg 임을 알 수 있다. 실험결과는 실제 실험할 때 무게 중심을 좌우 및 앞으로 크게 움직였으므로 그것과 비슷하게 무게 중심에 있는 발의 F_z 힘센서로부터 출력된 측정값이 몸무게의 80% 정도로 나타났다.

(b)는 발바닥에 가해지는 모멘트 M_x 의 측정값을 나타 낸 것이고, 왼쪽의 그래프는 왼발과 오른발 발바닥에 가해지는 모멘트 M_x 를 나타낸 것이며 오른 쪽 그래프는 양쪽 발에 가해지는 모멘트를 합한 것이다. 실험에서 사람의 무게중심이 좌우측 교대로 이동되었고 발의 앞꿈치의 가운데 발가락과 뒤꿈치의 중심을 축으로 무게중심이 바깥쪽에 있으므로 양쪽 발의 센서의 출력값이 +방향으로 크게 출력되었고 왼발과 오른발의 출력이 교대로 크게 나타났다. + M_x 방향은 발의 뒤꿈치와 앞꿈치의 축을 기준으로 왼발과 오른발 모두 바깥쪽 방향이고 - M_x 는 반대 방향이다.



(a) F_z measuring value



(b) M_x measuring value

Fig. 4 Characteristic test of the equilibrium sensation measuring system

6. 결론

본 논문에서는 사람의 평형감각기관의 이상유무를 정량적으로 진찰할 수 있는 평형감각 측정시스템을 개발하였다. 개발한 3 축 힘/모멘트 센서의 최대상호간섭오차가 2.89% 이하로 우수하게 평가되었음을 확인할 수 있었다. 개발한 제어장치도 빠른 속도로 6 개의 센서로부터 출력을 측정할 수 있음을 확인할 수 있었다. 개발한 평형감각 측정시스템은 사람의 평형감각을 측정하고 진찰하는데 활용될 수 있으리라 판단된다.

후기

이 논문은 2007 년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. R01-2006-000-10468-0).

참고문헌

1. Kim, G. S. and Yoon, J. W., "Development of 6-axis force/moment sensor for robot's intelligent foot," KSPE, Vol. 24, No. 7, pp. 90-97, 2007.
2. Kim, G. S. and Yoon, J. W., "Development of Calibration System for Multi-Axis Force/Moment Sensor and its Uncertainty Evaluation," KSPE, Vol. 24, No. 10, pp. 91-98, 2007.