

단축과 3축 힘센서를 이용한 손가락 힘측정장치의 특성평가 Characteristic Evaluation of finger force measuring system with one-axis and three-axis force sensor

*김현민¹, 박명국¹, 김희인¹, 김용국², #김갑순²

*H. M. Kim¹, M. G. Piao¹, H. I. Kim¹, Y. G. Kim², #G. S. Kim(gskim@gnu.ac.kr)²
¹경상대학교 대학원, ²경상대학교 제어계측공학과

Key words : One-axis force sensor, Three-axis force sensor, Finger rehabilitation, Rehabilitating instrument

1. 서론

뇌졸중환자와 같이 손가락이 마비되어 정상적으로 움직이지 못하는 사람이 매우 많고 점점 증가하는 추세이다. 이들의 손가락들은 재활훈련을 통해 일부는 회복되고 재활정도를 파악하기 위한 하나의 방법으로 두 손가락으로 접촉하여 누르기를 실시한다. 현재 병원에서는 사각관을 이용하고 있어 잡을 수 있는지 만을 확인한다. 재활정도의 파악을 위해 두 손가락으로 잡는 힘을 측정하기 위한 측정장치는 한 방향으로만 힘을 측정하는 단축 힘센서를 이용하여 만들거나 3방향의 힘 Fx, Fy, Fz를 측정하는 3축 힘센서를 이용하여 만들 수 있다. 단축 힘센서는 가격이 저렴한데 비해 누르는 힘의 방향이 수직이 아닐 경우 힘의 합력을 측정할 수 없는 단점이 있다. 3축 힘센서는 정확하게 측정이 가능하나 가격이 고가인 단점이 있다. 그러므로 이 두 종류의 힘센서를 이용하여 제작한 손가락 힘측정기를 이용하여 두 손가락 누르는 힘을 측정하여 비교분석할 필요가 있다.

본 논문에서는 손가락 재활환자의 두 손가락 누르는 힘 측정을 위한 단축과 3축 힘센서를 이용한 두 손가락 잡기 힘측정장치를 각각 개발하였다. 단축 힘센서와 3축 힘센서를 새롭게 모델링하였고, 유한요소법을 이용하여 힘센서들을 설계 및 제작하였으며, DSP를 이용하여 고속 힘측정장치들을 설계 및 제작하였다. 또한 정상인의 두 손가락 잡기 힘측정실험을 각각 실시하고 비교하였다.

2. 단축 힘센서를 이용한 손가락 힘측정장치 개발

Fig. 1은 개발한 단축 힘센서를 가진 두 손가락 힘측정장치를 나타내고 있고, 이것은 두 손가락 힘측정기, 측정장치로 구성된다. 두 손가락 힘측정장치의 핵심부품인 단축 힘센서를 설계 및 제작하였고, 단축 힘센서를 설계하기 위해 ANSYS 소프트웨어를 이용하였다. 단축 힘센서의 감지부는 하나의 평행판보(plate beam)로 되어 있고, 평판보(plate beam)의 두께 t, 길이 l, 폭 b는 센서의 설계변수로 사용된다. 이 변수들의 크기를 결정하기 위해서는 유한 요소 해석이 실시하였다.



Fig. 1 Manufactured force measuring system of two-finger grasping with one-axis force sensor

단축 힘센서를 설계하기 위한 설계변수의 정격출력은 약 1.0mV/V, 정격하중은 힘센서가 200N, 센서의 직경의 크기가 46x36x12mm, 스트레인이케이지의 부착위치가 길이 방향으로는 1.5mm, 폭 방향으로는 1/2, 스트레인이케이지의 부착위치에서의 변형률은 약 250um/m로 결정하고, 센서의 각 감지부의 크기를 결정하기 위해 유한요소 해석하였다. 유한요소해석 결과를 토대로 결정된 스트레인이케이지 부착위치를 결정하고, 힘센서는 감지부의 (N2A-13-S1452-350, Micro-Measurement Company 사 제작, 게이지 상수 2.03, 크기 3x5.2mm)를 순간접착제 (M-200)를 이용하여 부착하고 휘스톤브리지¹를 구성하여 제작하였으며, 제작한 3축 힘센서의 특성실험은 다축 힘/모멘트센서 교정기²를 이용하였다. 힘센서는 정격하중인 200N를 가하고 정격출력을 측정하였다.

두 손가락 힘측정장치는 단축센서, 고속측정기, 컴퓨터로 구성되었다. 이것은 단축 힘센서의 힘전달블록에 누름판이 고정되어 있고, 고정블록에도 하나의 누름판이 고정되어 있으며, 케이스는 고정블록의 측면에 고정되었다. 두 손가락으로 두 누름판을 누르면 힘이 단축 힘센서에 전달되고, 그 값들은 고속측정기에 의해 측정되어 LCD에 표시됨과 동시에 컴퓨터로 보내진다.

3. 3축 힘센서를 이용한 손가락힘 측정장치 개발

Fig. 2는 개발한 3축 힘센서를 내장한 두 손가락 힘측정장치이다. 이것은 두 손가락 힘측정기, 측정장치로 구성된다. 두 손가락 힘측정장치의 핵심부품인 3축 힘센서를 설계 및 제작하였고, 단축 힘센서를 설계하기 위해 ANSYS 소프트웨어를 이용하였다. 3축센서의 감지부는 3개의 평행판보 (PPB1~3)이 수직과 수평으로 놓여 "U"자 형태로 연결되었으며, 각 평판보(plate beam)의 두께 t1, t2, t3, 길이 l1, l2, l3, 폭 b1, b2, b3는 센서의 설계변수로 사용된다.



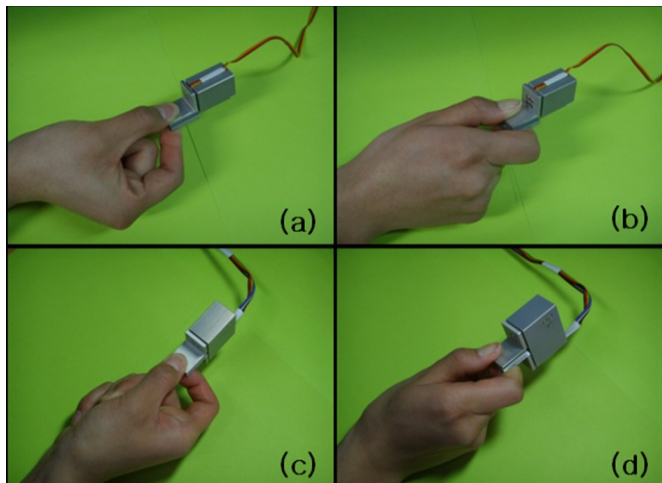
Fig. 2 Manufactured force measuring system of two-finger grasping by three-axis force sensor.

설계하기 위한 설계변수의 정격출력은 약 0.5mV/V, 정격하중은 힘 Fx, Fy, Fz 센서가 모두 200N, 센서의 직경의

크기가 27×32×10mm, 스트레인이케이지의 부착위치가 길이 방향으로 1.5mm, 폭 방향으로 1/2, 스트레인이케이지의 부착위치에서의 변형률은 약 500um/m 로 결정하였다. 3 축 힘센서의 각 감지부의 크기를 결정하기 위해 ANSYS 소프트웨어를 이용하였고, 유한요소해석 결과를 토대로 3 축 힘센서의 각 센서의 스트레인이케이지 부착위치를 결정하였으며 모든 센서의 정격변형률은 설계변수로 결정한 정격변형률 2000 um/m 이상이었고, 최대오차는 12.0%이었다. 3 축 힘센서는 단축 힘센서 제작에 사용한 것과 동일한 스트레인이케이지와 접착제를 사용하였고, 휘스톤브리지¹를 구성하여 제작하였다. 제작한 3 축 힘센서의 특성실험은 다축 힘/모멘트센서 교정기²를 이용하였다. 정격하중인 200N 을 가하고 정격출력을 측정하였고, 특성실험결과의 오차는 최대 5.6%이었다. 측정장치의 알고리즘은 단축 손가락힘 측정장치와 동일하다. 두 손가락 힘측정장치는 3 축 힘센서의 두 힘전달블록에 각각의 누름판이 고정되었고, 케이스는 센서의 고정블록에 고정되어 있다. 두 손가락으로 누름판을 누르면 힘이 3 축 힘센서에 전달되고, 그 값들은 고속측정기에 의해 측정되어 LCD 에 표시됨과 동시에 컴퓨터로 보내진다.

4. 두 손가락 힘측정장치 특성실험

두 손가락 잡기는 손가락 재활치료를 받고 있는 사람의 재활정도를 판단하기 위해 실시하고, 재활정도는 두 손가락 잡기의 힘으로 판단한다. 단축과 3 축의 힘센서를 이용한 손가락 힘 측정 장치의 특성실험은 20 대의 정상인 남자를 대상으로 실시하고, 잡는 방법은 Fig. 3 의 (a), (c)에 나타난 것과 같이 엄지와 검지 잡기, (b), (d)와 같이 엄지와 검지를 비틀어 잡는 실험을 실시하였다.



(a) vertical press (1-axis), (b) twist press (1-axis), (c) vertical press (3-axis), (d) twist press (3-axis)

Fig. 3 Characteristic test method of two-finger grasping

Table 1 Results of thumb & first finger force of the hand and left fingers on desk

Man	1-axis(N)	3-axis(N)			
	Ft	Fx	Fy	Fz	Ft
A	61	1	-61	3	61
B	51	-2	-51	2	51
C	52	-1	-52	1	52
Avg	55	-1	-55	2	55

Table 2 Results of upset thumb & first finger force of the hand and left fingers on desk

Man	1-axis(N)	3-axis(N)			
	F	Fx	Fy	Fz	Ft
A	56	-21	-56	7	60
B	59	-23	-60	2	64
C	63	-29	-68	-3	74
Avg	59	-24	-61	2	66

Table 1 은 개발한 손가락 힘측정장치를 이용하여 Fig. 3 의 (a), (c)와 같은 방법으로 오른손을 책상 위에 놓고 손바닥을 위로 향한 상태에서 3 명의 남자 정상인 A, B, C 가 약 10 초 간격을 두고 각각 4 회 실험한 결과의 평균값을 나타내고 있다. 1-axis 의 F 는 단축 힘센서의 출력값이고 3-axis 의 Fx, Fy, Fz 는 3 축 힘센서의 출력값을 나타내며, Ft 는 3 방향 힘의 합력이다. 단위는 N 이다. 실험결과는 두 힘측정기의 측정힘(누르는 힘)이 비슷하게 출력되었다.

Table 2 는 Fig. 3 의 (b), (d)와 같은 방법으로 두 손가락 잡기의 특성실험결과를 나타내고 있다. 실험에서 단축 힘센서를 이용한 힘측정장치로 측정하였을 때, 힘은 평균 59N 이었고, 3 축 힘센서를 이용한 힘측정장치로 측정하였을 때, 오른손의 합력은 평균 66N 으로 3 축 힘센서가 내장된 두 힘측정장치에 11.9%(7N)가 더 크게 나타났다. 이와 같은 현상은 예측한 것과 같이 두 손가락의 수직 힘인 Fy 는 비슷하게 출력되었으나 Fx 와 Fz 가 크게 출력되기 때문이다. 즉, 단축 힘센서가 내장된 힘측정장치에서는 누르는 수직 방향의 힘만 측정할 수 있고 그밖의 Fx 와 Fz 를 측정할 수 없기 때문이다.

4. 결론

본 논문에서는 정상인과 뇌졸중 환자 등의 두 손가락힘을 측정하기 위한 단축 힘센서를 이용한 손가락힘 측정장치와 3 축 힘센서를 이용한 측정장치를 개발하였다.

개발한 두 손가락 힘 측정장치로 정상인이 실험한 결과는 수직 누르기실험에서는 단축과 3 축 힘센서가 내장된 힘측정기 모두 비슷한 결과를 나타내고 있으나 비틀림 누르기에서는 3 축 힘센서가 내장된 힘측정장치에서 11%이상 크게 발생됨을 확인하였다. 따라서 손가락 환자의 정확한 두 손가락 힘을 측정하기 위해서는 3 축 힘측정장치가 내장된 힘측정장치를 사용해야 함을 알 수 있었다. 본 연구에서 개발한 두개의 두 손가락 힘측정장치는 두 손가락힘 측정에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

후기

이 논문은 2009 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구임(No. 2009-0087281)

참고문헌

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