인간형 로봇의 지능형 발을 위한 힘센서 개발

Development of Force Sensor for Humanoid Robot's Intelligent Foot

*#김갑순[1], 김현민[2], 윤정원[3]

* #G.. S. Kim(gskim@gsnu.ac.kr)[1], H. M. Kim[2] , J. W. Yoon[3]

[1] 경상대학교 제어계측공학과, [2]경상대학교 대학원 제어계측공학과, [3]경상대학교 기계항공학부

Key words : 3-axis force/moment sensor, Intelligent robot's foot, Humanoid robot

1. 서론

인간형 로봇이 사람과 같이 안전하게 걷기 위해서는 사람의 발과 비슷한 구조와 기능을 가져야 한다. 현재 로봇 선진국에서 두발로 걷는 여러 종류의 인간형 로봇을 개발하였다. 논문[1]의 인간형 로봇은 지면의 상태를 시각적으로 판단하여 평지 및 낮은 경사의 평지, 계단 등에서 자유롭게 걷거나 뛸 수 있는 가장 지능화되었다. 현재까지 개발된 인간형 로봇은 사람과 같이 불규칙한 지면 등에서 안전하게 걸을 수 없다. 인간형 로봇이 불규칙한 표면을 포함한 다양한 지면에서 안전하게 걷거나 뛰기 위해서는 로봇의발이 사람과 같이 발의 뒤꿈치와 발가락으로 구성되어야 하고, 뒤꿈치와 발가락의 바닥에 작용되는 힘과 모멘트를 측정할 수 있는 다축 힘/모멘트센서(x, y, z방향의 힘 Fx센서, Fy센서, Fz센서와 모멘트 Mx센서, My센서, Mz센서, 총 6 개의 센서 중 2 개 이상이 조합된 센서)가 부착되어야 하며, 센서의 출력값을 고속으로 처리하고 발을 제어할 수 있는 측정 및 제어장치가 필요하다.

현재 개발된 다축 힘/모멘트센서 논문[2]은 지능형 발에 장착하기 위해 개발한 6 축 힘/모멘트센서이고 이것은 로봇 발의 앞꿈치와 뒤꿈치에 부착되므로 인간형 로봇의 두발에는 총 4 개의 6 축 힘/모멘트센서가 필요하고, 이것의 총 센서 수가 24 개이므로 실제 활용에 있어서 측정 및 제어시간이 많이 소요되는 단점이 있다. 그리고 그밖에 개발된 6 축 힘/모멘트센서[3]는 인간형 로봇발을 위해 설계되지 않았으므로 크기와 각 방향의 힘과 모멘트센서 용량이 적합하지 않아 지능형 발에 활용하기는 매우 어렵다.

본 논문에서는 사람의 발과 비슷한 기능을 가진 인간형 로봇의 발을 구성하기 위한 뒤꿈치 3 축 힘/모멘트센서와 발가락 단축 힘센서를 개발하고자 한다. 이를 위해 뒤꿈치 3 축 힘/모멘트센서와 발가락 단축 힘센서의 구조를 모델링하고, 이 센서들을 설계 및 제작하며, 특성평가를 실시한다.

2. 발가락이 부착된 지능형 발의 원리

본 논문에서는 사람의 발과 비슷한 기능을 가지는 인간형 로봇의 지능형 발을 구성하기 위해 뒤꿈치에 부착되는 3 축 힘/모멘트센서와 발가락에 부착되는 2 개의 단축 힘센서를 개발한다. 이를 위해 2 개의 발가락과 1 개의 뒤꿈치로 구분되는 인간형 로봇의 지능형 발을 Fig. 1 과 같이 가상으로 구성한다. 지능형 발은 단축 힘센서가 부착된 2 개의 발가락, 3 축 힘/모멘트센서가 부착된 뒤꿈치, 4 개의 직선운동기구, 다리 등으로 구성된다. Fig. 1 의 (a)는 지능형 발이 장애물을 발가락으로 밟았을 때 발가락의 단축 힘센서가 장애물을 감지하여 제어함으로써 다리의 균형을 유지한 채 안전하게 제어된 모습, (b)는 뒤꿈치의 뒷부분으로 장애물을 밟았을 때 3 축 힘/모멘트센서의 모멘트 Mx 센서가 장애물을 감지하여 제어한 모습, (c)는 뒤꿈치의 좌측부분으로 장애물을 밟았을 때 3 축 힘/모멘트센서의 모멘트 My 센서가 장애물을 감지하여 제어한 모습을 각각 나타내고 있다. 이와 같이 장애물이 발바닥에 먼저 접촉되는 부분을 단축 힘센서 혹은 3 축 힘/모멘트센서가 감지하여 다리의 균형을 유지한 상태로 뒤꿈치와 발가락만 빠르게 제어하여 안전하게 걷는 원리이다.

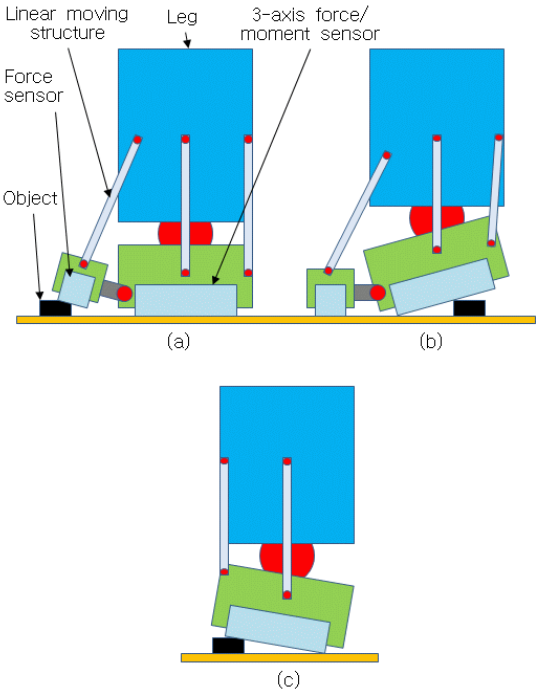

Fig. 1 Control principle of humanoid robot's intelligent foot with toes

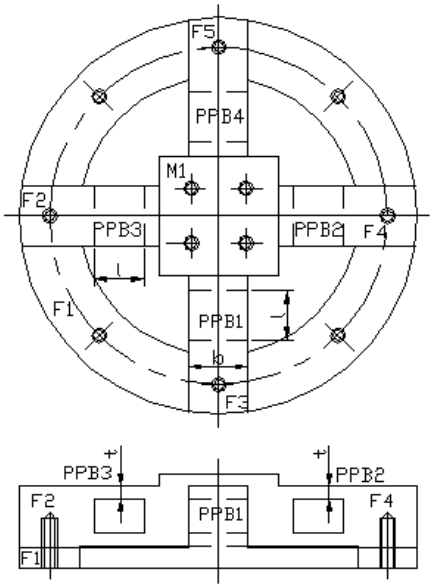

Fig. 2 Structure of 3-axis force/moment sensor

3. 뒤꿈치 3 축 힘/모멘트센서 개발

Fig. 2 는 뒤꿈치 3 축 힘/모멘트센서의 구조를 나타내고 있고, 힘 Fz, 모멘트 Mx, My 를 동시에 측정할 수 있으며, 3 개의 센서를 제작할 수 있는 감지부가 한 몸체로 구성되어 있다. 센서는 고정링(F1)위에 4 개의 고정블록(F2~F5)이 수직으로 부착되어 있고, 4 개의 고정블록 위에 평행평판보(PPB1~4)의 한쪽 끝이 고정되어 있으며, 평행평판보들의

다른 쪽 끝은 이동블록(M1)에 십자형으로 고정되어 구성되었다. 평행평판보는 힘 Fz 와 모멘트 Mx, My 를 감지하는 센서의 감지부이고, 힘 Fz 센서의 감지부는 PPB2 와 3, 모멘트 Mx 센서의 감지부는 PPB1 과 4, 모멘트 My 센서의 감지부는 PPB2 와 3 이며, 평행평판보의 두께(t), 길이(l), 폭(b)는 센서의 설계변수로 사용된다. 3 축 힘/모멘트센서는 고정링을 고정하고 이동블록에 힘과 모멘트를 가하면 3 개의 센서가 그것들의 양을 감지한다. 뒤꿈치 3 축 힘/모멘트센서의 감지부의 크기는 유한요소 소프트웨어(ANSYS)를 활용하여 결정하였다.

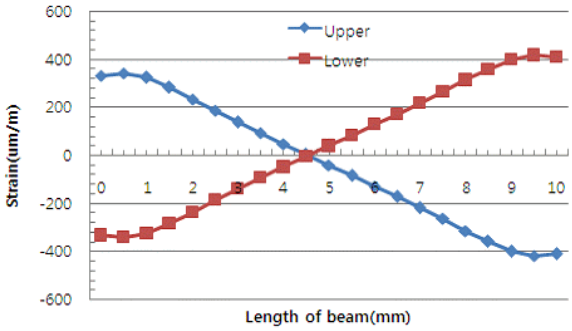

Fig. 3 Stain distribution under force Fz=700N

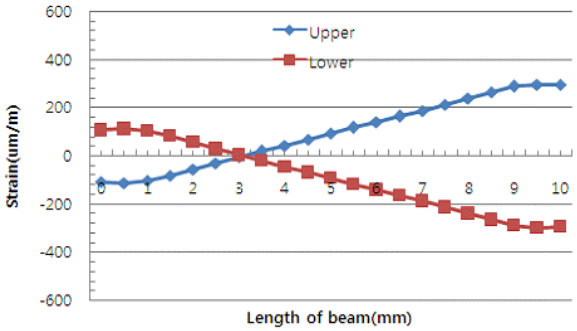

Fig. 4 Stain distribution under moment Mx=8Nm(or My=8Nm)

Fig. 3 은 힘 Fz=700N 이 가해질 때의 3 축 힘/모멘트센서의 유한요소 해석 결과인 변형률분포를 나타내고 있다. Fz 센서의 스트레인 게이지 부착위치는 스트레인게이지의 크기(3mm×7.2mm)를 고려하여 보의 길이 방향으로는 고정블록으로부터 1.5mm 지점이고 폭방향으로는 중심선상이며, 이 지점의 변형률은 284um/m 이다. 이 변형률을 휘스톤브리지를 구성하였을 경우 계산된 총변형률은 1136um/m 이고, 이것은 최대변형률로 선정한 1000um/m 에 비교해보면, 13.6%의 오차를 보인다. Fig. 4 는 모멘트 Mx=8Nm 가 가해질 때의 3 축 힘/모멘트센서의 유한요소 해석 결과인 변형률분포를 나타내고 있다. Mx 센서의 스트레인 게이지 부착위치는 스트레인게이지의 크기를 고려하여 보의 길이 방향으로는 고정블록으로부터 1.5mm 지점이고 폭방향으로는 중심선상이며, 이 지점의 변형률은 266um/m 이다. 이 변형률을 휘스톤브리지를 구성하였을 경우 계산된 총변형률은 1064um/m 이고, 이것은 최대변형률로 선정한 1000um/m 에 비교해보면, 6.46%의 오차를 보인다.

Fig. 5 는 제작된 3 축 힘/모멘트센서의 사진을 보이고 있고, 이 센서는 각 센서의 게이지부착위치에 스트레인게이지 (N2A-13-S1452-350, Micro-Measurement Company사 제작, 게이지 상수 2.03, 크기 3×7.2mm)를 순간접촉제(M-200)을 이용하여 부착하고 휘스톤브리지[2,3]를 구성하여 제작하였다.

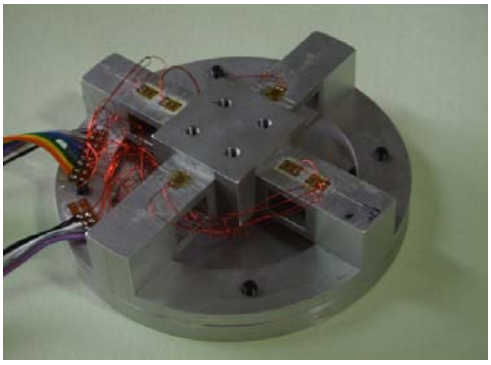

Fig. 5 Photograph of manufactured heel 3-axis force/moment sensor

4. 발가락 힘센서 개발

Fig. 6 은 개발한 발가락 단축 힘센서의 사진을 나타낸 것이고, 뒤꿈치 3 축 힘/모멘트센서와 같이 유한요소해석을 수행하였으며, 스트레인게이지 부착하고 휘스톤브리지[2,3] 구성하여 제작하였다.

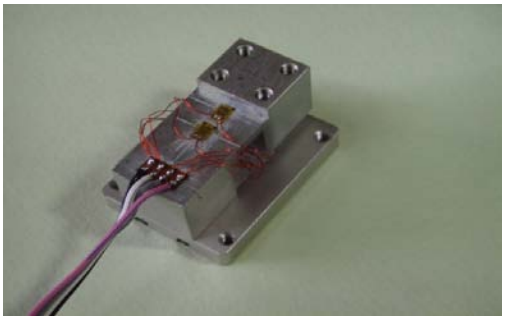

Fig. 6 Photograph of manufactured force sensor

5. 결론

본 연구에서는 인간형 로봇의 지능형 발을 위한 뒤꿈치 3 축 힘/모멘트센서와 2 개의 발가락 단축 힘센서를 개발하였다. 개발한 뒤꿈치 3 축 힘/모멘트센서와 발가락 단축 힘센서의 특성실험결과 뒤꿈치 3 축 힘/모멘트센서의 최대 상호간섭오차가 2.25%이내이므로 상용화된 다축센서[3]와 비교하여 대등하게 평가되었다. 따라서 본 논문에서 개발한 뒤꿈치 3 축 힘/모멘트센서와 발가락 단축 힘센서는 2 개의 발가락과 뒤꿈치로 구성되는 인간형 로봇의 지능형 발을 구성하는데 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

후기

이 논문은 2008 년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. R01-2006-000-10468-0).

참고문헌

1. Kanda, T., Miyashita, T., Osada, T., Haikawa, Y. and Ishiguro, H., "Analysis of Humanoid Appearances in Human–Robot Interaction," IEEE TRANSACTIONS ON ROBOTICS, VOL. 24, NO. 3, pp. 725-735, JUNE 2008.
2. Kim, G.S. and Yoon, J.W., "Development of 6-axis force/moment sensor for robot's intelligent foot," KSPE (Korea Society for Precision Engineering), Vol. 24, No. 7, pp. 90-97, 2007.
3. ATI INDUSTRIAL AUTOMATION, "Multi-Axis Forcre/Torque Sensor," ATI INDUSTRIAL AUTOMATION, pp.4-45, 2005.