

지능형 발이 부착된 인간형 로봇의 하체 개발 Development of a humanoid robot's lower body with intelligent feet

김현민¹, 박명국¹, 윤정원², *김갑순³

H. M. Kim¹, M. G. Piao¹, J. W. Yoon², *G. S. Kim(gskim@gsnu.ac.kr)³

¹경상대학교 제어계측공학과 대학원, ²경상대학교 기계항공공학부, ³경상대학교 제어계측공학과

Key words : Humanoid robot, Intelligent foot, Humanoid robot's lower body, 6-axis force/moment sensor

1. 서론

사람과 비슷하게 걷는 로봇을 개발하기 위해서, 일본의 많은 대학과 연구소에서는 많은 연구비와 인력을 투입하여 인간형 로봇을 개발하고 있고 중국도 베이징 대학을 중심으로 활발하게 연구하고 있으며, 한국에서는 한국과학기술원과 한국기술연구원에서 많은 연구비와 전문가가 연구를 진행하고 있다.

국외에서 개발된 인간형 로봇 중 현재 가장 널리 알려졌을 뿐만 아니라 가장 지능화 된 인간형 로봇으로는 일본 혼다의 인간형 로봇(ASIMO)¹ 이고, 이것은 평평한 지면에서 6km/h 정도로 걸거나 뛸 수 있으나 불규칙한 지면에서는 안전하게 보행할 수 없는 단점이 있다. 그 밖의 인간형 로봇은 일본의 일본 AIST의 인간형 로봇², 중국의 APRIL의 인간형 로봇³, 미국의 Florida International University의 인간형 로봇⁴, 독일의 University of Freiburg의 인간형 로봇⁵, 국내의 인간형 로봇의 연구는 한국과학기술원⁶의 HUBO, 한국과학기술연구원⁷의 마루(남자)와 아라(여자) 등이 있다. 이들은 평지에서는 안전하게 걸을 수 있으나 장애물에 있는 지면, 불규칙한 지면(실외 환경)에서는 안전하게 걸을 수 없는 단점을 가지고 있다.

따라서 본 연구에서는 불규칙한 지면에서 보행할 수 있는 인간형 로봇의 하체를 개발하였다. 이를 위해 인간형 로봇 하체의 기계장치를 설계 및 제작하였고, DSP를 이용하여 제어장치를 설계 및 제작하였다. 그리고 보행특성시험 전에 정적특성시험을 실시하였다.

2. 인간형 로봇의 하체

본 연구에서는 지능형 발이 포함된 인간형 로봇 하체를 개발하였다. 개발한 인간형 로봇의 하체는 영치부, 허벅지부, 다리 및 발부분으로 나누어지고, 이들을 조립하여 인간형 로봇의 기계부분 하체를 구성하였고, 2개의 PCB 보드로 제작된 제어장치, 소형 모터드라이브(EPOS24) 8개와 대형 모터드라이브(EPOS70/10) 6개를 조합하여 인간형 로봇의 하체를 구성하였으며, 크기는 사람의 성인을 대상으로 설계하여 높이(키)가 926mm, 폭(좌우)이 390mm, 두께(앞뒤)가 164mm 이고 발의 길이는 276mm, 발의 폭은 116mm 이다. Fig. 1은 본 연구에서 설계 및 제작한 인간형 로봇의 하체를 나타내고 있고 있다. 인간형 로봇 하체의 특징은 불규칙한 지면 혹은 장애물에 발바닥이 접촉할 경우 발의 앞꿈치 혹은 뒤꿈치가 사람의 발과 같이 회전하여 지면에 접촉함으로써 로봇 다리 등 하체의 균형을 유지하도록 하는 것이다.

Fig. 2의 (a)는 제작된 인간형 로봇 하체의 제어장치의 사진, (b)는 인간형 로봇 하체의 모터 드라이브를 각각 나타내고 있다. 이 제어장치는 2개의 DSP(digital signal processor), 외부 메모리(memory), 증폭기부(amplifier), 통신부, 전원부, 스위치부, 모터드라이브 등으로 구성되었으며, 인간형 로봇 하체의 왼쪽부분과 오른쪽부분의 각각 제어를 위해 2개를 사용한다. 제어장치의 DSP는 30MHz 크리스털을 사용하여 발생된 클럭(clock)을

DSP 내부에서 5배 증폭시켜 150 MHz로 동작되고, 내부 플래시롬에 프로그래밍된 동작 프로그램을 램에 임시로 저장한 상태에서 각각의 명령을 처리하며, A/D 컨버터, 병렬 인터페이스, 직렬 통신 인터페이스 등을 동작 시킨다. DSP를 2개 사용한 것은 오른쪽과 왼쪽 지능형 발 2개에 내장되어 있는 4개의 6축 힘/모멘트센서의 값을 받아 처리하고, 또한 직선운동기구에 설치되어 있는 총 8개의 모터를 구동하며, 인간형 로봇의 무릎, 골반 부분의 모터를 구동하기 위해서이다.

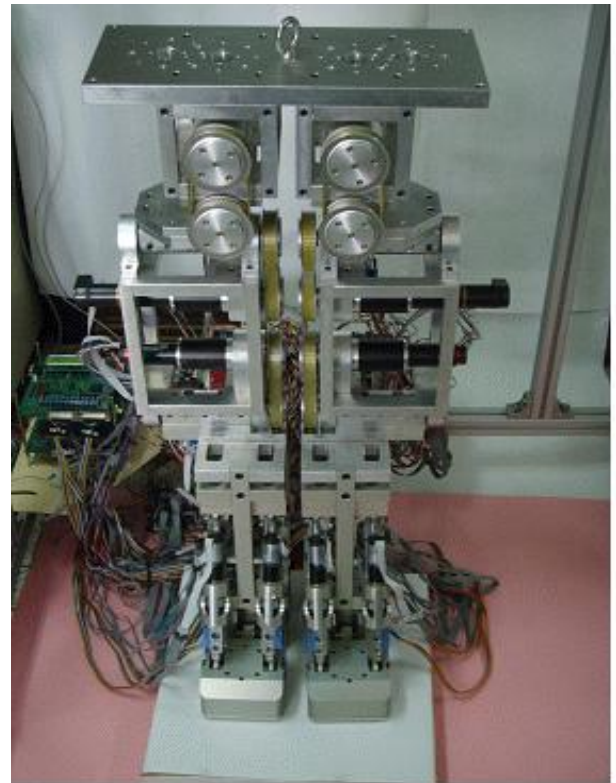
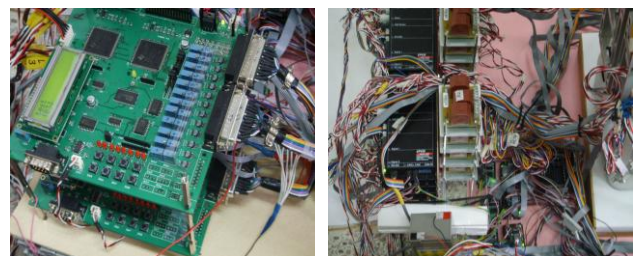


Fig. 1 Lower body of humanoid robot



(a) controller

(b) motor drive

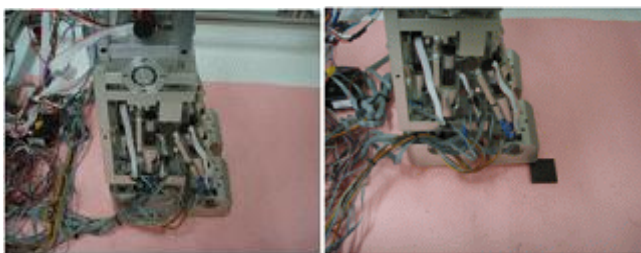
Fig. 2 Controller of lower body of humanoid robot

3. 정적특성시험

인간형 로봇 하체를 개발한 목적이 로봇이 불규칙한 지면 혹은 장애물이 있는 경우 사람과 같이 보행하는

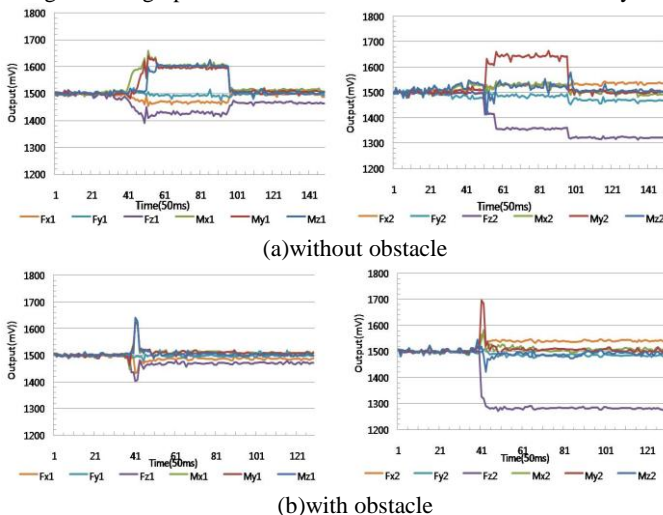
것이므로 본 연구에서는 보행 특성실험 전에 하체 전체를 들어 올린 다음 내려놓을 때 발바닥에 장애물이 있는 경우 인간형 로봇 하체가 균형을 잃지 않고 안전하게 설 수 있는지를 확인하는 정적 특성실험을 실시하였다. Fig. 3 은 각각의 장애물 위치에서 정적특성실험한 사진을 나타내고 있고, (a)는 장애물이 없을 경우(평지), (b)-(j)는 장애물이 1 개 있는 경우, (b)는 장애물이 1 개있는 경우를 나타내고 있다. Fig. 4 는 본 연구에서 개발한 인간형 로봇 하체의 정적특성실험시 오른발의 앞꿈치와 뒤꿈치의 6 축 힘/모멘트센서로부터 출력되는 결과를 나타낸 것이고, (a)는 장애물이 없을 때, (b)는 장애물이 앞꿈치의 좌측 위치에 있을 때의 결과이다. Fig. 4 의 (a) 장애물이 없는 경우, 앞꿈치는 인간형 로봇의 지능형 발이 지면에 접촉하는 순간 F_{x1} 과 F_{y1} 을 제외한 다른 센서들의 출력이 매우 크게 출력되었으나 정확한 제어에 의해 로봇의 하중을 측정하는 F_{z1} 의 출력이 80mV 에서 40mV 로 제어되었고, 그 외의 모든 센서는 $\pm 20mV(1500mV \pm 20mV)$ 이내로 나타났다. 뒤꿈치의 경우, 접촉하는 순간 F_{z2} 와 M_{y2} 가 크게 출력되었고 그 이후에는 정해진 제어범위 이내로 제어되었다. 앞꿈치와 뒤꿈치의 결과를 종합하면, 지능형 발이 지면에 접촉하는 순간 접촉면이 발바닥과 평면상태로 동시에 접촉하지 않으므로 센서들의 값이 크게 출력되었고 그 이후 제어범위 이내로 안정되게 제어됨을 알 수 있고, F_{z1} 과 F_{z2} 의 센서의 출력도 정해진 비율과 거의 비슷하게 제어됨을 확인할 수 있었다. Fig. 4 의 (b) 장애물의 위치에 따라 지능형 발이 장애물과 지면에 접촉하는 순간 각각의 센서의 출력이 크게 나타난 후 제어범위 이내로 정확하게 제어됨을 나타내고 있다.

미소하게 흔들리는 제어오차들은 매우 빠른 시간으로 데이터를 받기 위해 프로그램 상에서 평균처리를 하지 않았으므로 발생한 오차, 외부에서 고속측정장치에 유입되는 노이즈 등 때문이다.



(a) without obstacle (b) with obstacle

Fig. 3 Photograph of static test of humanoid robot's lower body



(a)without obstacle (b)with obstacle

Fig. 4 Result from 6-axis force/moment sensors in the static test of humanoid robot's lower body

4. 결론

본 연구에서는 불규칙한 지면 혹은 장애물이 있을 경우 안전하게 보행할 수 있는 지능형 발이 포함된 인간형 로봇 하체를 개발하였다. 인간형 로봇 하체의 정적 특성실험결과 장애물이 있는 경우 장애물이 접촉되는 앞꿈치 혹은 뒤꿈치 부분이 안전하게 회전하여 로봇이 균형을 잃기 전에 안전하게 설 수 있음을 확인할 수 있었다. 따라서 본 연구에서 개발한 인간형 로봇 하체는 인간형 로봇의 상체(추후 개발 예정임)를 조합하여 완전한 인간형 로봇을 구성할 수 있을 것으로 판단되며, 이 로봇은 불규칙한 지면(실외환경)을 안전하게 걸을 수 있을 것으로 생각된다.

후기

이 논문은 2008년도 정부(교육과학기술부)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. Stasse, O., Verrelst, B., Wieber, P.B., Vanderborght, B., Evrard, P., Kheddar, A. and Yokoi, K., "Modular Architecture for Humanoid Walking Pattern Prototyping and Experiments," Advanced Robotics vol. 22, pp. 589- 611. 2008.
3. Jia, D., Huang, Q., Tian, Y., Gao, J. and Zhang, W., "Hand Posture Extraction for Object Manipulation of a Humanoid Robot," Proceedings of the 2008 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, pp. 1170-1175 July 2 - 5, 2008, Xi'an, China.
4. Madadi, V.V., and Tosunoglu, S., "Design and Development of a Biped Robot," Proceedings of the 2007 IEEE International Symposium on Computational Intelligence in Robotics and Automation, pp. 243-247, Jacksonville, FL, USA, June 20-23, 2007.
5. Faber, F., Bennewitz, M. and Behnke, S., "Controlling the Gaze Direction of a Humanoid Robot with Redundant Joints," Proceedings of the 17th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, Technische Universität München, Munich, Germany, pp. 413-418, August 1-3, 2008.
6. Kim, J.H., Kim, J.Y. and Oh, J.H., "Adjustment of Home Posture of a Biped Humanoid Robot Using an Inertial Sensor and Force Torque Sensors," Proceedings of the 2007 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 2223-2229, San Diego, CA, USA, Oct 29 - Nov 2, 2007.
7. Lim, H.Y., Kang, Y.S., Lee, J.J., Kim, J.W., You, B.J., "Multiple Humanoid Cooperative Control System for Heterogeneous Humanoid Team," Proceedings of the 17th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, Technische Universität München, Munich, pp. 231-236 Germany, August 1-3, 2008(KIST).