

# 인간형 로봇의 지능형 발 개발

## Development of a humanoid robot's intelligent foot

\*#김갑순<sup>1</sup>, 김현민<sup>2</sup>, 신희준<sup>3</sup>, 허덕찬<sup>4</sup>, 김천곤<sup>5</sup>, 윤정원<sup>6</sup>

\* #G. S. Kim<sup>1</sup> (gskim@gnu.ac.kr), H. M. Kim<sup>2</sup>, H. J. Shin<sup>3</sup>, D. C. Hu<sup>4</sup>, C. K. Kim<sup>5</sup>, J. W. Yoon<sup>6</sup>  
<sup>1</sup>경상대학교 제어계측공학과, <sup>2-5</sup>경상대학교 대학원, <sup>6</sup>경상대학교 기계항공공학부

Key words : Intelligent foot, Intelligent Robot, Humanoid robot, 6-axis force/moment sensor, Interference error

### 1. 서론

개발된 지능형 로봇은 평평한 지면에서 걸을 수 있고 음성인식, 감정표현 등을 할 수 있으나 불규칙한 지면에서는 걸을 수 없는 단점을 가지고 있다. 그리고 기발표된 논문<sup>1,2</sup>의 인간형 로봇 또한 평평한 지면에서만 걸을 수 있다. 미래의 인간형 로봇은 지면이 평평한 실내환경보다 지면이 불규칙한 실외환경에서 더 많이 활용될 수 있으므로 실외 환경에서 걸을 수 있는 로봇이 필요하다. 본 논문에서는 불규칙한 지면에서 안전하게 걸을 수 있는 인간형 로봇의 지능형 발을 개발하였다. 발의 본체를 앞꿈치와 뒤꿈치로 분리하여 사람과 같이 사방으로 회전할 수 있도록 특수하게 설계 및 제작하였고, 체중의 반력을 측정할 수 있는 6축 힘/모멘트센서를 제작하였으며, 힘센서들의 출력과 모터의 제어를 빠르게 처리할 수 있는 제어장치를 설계 및 제작하였다. 그리고 개발된 힘센서들의 특성실험과 지능형 발의 제어특성실험을 실시하였다.

### 2. 지능형 발 설계 및 제작

Fig. 1 은 본 논문에서 개발한 인간형 로봇의 지능형 발의 사진을 나타내고 있다. 지능형 발은 다리 몸체, 앞꿈치와 뒤꿈치, 4 개의 직선운동기구, 구조인트, 모터드라이브, 제어장치 등으로 구성되어 있다. 6 축 힘/모멘트센서<sup>3</sup>가 각각 내장되어 있는 앞꿈치와 뒤꿈치는 구 조인트로 연결되어 있고, 뒤꿈치와 다리 몸체 또한 구 조인트로 연결되어 있으며, 4 개의 직선운동기구는 앞꿈치의 상부에 2 개, 뒤꿈치의 우측과 뒤부분에 각각 1 개씩 구 조인트로 연결되어 있다. 그리고 제어장치는 2 개의 6 축 힘/모멘트센서(총 12 개의 센서)로부터의 출력을 측정하고, 그 결과에 따라 4 개의 직선운동기구에 부착된 모터를 구동한다.

지능형 발의 구동은 불규칙한 지면에서 로봇이 균형을 잃지 않도록 뒤꿈치와 앞꿈치에 부착된 6 축 힘/모멘트센서들로부터 측정된 반력에 따라 제어장치가 직선운동기구를 동작시켜 뒤꿈치와 앞꿈치를 사방으로 회전시킨다.

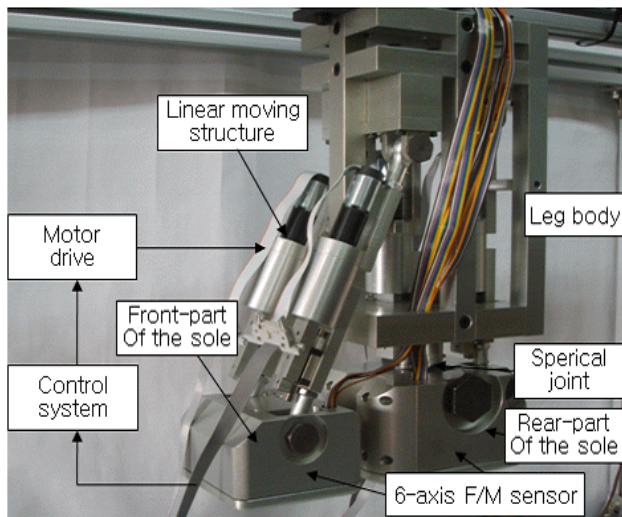


Fig. 1 Photograph of the developed intelligent foot for a humanoid robot

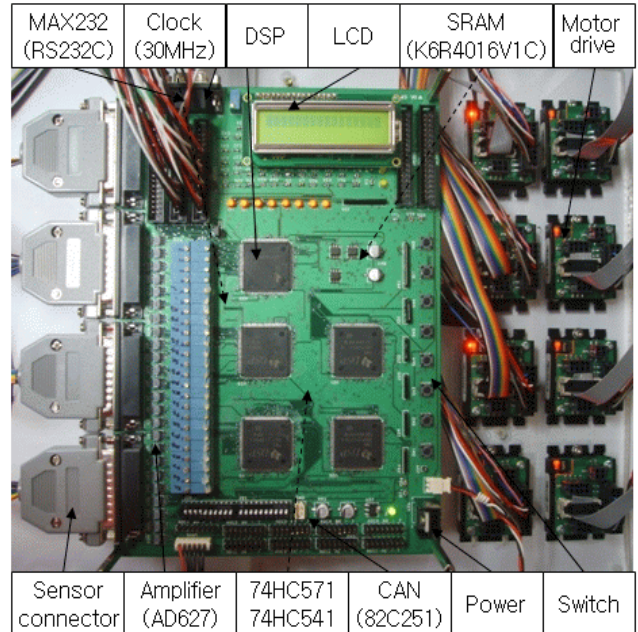


Fig. 2 Photograph of the manufactured controller for the intelligent foot

### 3. 제어장치

Fig. 2 는 제작된 지능형 발의 제어장치를 나타내고 있다. 이 제어장치는 5 개의 DSP(digital signal processor), 외부 메모리(memory), 증폭기부(amplifier), 통신부, 전원부, 스위치부, 모터드라이브 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. DSP 를 5 개 사용한 것은 오른 쪽과 왼쪽 지능형 발 2 개에 내장되어 있는 4 개의 6 축 힘/모멘트센서의 값을 받아 처리하고, 또한 직선운동기구에 설치되어 있는 총 8 개의 모터를 구동하며, 인간형 로봇의 무릎, 골반 부분의 모터를 구동하기 위해서이다.

A/D 컨버터는 4 개의 6 축 힘/모멘트 감지센서로부터 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 주변장치들에 전압 9 V, 5 V, 3.3 V, 1.8 V 를 각각 공급하며, 스위치는 원하는 6 축 힘/모멘트 센서들의 각 센서(Fx 센서, Fy 센서, Fz 센서, Mx 센서, My 센서, Mz 센서)의 측정값을 LCD 에 나타내거나 지능형 발의 움직임 등의 명령을 내리기 위해 사용된다. 제작된 제어장치의 크기는 240 mm×180 mm 로 로봇에 장착하기에 적당한 크기이다. 모터드라이브는 오른쪽과 왼쪽 지능형 발의 각각 4 개(총 8 개)의 직선운동기구에 내장되어있는 모터(제작회사:맥슨, 모델: 345324)를 제어하기 위해 사용되며, 맥슨모터에서 제작되었고 모델은 EPOS24 이다.

#### 4. 지능형 발의 특성실험 및 고찰

Fig. 3 은 개발한 인간형로봇의 지능형 발의 특성실험을 위한 실험장치를 나타내고 있으며, 인간형 로봇의 본체가 없으므로 실험장치를 제작하여 부착한 후 특성실험을 실시하였다. 본 연구의 특성실험은 프레임으로 구성에 몸체에 지능형 발을 매달고 인간이 걷어가는 것과 같이 발의 움직임 실험을 실시하였다.

Fig. 4 는 앞꿈치와 뒤꿈치를 가진 지능형 로봇발에 외부힘을 가했을 때 뒤꿈치와 앞꿈치가 각각 회전한 상태의 사진을 나타낸 것이다. 이것은 불규칙한 지면에서 걸을 수 있는지를 확인하기 위한 특성실험이고, Fig. 4 의 (a)와 (b)에서 보는 것과 같이 손으로 누르는 쪽을 향하여 회전함을 확인하였다. 이 결과는 힘이 가해진 곳이 블록한 지면 혹은 돌과 같은 장애물을 밟아도 로봇의 균형을 유지할 수 있음을 나타낸 것이다.

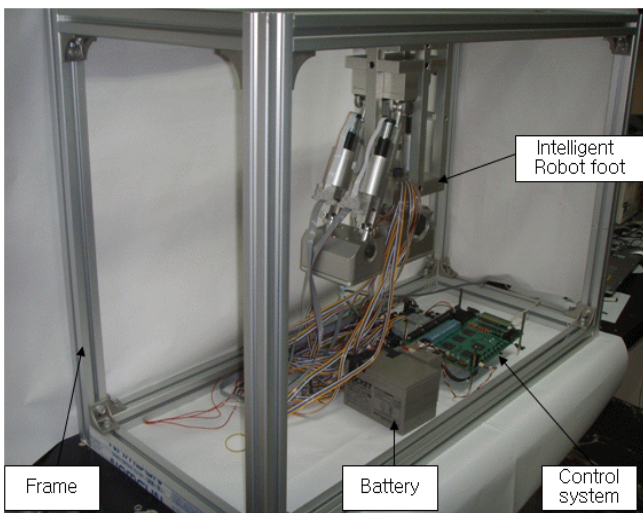


Fig. 3 Experimental set up for the characteristic test of the developed intelligent foot

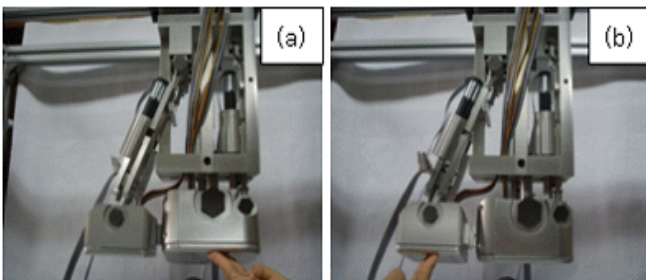
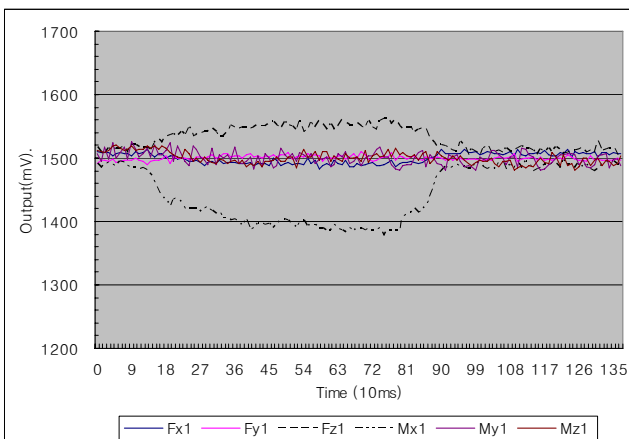
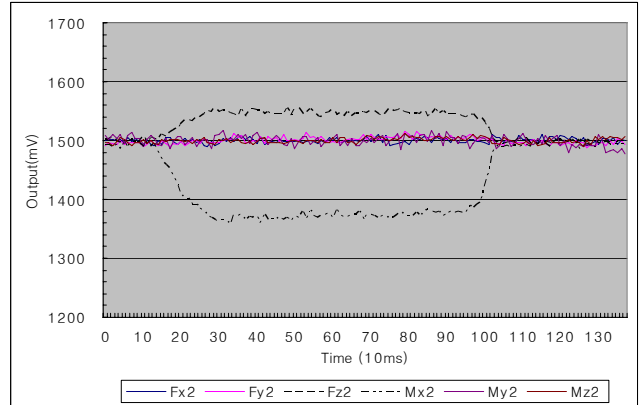


Fig. 4 Photograph of the developed intelligent foot under reaction force



(a) in case of Fig. 4-(a)



(b) in case of Fig. 4-(b)

Fig. 5 Graph of the developed intelligent foot under reaction force

Fig. 5 는 Fig. 4 의 (a), (b)와 같이 외력을 가하였을 경우에 6 축 힘/모멘트센서의 출력을 나타낸 것이고, 각각의 그래프에서 Fz1 과 Fz2 는 수직방향으로 가해진 힘이고 Mx1 과 Mx2 는 뒤꿈치와 앞꿈치의 축을 기준으로 시계방향으로 가해진 모멘트를 나타낸다. 이와 같은 값을 제어장치가 받으면 각각 Fig. 4 의 (a)와 (b)같은 상태로 지능형 발을 제어하게 되고 이로 인해 로봇은 중심을 잃지 않고 안전하게 걸을 수 있다. 실험결과, 지능형 발은 인간형 로봇이 안전하게 서고 걸을 때 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

#### 5. 결론

본 논문에서는 발바닥에 작용되는 반력을 측정하여 사람의 발과 같이 자연스럽게 사방으로 회전하는 인간형 로봇의 지능형 발을 개발하였다. 지능형 발의 특성실험 결과, 앞꿈치와 뒤꿈치에 가해지는 반력에 따라 뒤꿈치는 발목에 설치된 구 조인트를 기준으로 사방으로 회전됨을 확인하였고, 앞꿈치 또한 뒤꿈치와 마찬가지로 회전함을 확인하였다. 걷는 특성실험결과, 사람과 같이 자연스럽게 움직임을 확인할 수 있었다. 따라서 본 논문에서 개발한 지능형 발은 불규칙한 지면에서 걸을 수 있는 인간형 로봇에 부착하여 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

#### 후기

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

#### 참고문헌

1. Park, I. W., Kim, J. Y., Cho, B. K. and Oh, J. H., "Control hardware integration of a biped humanoid robot with an android head," Robotics and Autonomous Systems, Vol.56, No.1, pp.95-103, 2008
2. Kagami, S., Mochimaru, M., Ehara, Y., Miyata, N., Nishiwaki, K., Kanade, T. and Inoue, H., "Measurement and comparison of humanoid H7 walking with human being," Robotics and Autonomous Systems, Vol.48, No. 4, pp.177-187, 2004.
3. 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.