12 자유도 이족 휴머노이드 로봇 CHP-1 개발

Development of the Biped Humanoid Robot CHP-1 with 12 DOF

*#최국진[1], 김재덕[1], 권정희[1], 홍대선[2]

*#K. J. Choi(Choi@changwon.ac.kr)[1], J. D. Kim[1], J. H. Kwon[1], D. S. Hong[2]

[1] 창원대학교 대학원 기계설계공학과, [2] 창원대학교 메카트로닉스 공학부

Key words : Humanoid Robot, Biped Robot, FSR(Force Sensing Resistor) sensor

1. 서론

최근 휴머노이드 로봇(Humanoid Robot)에 대한 관심이 증가하고 로봇 기술이 발전함에 따라 그에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 이족보행로봇의 연구 및 개발이 국내외적으로 연구되고 있는 실정이다.

일본의 혼다(HONDA)는 아시모(ASIMO)라고 하는 이족 자율보행이 가능한 첨단 휴머노이드 로봇을 개발하였고[1,2] 소니(SONY)는 일본의 여러 대학과 SDR 시리즈 로봇의 개발 및 연구중에 있다. 일본보다는 다소 늦었지만 국내의 연구는 빠르게 발전 중에 있으며 KAIST의 KHR 시리즈 로봇부터 휴보를 대표적으로 거론할 수 있다[3,4].

이족보행로봇은 현재의 산업용 로봇처럼 바퀴로 이동하는 방식에 비해 제어가 어렵고 불안전하지만 이동성이 뛰어나며 계단이나 요철 같은 불규칙하거나 연속적이지 않은 곳에서도 이동이 가능하고 두 다리가 완충작용을 하여 안정된 궤도를 유지하며 이동할 수 있다는 장점이 있다.

이족보행로봇의 해석상의 비선형성에 대한 최적해를 구하기 위한 지능 알고리즘을 적용하고 있는데 그 대표적인 예로 Hasegawa는 이족보행로봇의 자연스런 보행을 위한 궤적생성을 위해 ZMP(Zero Moment Point)라고 불리는 안정감을 만족시키는 관절 변수들의 유전알고리즘을 이용하여 구현하였으며 Rodriqure는 이족보행로봇의 각 관절의 궤적을 유지하는 최적 토크 값을 구하기 위한 유전 알고리즘을 사용하였다.

본 연구에서는 이족보행로봇의 설계 및 제작과 구동 시켜봄으로써 이족보행로봇의 최종 목표인 이족보행의 기초적인 기술을 축적하는데 있다.

2. CHP-1의 설계

이족보행로봇의 가장 중요한 선결 과제는 효율적이고 신뢰할 수 있는 로봇 하드웨어의 설계이다. 하드웨어 설계는 로봇의 기본 골격부터 각 관절과 관절을 이루는 메커니즘, 구동축을 구성하는 모터와 이를 제어하는 제어기, 센서, 그리고 각 부분들의 연동을 위한 통신 등을 말한다.

CHP-1의 기본 골격은 높이 90cm, 중량 30kg으로 Fig. 1과 같다. 그리고 CHP-1의 기본 사양을 Table 1에 나타내었다.

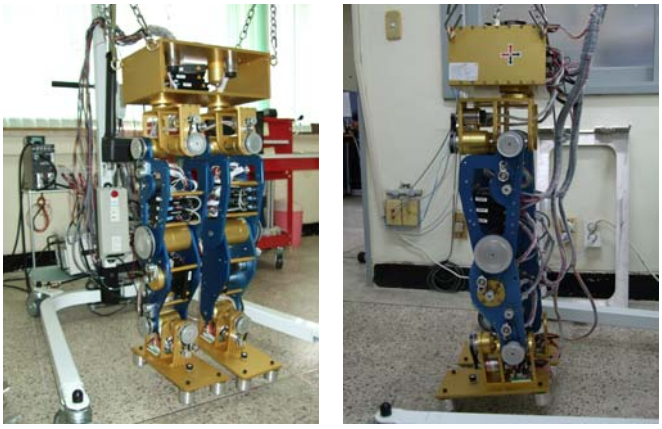

Fig. 1 CHP-1

Table 1 Specification of CHP-1

높이	90 cm
중량	30 kg
엑츄에이터	BLDC 모터
제어장치	Labview PXI
센서	Gyro, 가속도, FSR
전원부	DC 24V

CHP-1은 12개의 다리 관절을 두어 보다 인간에 가까운 보행이 가능하도록 설계 및 제작되었고 Table 1에서 알 수 있듯이 고관절의 3개의 자유도는 요우(Yaw), 피치(Pitch), 롤(Roll) 운동을 할 수 있도록 하여 향후 상체를 병진하여 자연스러운 보행이 가능하도록 하였다.

Table 2 DOF(Degree of Freedom) of CHP-1

오른쪽 다리	고관절 (Yaw / Pitch / Roll)	3 DOF
	무릎 (Pitch)	1 DOF
	발목 (Pitch / Roll)	2 DOF
오른쪽 다리 총 DOF		6 DOF
CHP-1 총 DOF		12 DOF

3. CHP-1의 순기구학 및 역기구학 해석

1. 순기구학 해석

Fig. 2와 같이 설정된 좌표계에 따른 순기구학 해석은 기준원점 좌표계 {I}에서 로봇 무게중심좌표계 {B}까지의 계산과, 무게중심에서 각 발바닥과 좌표계까지의 계산으로 나누어 계산한다.

본 연구에서는 X-Y-Z Euler Angle을 이용한 회전행렬과 위치벡터가 함께 포함된 4×4 동차행렬을 연산자로 하여 순기구학을 계산한다.

$$
\begin{aligned}
{}^{I}_{e}T_{Rleg} &= {}^{I}_{B}T\cdot\ {}^{B}_{0}T\cdot\ {}^{0}_{e}T_{Rleg} \\
{}^{I}_{e}T_{Lleg} &= {}^{I}_{B}T\cdot\ {}^{B}_{0}T\cdot\ {}^{0}_{e}T_{Lleg}
\end{aligned}
\tag{1}
$$

최종적으로 구하고자 하는 순기구학 값은 (1)과 같다.

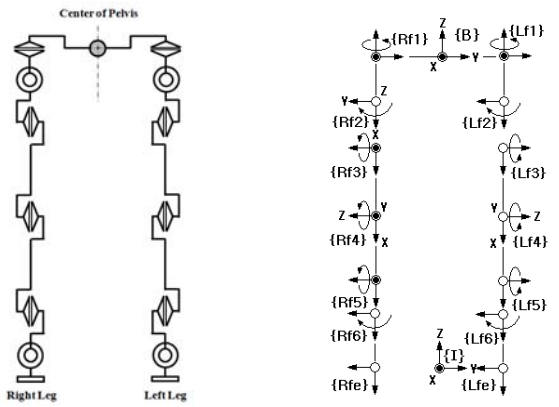

Fig. 2 (a) Degree of Freedom of CHP-1 (b) Coordinates of CHP-1

2. 역기구학 해석

로봇의 무게중심의 위치와 자세를 임의로 변경하려면 그에 따른 각 관절각을 알아내기 위한 역기구학 해석이 필요하다. 일반적으로 역기구학을 해석하기 위해서는 비선형 연립 방정식을 풀어야 하는데 이러한 비선형 연립방정식의 해를 구하는 일반적인 방법은 없으려 다음과 같은 2가지 형태의 해를 구하는 것을 고려할 수 있다. 하나는 해석적인 방법(closed-form solution)이며 다른 하나는 수치 해석적인 방법(numerical solution)이다. 이중에서 해석적인 방법은 다시 대수적인 방법(analytical approach)과 기하학적 방법(geometric approach)으로 나누어진다.

일반적으로 6자유도를 갖는 로봇은 폐형식 해를 갖지 않으나 피퍼(Pieper)의 이론에 의해 6관절 모두가 회전형이고 마지막 세 축이 교차하는 경우에 대해서 역기구학 해를 다룰 수 있다

본 연구에서는 좌우 {1},{2},{3}축이 교차하므로 Θ_1, Θ_2, Θ_3는 대수적인 방법을 이용하여 풀고 Θ_4, Θ_5, Θ_6은 기하학적인 방법을 이용하여 역기구학 해를 구한다.

4. CHP-1의 동작

CHP-1은 Fig. 2과 같이 고관절, 무릎, 발목의 축이 한 점에서 직교하도록 하여 인간의 신체 구조와 유사하게 설계되어 자연스러운 동작이 가능하도록 하였다.

이족보행에 앞서 CHP-1의 순기구학 및 역기구학을 해석하여 각 관절별 회전각을 Lebview 프로그램에 입력하여 앉았다 일어서는 동작을 구현하였다. Fig. 3은 CHP-1의 앉았다 일어서는 동작을 나타낸 것이고 Fig. 4는 각 관절별 회전각을 입력할 수 있도록 프로그램된 Lebview 화면이다.

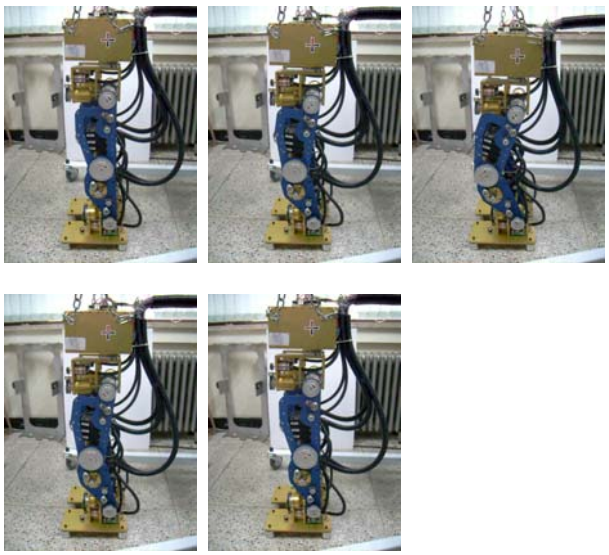

Fig. 3 Up and Down action of CHP-1

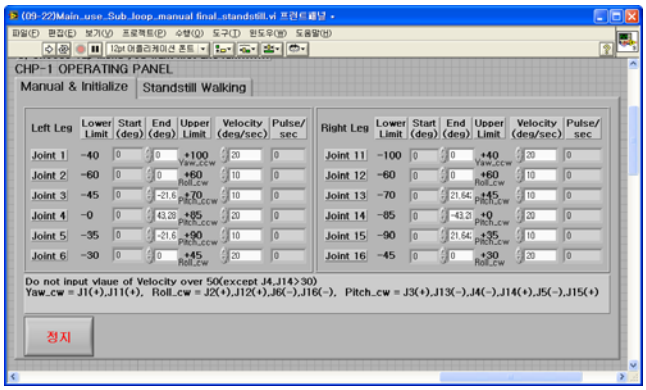

Fig. 4 Lebview Screen

앉았다 일어서는 동작 실험은 CHP-1의 순기구학과 역기구학을 해석함으로써 쉽게 구현할 수 있었으나 이족보행을 위해서는 순기구학과 역기구학의 해석만으로는 동작 구현에 어려움이 있다.

이족보행을 위해서는 ZMP(Zero Moment Point)라는 개념을 도입할 필요가 있다. ZMP는 중력 가속도와 관성에 의해 발생되는 힘의 모멘트 합의 수평 성분이 영인 지점을 의미하며, 로봇이 넘어지지 않기 위해서는 ZMP가 로봇의 지지점과 바닥의 경계를 이어 만들어진 지지 영역 안에 존재해야 한다.

ZMP를 계산하기 위해 CHP-1의 발바닥에 4개의 FSR(Force Sensing Resistor) 센서를 부착하여 발바닥에 가해지는 힘을 측정하고[5] FSR 센서를 이용한 ZMP 계산과 더불어 Hip Trajectory을 연계하여 이족보행패턴을 연구 수행중에 있다.

5. 결론

본 연구에서는 CHP-1이라는 이족보행로봇의 설계 및 제작을 하고 로봇의 순기구학 및 역기구학의 해석을 통해 얻은 각 관절의 회전각을 Lebview 프로그램에 입력하여 앉았다 일어서는 동작을 구현하였다. 추가적으로 FSR 센서를 통한 ZMP 계산과 연계하여 Hip Trajectory을 수행 연구 중에 있다. 이를 기초로 하여 각 관절의 회전각을 실시간으로 제어하여 이족보행이 가능하도록 할 예정이다.

후기

이 연구는 참여한 연구자(의 일부)는 “2단계 BK21 사업”의 지원비를 받았음.

참고문헌

1. K. Hirai, M. Hirose, Y. Haikawa, T. Takenaka, "The Development of Honda Humanoid Robot", Proceedings of the 1998 IEEE International Conference on Robotics & Automation,1321-1326, 1998
2. J. Chestnutt, M. Lau, G. Cheung, J. Kuffner, J. Hodgins, T. Kanade, "Footstep Planning for the Honda ASIMO Humanoid", Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Robotics & Automation, 629-634, 2005
3. 김정엽, 박일우, 오준호, “휴머노이드 로봇 KHR-2의 개발”, ICASE MAGAZINE, Vol.10, No.4, 13-18, 2004
4. I. W. Park, J.Y. Kim, J. H. Lee, J. H. Oh, "Mechanical Design of Humanoid Robot Platform KHR-3", Proceedings of 2005 5th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots, 321-326, 2005
5. 박찬수, “두발 보행 로봇의 ZMP 특성 분석”, 서울대학교 대학원 석사 학위 졸업 논문