

## 아동 크기 휴머노이드 로봇의 개발

### Development of Child-Sized Humanoid Robot

이기남\* · 박장현\*\* · 유영재\*\*\*†

Ki-Nam Lee, Jang-Hyun Park, Young-Jae Ryoo†

\*목포대학교 대학원 전기공학과, \*\*목포대학교 제어로봇공학과

Department of Electrical Engineering, Graduate School, Mokpo National University

† Department of Control Engineering and Robotics, Mokpo National University

#### 요 약

이 논문에서는 아동 크기 휴머노이드 로봇의 설계 및 개발과정에 대하여 기술한다. 경량형 휴머노이드 로봇의 설계 개념을 제시하고, 3차원 설계 툴을 이용하여 1m 이상 크기 휴머노이드 로봇의 메커니즘을 설계하였다. 로봇의 구동을 위한 하드웨어는 제한된 로봇의 무게 내에서 최적의 성능을 낼 수 있도록 설계하였다. 3차원 설계 툴을 사용하여 설계한 로봇의 프레임 및 링크들은 가볍고 강도가 좋은 재료를 선정하고 정밀 가공을 통해 제작하였다. 제작된 아동 크기의 휴머노이드 로봇은 역기구학, 균형제어를 적용하여 기본 동작을 구현하고 그 성능을 실험을 통하여 확인하였다.

**키워드** : 휴머노이드 로봇, 이족보행, 메커니즘, 경량화

#### Abstract

In this paper, a procedure of design and development of a child-sized humanoid robot is described. The design concept for a humanoid robot was proposed and the mechanism of the humanoid robot which is more than 1 meter tall was designed by using 3D design tools. By considering the lightweight of the robot, the hardware for the robot was designed for optimal performance. The frames and links of the robot designed by 3D design tools was manufactured through precision machining with the material which is light and have a good strength. The manufactured child-sized humanoid robot was experimented with basic motions applied inverse kinematics and balance control, and the performance of the motions were verified.

**Key Words** : Humanoid Robot, Bipedal walking, Mechanism, Lightweight.

#### 1. 서 론

인간과 유사한 보행을 할 수 있는 휴머노이드 로봇은 지면이나 계단, 장애물 등을 이동하거나 통과할 수 있어서 뛰어난 운동성을 가진다. 운동성이 인간과 유사하고 그 모습 또한 인간을 닮고 있기 때문에 보다 인간 친화적인 형태의 로봇이라 할 수 있다. 휴머노이드 로봇에 대한 연구는 세계적으로 다양한 분야에서 진행되고 있으며, 현재 인간과 흡

사하게 움직일 수 있는 로봇을 구현해낼 정도로 꾸준히 발전을 이루고 있으며, 일본의 아시모, 한국의 휴보, 미국의 찰리 등이 대표적인 휴머노이드 로봇이다. 또한, 인간에 가까이 다가가는 형태로서 엔터테인먼트적인 성격이 가미된 인간을 닮은 로봇에 대하여 사회적인 관심이 증가하고 있다 [1-6].

휴머노이드 로봇은 뛰어난 운동성을 가지는 반면, 인간과 유사한 걸음걸이를 구현하는데 있어서 복잡한 역기구학 식을 가지고 있다. 그리고 두발로 서있어야 하는 특성상, 로봇이 넘어져 파손되거나 다른 사고로 이어질 수 있기 때문에 로봇의 안정성도 고려되어야 한다. 또한, 다양한 외부환경을 인식하고 이에 적응하기 위해 로봇을 실시간으로 제어하는 하드웨어의 뒷받침이 필요하다[1,5,7-9].

본 논문에서는 어린 아이들의 눈높이에 맞춘 1m이상의 크기를 가지면서 12kg미만 무게의 경량형 아동 크기 휴머노이드 로봇의 설계와 개발 과정에 대하여 기술한다.

로봇을 경량화할 때 생기는 장점은 인간의 관절을 대체하는 서보모터의 선택에 있어서 자유로우며, 로봇의 다양한 움직임을 구현하는 부분에 있어서 유리하다. 제안한 휴머노이드 로봇은 인간과 유사한 운동성을 구현하기 위하여 상체

접수일자: 2012년 10월 28일

심사(수정)일자: 2012년 10월 28일

게재확정일자 : 2013년 2월 6일

† Corresponding author

본 연구는 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역혁신 인력양성사업의 지원에 의해 수행된 연구결과임.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

에 9개의 서보모터와 하체에 12개의 서보모터로 관절을 설계 하였고, 자연스러운 로봇의 움직임을 구현하기 위해서 21개의 서보모터를 실시간으로 제어할 수 있는 하드웨어로 설계하였다.

## 2. 휴먼노이드 로봇의 설계

### 2.1 휴머노이드 로봇의 경량화

인간과 흡사한 구조로 유사한 동작을 구현할 수 있는 휴머노이드 로봇들은 사람들에게 많은 관심과 흥미를 가지게 한다. 최근에는 사람들이 많은 장소에서도 자주 공개되고 있다. 이러한 휴머노이드 로봇들은 어린이에게 많은 인기와 관심을 끌고 있다. 향후 미래 사회에 아동 크기의 휴머노이드 로봇은 어린이와 공존하는 공간에 활용될 가능성이 높다. 로봇이 인간과 공존할 때 가장 중요하게 고려해야 할 것 중 하나는 안전성이다. 특히 어린이와 함께 생활하는 로봇은 그 안전성을 신중히 고려하여 설계되어야 한다. 휴머노이드 로봇의 경우 인간과 같이 넘어지거나 부딪힐 가능성이 매우 높다. 무거운 물체가 넘어지거나 부딪힐 경우 충격은 매우 크다. 따라서 안전성을 고려한다면 휴머노이드 로봇은 가볍게 설계 제작되어야 한다. 반면 그동안 개발된 휴머노이드 로봇은 아동크기의 키에 비해 무게는 거의 성인 수준의 중량을 가진다.

표 1. 대표적인 휴머노이드 로봇들의 사양

Table 1. Specifications of typical humanoid robot

		ASIMO	HUBO2	WABIAN-2	HRP-2
Height (cm)		130	130	153	154
Weight (kg)		54	45	64.5	58
DOF (ea)	Leg	6	6	7	6
	Arm	7	7	7	6
	Torso	1	1	4	2
	Head	3	3	3	2
	Hand	2	5	3	1
	Total	34	40	41	30

표 1은 대표적인 휴머노이드 로봇들을 나타낸 것으로 크기와 무게, 그리고 사용되는 자유도의 개수를 나타내고 있다. 대체적으로 인간과 비슷한 크기의 휴머노이드 로봇들은 매우 무거운 중량을 가진다. 위와 같은 로봇들은 넘어지게 되면 큰 파손으로 이어지기 때문에 안정된 보행이나 모션을 구현하고자 다양한 센서를 사용하여 균형제어를 하게 된다. 하지만 이러한 로봇들이 예상치 못한 외부의 충격으로 인해 넘어진다면 그 주변의 사람들이나 사물에 심각한 피해를 입히게 된다.

본 논문에서는 로봇이 넘어지는 사고로 인하여 발생할 수 있는 피해를 최소화하기 위해 로봇의 경량화에 중점을 두고 그림 1과 같은 설계 절차를 세웠다. 또한, 휴머노이드 로봇에 많은 관심을 가지는 어린 아이들에게 더욱 친숙한 느낌을 주기위하여 눈높이를 맞추어 키 1m 10cm, 무게 12kg미만의 제약조건을 세우고 설계하였다.

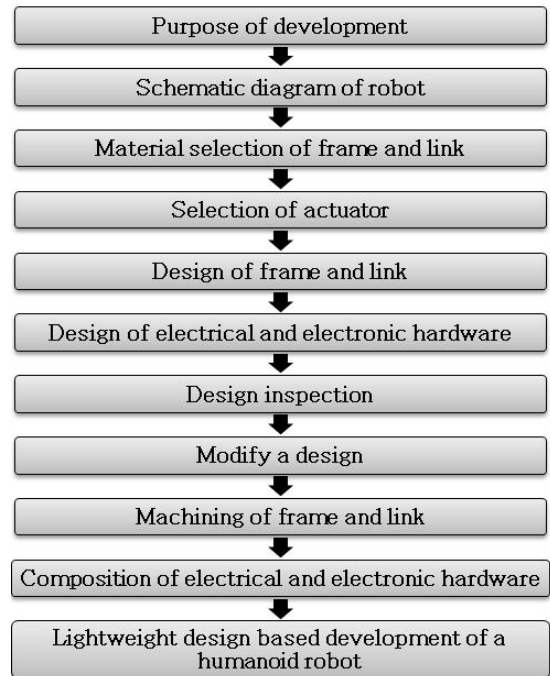


그림 1. 로봇의 설계 절차.

Fig. 1. Design procedure of robot.

### 2.2 개발하고자 하는 휴머노이드 로봇의 구조

개발하고자 하는 휴머노이드 로봇이 적용될 목적에 맞게 로봇의 구조를 설계한다. 실세계에서 인간과 유사한 보행 및 움직임을 구현하기 위하여 그림 2와 같은 로봇의 구조로 설계하였다.

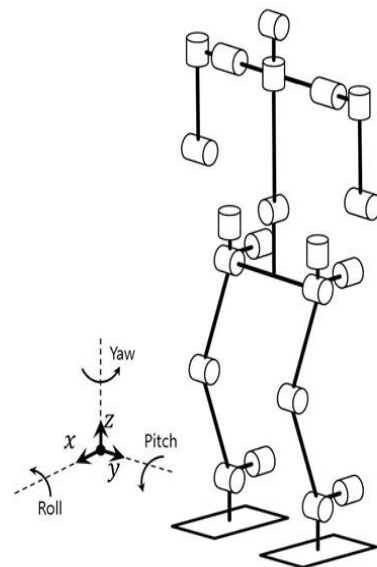


그림 2. 휴머노이드 로봇의 개략도

Fig. 2. Schematic diagram of humanoid robot.

상체부는 총 9개의 자유도로 구성하였으며, 하체부는 총 12개의 자유도로 구성하여 총 21개의 자유도를 가지도록 구성하였다. 머리는 팬(Pan), 틸트(Tilt) 움직임을 구현하기 위해 2개의 자유도로 구성된다. 팔 부분은 어깨의 피치(Pitch) 운동과 롤(Roll) 운동

을 위한 2개의 자유도와 팔꿈치의 피치(Pitch) 운동을 구현하기 위한 1개의 자유도로 구성된다. 하체부의 경우에는 고관절(Hip)에 3개, 무릎관절(Knee)에 1개, 발목관절(Ankle)에 2개의 관절로 구성하였다.

하체 부분의 구조는 역기구학 식을 쉽게 얻을 수 있도록 Denavit-Hartenberg 기법을 적용하였으며, 로봇의 전체 키는 1m10cm로 각 관절 부분간의 길이는 평균 아동의 인체 비례를 참고하였다.

### 2.3 3차원 설계 툴을 이용한 로봇의 설계

프레임·링크의 주 재질은 가공이 용이하고, 가벼우며 강도가 좋은 알루미늄 6061, 피로가 많이 쌓이지 않는 부분들은 폴리에틸렌을 사용하였다. 프레임·링크가 가벼워짐으로서 적은 무게에도 좋은 성능을 낼 수 있는 서보모터를 사용할 수 있었으며, 하체에는 상대적으로 상체보다 피로가 많으므로 좋은 힘과 성능을 가진 모터를 사용하였다. 각 부위별 서보모터의 사용 개수는 머리에 2개, 팔에 6개, 허리에 1개, 다리에 12개로 총 21개의 자유도를 가지도록 설계된 휴머노이드 로봇의 키는 110cm이며, 로봇을 움직이기 위한 여러 하드웨어와 케이스를 제외한 상태의 로봇 무게는 약 5.532kg으로 확인되었다.

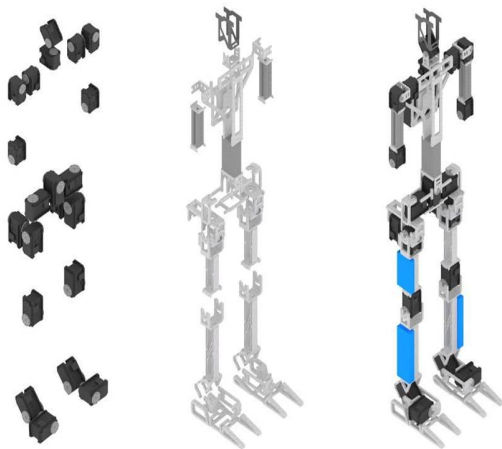


그림 3. 아동 크기 휴머노이드 로봇의 디자인.  
Fig. 3. Design of child-sized humanoid robot.

상체는 몸통 부분에 주제어기와 보조제어기가 장착되고, 이미지프로세싱을 위한 카메라와 상태를 표시하기 위한 디스플레이가 장착되도록 설계하였다.

표 2는 로봇의 하체의 각 링크(관절과 관절을 이어주는 부분)간의 길이이다.

표 2. 하체 관절 사이의 길이  
Table 2. Length between joints of lower body

$L_{R0}$	양쪽다리의 중심에서 다리까지의 길이	75mm
$L_{R1}$	고관절(Roll, Pitch, Yaw)에서 무릎관절까지의 길이	583mm
$L_{R2}$	무릎관절에서 발목관절까지의 길이	313.5mm
$L_{R3}$	발목관절에서 발바닥까지의 길이	42.9mm

### 2.3 로봇의 전기·전자 하드웨어

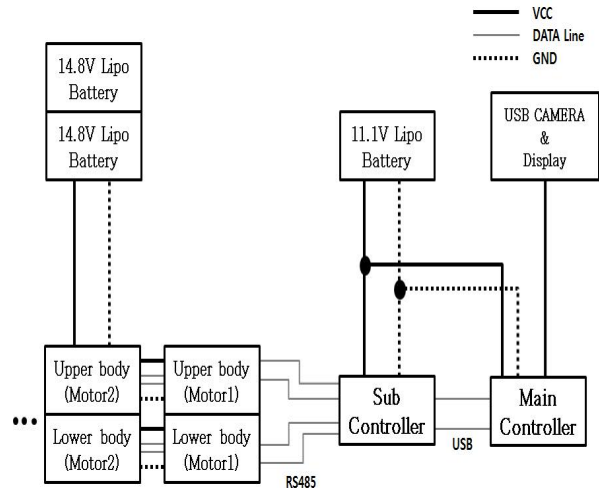


그림 4. 전기·전자 하드웨어의 블록도.  
Fig. 4. Block diagram of electrical and electronic hardware.

그림 4는 개발하고자하는 휴머노이드 로봇의 전기·전자 하드웨어 블록도이다. 관절로 사용되는 서보모터는 주제어기 및 보조제어기에 사용하는 배터리와 분리하여 사용하도록 설계하였다. 주제어기로 컴퓨터를 사용하기 때문에 충분한 전원을 유지시켜 주기 위해서이다. 보조제어기의 역할은 서보모터와 컴퓨터와의 중간에서 서로 통신할 수 있도록 도와주는 장치로서의 목적을 띄고 있으며 I/O장치들은 컴퓨터와 직접적으로 연결된다. 서보모터와 보조제어기는 RS485통신 방식을 사용하여 프로그램을 통해 모든 서보모터에 명령을 내리면 동시에 제어되도록 구성하였다.

## 3. 로봇의 제작

### 3.1 로봇의 프레임·링크 가공과 제작

3D 설계 툴을 이용해서 설계된 휴머노이드 로봇의 프레임·링크를 CNC머시닝센터를 이용하여 정밀가공 하였다. 재료는 가공이 용이하며 가볍고 경도가 좋은 알루미늄 6061을 사용하였다.



그림 5. 제작된 하체부의 고관절에 사용되는 프레임.  
Fig. 5. Fabricated frame part used for hip joint of lower body.

그림 5는 가공된 프레임 중 일부분의 사진이다. 가공된 프레임·링크들을 서보모터들에 연결하여 아동 크기의 휴머노이드 로봇 플랫폼을 구성하였다. 그리고 상체 부분에 제어기를 장착하여 로봇이 움직일 수 있는 플랫폼과 하드웨어를 구성 하였다.

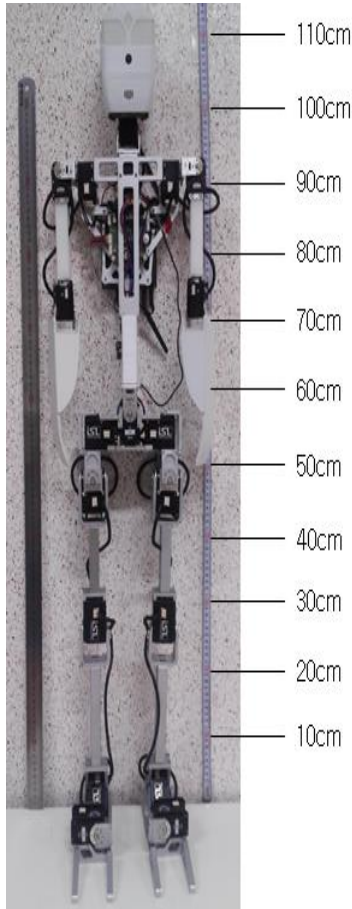


그림 6. 아동 크기의 휴머노이드 로봇.  
Fig. 6. Child-Sized Humanoid Robot.

그림 6은 제작된 로봇의 사진이다. 실제 제작된 로봇의 크기는 110cm이며, 무게는 약 7kg이었다. 개발된 아동 크기 휴머노이드 로봇의 상세 사양은 표3과 같다.

표 3. 로봇의 사양.  
Table 3. Specifications of Robot.

Height (cm)		110
Height of CoM (cm)		55.6
Feet size (cm x cm)		7.4 x 29
Weight (kg)		7.0
DOF, Servo motor (Dynamixel)	Head	2
	Arm	3 x 2
	Waist	1
	Leg	6 x 2
	Total	21
Sensor	Gyro	L3G4200D
	Accelormeter	LIS331DLH
Main Controlling System		FitPC2i(Ubuntu 9.10, C++)
Sub Controlling System		CM 730
Camera		Logitech C905
Power	Motors	Lipo 4000Ah 14.8V x 2
	FitPC2i and Sub	Lipo 2000Ah 11.1V

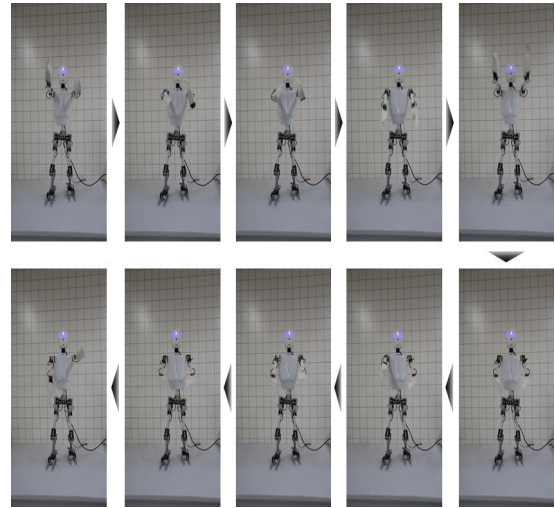


그림 7. 개발된 휴머노이드 로봇의 구동 실험.  
Fig. 7. Actuator test of humanoid robot.

그림 7은 로봇이 두 발로 선 상태에서 다양한 상체의 움직임을 촬영한 후 캡처(Capture)한 것이다. 상체에 사용된 모터는 하체에 비하여 낮은 사양의 모터를 사용하였지만, 무리 없이 원하는 동작을 만들어낼 수 있었다.

#### 4. 결론

기존의 어린이와 비슷한 크기의 휴머노이드 로봇들은 매우 무거워 넘어지게 되면 큰 파손으로 이어지기 때문에 안정된 보행이나 모션을 구현하고자 다양한 센서와 복잡한 제어가 필요하였다. 또한 이러한 로봇들이 예상치 못한 외부의 충격으로 인해 넘어진다면 그 주변의 사람들이나 물건에 심각한 피해를 입히게 된다. 따라서 이 논문에서는 경량화 된 휴머노이드 로봇 설계 개념을 정립하여 설계하고 제작하는 과정을 제안하였다.

이 논문에서는 로봇 메커니즘을 3D 설계 툴로 설계하고 CNC 머시닝 센터의 이용한 정밀가공을 통하여 로봇부품을 제작하는 과정을 기술하였다. 제작된 로봇부품을 이용하여 키 110cm, 무게 7kg의 경량화 된 아동 크기의 휴머노이드 로봇을 개발하였다. 개발된 휴머노이드 로봇에 센서, 액츄에이터 및 제어를 장착하고 실험하여 주제어기와 보조제어기, 및 서보모터의 통신과 데이터의 읽기/쓰기가 원활함을 확인하였다. 휴머노이드 로봇의 기본적인 동작인 기마 자세, 앉은 자세 등을 구현하고 서보모터의 소모전류, 부하상태도 정상임을 확인하였다.

설계 제작된 휴머노이드 로봇은 크기에 비해 가볍게 설계되어 제어가 용이할 뿐만 아니라 로봇이 넘어질 경우에 충격과 손상도 적다. 향후 개발된 어린이 크기의 경량형 휴머노이드 로봇은 어린이와 함께 공존하는 곳에 활용하면 안전성에서 우수하리라 기대된다.

#### References

[1] Seungmoon Song, "Development of an Omni-directional Gait Generator and a Stabilization Feedback Controller for Humanoid Robots", *Master's Thesis of Virginia Tech*, pp. 15-30, 2010.

- [2] Jong-Hoon Lee, "Design and Kinematics Analysis of a Human-Sized Biped Walking Robot applied to Motion of Human", *Master's Thesis of Korea Maritime University*, 2008.
- [3] Hong-Rae Kim, "A Study on Design of Biped Walking Intelligent Robot", *Master's Thesis of Kyungnam University*, 2005.
- [4] Jung-Hoon Kim, "A Study on the Realization of Dynamic Gait for a Biped Humanoid Robot", *Master's Thesis of Korea Advanced Institute of Science and Technology*, pp. 683-689, 2003.
- [5] Ill-Woo Park, "A Study On the Design of Humanoid Biped Walking Robot - Lower Body Design -", *Master's Thesis of Korea Advanced Institute of Science and Technology*, pp. 4-42, 2001.
- [6] Hashimoto S, "Humanoid Robotics in Waseda University Hadaly-2 and WABIAN-", *In IARP First International Workshop on Humanoid and Human Friendly Robotics*, 18, 1998.
- [7] Seung-Jun Lee, "Design, Implementation, and Control of a Balancing Based Humanoid robot For Collaboration", *Master's Thesis of Graduate School Chungnam National University*, 2011.
- [8] Tzafestas S., Raibert M. and Tzafestas C., "Robust Sliding-mode Control Applied to a 5-Link Biped Robot", *Journal of Intelligent and Robotics System*, Vol.15, pp.67-133, 1996.
- [9] Vukobratovic M., Stepanenko J., "Mathematical Models of General Anthropomorphic System", *In Mathematical Biosciences*, Vol.17, 191-242, 1973.

**저 자 소 개**



**이기남(Ki-Nam Lee)**

2011년 : 목포대학교 제어로봇공학과 공학사  
2011년~현재 : 목포대학교 대학원 전기공학과 제어로봇전공 석사과정

관심분야 : Mechanism, Robotics, Humanoid  
Phone : +82-10-8868-2938  
E-mail : knlee@mokpo.ac.kr



**박장현(Jang-Hyun Park)**

2003년~현재 : 목포대학교 제어로봇공학과 부교수

관심분야 : 지능제어, 비선형 적응제어, 마이크로프로세서 응용  
Phone : +82-61-450-2755  
E-mail : jhpark72@mokpo.ac.kr



**유영재(Young-Jae Ryoo)**

2000년~현재 : 목포대학교 제어로봇공학과 교수  
2010년~2011년 : 미국 버지니아텍 교환교수

관심분야 : 지능형 로봇, 미래형 차량, 로봇형 차량  
Phone : +82-61-450-2754  
E-mail : yjryoo@mokpo.ac.kr