

2족 보행 로봇 설계 및 구현

김명진 · 김남호

호남대학교 인터넷소프트웨어학과

Design and implementation of biped working robot

Myung-jin Kim · Nam-ho Kim

Dept. of Internet Software, Honam University

E-mail : cjupiter@nate.com, nhkim@honam.ac.kr

요 약

기존의 로봇과 2족 로봇의 가장 큰 차이점은 이동시 바퀴를 사용하지 않고 두 다리를 사용한다는 것이다. 상식적으로 생각해 보면 이동성과 안정성 면에서 바퀴는 다리보다 훨씬 효율적이다. 그럼에도 불구하고 2족 로봇은 수많은 역할을 해낼 수 있다. 그러나 두 다리로 중심을 잡고 안정적으로 걷는다는 것은 쉬운일이 아니다. 그래서 본 논문에서 2족 로봇의 보행을 위한 기술적 요소를 중심으로 시스템을 설계하고 구현에 대해 논의하고자 한다.

ABSTRACT

Most big difference of existing robot and biped robot stays at the leg. The wheel is very efficient with the portability than the leg. However biped robot can accomplish many role height. But The two thing which we take the center to the leg and walk to the stability is not easy work. Therefore this proposal make efforts that we try to find technical element for the walking of the robot through its design and implementation.

키워드

Biped working, Biped Robot, Working Robot, ZMP

1. 서 론

기존의 로봇과 2족 로봇의 가장 큰 차이점은 이동시 바퀴를 사용하지 않고 두 다리를 사용한다는 것이다. 일반적인 생각에서 이동성과 안정성 면에서 바퀴는 다리보다 훨씬 효율적이다. 그럼에도 불구하고 바퀴로 이동하는 로봇에 비해 비교적 불안정하고 자세나 움직임 제어가 매우 어려운 2족 보행 로봇이 바퀴로 이동하는 로봇보다 훨씬 많은 가능성을 가지고 있어 연구가 활발히 진행되고 있다.[1]

바퀴로 이동하는 로봇은 이동경로가 연속적이면서 평탄해야 하는 반면, 이족 보행 로봇은 계단이나 요철이 있는 길 등의 불규칙하고 불연속적인 경로를 통해서도 이동이 가능하다. 또한 이족 보행 로봇에서 두 다리는 그 자체가 완충장치로

서의 역할도 훌륭히 수행해 낸다. 다시 말해, 거칠고 불규칙적인 경로를 통해 이동할 경우, 발의 궤도가 심하게 요동하더라도 상체는 안정된 궤도를 유지하며 이동할 수 있다.

그러나 이러한 장점에도 불구하고 두 다리로 중심을 잡고 안정적으로 걷는다는 것은 쉬운일이 아니다. 기구부적인 고민과 복잡한 알고리즘 등 많은 기술적 요소가 필요하다.

본 논문에서는 2족 로봇의 안정적인 보행을 위해 필요한 기술적 요소를 살펴보고, 시스템을 설계하고 구현한 내용에 대하여 논의하고자 한다.

II. 기구부 설계 및 구현

2.1 기구부 제작의 고려사항

안정적인 보행을 위해서는 자유도를 먼저 고려한다. 자유도가 결정이 되면 무게중심을 고려하여 기구부의 초기 형태를 결정한다. 다음으로 기구적인 한계점을 설정하고 이를 위해 프레임 디자인을 고려한다. 프레임 디자인 이전에 모터 조합 방식을 결정하고, 모터배열을 선정하고, 축을 결정한다. 마지막으로 무게, 강도, 손쉬운 가공 등을 고려하여 프레임 재질을 고려한다.

2.2 로봇 관절의 구성 (자유도)

인간이 직립보행을 하기 위해서는 한 개의 다리에 3개 이상의 관절이 있어야 한다. 발목, 무릎, 고관절이 필수 관절에 속한다. 또한 각 관절의 자유도(Degree Of Freedom)는 발목은 2개, 무릎은 1개, 엉덩이는 3개가 있어야 직립 상태에서 보행을 수행할 수 있다.

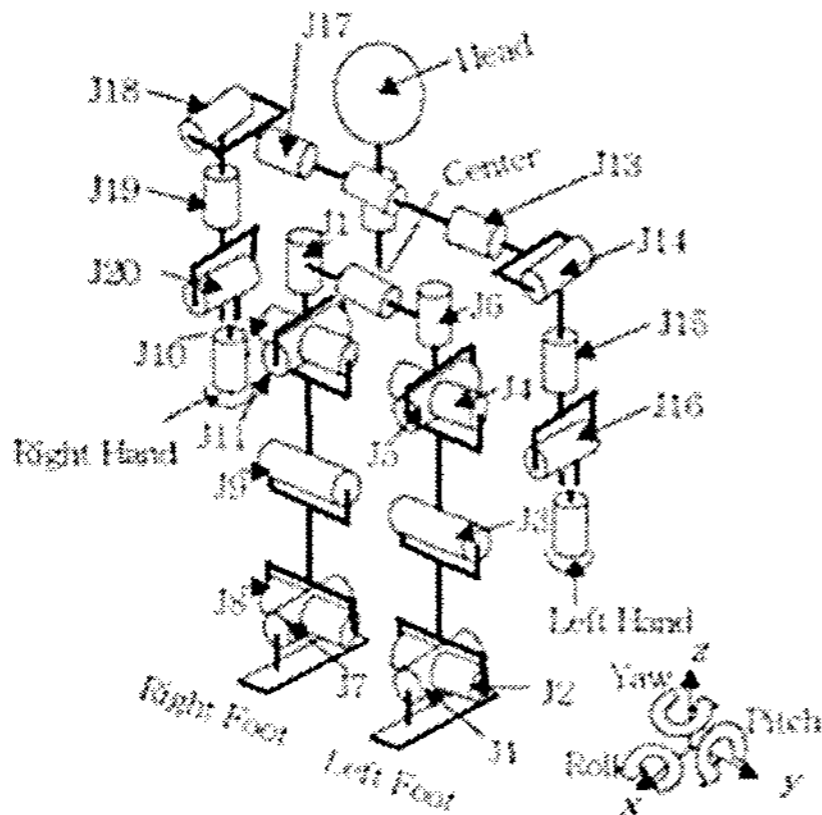


그림 1 관절 구성(자유도)

본 논문에서는 25의 자유도를 선정하였다. 각 관절은 Pitch, Roll 또는 Yaw의 방향을 갖는다. 고관절에 해당하는 어깨, 엉덩이 관절은 3축으로 구성하고 무릎, 팔꿈치 관절은 1축, 발목은 2축으로 구성하였다.

엉덩이의 경우 상체를 앞으로 숙이거나 다리를 앞으로 들어 올리고(J4, J10), 다리를 옆으로 들어 올리거나(J5, J11), 몸 전체를 좌우로 틀기 위해(J7, J1) 3축이 필요하다. 발목의 경우 걸거나 지면에 따라 중심을 잡기 위해 2축이 필요하다.

이와 같이 자유로운 움직임은 관절이 포인트이며 이 관절에 따라 자유도가 변경이 되며 움직임을 생성해 낼 수 있다.

2.3 설계 프레임 재질

경량화는 2족 로봇에게 있어서 기본적인 중요한 과제이다. 보행하는데 있어서 우선은 스스로의 체중이 가장 큰 부하가 된다. 그래서 로봇의 뼈와 피부는 가능한 한 가볍게 해야 한다.

본 논문에서 테스트한 프레임은 알루미늄이다. 가공하기가 쉽고, 비교적 가볍기 때문이다. 무게

를 최대한 줄이기 위해 많은 구멍을 뚫는 등으로 무게를 줄이고자 노력하였다.

2.4 모터(Actuator) 선정 및 배열, 조합

인간의 근육처럼 로봇에서는 모터가 근육의 역할을 한다. 즉, 액츄에이터로 모터를 사용하여 관절을 움직이게 하는 것이다.

일반적으로 로봇에는 명확하고 적절한 움직임 제어를 위해 서보 모듈을 조합한 서보 모터를 사용한다. 테스트용 로봇에는 RX-65 서보 모터를 사용하였다.

모터의 배열은 아래 [그림 2]와 같은 동축배열을 선택하였다.

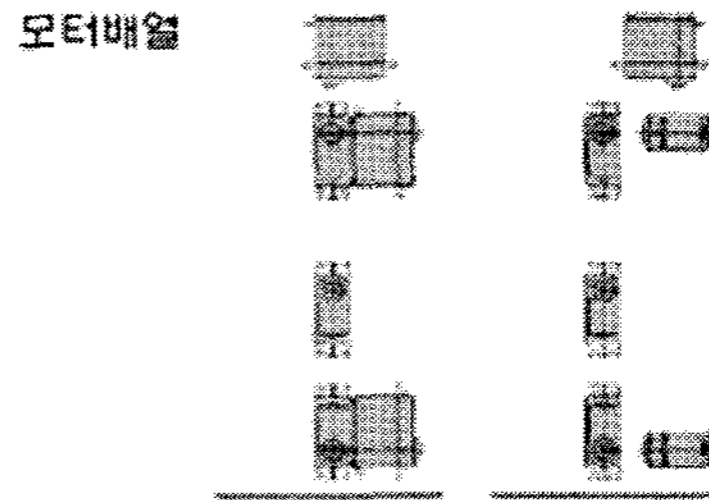


그림 2 모터 배열

동축배열이라 함은 모터의 축이 같은 선상에 있음을 의미한다. 같은 배열에 있음으로써 기구학적인 수식 계산이나 제어가 좀 더 쉬워진다.

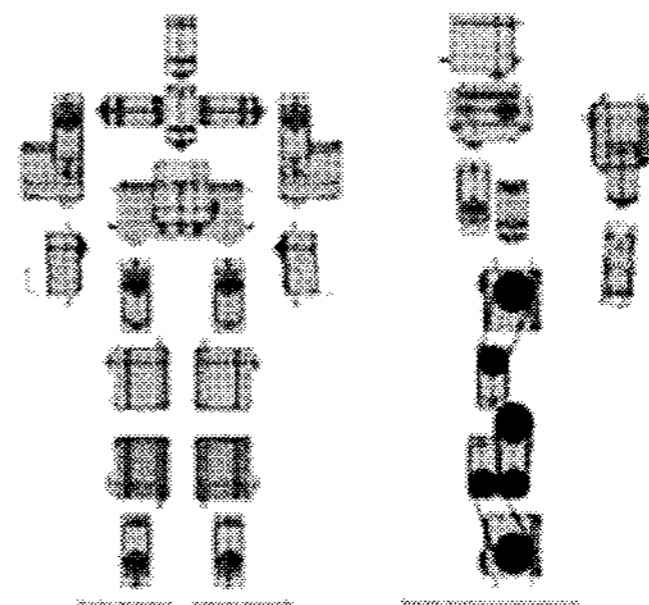


그림 3 모터 연결 방식

모터 축과 프레임 연결방식은 [그림 3]의 왼쪽 그림과 같은 직접 연결하는 방식을 적용하였다. 타임 벨트 등을 이용해 동력을 프레임에 전달하여 움직임을 만들어 낼 수 있으나 힘을 바로 전달할 수 있고, 동력 전달 시간을 줄일 수 있는 직접 연결을 적용하였다. 이 직접 연결하는 방식은 움직임을 동일한 축에서 발생시킴으로써 모터 조합의 효율을 높이고, 로봇의 크기를 줄이는데 이 점이 있음을 알 수 있었다.

2.5 설계

설계에 있어 최대한 무게 중심을 가운데 쪽에 두면서 낮추었다. 무게 중심을 낮추게 되면 움직이는 더욱 안정적이게 된다. 그리고 무게 중심을 가운데 둬으로써 인간과 비슷한 구조를 만들 수 있었다.

각 모터의 움직임이 300도인 관계로 각 모터들이 원활히 움직이게 하기 위해 각 모터를 이어주는 프레임은 길게 하였고, 발목과 무릎, 무릎과 골반 사이의 축 간 거리를 같게 하였다. 축 간 거리를 같게 함으로써 로봇 제어에 있어 움직임을 만들어 내는 수식을 만들기에 적당하였다.

이상적인 걸음을 위해 발바닥은 최대한 넓게 하였으며 안정적인 자세 유지를 위해 발의 길이를 줄이는게 이상적임을 알 수 있었다.

2.6 센서

로봇에 인간처럼 걸거나 서고, 움직이기 위한 균형 감각을 적용시키기 위해서는 인간의 감각기관과 같은 역할을 하는 센서를 탑재하고 있어야 한다.

센서에는 평행 감각을 담당하는 인간의 반고리관에 해당하는 자세제어용 기울기 센서와 자이로 센서, 지면(바닥면의 상태나 그곳으로부터 발에 받는 힘을 검지하는 발바닥이나 발목의 압력 센서 등을 적용하였다.

2.7 동력원

인간은 음식으로 칼로리를 만들어 근육을 움직일 수 있는 힘을 만들어 낸다. 그에 반면 로봇은 배터리로 동력을 만들어 낸다. 배터리 선정에는 액츄에이터에서 소비하는 전력을 계산하여 적용하는 것이 중요하다. 또한 액츄에이터에서 소비 전력선과 보드 전력선을 따로 하여 안정성을 높이는게 중요하다.

2.8 지능

로봇에도 인간과 같은 지능을 부여하게 된다. 지능의 역할을 하는 것은 보통은 컴퓨터이다. 그러나 컴퓨터가 로봇 내부에 올릴때는 마이크로컴퓨터를 이용하게 되며, 외부에 있을때는 일반 PC를 사용하며, 로봇과의 통신으로 로봇을 제어하게 된다.

III. 보행의 구현

3.1 ZMP

ZMP(제로 모멘트 포인트)를 통해 두발로 자연스럽게 걷는 동보행을 구현할 수 있다. ZMP는 로봇의 중심에 작용하는 중력과 관성력을 합한 합력의 벡터를 연장하여 지면과 교차하는 점을 뜻한다.

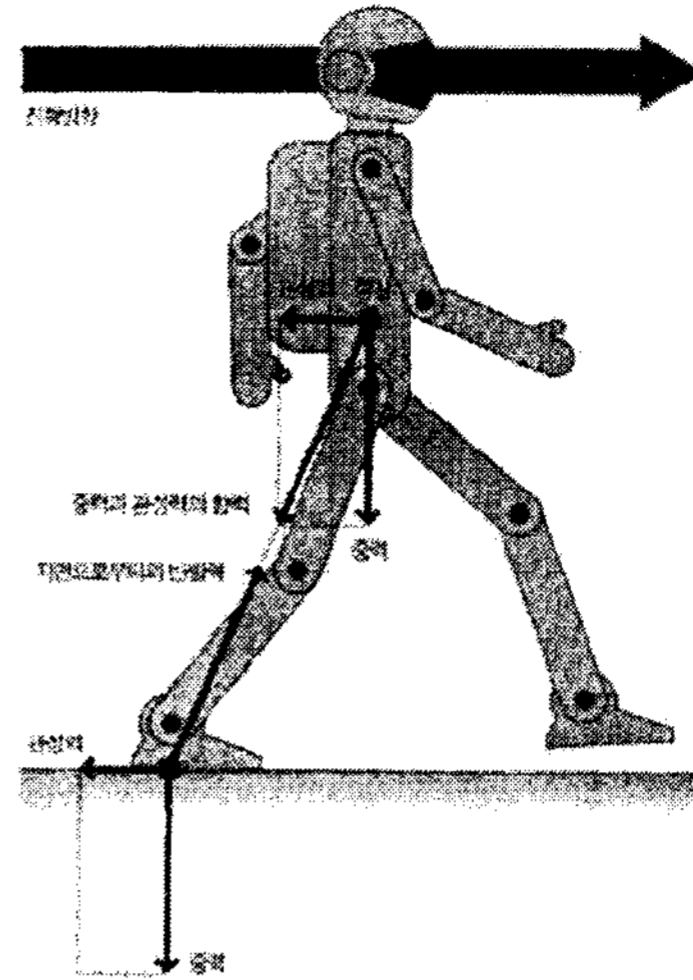


그림 4 ZMP

다시 말해 로봇에 작용하는 모든 힘(중력, 가속도, 외력 포함)의 중심점이 바닥에 투영된 점이다. 발바닥이 지면을 밟아 누르는 힘의 반발력(밟아 누르는 힘과 크기는 같고, 방향은 반대)과 중력, 관성력이라는 3가지 힘 및 그 모멘트(어느 점의 주위에 회전시키는 작용)가 균형을 이루는 것(모두를 합하면 제로가 된다)을 이용하여 이동하면서도 쓰러지지 않고 균형을 유지하도록 제어하고 있다. 이러한 동적인 힘의 균형을 실현하는 데에 있어서 가장 중요한 포인트가 되는 것이 ZMP, 즉 힘도 그 모멘트도 제로가 되는 점이라는 것이다.

ZMP는 로봇이 한 발을 들 때 다른 발바닥 위로 무게 중심을 이동해야 하는 필요성을 성립시킨다. 즉, 한발만 지면에 대고 있는 상태에서는 반드시 발바닥의 범위 내에 있어야 로봇이 넘어지지 않는다.

3.2 동보행과 정보행

로봇의 보행 방법에는 정보행과 동보행 두가지가 있다.

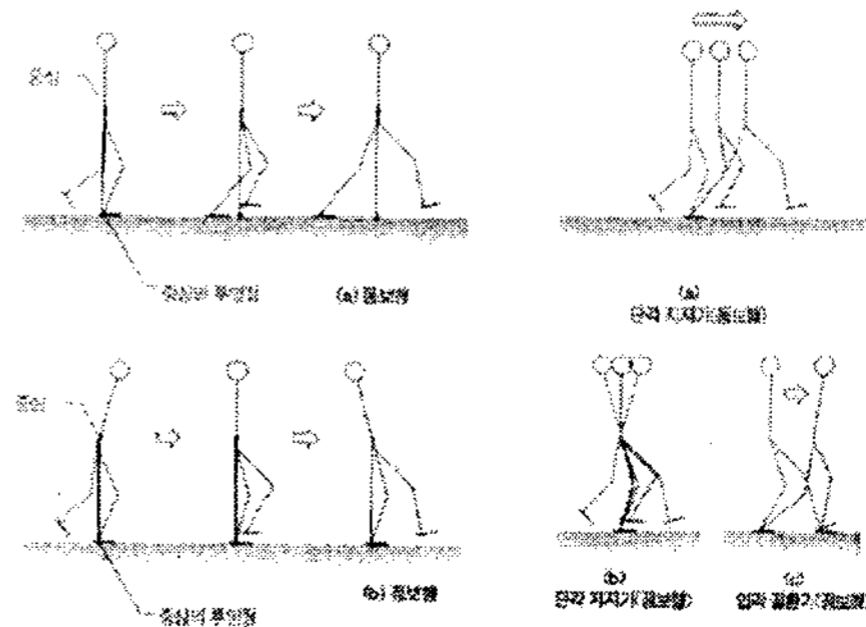


그림 5 동보행과 정보행

보행 동작을 갑자기 멈추었을 때에 힘이 남아서 앞으로 쓰러져 버리는 것이 동보행, 그 상태 그대로 멈추는 것이 정보행이라고 표현할 수 있다. 걷는다는 동작에서는 이동하는 것과 쓰러지지 않도록 균형을 유지하는것을 동시에 만족해야 하는데, 동적인 균형을 유지하면서 걷는것이 동보행, 어느순간에서 정적인 균형을 유지하면서 조금씩 앞으로 진행하는 것이 정보행이다. 동보행의 경우 인간과 비슷한 보행 패턴이 나오며, 정보행은 뒤우뚱 거리는 보행 패턴이 나온다.

정보행과 동보행의 차이는 중심을 연직(중력이 작용하는 방향) 아래 방향으로 지면에 투영한 점과 지면에 닿아 있는 발바닥과의 위치관계로 흔히 표현한다.

IV. 시스템 평가

위에 기술한 기본 기술을 바탕으로 로봇을 설계하고 제작하였다. 개발한 로봇의 외형은 다음 그림 6과 같다.

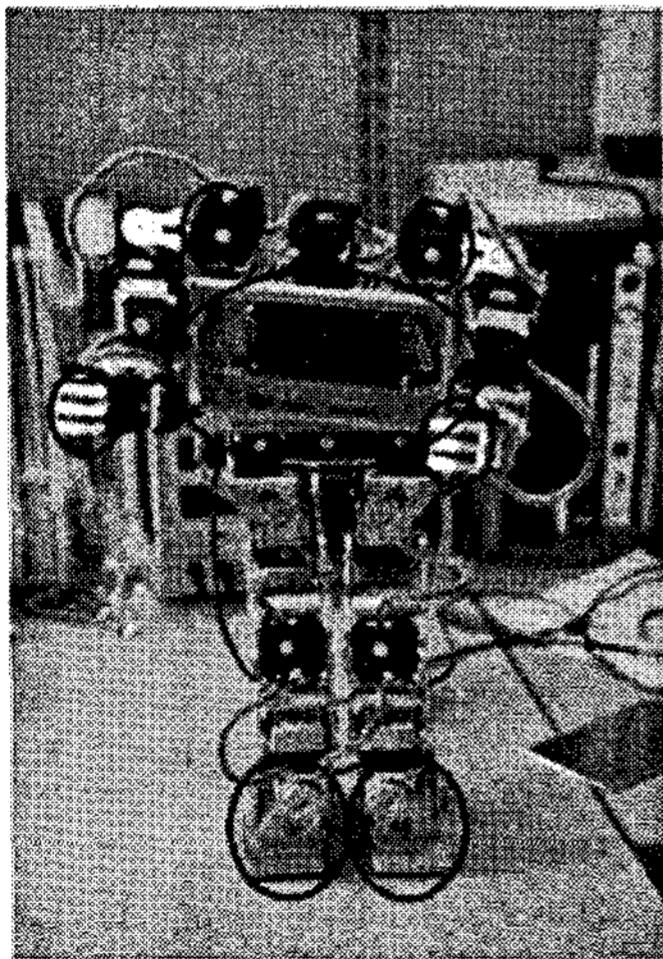


그림 6 구현 로봇 형태

액츄에이터 25개로 자유도 25개를 구현했으며, 인간과 유사한 많은 패턴을 만들어 낼 수 있었다. 물구나무 서기, 좌로 걷기, 우로 걷기, 앉았다 일어서기, 앞으로 걷기, 뒤로 걷기 등이다. 각각의 걸음에 대해서는 ZMP로 무게 중심을 이동시켜 정적 보행을 시켰다.

압력 센서를 발바닥에 붙여 ZMP를 구현할 수 있도록 하였다. 그러나 많은 액츄에이터 제어가 어려웠으며, 인간과 같은 부드러운 보행을 이뤄내지는 못했다. 걷는 속도는 1초에 10cm정도 이동하나 지속적인 패턴 생성 및 테스트를 통해 더욱 빠른 속도를 낼 수 있을것으로 생각한다.

V. 결론

우리는 앞에서 2족 보행 로봇의 필요한 기술들을 알아보고 그 기술들을 바탕으로 실제 구현을 하여 이상적인 요소들을 파악하였다. 인간과 비교를 하며 걷는 것에서부터 시작하여 외형 제작에 필요한 사항, 지능이 적용되는 부분, 외부 환경에 대한 정보를 인지하는 방법에 이르기까지 로봇 제작에 있어 필요한 기술은 여러 요소가 많으며 인간과 같은 움직임을 만들어내는 건 쉽지가 않음을 확인할 수 있었다. 지속적인 연구를 통하여 뛰는 기능을 갖는 로봇으로 성능을 향상시키고자 한다.

참고문헌

- [1] 정건오, 로봇 지능화의 최근 기술 동향 및 전망, p32, 2004.2
- [2] Bradshaw, A., Seward, D.W., Margrave, F, "휴머노이드 로봇의 해부학적 구조, "Robotica, Vol.14. No.4, pp.437-443, 1996
- [3] MHirose, "Development of Humanoid Robot ASIMO," Proc.INT. Conference on Intelligent Robot sand Systems, Workshop22001
- [4] S. Hashimoto SNarita, etal, "Development of a Biped Humanoid Robot "WABIAN" , "VideoProc. Of the 1998 ICRA, 1998