장애물 유형의 판단이 가능한 2족 보행 로봇

유혜빈*, 김상훈*
*한경대학교 전기전자제어공학과
e-mail: wind1104@hanmail.net

A biped robot capable of determining the type of obstacle

Hye-Bin Yoo*, Sang-Hoon Kim*
*Dept of Electrical, Electronic and Control, Hankyong National University

요 약

2족 보행로봇의 가장 중요한 해결 과제는 인간과의 유사성일 것이다.
본 논문에서 2족 보행로봇의 기구부에서는 인간과 비슷한 관절 구조로, 제어부에서는 인간과 유사한 보행 알고리즘을 구현하고 계속해서 검토해나가며 기구부와 제어부를 조절하여 결론적으로는 인간과 유사하게 걸을 수 있도록 하는 것이 최종 목표이다.

1. 서론

다족 보행 로봇에 관한 연구는 1960년대부터 꾸준히 진행되어 왔지만 2족 보행 로봇에 관한 연구는 1990년대 후반에서야 시작되어 왔다. 혼다의 아시모를 시작으로, 보스톤 다이나믹스의 아틀라스, 핸들, 과학기술원의 휴보, 한국미래 기술의 메소드 시리즈 등이 탄생하였다. 이렇듯 많은 로봇들과 기술들이 있음에도 불구, 아직 2족 보행 로봇, 특히 사람의 인체 구조를 모방하여 만든 로봇에 관한 연구는 아직 미숙하다고 볼 수 있다.

이러한 점을 고려하여 이 논문에서는 사람의 인체구조를 최대한 반영하고, 안전성 또한 고려하여 스스로 움직이는 2족 보행 로봇에 관하여 기술해보았다.

2.관련 연구

2.1. 아시모(Asimo)

2족 보행 로봇을 생각하면 제일 흔하게 떠오르는 모델은 아마 일본의 혼다사에서 2000년에 개발한 ‘아시모’일 것이다. 아시모는 1986년 최초의 다리모델인 E0모델을 시작으로 1993년 상체모델을 위에 올리고 1997년 현재와 같은 외형이 탄생하였으며 2000년 연구소 내에서 자연스러운 2족 보행에 성공하며 1세대가 탄생하였다. 아시모는 2004년, 2005년에 각각 업그레이드 하였고 2007년에는 신기술과 자가 충전 기능을 개발하였다. 2011년에는 아시모 3세대가 출시되었고 2014년에 한 번 더 업그레이드 하였다.

(그림 1)혼다사의 아시모

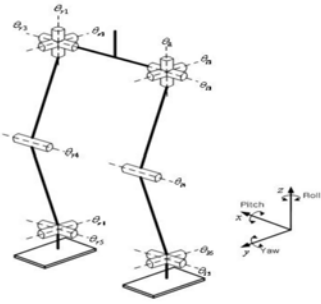
2.2. 아틀라스(Atlas)

제일 발전된 2족 보행 로봇을 꼽으라면 아틀라스가 단연 1순위일 것이다. 아틀라스는 보스턴 다이나믹스사에서 만든 로봇으로 2017년 공개한 영상에서는 사람보다 뛰어난 움직임으로 백 덤블링에 성공을 하고 무릎 높이의 장애물 위로 점프를 하는 모습을 볼 수 있었고, 2018년에 공개한 영상에서는 전년도에 비해 자연스러운 움직임과 속도를 떨어뜨리지 않으며 파쿠르를 하는 모습을 볼 수 있었다.

(그림 2)보스턴사의 아틀라스

3. 본론

"2족 보행로봇의 3D 시뮬레이션 환경 설계 및 구축"(문헌[1])에 따르면 기본적인 2족 보행 로봇의 다리의 구조는 관절과 링크로 구성되어 있다. 한 쪽 다리 당 대관절 3개, 슬관절 1개, 족관절 2개로 두 다리 모두 합쳐 총 12개의 자유도를 가지고 있다. 여기서 대관절은 사람의 골반역할, 슬관절은 사람의 무릎역할, 족관절은 사람의 발목역할과 유사하다. 이는 실제 인간의 관절의 구조를 기반으로 최소한의 자유도를 구성한 것이다. 관절의 움직임에서 두 회전의 중심축이 하나로 일치하면 할수록 한 쪽의 움직임으로 달라지는 다른 한 쪽의 중심축 보정이 달라지므로 계산상의 이득을 가지게 된다. 하지만 로봇에서는 한 점에서 만나게 하기는 어려움이 있어 한 축에서 만나는 구조로 제작을 할 것이다.



(그림 3) 2족 보행 로봇의 자유도

각 관절과 링크는 12개의 RC 서브모터로 구성되는데, 12개의 RC 서브모터의 제어를 위해 제어부에서 12개의 서브 컨트롤러를 사용을 할 것이다. "2족 보행 로봇의 지능 보행 알고리즘에 관한 연구"(문헌[2])에 따르면 RC 서브모터는 각 관절에 필요한 충분한 토크를 계산 후 일정 값 이상의 토크를 가지고 있는 모터를 택해야 한다고 한다. RC모터는 메인 MCU에서 절대 위치센서로 사용되는 퍼텐쇼미터의 전압 출력을 위치로 피드백 받아 위치측정을 하고 제어를 한다. 모터의 위치 데이터는 PWM(Pulse Width Modulation)시그널로 공급한다. RC 서브모터는 HS935MG모터 혹은 HS645MG모터를 이용할 것이다.

(그림 4)HS935MG servo (그림 5)HS645MG servo

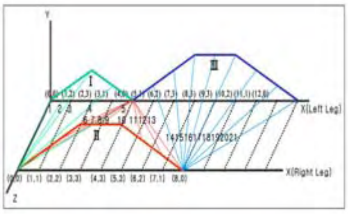
"인간형 2족 보행 로봇 개발 사례 연구"(문헌[3])에 따르면 MCU는 모터들에게 PWM 시그널을 제공하여 관절 동작을 구현한다.

외형을 만든 후에는 로봇의 보폭과 발을 들었을 때의 발과 지면으로부터의 높이를 고려하여 로봇의 전진 보행 궤적을 미리 결정하고 각 시기(phase)별로 보행로봇의 안정된 기본 보행 알고리즘을 구현한다.

<표 1> 각도에 따른 알짜 토크

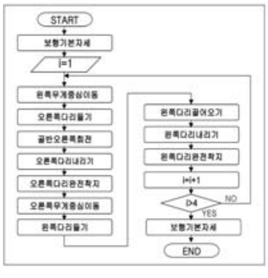
Angle(°)	Torque[kgf · cm]
30	9.83
45	13.9
60	17.02

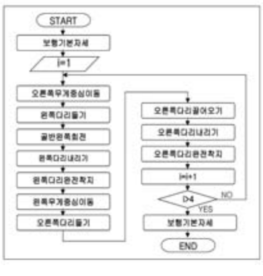
직립 보행 알고리즘은 문헌[2]를 참고하여 왼발 들어올리기 위해 오른쪽으로 로봇의 무게중심을 이동 후 왼발을 들어 일정 간격 내딛고 다시 왼쪽으로 로봇의 무게중심을 이동 후 오른발을 들어 내딛는 과정을 반복하는 형태로 구성한다.



(그림 6)직립 보행 알고리즘

회전 보행 알고리즘(문헌[2])을 구현하기 위해서는 장애물의 여부를 감지할 수 있는 센서가 필요하다. 센서는 정면센서와 우측, 좌측 센서가 필요하다. 정면센서는 진로방향의 장애물의 여부를 확인할 수 있는 위쪽 센서 겸 카메라 1개와 장애물의 폭을 확인할 수 있는 아래쪽 센서 2개가 필요하다. 회전 보행 알고리즘은 이러하다. 우선 장애물의 여부를 판단하는 정면센서가 장애물이 없다고 판단된 후에는 양 쪽의 센서를 확인한다. 장애물이 왼쪽 센서에는 없고, 오른쪽 센서에만 잡힐 경우 좌회전, 왼쪽 센서에 있고, 오른쪽 센서에는 없을 경우 우회전, 양쪽 다 장애물이 있는 경우는 직립 보행을 택하는 알고리즘을 구현한다.





(그림 7)우회전 알고리즘 (그림 8)좌회전 알고리즘

아래쪽 센서가 장애물이 있다고 확인되면 위쪽 센서가 장애물의 높이, 폭을 확인한다. 직립 보행을 할 수 있는 크기의 장애물이라면 장애물을 넘어갈지, 계단 형식으로 올라갈지 결정한다. 위쪽 센서로 직립 보행을 할 수 없다고 확인되면 기본적으로 우회전을 하는 알고리즘을 구성한다.

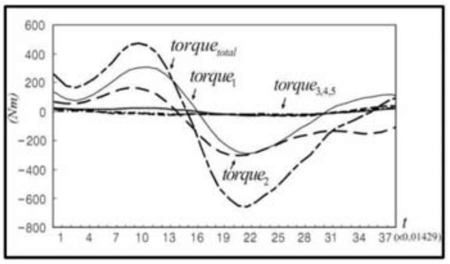
위쪽 정면센서에서는 라즈베리파이(Raspberry Pi)를 이

용하여 초음파센서와 3D거리센서, 영상 정보를 바탕으로 최종적으로 판단을 하는 알고리즘을 짠다. 아래쪽 센서와 왼쪽, 오른쪽 센서에는 초음파 센서를 사용하여 장애물의 여부를 판단하게 한다.

2족 보행 로봇 개발의 제일 힘든 점은 안정성이다. 다리가 지면에 접촉할 때의 충격력이 로봇이 보행을 제대로 하지 못할 정도의 매우 큰 힘이기 때문이다. “외부 환경을 고려한 2족 보행 로봇의 임피던스 제어”(문헌[4])에 따르면 이 충격을 다루기 위해서는 로봇의 제어기가 매우 높은 대역폭을 가져야 한다고 한다. 충격을 완화하기 위해서 문헌[4]를 인용하여 임피던스 제어 법칙과 계산-토크 제어 법칙을 이용할 것이다. 임피던스는 다리가 스윙 상태일 때와 하중 이동 상태일 때, 계산-토크 제어 법칙은 단일 지지 상태일 때 이용하여 기존 링크가 더 정확하게 움직일 수 있도록 하는 법칙이다. 이 법칙들을 이용하여 충돌 순간에는 감쇄비를 임계 감쇄비의 20배로 증가시키고 목표 임피던스 모델의 강성 및 질량 요소들은 궤적 추종에 요구되는 강성 및 대역폭을 갖도록 한다. 충돌 안정화 성능 향상을 위해 제어기는 충돌 순간의 발의 수직방향 레퍼런스 위치 및 속도를 강제로 0으로 만들어 안정화 한다.

4.실험 및 고찰

2족 보행 로봇은 앞서 말했듯이 인간의 걷는 모습을 모델링하여 유사하게 만드는 것이 기본이다. 2족 보행 로봇의 목적은 최대한 사람과 비슷하게 자연스럽게 움직이는 것이다. 로봇의 관절과 링크가 앞에서 짠 알고리즘에 맞게 동작을 정상적으로 수행하는지 확인한다. 보행 알고리즘 수행 시 가던 방향으로 전진할 수도, 장애물을 넘어가거나 올라갈 수도 없는 거리에 적당한 높이의 장애물이 존재할 때 거리보정이 필요하다고 생각된다. 또 보행 시 이 로봇이 얼마나 안정적으로 가는지를 확인하기 위해 “2족 로봇의 동적보행 알고리즘에 대한 연구”(문헌[5])를 인용하여 인간의 보행인자 추출 프로그램을 사용하여 시간에 따른 관절의 변화와 각도의 변화를 측정하여 그래프를 그린다. 이 논문에서는 후에 성능 평가를 위해 ZMP(Zero Moment Point)궤적과 역기구학을 이용하여 얻어진 로봇의 보행궤적을 이용한 관절의 보행 중 회전력 변화를 인간의 보행인자 그래프와 비교한다. 비교 후 최대한 안정적으로 로봇이 작동할 수 있도록 계속해서 조절해 나가야 한다고 생각한다.



(그림 9)인간의 보행궤적 그래프 예시

인간과 비슷하게 걷기 위해서는 제어부도 물론 중요하지만 기구부의 역할, 특히 관절에 해당되는 부분의 역할이 보행 시 회전각도 등에 영향을 크게 미치므로 이 부분 또한 계속해서 조절해 나가야 할 것 같다.

5.결론

아직까지 인간과 완벽하게 똑같이 걷는 2족 보행 로봇은 없다. 향후 2족 보행로봇의 주요 해결 과제는 최대한 인간과 비슷하게 행동하는 것일 것이다. 본 논문에서는 상체 부분을 제외한 하체 부분만 다루었지만 휴머노이드 로봇의 개발 현황을 보면 인간의 신체능력을 뛰어넘는 2족 로봇은 있지만 인간과 비슷하게 행동할 수 있는 로봇은 거의 없는 것이 현황이다. 본 논문에서의 얼마나 인간과 유사한 걸음걸이로 걸을 수 있는가에 대한 연구는 위에서 말한 인간과 유사한 휴머노이드의 개발에 대한 문제 해결에 대한 방안으로 활용할 수 있다고 생각한다.

참고문헌

[1] Jong-Hyun Han, Khongozul D., Byung-Cheol Shinn “2족 보행로봇의 3D 시뮬레이션 환경 설계 및 구축”
[2] 이은선 “2족 보행 로봇의 지능 보행 알고리즘에 관한 연구”
[3] 조정형, 윤종영, 이상화 “인간형 2족 보행 로봇 개발 사례 연구”
[4] 정호암, 배종현 “외부 환경을 고려한 2족 보행 로봇의 임피던스 제어”
[5] 김병렬 “2족 로봇의 동적보행 알고리즘에 대한 연구”