

이족보행로봇의 장애물 극복 보행알고리즘에 관한 연구

A study on the Obstacle-Avoidance Walking Algorithm of a Biped Robot

김용태*, 이은선*, 이희영**

*한경대학교 정보제어공학과 및 전자기술연구소, **서울산업대학교 제어계측공학과
Yong-Tae Kim*, Eun-Sun Lee*, Heyoung Lee**

*Dept. of Information & Control Eng., Hankyong National University

** Dept. of Control & Instrumentation Eng., Seoul National Univ. of Technology

E-mail : ytkim@hnu.hankyong.ac.kr

요 약

인간의 작업을 보조 혹은 대신하기 위해서 인간과 흡사한 이족보행로봇에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. 이족보행로봇이 인간을 대신해서 어떤 작업을 하기 위해서는 작업공간에서의 자유로운 이동과 장애물 대처능력은 반드시 필요한 기능이다. 본 논문에서는 안정된 정적 보행 및 장애물을 지능적으로 대처하는 이족보행로봇의 보행알고리즘을 제안하였다. 먼저 장애물 대처가능한 이족보행로봇의 기구 설계 및 제어기 구현에 대하여 설명하고, 인간의 보행 분석 결과를 바탕으로 안정된 정적보행 알고리즘을 제안하였다. 또한 좌우 회전 및 옆걸음을 통한 장애물 회피 알고리즘, 발에 부착된 적외선센서로 장애물을 인식하여 장애물을 넘어가는 보행 알고리즘을 제안하였다. 제안한 보행알고리즘은 이족보행로봇을 제작하여 다양한 작업환경에서 실험으로 성능을 검증하였다.

1. 서론

최근 인간의 존엄성과 가치에 대한 관심이 높아짐에 따라 극한 환경의 작업현장에서 인간이 수행할 작업을 대신 할 수 있는 자율 이동 로봇의 요구가 증가하고 있다. 대부분의 로봇은 잘 정돈 된 작업환경에서만 운용할 수 있는 고정된 몸체를 지닌 형태이거나, 이동형 로봇 또한 한정된 범주를 벗어나지 못하고 있어 작업환경이 험난한 곳에서는 작업수행 능력이 크게 위축되어 있다. 자율이동 로봇의 이동 수단으로서는 차륜이나 무한케도가 이용될 수 있으나 에너지 효율은 높은 반면에 장애물이나 협소한 공간 등의 환경에 따른 제약을 많이 받는다. 따라서 인간이나 짐승 등 동물의 이동수단을 응용한 다리를 가지는 로봇의 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 자율 이동 로봇 중에서도 이족 보행 로봇의 연구

가 차지하는 비중은 점점 커지고 있다.

이족보행로봇은 인간과 가장 유사한 형태를 지니고 있으므로 현재 인간의 작업환경에 큰 변형없이 적용하는 것이 가능하며, 작업 환경에 따른 제약이 적다. 현재 일본의 혼다에서 개발한 휴먼노이드는 계단 및 경사로 오르내리기, 제자리에서 방향전환, 공차기 등 인간과 거의 유사한 동작을 구현하는 단계까지 와있다. 국내에서도 이족보행로봇의 보행 알고리즘을 구현하기 위하여 활발한 연구가 이루어지고 있다[1]-[7].

본 논문에서는 공간에 대한 제약을 최소한으로 하는 인간과 가장 흡사한 정적 보행을 하고, 센서를 통해 장애물을 회피하거나 넘어갈 수 있는 지능형 보행 알고리즘을 제안하였다. 제안한 보행알고리즘은 실제 제작된 이족보행로봇의 실험을 통하여 성능을 검증하였다.

2. 인간의 보행 실험 및 분석

본 논문에서는 체계적으로 분석되어 있는 인간 보행자세 분석 결과를 참고하여, 이족보행로봇의 안정된 보행알고리즘을 구현하였다.

인간의 보행주기는 한 다리의 발꿈치 닿기에서 같은 다리의 다음 발꿈치 닿기까지의 시간으로 간주할 수 있다[8]. 보행주기는 그림 1과 같이 중요한 자세별로, 한쪽 다리가 지면에서 떨어지기 시작하는 시기(0%), 발의 앞부분이 지면에 접촉한 시기(15%), 발꿈치가 지면에서 떨어지는 시기(30%), 한 쪽 다리가 지면에서 완전히 떨어지기 위해 다리를 전방으로 가속하기 위하여 슬관절과 고관절을 굴곡시키는 시기(45%), 발가락이 지면에서 떨어지며 한쪽 다리만으로 서있는 시기(60%), 다시 한쪽 다리의 발꿈치 닿기 시기(100%)로 이루어진다[8].

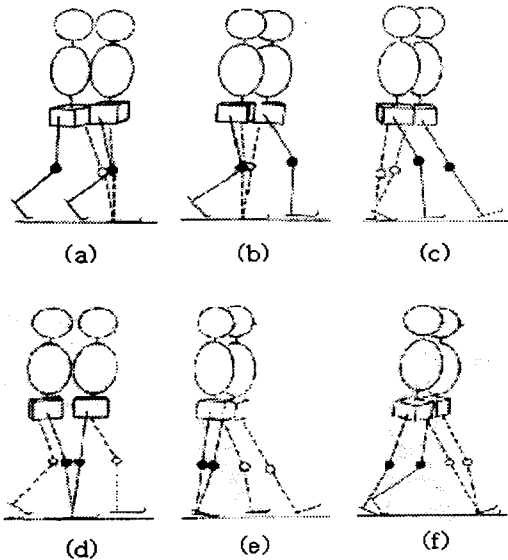


그림 1. 인간의 보행 주기. (a)0%, (b) 15%, (c) 30%, (d) 45%, (e)60%, (f)100%

본 논문에서는 인간보행주기에 있어서 중요한 시점에서의 각 관절의 θ 값 및 토크를 참고하여 보행 알고리즘을 구현하였다.

3. 이족 로봇의 시스템 구성

3.1 전체 시스템 구성

로봇의 전체구성은 기구부와 제어부로 나누어 볼 수 있다. 기구부는 한쪽에 대관절 2개, 슬관절 2개, 발목 2개의 자유도를 가지고 있으며, 전체적으로 12자유도를 가지고 있다. 각각의 관절에는 RC 서보모터(HS945MG, HS645MG)를 사용하였다. 제어부의 마이크로프로세서는 Intel사의 80C196을 사용하였으며, 모터를 제어하기 위하여 12개의 모터를 동시에 제어할 수 있는 서보 컨트롤러 90S2313을 사용하였다.

제어시스템은 적외선 센서로부터 장애물의 정보를 입력받아 이족보행 로봇이 장애물을 넘어가거나 회피할 수 있도록 제어를 한다. 전체 시스템의 구성은 그림2와 같다.

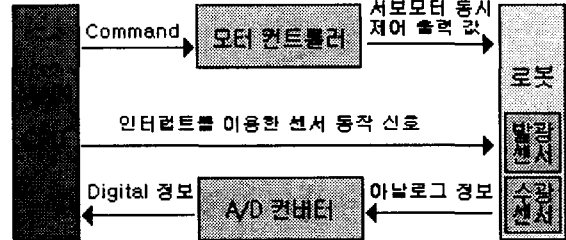


그림 2. 이족보행로봇의 전체 시스템 구성

3.2 이족보행로봇의 외형

이족보행로봇은 12개의 모터와 알루미늄 링크로 구성된 다리부와 제어부로 구성되어있는데 정지상태에서 전체 길이는 257mm이고, 총 무게는 1.05Kg이다. 또한 장애물을 감지하기위한 적외선 센서가 발에 부착이 되어있는데, 한쪽발에 3개씩 전방 2개, 측방 1개, 총 6개의 센서를 발 앞부분에 부착하였다.

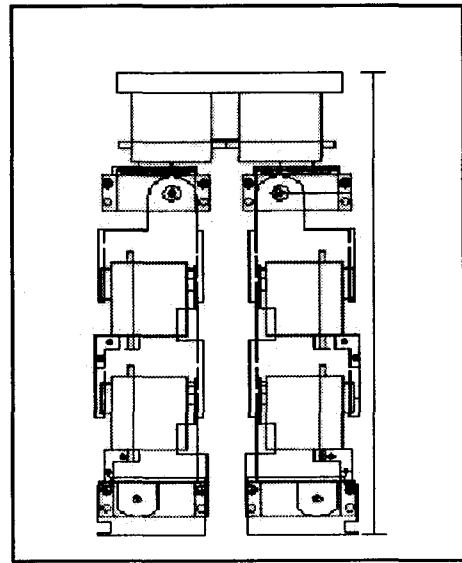


그림 3. 이족보행로봇의 전체 외형

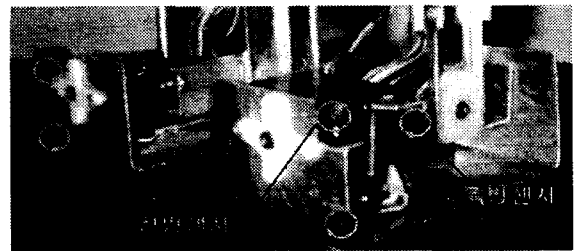


그림 4. 장애물 감지를 위한 센서 위치

3.3 기구학

로봇의 기구학적 해석을 위해 다리기구학을 분석한다. 각 링크의 좌표계는 Denavit-Hartenberg에 따라서 설정되었으며 각 링크 파라미터와 변수는 그림 5와 같다.

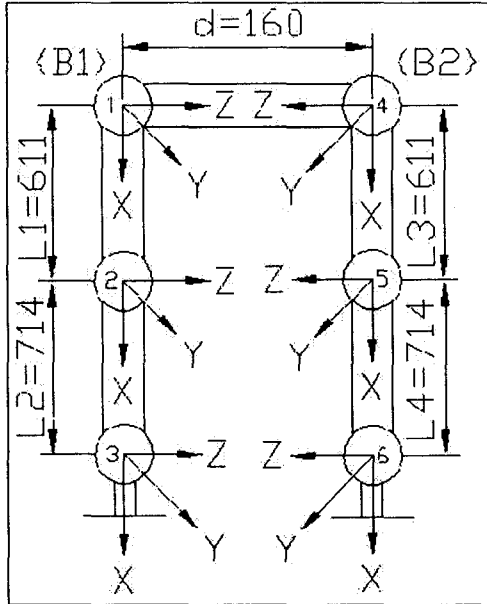


그림 5. 간략화된 이족보행로봇 모델

리는 8.6mm씩이다. 따라서 왼쪽, 오른쪽 모터의 회전각 때문에 총 이동거리는 1.72cm씩 이동한다.

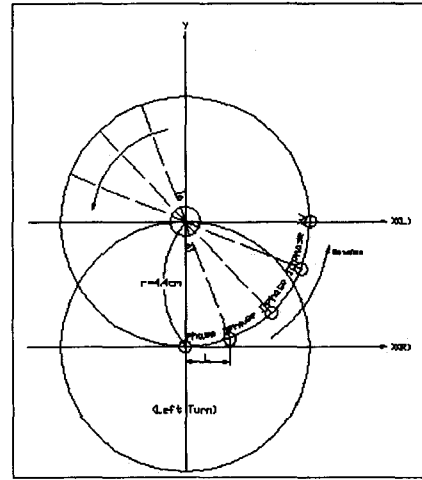


그림 7. 회전 보행 알고리즘

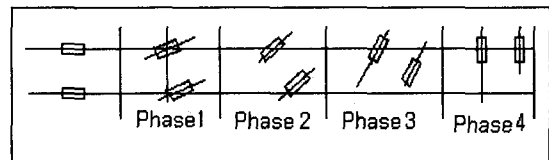


그림 8. 로봇의 회전 보행 중 발의 위치

4. 이족 보행 로봇의 보행 알고리즘

4.1 정적 보행 알고리즘

로봇의 발끝 좌표 값을 이용하여 기구학을 해석하고 각 시기(phase)별로 각 관절의 θ 값과 토크값을 구하여 안정된 정적 보행 알고리즘을 구현하였다.

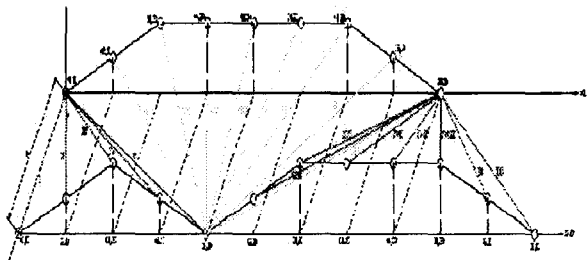


그림 6. 각 시기별 로봇의 발끝 좌표

4.3 장애물 회피 및 넘어가기 알고리즘

장애물에 발이 부딪히지 않고 항상 장애물과 발의 간격을 일정한 범위에 들어오게 하는 거리 보정 알고리즘을 사용하여 장애물 회피 알고리즘을 구현하였다.

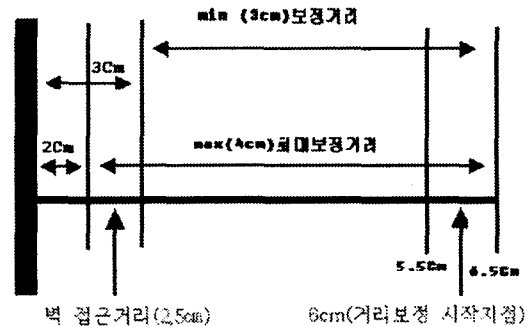


그림 9. 거리 보정 함수

4.2 회전 보행 알고리즘

측면 센서에 의해 오른쪽 혹은 왼쪽 센서에 벽이 감지되면 반대쪽으로 회전 수행하며, 전방 센서에 모두 물체가 감지되어도 벽이 있다고 판단하여 회전 보행을 수행한다. 관절 모터의 회전각(θ)만큼 반대쪽 관절 모터 또한 θ 만큼 반대 방향으로 회전한다. 11.3° 씩 회전할 때 이동 거

두 발 전방 센서 4개중 1개라도 벽이 있다고 감지하면 거리 보정에 들어가고, 거리 보정 후 전방 센서의 위쪽의 두 개 센서는 벽이 없다고 감지되면 장애물 넘어가기 알고리즘을 수행한다. 만약 전방 센서의 위, 아래 센서 4개가 벽이 있다고 감지하면 우회전을 수행한다. 오른쪽, 왼쪽

발 중 한쪽에만 벽이 있다고 하면 해당 발의 반대쪽으로 옆 걸음을 수행하게 된다.

5. 보행 알고리즘의 실험

아래의 그림들은 이족 보행 로봇의 장애물 회피에 대한 알고리즘의 실험을 위하여 실제 로봇을 제작하고 모델링된 작업 환경을 바탕으로 여러 가지 걸음새 제어 알고리즘을 구현한 실험한 결과이다.

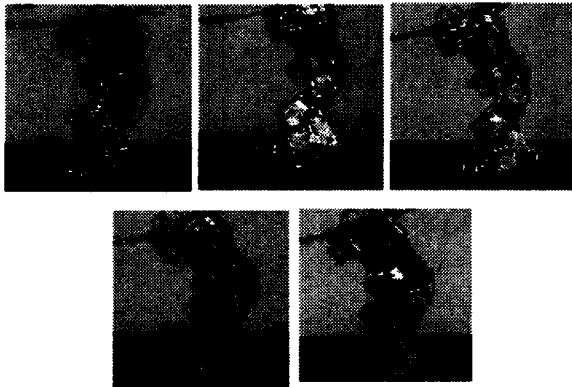


그림 10. 안정된 정적보행 실험 결과

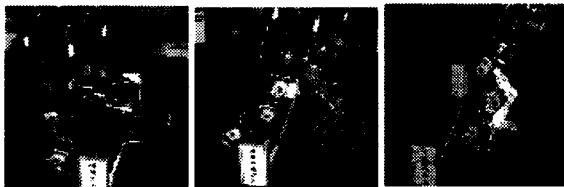


그림 11. 장애물 넘어가기 실험 결과



그림 12. 좌회전 보행 실험 결과



그림 13. 우회전 보행 실험 결과



그림 14. 옆걸음 보행 실험 결과

6. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 로봇이 장애물을 극복하기 위한 지능형 보행 알고리즘을 제안하였다. 발에 부착된 적외선센서를 이용하여 장애물을 감지하고 판단한 뒤 장애물 넘어가거나 회전 보행을 통한 회피하는 알고리즘으로 장애물을 극복하였다. 본 연구에서는 평지에서의 보행알고리즘을 제안하였으나, 보다 다양한 작업환경에서 이족보행로봇을 적용하기 위해서 앞으로 계단 및 경사지에서의 보행알고리즘을 연구할 예정이다.

7. 참고문헌

- [1] 장충열, 이족보행로봇의 시스템 해석과 관절 토크에 관한 연구, 인하대학교 석사학위 논문, 2000.
- [2] 김병열, 2족 로봇의 동적 보행 알고리즘에 관한 연구, 경희대학교 석사학위 논문, 2001.
- [3] 박창우, 2족 로봇 제작 및 정적 보행 알고리즘 개발, 경희대학교 석사학위 논문, 2001.
- [4] 임삼일, 소형 2족 보행 로봇에 관한 연구, 중앙대학교 석사학위 논문, 2001.
- [5] 강민구, 빠른 보행을 위한 이족 로봇의 설계, 명지대학교 석사학위 논문, 2000.
- [6] 성영휘, 이수영, "소형 휴머노이드 로봇 시스템 개발", 제어·자동화·시스템공학 논문지, vol.7, no.5, pp.420-426, 2001.
- [7] 황재필, 김은태, 박민용, "소형 이족보행로봇 개발에 관한 연구", 2003년 대한전자공학회 하계종합학술대회, pp.2791-2794, 2003.
- [8] 최재청, 물리치료 측정 및 평가, pp.215-240, 2000.