

이족보행로봇의 비평탄지형 보행 및 자세 안정화 알고리즘

Walking and Stabilization Algorithm of a Biped Robot on the Uneven Ground

김용태, 노수희, 이희진
한경대학교 정보제어공학과, 전자기술연구소

Yong-Tae Kim, Su-Hee Noh, Hee-Jin Lee
Department of Information Control Engineering
Hankyoung National University
E-mail : ytkim@hknu.ac.kr

요 약

이족보행로봇을 실생활에 적용하기 위해서는 비평탄지형에서의 안정적인 자율보행 및 자세 안정화는 반드시 필요한 기능이다. 본 논문에서는 계단, 경사지형, 다양한 형태의 장애물에 대처가능한 이족보행로봇의 기구설계 및 원격제어 가능한 제어시스템 구현에 대하여 설명하고, 이러한 비평탄지형에서 발에 부착된 적외선센서 및 FSR센서, 머리에 장착된 카메라를 사용한 안정된 자율보행 알고리즘을 제안하였다. 또한 발바닥에 장착된 FSR센서를 사용하여 외부에서 들어오는 외력에 대처하는 자세안정화 알고리즘도 제안하였다. 제안한 자율보행 및 자세안정화 알고리즘들은 이족보행로봇을 제작하여 다양한 환경에서 실험으로 검증하였다.

1. 서론

산업체에서 점차 로봇의 쓰임이 늘어나고 있지만 이러한 로봇들은 지정된 장소에서 지정된 형태로만 사용이 가능하기 때문에 일부 비구조적인 환경이나 특수한 환경에서의 이동이 불가능하였다. 산업현장에서뿐만 아니라 실생활에서 환경에 제약이 없고 다양한 작업을 수행할 수 있는 다양한 종류의 이동로봇들에 대한 연구가 수행되어 왔다. 특히 다양한 이동로봇들 중에 사람과 같이 두 다리로 걸을 수 있는 이족보행로봇은 기술적으로 다소 구현하기가 어렵지만, 사용범위가 폭넓고 사람과 같은 기능을 수행할 수 있기 때문에 많은 연구가 진행되고 있다[1]-[8].

본 논문에서는 장애물, 계단, 경사면과 같은 비평탄지형에서 발에 부착된 적외선센서와 FSR센서를 사용한 안정된 자율보행과 외부에서 들어오는 외력을 지능적으로 대처하는 자세 안정화 수행이 가능한 이족보행로봇의 설계 및 구현방법을 제안하였다. 또한, 머리에 장착한 비전 시스템

을 통하여 물체인식 및 목표추적 기능과 이족보행로봇의 원격제어가 가능한 제어시스템 구현에 대하여 설명하였다.

2. 이족보행로봇의 시스템

2.1 전체 시스템 구성

로봇의 전체 구성은 로봇 기구부, 모터 제어부, 센서처리부, 원격조정부, 주제어부와 보조제어부로 구성되어 있다.

로봇 기구부는 전체적으로 21자유도로 21개의 RC서보모터를 사용하였으며 다양한 형태의 장애물 인식과 계단, 경사지에서의 보행을 위하여 적외선센서와 FSR센서를 발바닥부분에 장착하였고, 무선 카메라를 이용한 비전시스템을 구현하다. 또한 ATMEGA사의 90S2313과 RF(BIM-433)을 사용하여 무선으로 로봇을 제어하기 위하여 원격제어기를 구현하였다. 로봇의 모터제어와 주제어를 하기 위하여 MR-3000을 사용하였으며, MR-3000은 21개의 서보모터를 동시에 실시간 제어하

고, 센서들로부터 장애물과 지형 정보를 입력받아 장애물의 형태에 따라 장애물을 넘어가거나 회피하고, 비평탄지형을 인식하여 자율보행을 실행한다. 적외선센서신호 처리를 위해 보조제어부로서 ATMEGA사의 8535를 사용하였다. 이족보행로봇의 전체 시스템의 구성은 다음과 같다.

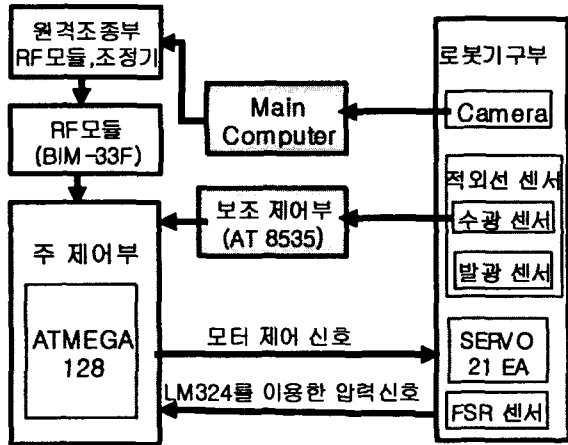


그림 1. 이족보행로봇 전체 시스템 구성

2.2 이족보행로봇의 기구부 설계

로봇 기구부는 가능한 사람과 비슷한 몸체구조로 설계하였다. 각 관절간의 연결은 자체 하중과 보행을 수행하기 위하여 주어진 하중을 지지할 수 있으며, 모터에 충분한 토크를 낼 수 있도록 전체의 무게가 최대한 가벼운 구조로 설계되었다. 로봇은 정지 상태에서 전체 길이는 360mm, 총 무게는 2.5kg이다. 로봇 몸체는 21개의 모터와 알루미늄 링크로 구성, 관절에는 RC서보모터(HS-5645MG, HS-5945MG)를 사용하였다. 장애물을 감지하기 위한 적외선 센서를 한쪽 발에 전면 2개, 측면 1개, 총 6개의 센서를 발 앞부분에 부착하였고, 압력센서인 FSR센서를 발바닥의 상하 좌우로 4개씩, 총 8개를 부착하였다. 다음 그림은 제작된 이족보행로봇의 정면과 측면도와 센서 배치도이다.



그림 2. 적외선센서 배치도

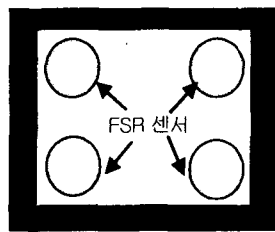


그림 3. FSR 배치도

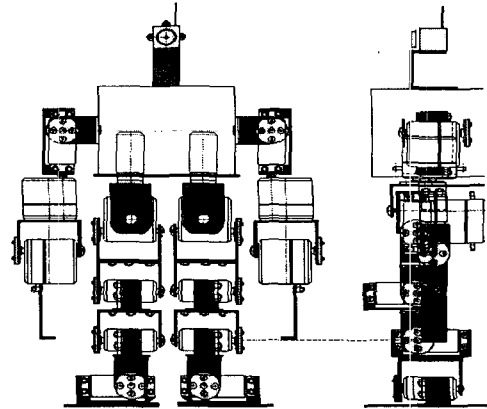


그림 4. 이족보행로봇의 정면과 측면도

3. 이족로봇 보행 및 안정화 알고리즘

3.1 비평탄지형 보행 알고리즘

3.1.1 장애물 넘어가기

이족보행로봇이 장애물에 발이 부딪히지 않고 넘어가기 위해서는 로봇과 장애물이 항상 일정한 거리범위 안에서 일정한 자세를 수행해야 한다. 따라서 로봇은 장애물을 발견하면 일정 거리 범위를 주기 위해 거리보정을 수행한 후 적외선 센서로부터 받아들인 장애물 높이에 따라 지능적으로 장애물 넘어가기 알고리즘이나 장애물 회피 알고리즘을 수행한다[1].

3.1.2 경사면 보행 알고리즘

비평탄지형의 하나로 경사면이 주어졌을 경우 로봇이 넘어지지 않고 균형을 유지하면서 보행할 수 있도록 경사면 보행 알고리즘을 제안하였다. 제작된 이족보행로봇은 한 걸음을 걸을 때마다 적외선센서와 FSR센서 측정을 수행하는데 이때 FSR 값의 변화로써 경사면을 발견할 수 있다. 경사면 확인 후, 무릎을 굽힌 형태의 경사면 기본 자세를 취하고 FSR센서값의 변화에 따라 몸체 기울기나 높이를 달리하여 보행하도록 하였다.

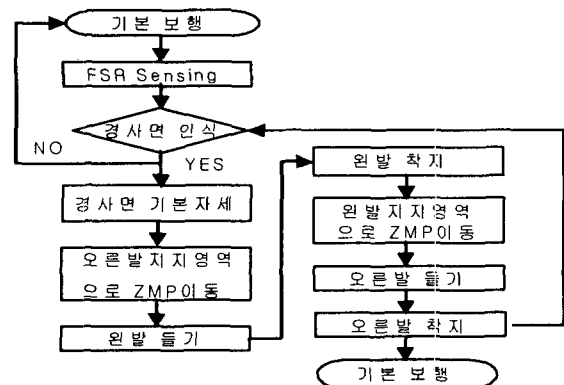


그림 5. 경사면 보행 알고리즘

3.1.3 계단 보행 알고리즘

계단 보행 알고리즘은 경사면 보행 알고리즘과 연계하여 구성하였다. 적외선 센서가 장애물을 인식하는 것처럼 센서측정을 통해 계단지형을 인식하면 계단의 높이에 따라 보행 궤적을 고려하여 몸체의 자세와 높이를 결정하고, 다리의 이동 및 착지점을 결정해준다. 이때에도 로봇은 FSR을 이용하여 안정된 자세를 유지하며 걸을 수 있도록 한다. 실험에서 사용된 계단은 높이 2cm이며 크기는 주어진 보행 궤적을 최대한 이용할 수 있도록 설계하였다.

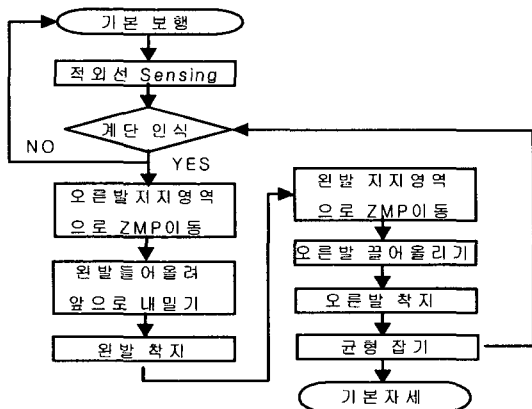


그림 6. 계단 보행 알고리즘

3.2 비전 시스템

비전시스템의 목적은 사람처럼 영상을 보고 물체를 판단 인식하고 추적할 수 있는 기능을 부가하는 것이다. 영상중에 물체 한지점을 지정하여 원하는 색의 영역을 정해주고, 그 지점의 중심지점을 찾은 후 중심지점 주위로 5픽셀씩의 원형으로 물체인식 표시점을 그려준다. 물체인식 표시점은 정해진 RGB값을 찾아 30%로 물체의 중심지점을 따라 이동하고 상하좌우 움직일 때마다 중심에서 벗어난 픽셀값을 화면에 표시해주어 영상을 보고 정해진 사물에 대해 로봇이 중심을 맞추어 찾아갈 수 있게 한다.

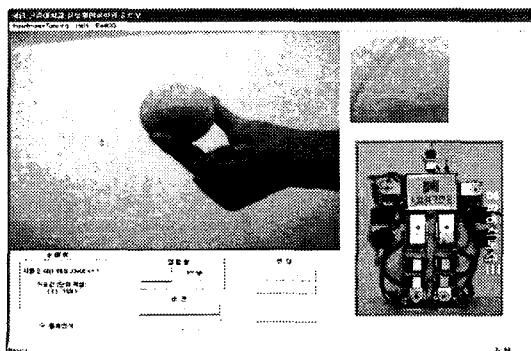


그림 7. 비전시스템 화면 구성

3.3 외력에 대한 자세 안정화 알고리즘

외부로부터 일정한 힘을 받을 경우 바닥면과 닿은 발바닥에 가해지는 압력 정도에 따라 힘의 분포를 고르게 함으로써 넘어지지 않게 안정된 자세를 얻을 수 있다. 본 연구에서는 제작된 로봇의 발바닥에 압력센서인 FSR을 부착하여 외부에서 인위적으로 로봇에 힘을 가해도 로봇이 넘어지지 않기 위한 자세 안정화제어에 적용하였다. 기본자세에서 각 FSR에 걸리는 힘을 읽어 기준값으로 설정하고, 외부에서 힘이 작용할 경우 기준값이 변하게 되므로 그에 따른 오차를 산출하여 넘어지지 않게 로봇의 자세가 변하게 된다.

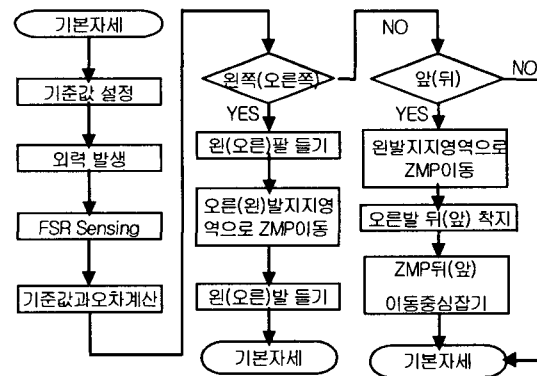


그림 8. 외력에 대한 자세 안정화 알고리즘

3.4 자율 보행 알고리즘

지능형 로봇으로써 이족보행로봇이 발에 부착된 적외선 센서 및 FSR과 머리에 장착된 카메라를 사용하여 비평탄지형을 스스로 판단하고 안정된 자율보행 알고리즘을 할 수 있도록 하였다. 이러한 자율보행은 로봇의 ZMP가 보행중에 지지하고 있는 발바닥 영역 내에 존재하게 되면 보행 안정성이 확보되는 것을 기본으로 하고 있다. 다음 그림은 이족보행로봇의 전체 자율보행 알고리즘을 나타낸다.

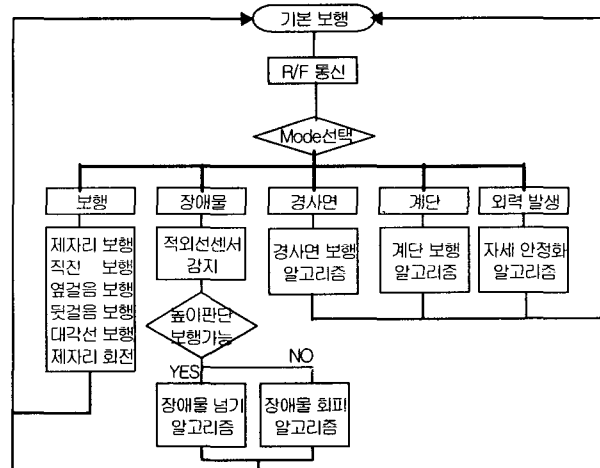


그림 9. 이족보행로봇의 자율보행 알고리즘

4. 보행알고리즘의 실험

다음은 이족보행로봇의 비평탄지형에서의 보행과 외력으로부터의 자세 안정화 알고리즘 검증을 위하여 실제 로봇을 제작하고 모델링된 작업 환경을 바탕으로 실험한 결과이다.

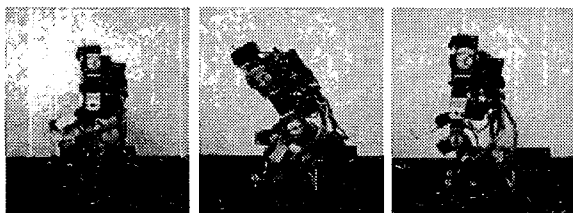


그림 10. 장애물 넘어가기 실험결과

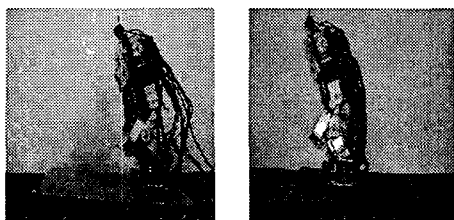


그림 11 경사면 오르기 실험결과

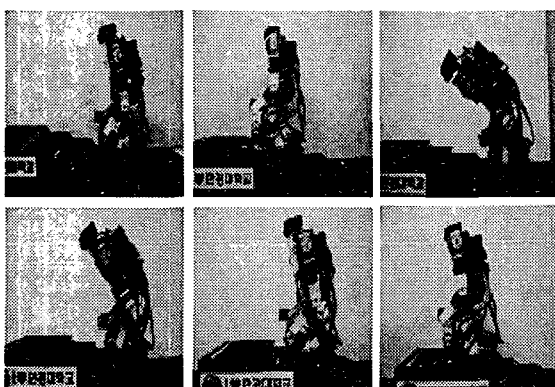


그림 12. 계단 오르기 실험결과

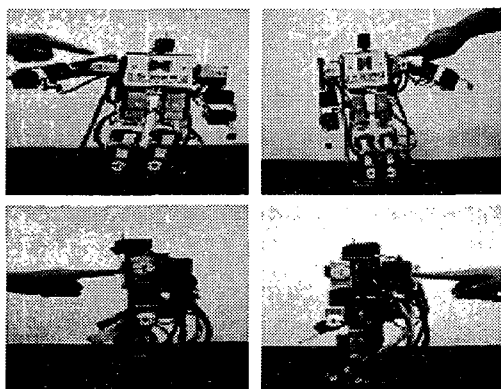


그림 13. 외력으로부터의 자세 안정화

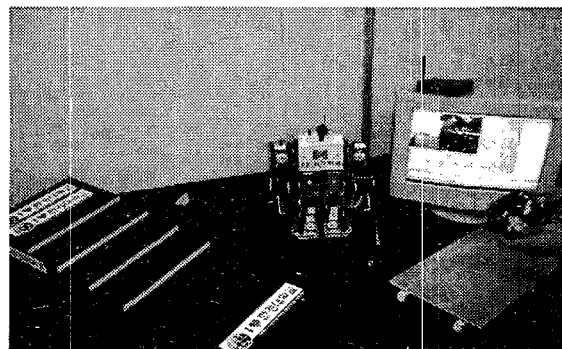


그림 14. 전체 시스템 실험 환경

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 비평탄지형에서 자율보행 및 외력에 대해 지능적으로 대처하는 자세 안정화 알고리즘을 제안하고, 실제 제작된 이족보행로봇을 다양한 환경에서 실험하여 성능을 검증하였다. 적외선센서와 FSR센서를 사용하여 안정된 걸음새 및 자세 안정화를 구현하였고, 비전시스템을 이용하여 물체인식 및 원격제어 가능한 이족보행로봇을 구현하였다. 앞으로 로봇의 운동성을 높이기 위한 동적보행 알고리즘 설계와 사물을 추적할 수 있는 자율보행 알고리즘을 연구할 예정이다.

6. 참고문헌

- [1] 김용태, 이은선, 이희영, "이족보행로봇의 장애물 극복 보행알고리즘에 관한 연구", 한국 퍼지 및 지능시스템학회 논문지, Vol. 13, No. 6, pp. 686-691, 2003.
- [2] 김병열, "2족로봇의 동적보행 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] J. H. Kim, D. H. Kim, Y.J. Kim, K. H. Park, "Humanoid Robot Hansaram: Recent Progress and Developments", HNICEM Int. Confrence, pp. 1-11, 2003.