

이족보행로봇 축구를 위한 시각기반 행동계획

Vision-based Motion Planning for Soccer of Biped Robot

노수희*, 노흥식**, 김용태*

* 한경대학교 정보제어공학과, 전자기술연구소

** 협성대학교, 컴퓨터공학과

Su-Hee Noh*, Heung-sik Noh**, Yong-Tae Kim*

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

** Dept. of Computer Engineering, Hyupsung University

E-mail : ytkim@hknu.ac.kr

요 약

본 논문에서는 이족보행로봇의 축구를 위한 비전기반 경로 및 행동계획 방법을 제안하였다. 먼저 로봇 축구를 위한 이족보행로봇의 기구설계 및 원격제어 가능한 제어시스템 구현에 대하여 설명하고, 비전시스템을 사용한 이족보행로봇의 계층화된 구조의 행동계획 방법을 제안하였다. 제안한 로봇축구 행동계획 방법은 이족보행로봇을 제작하여 소형 경기장 내 다양한 환경에서도 공과 골대를 찾아 이족보행로봇이 자율적으로 축구를 수행할 수 있음을 실험으로 검증하였다.

1. 서론

사람과 유사한 구조를 갖는 이족보행로봇은 기술적으로 다소 구현하기가 어렵지만, 대부분의 생활환경에서 어려움 없이 작업을 수행할 수 있고 사람과 같은 기능을 수행할 수 있기 때문에 최근에 많은 연구들이 심도 있게 진행되고 있다 [1-8]. 현재 이족보행로봇의 연구는 주로 인간과 비슷한 기구학적 메카니즘을 바탕으로 자연스러운 동적보행 구현, 다양한 환경에서 인식 및 인지 기능을 바탕으로 한 자율 보행 및 항법 등의 지능적 기능 구현이 중점적으로 연구되고 있다. 안정된 정적보행을 바탕으로 적외선센서를 사용하여 장애물을 지능적으로 대처하는 보행 방법 [1], 비평탄지형에서의 자율 보행 및 외력에 대한 자세안정화[2], 동력학의 역모델링 기법을 이용하여 이족로봇의 제어를 설계하고 계층적 모듈라 신경망을 적용하는 방법[3], 이족보행로봇의 빠른 보행에 중점을 두고 로봇구조를 설계하는 방법 [4], 기구학적 모델링과 ZMP 제어를 적용한 인

간형 이족보행로봇의 정적보행 제어방법[5]이 연구되었다. 또한 이족보행로봇 통합개발환경 설계 및 구현하는 방법[6], 발목 ZMP 보상을 이용한 안정화방법[8], 계단 보행[9], 동적환경에서 로봇의 동특성 연구[10] 등도 제안되었다.

본 논문에서는 비전시스템을 사용하여 공과 골대 등의 물체를 인식하여 축구를 수행하는 이족보행로봇의 구현 방법을 소개하였다. 먼저 로봇 축구를 위한 이족보행로봇의 기구설계 및 원격제어 가능한 제어시스템 구현에 대하여 설명하고, 비전시스템을 사용한 이족보행로봇의 계층화된 구조의 행동계획 방법을 제안하였다. 제안한 로봇축구 경로 및 행동계획은 소형 경기장 내 다양한 환경에서도 공과 골대를 찾아 이족보행로봇이 자율적으로 축구를 수행할 수 있음을 실험으로 검증하였다.

2. 이족보행로봇의 시스템

2.1 전체 시스템 구성

이족보행로봇은 로봇 기구부, 주제어부, 모터 제어부, 센서처리부, 원격제어부, 비전시스템으로 구성되어 있다. 로봇 기구부는 전체 23자유도로 23개의 RC서보모터를 사용하였으며, 다양한 형태의 장애물 인식과 계단, 경사지에서의 보행을 위하여 적외선센서와 균형유지를 위한 기울기센서, FSR을 로봇 발부분에 장착하였다. 또한 이족보행로봇이 축구를 수행하기 위하여 무선 카메라를 머리부분에 장착하였다. 이족보행로봇의 전체 시스템의 구성은 그림 1과 같다.

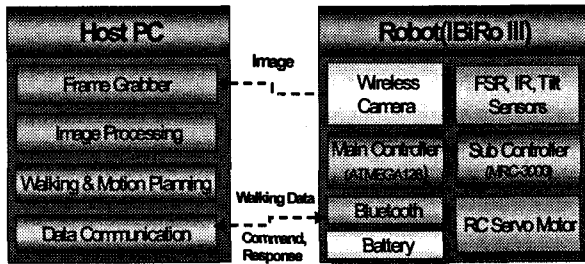


그림 1. 이족보행로봇의 전체 시스템 구성

로봇의 모터제어와 주제어를 하기 위해서는 Atmega128와 MRC3000을 사용하였다. 주제어부는 로봇 행동제어 및 보행제어, 센서정보처리, 호스트 PC 통신, 장애물 경사면 인식, 자세 인식 등을 수행한다. 부제어부는 23개의 서보모터를 동시에 실시간 제어하고, 센서처리부는 적외선센서, FSR 센서, 기울기센서로 구성하였다. 또한 무선으로 로봇을 원격제어하기 위한 원격제어부는 Bluetooth 모듈을 사용하여 구현하였다. 비전시스템은 무선카메라에서 송신된 영상을 바탕으로 PC에서 영상처리, 보행 및 행동계획을 하고 블루투스 통신으로 로봇을 원격제어 한다.

2.2 이족보행로봇의 기구부 설계

로봇 기구부는 그림 2와 같이 가능한 사람과 비슷한 몸체구조로 설계하였다. 또한, 안정된 보행을 수행하기 위하여 전체 무게에 대한 모터 토크를 충분히 내기 위하여 최대한 가벼운 구조로 설계하였다. 제작된 로봇은 정지 상태에서 전체 길이 410mm, 총 무게가 2.8kg이다.

제작된 이족보행로봇은 그림 3과 같이 상체 11자유도와 하체 12자유도로 전체 23자유도를 가지도록 구성하였다. 로봇 몸체는 알루미늄 링크로 구성하였으며, 각 관절에는 23개의 RC서보모터 (HS-5645MG, HS-5945MG, HS-55MG)를 사용하였다. 상체부는 목관절 2자유도, 허리관절 1, 어깨관절 2, 팔꿈치 1, 손목관절 1 자유도로 전체 11자유도를 가지며, 하체부는 골반관절 3, 무릎

관절 1, 발목관절 2자유도로 전체 12자유도로 구성하였다.

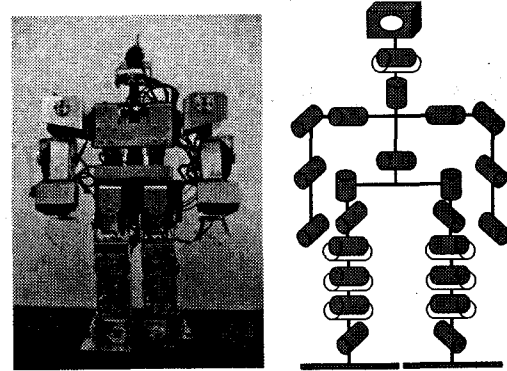


그림 2. 이족보행로봇의 외관 및 관절구성

장애물 감지를 위하여 적외선 센서를 한쪽 발에 전면 2개, 측면 1개씩 총 6개의 센서를 발 앞부분에 부착하였다. 또한, 자세 안정화 및 장애물 인식을 위하여 FSR센서와 기울기센서를 발바닥에 부착하였다.

2.3 비전 시스템

비전시스템의 목적은 사람처럼 영상을 보고 장애물, 공, 골대 등을 판단 인식하고 추적할 수 있는 기능을 부가하는 것이다. 비전시스템에 사용한 카메라는 CM22N 초소형 무선 카메라로써 카메라와 송신기가 일체형으로 되어 있다. 수신기로는 4개의 카메라를 동시에 사용할 수 있고 자동채널 전환기능을 갖춘 RX2400S를 사용하였다. 비전시스템 화면 구성은 그림 3과 같다. 카메라에 송신된 영상을 화면으로 나타내는 영상화면 창과 물체의 좌표를 단위와 픽셀값으로 나타내어 물체의 위치를 알 수 있는 상태창이 있다. 또한, 물체의 색을 인식하는 물체인식부와 제어명령부, 목표셋팅부, 블루투스통신부로 구성되어 있다.

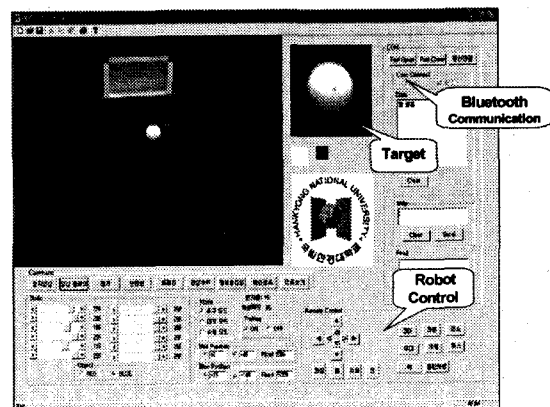


그림 3. 비전시스템 GUI 구성

3. 이족보행로봇 축구 구현

3.1 이족보행로봇 축구 동작시스템 구성

이족보행로봇이 무선카메라를 사용하여 주어진 경기장 내에서 공과 골대를 찾아 자율적으로 축구를 하기 위한 시스템 구성은 그림 4와 같다. 무선카메라는 주위의 영상을 획득하여 무선송신기를 통해 영상 데이터를 전송하고, 무선 리시버를 통해 수신된 영상데이터를 호스트 PC에 장착되어 있는 프레임그래버를 거쳐 영상 획득 과정이 끝나면 영상 처리를 통해 로봇의 이동 경로를 계획한 후 가능한 행동패턴을 결정하고 블루투스 통신으로 이동 명령을 보내준다.

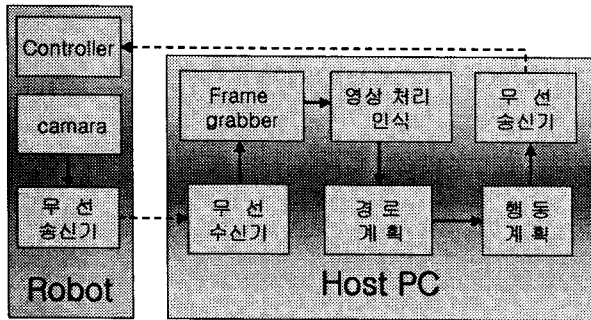


그림 4. 이족보행로봇 축구 동작시스템 구성도

3.2 축구를 위한 이족보행로봇의 경로 계획

축구를 하기 위한 이족보행로봇의 경로 계획은 그림 5와 같다. 먼저 직선(A)와 원(C)가 만나는 2개의 교점 중에서 Y값이 큰 것을 해로 결정하고, 그 해를 로봇이 이동해야 할 목표지점으로 정한다. 목표지점까지의 거리는 X축 중심과 해를 이은 직선(B)까지의 거리를 최단거리로 하며, 목표지점까지의 방향은 θ 로 한다. 로봇이 목표지점까지의 이동 이후에 슈팅하기 위하여 $\theta + \alpha$ 만큼 방향 전환을 한다.

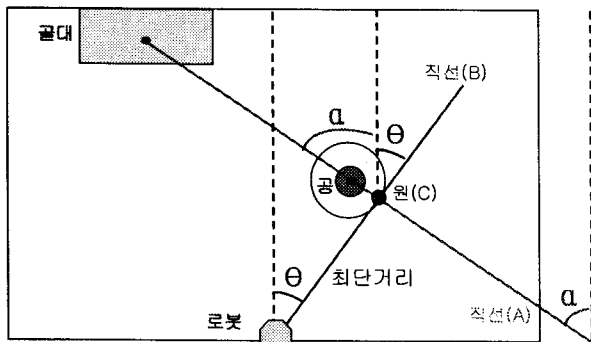


그림 5. 이족보행로봇 축구 경로 계획

3.3 이족보행로봇의 축구 수행 알고리즘

주어진 경기장내에 고정된 위치에 골대가 놓여있고, 임의의 위치에 공과 로봇이 놓여질 때,

로봇의 머리에 장착된 카메라를 통해 경기장 내의 영상을 획득하여 영상 처리 과정을 거쳐 공과 골대의 위치 및 방향 정보를 얻는다. 그러면 호스트 PC에서는 이 정보를 통해 로봇이 이동하여야 할 경로를 계획하여 로봇의 보행 능력에 따라 연속적인 행동패턴을 결정하게 된다. 공과 로봇이 임의의 위치에 놓여지기 때문에 수많은 경우의 경로 계획을 세울 수 있다. 특히 최초 공의 근방으로 이동하는 로봇의 1차 이동은 나머지 경로 계획 결정에 영향을 준다. 본 연구에서는 High-Level Planning Layer, Low-Level Planning Layer, Action Layer, Sensing Layer의 계층적인 제어 구조를 사용하여 이족보행 로봇의 행동 계획을 하였다. 로봇이 공에 접근하여 슈팅하기까지 크게 3번의 영상 처리와 경로 계획 과정을 수행한다. 로봇축구 수행 과정은 그림 6과 같다.

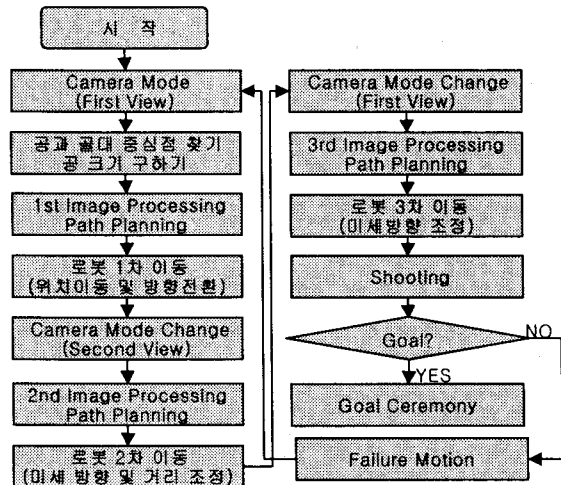


그림 6. 이족보행로봇 축구 알고리즘

이족보행로봇은 공과 골대를 찾기 위해 탐색자세에서 영상을 얻고 영상 처리 과정을 거쳐 공과 골대의 중심점 및 공 크기 대한 정보를 얻는다. 호스트 컴퓨터는 공과 골대의 중심점의 값을 이용하여 로봇의 최초 이동지점을 결정하고 로봇의 행동을 결정한다. 최초 이동 지점까지 로봇이 이동한 후, 정밀탐색자세로 공의 위치정보 얻는다. 그리고 로봇 양발과 공과의 거리를 비교한 후 가까운 쪽의 발로 슈팅 할 수 있도록 거리보정 및 각도보정을 한다. 로봇의 위치 보정이 끝난 후, 다시 탐색자세에서 영상을 얻어 로봇이 골대의 중심을 향하는지 각도를 다시 한번 확인한 후 각도보정을 한다. 호스트 컴퓨터에서 결정된 경로 계획에 따라 로봇은 공에 접근한 뒤 골대를 향하여 슈팅 한다. 로봇이 슈팅 한 후, 골 확인을 통

해 만약 골인일 경우 골인 모션을, 노골일 경우 실패모션을 취하고 다시 축구 수행 모드로 간다. 이족로봇의 축구 동작 상세 수행 알고리즘은 그림 7과 같이 구성하였다. 이족보행로봇이 슛을 한후 골인여부를 판단하는 알고리즘은 골대의 X 축과 Y 축 길이 비가 일정하다는 것과 공의 X, Y 좌표를 바탕으로 구성하였다.

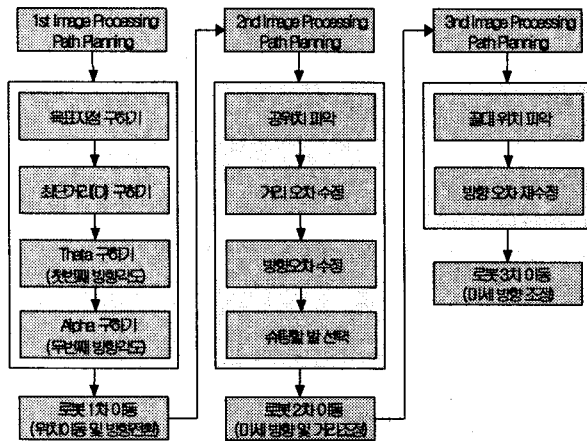


그림 7. 이족로봇의 축구 동작 상세 알고리즘

4. 이족보행로봇 축구 실험

아래 그림 8은 이족보행로봇이 비평탄지형에서의 자율보행과 비전시스템을 사용하여 축구 수행 능력을 검증하기 위하여 실제 소형 이족보행로봇을 제작하고, 소형 경기장의 다양한 환경에서 실험한 결과이다.

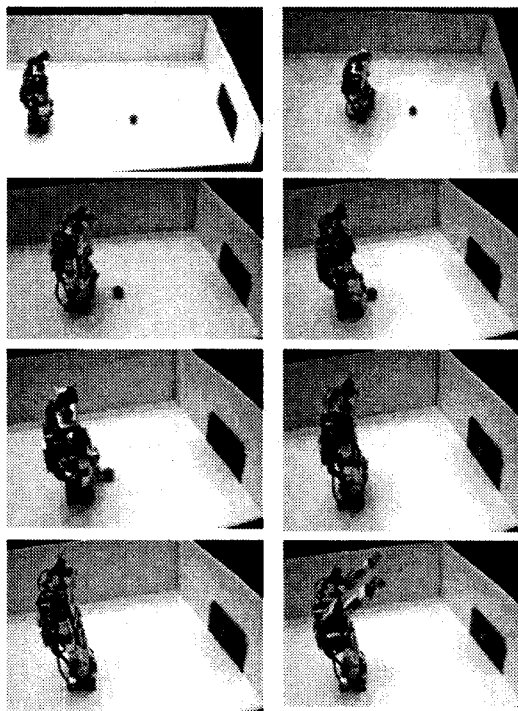


그림 8. 이족보행로봇 축구 실험

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 자율적으로 로봇축구 수행이 가능한 이족보행로봇을 구현하고, 실제 구성된 다양한 환경에서 실험하여 가능성을 검증하였다. 무선 카메라와 비전시스템을 사용하여 안정된 축구 동작을 구현하였고, 계층화된 구조의 행동계획 방법 사용하여 자율적인 축구 수행이 가능함을 보였다. 앞으로 이족보행로봇을 위한 보다 지능적이고 강인한 자율보행 및 행동계획 방법을 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] 김용태, 노수희, 이희진, "이족보행로봇의 비평탄지형 보행 및 자세 안정화 알고리즘", 한국 퍼지 및 지능시스템학회 논문지, Vol. 15, No. 1, pp. 59-64, 2004.
- [3] 김성주, 김용택, 고재양, 서재용, 전홍태, "이족로봇용 신경망 지능 제어기", 2003년도 대한전자공학회 하계종합학술대회, 제 26권 제1호.
- [4] 강민구, 배지훈, 박경용, 김갑일, "빠른 보행을 위한 이족 로봇의 설계", Journal of Research Institute of Industrial Technology, Vol. 20, 2001
- [5] 심봉규, 심현민, 길세기, 이웅혁, 홍승홍, "기구학적 리모델링과 ZMP 제어를 적용한 인간형 이족로봇의 정적보행 제어"
- [6] 조규현, 김대원, "이족보행로봇용 통합개발환경의 구현 및 이동경로계획 알고리즘의 설계", Journal of the Industrial Technology Institute, Vol. 24, 1995.
- [7] 성영희, 이수영, "소형 휴머노이드 로봇 시스템 개발", 제어·자동화·시스템공학 논문지, Vol. 7, No. 5, pp. 420-426, 2001.
- [8] J. H. Kim, D. H. Kim, Y. J. Kim, K. H. Park, "Humanoid Robot Hansaram: Recent Progress and Developments", HNICEM Int. Conference, pp. 1-11, 2003.
- [9] G. Figliolini and M. Ceccarelli, "EP-WAR3 Biped Robot for Climbing and Descending Stairs", Robotica, Vol. 22, pp 405-417, 2004
- [10] M. Vukobratovic, V. Potkonjak, A. Rodic, "Contribution to the Dynamic Study of Humanoid Robots Interacting with Dynamic Environment", Robotica, Vol. 22, pp 439-447, 2004