

MIRAGE I 로봇 시스템의 개선 The Improvement of MIRAGE I Robot System

한 국 현 서 보 익* 이 택 현** 오 세 중*

* 한국과학기술원 전기및전자공학과(Tel: +82-42-869-5448; E-mail: khhan@fugue.kaist.ac.kr)

** 한국과학기술원 전산학과(Tel: +82-42-869-5495; E-mail: tech0718@adam.kaist.ac.kr)

Abstracts According to the way of the robot control, the robot systems of all the teams which participate in the MIROSOT can be divided into three categories : the remote brainless system, the vision-based system and the robot-based system. The MIRAGE I robot control system uses the last one, the robot-based system. In the robot-based system the host computer with the vision system transmits the data on only the location of the ball and the robots. Based on this robot control method, we took part in the MIROSOT '96 and the MIROSOT '97.

Keywords MIRAGE, Soccer robot, Robot-based, Vision, MIROSOT

1. 서론

2회의 마이크로로봇 축구대회를 이미 끝마친 현재, 초기의 로봇 시스템에 비해 상당히 많은 발전이 있었다. 많은 팀들의 로봇들은 하드웨어와 지능면에서 빠른 발전을 해왔으며, 현재에도 진행중에 있다.

본 논문에서는 MIRAGE I 로봇의 개선된 하드웨어에 대해서 언급하고, 실제로 구현한 로봇 중심 시스템의 개념과 로봇 축구에 직접 적용시킨 전략 알고리즘에 대해서 다루고자 한다. 대부분의 팀들이 구현한 비전 중심 시스템과는 달리 본 팀은 로봇이 모든 연산과 제어를 하고 스스로 판단하여 움직이는 로봇 중심 시스템을 구현한다. 비전 중심 시스템과 로봇 중심 시스템은 각각 장단점을 가지고 있지만, 앞으로는 로봇 중심 시스템으로 발전의 방향이 바뀌게 될 것이라 예측된다.

로봇 축구에서 가장 중요한 사항은 전략 알고리즘이다. 좋은 하드웨어가 있어도 알고리즘이 뒷받침해주지 못하면 좋은 경기의 결과를 볼 수 없다. 물론 기본적인 기능을 수행할 수 있는 하드웨어를 갖추어야 하는 것은 필수적이지만, 알고리즘의 중요성은 강조해도 지나치지 않는다. 한 대의 로봇이 아닌 여러 대의 로봇들이 서로 협력하여 이루어지는 축구 로봇을 위한 알고리즘은 앞으로 더욱 연구되어야 할 분야이다.

2. 하드웨어

MIROSOT '96 이후 MIRAGE 로봇의 큰 문제점 세 가지를 발견할 수 있었다. 두 가지는 하드웨어에 관한 문제점이고, 나머지 한 가지는 소프트웨어에 관련된 문제점이었다.

첫 번째로 호스트 컴퓨터와 로봇들간의 무선 통신이 이루어지는데, 그 데이터 전송 속도가 너무 느리다는 문제점이다. 데이터 전송 속도가 느림으로써 데이터 전송량을 줄여야만 했고, 또한 로봇의 입장에서는 데이터를 받아들이는 작업에 큰 부하가 걸리는 결과를 가져왔다. 두 번째 문제점은 비전의 정보를 처리하는 시간이 길었다는 점이다. 초당 3~4 프레임 정도밖에 처리하지 못했다. 이는 로봇이 공의 뒤만을 따라가게 되는 결과를 초래했다. 마지막은 로봇의 움직임을 cylindrical 좌표계를 사용했다는 점이다. 즉 직선움직임과 회전 움직임 사이에 상당한 시간 지연이

발생하게 되었다.

위에서 열거한 문제점들은 MIROSOT '97을 준비하는 과정에서 모두 해결했다. 먼저 통신은 418MHz/433MHz RF 모듈을 이용하여 최고 38400bps의 속도로 데이터 전송이 가능하도록 하였다. 두 번째로 비전 처리 알고리즘을 개발하여 초당 30 프레임 정도의 양을 분석할 수 있도록 개선하였다. 로봇의 움직임은 스무드 턴을 구현함으로써 이전에 보였던 문제점을 해결할 수 있었다. 구체적인 내용은 로봇 중심 시스템을 설명하는 과정에서 언급할 것이다. 참고로 본 논문에서는 무선 통신과 비전 시스템에 대한 구체적인 언급은 생략하고자 한다.

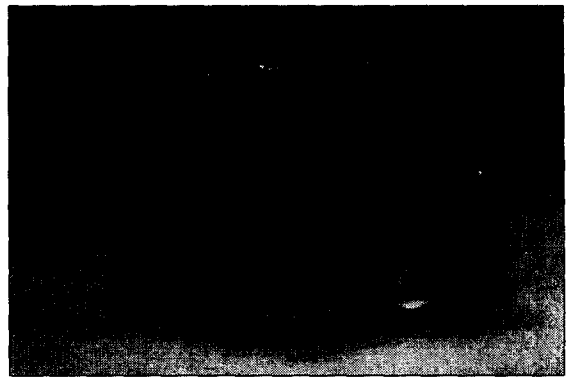


그림 1. MIRAGE I Robot

3. 로봇 중심(Robot-based) 시스템

3.1 축구 로봇 시스템의 전체적 구조

로봇 중심 시스템이란 로봇 스스로 데이터를 처리하고 판단하여 자신의 움직임을 결정하고, 제어하여 움직이는 시스템을 말한다. 먼저 축구로봇 시스템의 전체적인 구조를 살펴보면 그림 2와 같다. 로봇은 각각 연산을 할 수 있는 16비트 CPU를 하나씩 갖고 있고, 두 개의 모터와 2개의 엔코더, 5개의 적외선 센서, 그리고 호스트 컴퓨터와 통신을 할 수 있는 RF 통신 모듈이 내장되어 있다. 한 대의 호스트 컴퓨터는 하나의 Color CCD 카메라와

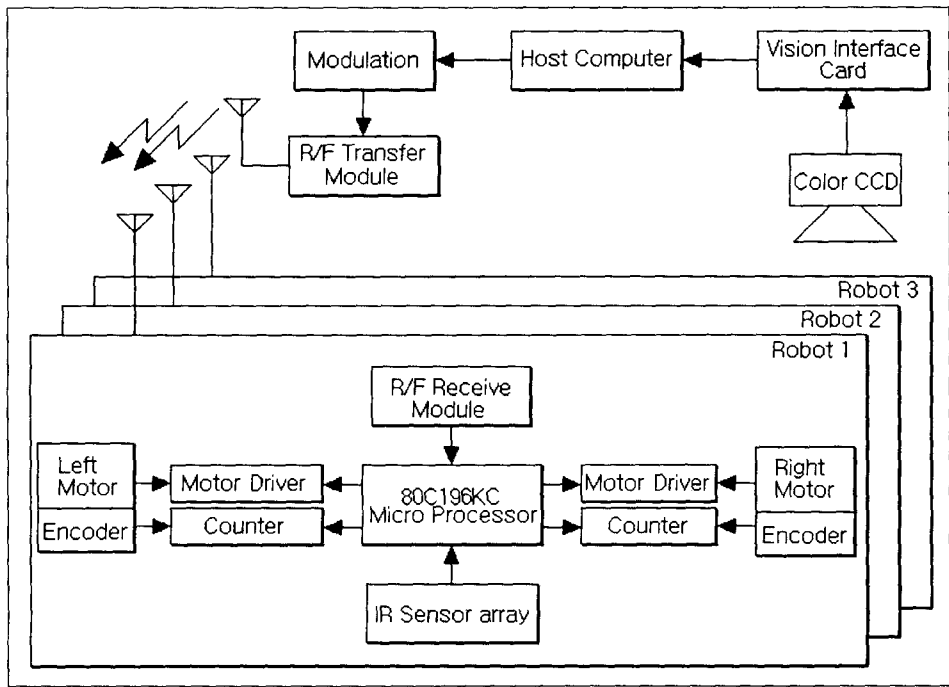


그림 2. 축구로봇 시스템의 구조

화상 처리가 가능한 Image Grabber, 그리고 로봇과의 통신을 위한 RF 통신 모듈까지 있다. 호스트 컴퓨터와 로봇간의 데이터 전송은 38600bps 까지 가능하고, 호스트 컴퓨터에서는 1초에 30번의 영상을 분석할 수 있다. 호스트 컴퓨터에서는 1초에 30번의 영상을 분석하여 로봇들의 좌표와 공의 좌표를 구하고, RF 통신 모듈을 이용하여 로봇들에게 정보를 보내주는 것이다. 로봇들은 호스트로부터 받은 정보와 센서의 정보를 바탕으로 자신의 움직임을 스스로 판단하고 직접 모터를 제어하여 움직이게 된다.

3.2 전체 시스템 개념의 개선

축구 로봇 시스템의 구현을 위한 프로그래밍을 하기 위해서는 먼저 그림 2와 같은 전체 구조를 간단하게 제어 가능한 형태로 모델링 해야 한다. 이때 어떤 개념을 적용시키느냐에 따라 모델링된 시스템은 달라지게 된다.

먼저 MIROSOT '96을 위해 준비했던 시스템의 블록다이어그램은 그림 3과 같다. 그림 3은 일반적으로 많은 사람들이 쉽게 생각할 수 있는 구조로써, 가장 중점을 두고 있는 부분은 로봇의 모터를 제어하는 PID controller이다. 비전 시스템은 단지 로봇에게 공과 로봇들의 좌표를 전달해 줌으로써 로봇이 알고 있던 좌

표를 수정해 주는 역할만을 수행한다. 여기서 그림 3의 개념은 구조적으로 미완성된 형태임을 알 수 있다. 첫 번째로 비전 시스템과 로봇 시스템이 분리되어 있다는 점이다. 따라서 비전시스템이 로봇 시스템에 미치는 영향은 상당히 작다. 또한 크게 생각해 보면 시스템의 루프가 두 개로 이루어진다. 하나는 로봇 내의 feedback 루프이고, 나머지 하나는 비전 시스템을 통한 로봇 좌표의 feedback이다. 하지만 두 개 루프의 출력이 각각 모터의 현재 위치와 로봇의 현재 위치로 일치하지 않고 있음을 알 수 있다. 이를 해결 하기 위해 다른 개념을 적용한 시스템의 블록다이어그램은 그림 4와 같다.

그림 4의 개념은 비전 시스템과 로봇 시스템을 하나의 시스템으로 결합시킨 형태이다. 따라서 feedback 루프 또한 하나로 이루어져 있으며, feedback 정보는 로봇의 현재 위치만을 이용하게 된다. 즉 로봇 내의 모터 제어 루프를 제거하고, 비전 시스템을 직접 feedback으로 받아 제어를 하도록 제어기를 설계한 것이다. 이는 비전 시스템을 로봇의 눈으로 간주하여, 로봇의 눈을 경기장 위에 위치시켜 놓았다고 생각하는 개념과 일치한다.

위와 같이 전체 시스템에 대한 개념의 개선이 이루어짐으로써 빠른 제어와 원하는 로봇의 움직임을 쉽게 얻을 수 있다.

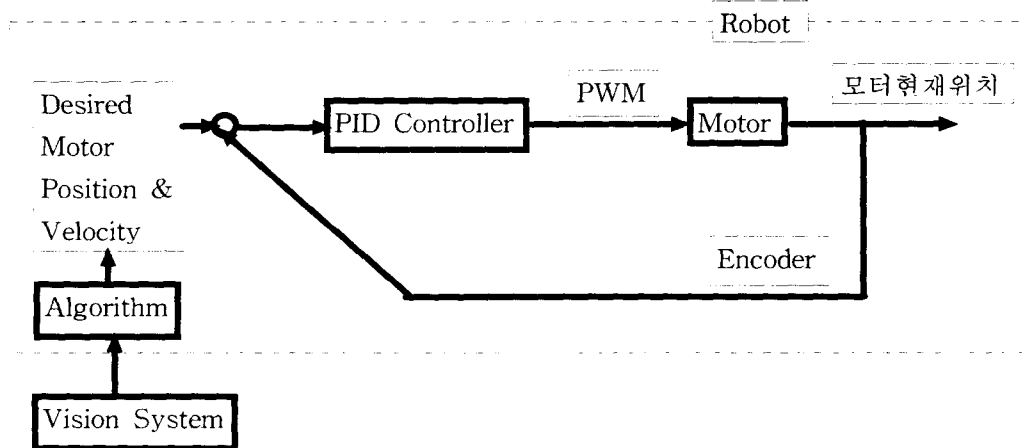


그림 3. 기존의 전체 시스템 개념

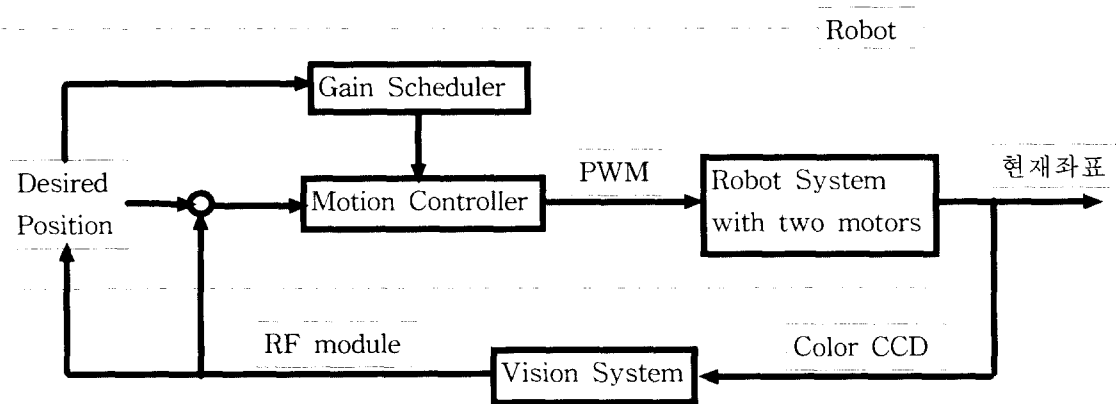


그림 4. 개선된 전체 시스템 개념

4. 알고리즘

4.1 스무드 턴을 이용한 축구 알고리즘

그림 4와 같은 시스템 구조를 적용함으로써 스무드 턴 등의 로봇 움직임을 쉽게 구현할 수 있다. 로봇의 현재 좌표를 비전 시스템을 통해 직접 feedback 받게 되므로, 로봇이 자신의 움직임에 따른 궤적을 계산할 필요가 없다. 단지 원하는 좌표를 구하고, 그에 따라 적합한 gain을 Gain Scheduler에서 선택하여, Motion Controller 함수에서 모터로 PWM 값을 출력하면 된다. 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$Gain = \begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} \\ g_{21} & g_{22} \\ \vdots & \vdots \\ g_{n1} & g_{n2} \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$g_{ij} = F_{gain(i)}(\text{delta_degree}, \text{delta_distance}, \text{direction})$$

delta_degree = degree of the target vector - my_degree

delta_distance = distance of the target vector

n = mode의 개수, direction = 현재 로봇의 진행 방향

$$\begin{bmatrix} PWM_{left} \\ PWM_{right} \end{bmatrix} = [g_{s1} \ g_{s2}] \begin{bmatrix} \text{delta_degree} \\ \text{delta_distance} \end{bmatrix} + C \quad (2)$$

$$Gain_s = \text{Selected Gain} = [g_{s1} \ g_{s2}]$$

C = Constant

4.2 상대 로봇의 좌표를 이용한 알고리즘

축구 로봇의 전략 알고리즘에서 상대 로봇의 좌표를 직접 이용하게 될 경우 상당히 진보된 축구를 하게 됨을 볼 수 있다. 상대 로봇의 좌표를 알게 될 경우, 공격과 수비의 전환을 하는 시점을 명확하게 결정지을 수 있고, 실제로 빈번히 발생하는 상대 로봇과의 충돌을 회피할 수 있게 된다. 또한 골키퍼의 위치를 파악하여 빈 영역으로의 슈팅이 가능해진다. 상대 로봇의 좌표를 이용하게 되면 상당한 이점이 있지만, 실제로 적용하게 되면 전체 시스템의 부하가 커지게 되어 많은 팀들은 아직 구현하지 않고 있다. 하지만 MIRAGE I 로봇에 직접 적용해 본 결과 예상했던 것 이상의 축구경기가 이루어지는 것을 알 수 있었다.

5. 결론 및 앞으로의 과제

초기의 로봇 축구는 제한된 크기로 로봇 하드웨어를 만드는데 관심이 집중되었다. 하지만 이제는 대부분의 하드웨어적인 문제점들은 극복되었다. MIRAGE I 로봇 역시 38400bps의 빠른 무선 통신과 초당 30 프레임의 비전시스템을 구현함으로써 하드웨어적인 문제점은 모두 제거되었다. 앞으로 해결해야 할 과제는 축구 로봇을 위한 알고리즘의 개발이다. 로봇 움직임 제어를 위한 알고리즘, 세 대의 로봇이 서로 협력하기 위한 알고리즘, 또한 정확한 패스가 가능하게 하기 위한 알고리즘 등이 그것이다. 본 팀은 현재 비전시스템과 로봇을 하나의 시스템으로 보아 비전을 feedback으로 사용한 모델 개념과 스무드 턴의 구현, 상대팀의 좌표를 이용한 경로 계획 등으로 알고리즘 측면에서도 많은 성과를 보였지만, 앞으로 더욱 많은 과제들을 해결해야 할 것이다.

6. 참고문헌

- [1] K.H.Han, J.Y.Choi, H.Kang, P.S.Choi, S.J.Lee and S.H.Moon, "Micro-Robot Design and Strategy for MIROSOT," Proc. MIROSOT'96, 1996.
- [2] K.H.Han, S.R.Lee, H.Kang, J.H.Park and P.S.Choi, "Micro-Robot Design and Strategy for Micro-Robot WorldCup Soccer Tournament," MIROSOT, 1996.
- [3] A.CAI, T.FUKUDA, F.FARAI, T.UHEYAMA, and A.SAKAI, "Hierarchical Control Architecture for Cellular Robotics System," IEEE Proc. Int. Conf. on Robotics & Automation, 1191/1196, 1995.
- [4] G.Lucarini, M.Varoli, R.Cerutti and G.Sandini, "Cellular Robotics: Simulation and HW Implementation," IEEE, 846/852, 1993.
- [5] O.Miglino, K.Nafasi, and C.E.Taylor, "Selection for Wandering Behavior in a Small Robot," Massachusetts Institute of Technology, 101/116, 1995.
- [6] J.A.Adams and R.Paul, "Human Supervisory Control of Multiple Mobile Agents," IEEE Press, 3298/3303, 1995.
- [7] S.Nolfi and D.Parisi, "Learning to adapt to changing environments in evolving neural networks," pp.1-13, 1995.
- [8] D.C.Kay and J.R.Levine, "Graphics File Formats," Wincrest/McGraw Hill, 1992.
- [9] J.E.Hopcroft and J.D.Ullman, "Introduction to Automata Theory, Languages, and Computation," Addison-Wesley Computer Science, 1979.
- [10] M.M.Mano, "Computer System Architecture 3rd," Prentice Hall International Press, 1993.