

로봇 축구 대회를 위한 영상 처리 시스템 A Vision System for Robot Soccer Game

고국원*, 최재호*, 김창효**, 김경훈*, 김주곤*, 이수호*, 조형석*
K.W. Ko, J. H. Choi, C.-H. Kim, K. H. Kim, J.G. Kim, L.S. Ho, H.S. Cho

*한국과학기술원 기계공학과, Dept. of Me, KAIST

**삼성전자 주식회사 비전연구팀, Vision research Group, SamSung Elec.

Abstracts

In this paper we present the multi-agent robot system and the vision system developed for participating in micro robot soccer tournament. The multi-agent robot system consists of micro robot, a vision system, a host computer and a communication module. Micro robot are equipped with two mini DC motors with encoders and gearboxes, a R/F receiver, a CPU and infrared sensors for obstacle detection. A vision system is used to recognize the position of the ball and opponent robots, position and orientation of our robots. The vision system is composed of a color CCD camera and a vision processing unit(AISI vision computer). The vision algorithm is based on morphological method. And it takes about 90 msec to detect ball and 3-our robots and 3-opponent robots with reasonable accuracy

Keywords : Micro robot soccer game(로봇 축구 대회), Vision system(영상처리 시스템), Morphology(모폴로지), AISI vision computer(AISI 비전 컴퓨터), parallel processing(병렬 처리)

1. 서 론

20 세기에 들어선 후 과학은 매우 빠른 속도로 발달하여 산업 현장에서는 기계화, 자동화로 로봇이 사람의 역할을 대신하게 되었다. 이러한 추세 속에서 초소형 로봇에서부터 대형의 로봇까지 필요한 응용 분야에 적합한 로봇이 개발되었다. 시스템이 복잡해짐에 따라 로봇의 하드웨어적인 기술보다는 보다 지능적인 로봇의 제어 알고리즘이 요구되었다. 이러한 점에서 여러 대의 로봇으로 하나의 목표를 달성하기 위해 주어진 알고리즘에 의하여 협력하도록 만들어진 멀티 에이전트 시스템에 대한 연구는 보다 지능적인 제어 알고리즘의 구현이 요구된다. 현재는 인간의 지능을 이용한 새로운 제어 알고리즘들이 연구되고 있다. 그러나, 퍼지나 신경 회로망과 같은 제어 알고리즘만으로는 복잡한 일을 수행하기 어려우므로 AI 기법이나 OR 기술 등의 혼용으로서 시스템에 지능을 부여하도록 하는 연구가 이루어져 왔다. 이러한 지능제어 기법들과 로봇 기술의 발달 정도를 시험해 볼 수 있는 기회로 로봇 축구 대회가 개최될 예정이다. 마이크로 로봇 축구는 크게 로봇 시스템, 비전 시스템, 호스트, 각 부분간의 통신을 위한 통신 시스템의 4 가지 부분으로 나눌 수 있다. 본 논문에서는 축구 대회와 전반적인 시스템에 대한 설명과 특히 비전 시스템에 구체적인 알고리즘에 대

한 설명을 하도록 한다.

2. 로봇 축구 대회

2.1 경기장과 공

경기장의 규격은 130cm x 90cm 이며 바닥은 짙은 녹색에 벽은 흰색으로 한다. 골대의 크기는 30cm(w)x12cm(h)이며 그물이 설치된다. 골라인에서 15cm 떨어진 곳에 수비 구역을 설정하여 각 팀 당 한 대의 로봇만 들어갈 수 있도록 한다. 경기용 공으로는 오렌지색의 골프 공이 사용 된다.(그림 1)

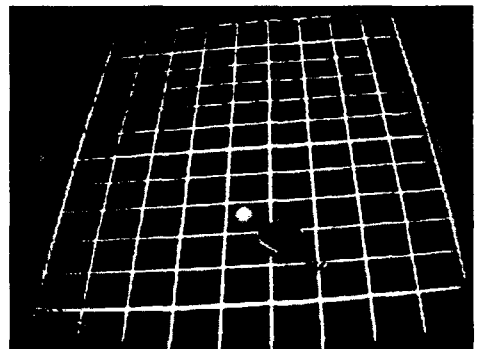


그림 1. 경기장과 공과 로봇

2.2 선수(로봇)

경기는 2 팀으로 치루어지며 각 팀은 3 대의 로봇으로 구성 된다. 그 중 한대는 골키퍼로 선정할 수 있다. 로봇의 크기는 7.5cmx7.5cmx7.5cm 로 제한되며 골체의 색깔은 공과 경기장 바닥의 색과 일치해서는 안되며 검은 색을 사용해서도 안된다.

2.3 경기 진행

경기 시간은 전,후반 각 5분씩과 중간 휴식 10분이며 로봇 교체 등 경기 중단에 의한 시간은 제외한다. 10분 휴식 후에 경기가 준비되지 않으면 5분의 시간을 더 주고 이 5분이 지나면 무조건 실격으로 처리한다. 무승부 시 승부차기에 의해 승부를 결정하고 2 대의 키커가 차는 것을 기본으로 한다.

3. 마이크로 로봇 및 제어 시스템

마이크로 로봇 시스템에서 공의 위치와 로봇의 위치를 찾아내어 호스트 컴퓨터에 알려준다. 호스트 컴퓨터에서는 수행해야 할 일을 지능 제어 기법으로 연산하여 무선통신으로 각 로봇에 알려 준다. 수행해야 할 명령을 받은 로봇은 명령에 따라 슛이나 드리블 또는 장애물 회피 등의 명령을 수행한다. 로봇의 움직임은 PWM 신호를 제어하므로 이루어진다. 먼저 영상 알고리즘에 앞서 로봇의 각 부분에 대해 설명한다. 그림 2는 전체 시스템의 구성도이다.

3.1 마이크로 로봇

3.1.1 제어부 및 센서

본 연구에서는 20MHz 까지 동작 할 수 있고, 4 개의 타이머/카운터를 내장하고 저전력형인 80C196 KC를 사용한다. 비전 시스템은 경기장 전체를 Scanning 하므로 많은 시간이 요구되기 때문에 돌발 충돌과 같은 장애물 회피는 로봇 자체 내에 센서를 가지는 것이 유리하다. 본 연구에서는 적외선 센서를 사용하여 로봇의 전방 상단에 3 개를 설치하고 이동 중 비전 시스템의 샘플링 시간 사이에 감지 못하는 돌발적인 충돌을 감지한다.

3.1.2 구동 장치 및 기구부

구동 장치는 모터, 엔코더, 기어와 바퀴로 구성되어 있다. 본 연구에서 요구하는 모터의 사양은 500g 정도의 로봇을 최소 15cm/s로 움직일 수 있어야 하고, 소비 전력이 최소이어야 한다. 이런 설계 요소를 바

탕으로 선정한 모터가 Swiss amiet 사의 소형 DC 모터이다. 기어는 22:1로 정하였고 엔코더는 16plus/rev이다. 폴리의 크기는 직경이 20.2mm이다. 구동 형식은 캐터필러형을 사용한다. 기구부는 프레임이 공과의 충돌 시 충격을 충분히 이겨낼 수 있도록 설계를 하였고 드리블 시 공이 흘러나가지 않도록 로봇의 전방의 양측에 가이드를 설계하였다

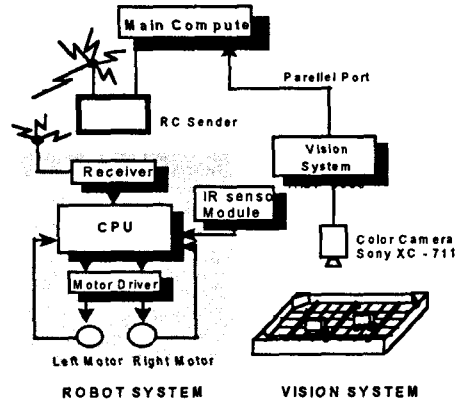


그림 2 전체 시스템

3.2 호스트 컴퓨터와 통신 시스템

호스트 컴퓨터가 하는 일은 비전 시스템으로부터 받은 영상정보를 로봇에 필요한 정보로 바꾸어서 로봇에게 알려주는 코치와 같은 역할을 한다. 본 연구에서는 비전에서 받은 정보를 호스트 컴퓨터에서 계산하여 각 로봇에게는 명령만 주는 방식을 사용하고 있으므로 처리속도가 빠른 펜티엄-133을 사용한다. 데이터 전송은 호스트 컴퓨터에서 RS-232를 통해 송신기로 보낸 뒤 송신기에서 R/F를 이용하여 로봇에 보낸다. 송신부에서 로봇에게 보내는 반송파의 주파수는 72.870MHz를 사용한다.

4. 영상 처리 시스템

4.1 Hardware

4.1.1 카메라.

축구 경기에서 필요한 비전 시스템은 흑백보다는 칼라 시스템이 유리하다. 공의 색깔이 오렌지색이며 로봇의 상단에 노란색과 파란색의 유니폼을 붙이기 때문에 색깔을 인식하여 위치를 검출하는 칼라 시스템이 더 빨리 위치 검출이 가능하므로 칼라 시스템이 흑백보다 계산 시간이 빠르므로 로봇을 실시간으로 제어가 가능하기 때문이다. 본 시스템에 사

용된 칼라 카메라는 Sony사의 Sony-XC-711을 사용하였고 이 카메라의 화소는 642(H)x480(V)이고 여기에 초점거리 6-12mm의 가변 줌 렌즈를 장착하였다. 카메라는 경기장의 중앙에서 2m 높이에 위치하여 경기장 전체를 내려다 보게 된다.

4.1.2 영상처리 시스템

로봇 축구는 비전 시스템에 의존해 공의 위치, 상대편 로봇의 위치와 우리 편 로봇의 위치 정보를 알아내어 전략을 세우고, 로봇을 명령하므로 빠르고 신뢰성 있는 비전 시스템이 필요하다. 본 연구에서는 병렬 처리가 가능한 AISI-40EX을 사용하였다. AISI-40EX는 외장형 비전 컴퓨터로 한번에 512x512x32을 처리할 수 있으며 CPU는 MC6800/10MHz이고 Processing Element는 64개이다 각 로봇과 공의 위치를 인식하는데 걸리는 시간은 90msec 정도이면 충분하다.

4.1.3 호스트와 통신 방법

5. 비전 시스템인 AISI 40EX과 주 컴퓨터와의 정보교환은 RS232C 포트를 통하여 9600BPS로 데이터를 주고 받는다. 주 컴퓨터는 타임 인터럽트(interrupt)를 사용하여 주어진 시간에 비전에서 처리한 정보를 읽는다. 호스트와의 송수신 시간을 줄이기 위하여 비전 데이터는 압축되어 주 컴퓨터로 전달된다.

4.2 영상 처리 알고리즘

영상 처리 알고리즘은 크게 공의 인식, 우리 편 로봇의 인식, 그리고 상대편 로봇을 인식하기 위한 알고리즘으로 나누어진다. 영상 처리 알고리즘은 실시간 처리를 위하여 영상 처리 장치의 하드웨어의 특성을 가장 효율적으로 사용하도록 구성되어 있다. 다음의 각 장에서 영상 인식의 자세한 알고리즘을 다루도록 한다.

4.2.1 공 탐색 알고리즘

로봇 축구 대회에서 사용하는 공은 오렌지 색의 골프 공이다. 오렌지 색의 화소를 추출하기 위해서는 빨간색과 녹색의 영상을 사용하여 추출한다. 일반적인 칼라의 추출 방법은 각 3화소(빨강, 파랑, 녹색)의 밝기 값의 상호 연관성을 계산하여 추출하나 본 방법에서는 AISI vision computer의 주 기능인 모폴로지(morphology) 기법을 사용하여 오렌지 공을 찾는다. 공을 찾는 알고리즘은 다음과 같다.

Step 1. 카메라로부터 빨간색, 녹색, 영상을 받아서 상한,하한의 문턱 값을 사용하여 이진화 한다. (그림 3(a),(b))

Step 2. 카메라로부터 파랑 색의 영상을 받아서 문턱 값을 사용하여 이진화 한다. (그림 3.(c))

Step 3. Step 1에서 받은 빨간색 영상으로부터 녹색의 영상을 뺀 다음 다시 파랑 색의 영상을 뺀다.

Step 4. 이때 남은 영상에다 노이즈를 제거하기 위하여 수축과 팽창을 반복한다.

Step 5. 노이즈가 제거된 영상으로부터 면적 중심을 구한다.(그림 3.(d))

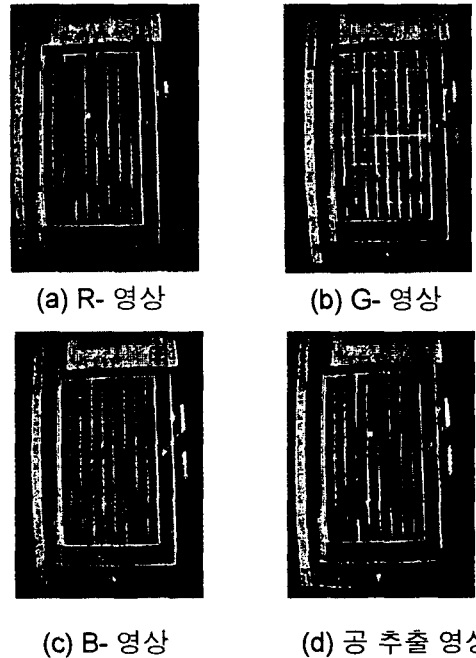


그림 3. 공 탐색 과정의 영상

공을 찾기 위한 알고리즘 수행 시간은 영상입력시간을 제외하고 15msec 내외이며 위치 정밀도는 1pixel 정도이다.

4.2.1 상대편 로봇 탐색 알고리즘

각 로봇의 인식을 위하여 3.5cmx3.5cm 이상의 칼라 마크를 의무적으로 로봇의 윗면에 부착을 해야 한다. 이때 사용되는 색은 노란색과 파란색으로 정해져 있으며 경기 전 추첨에 의해서 결정할 수 있다. 로봇의 위치 인식은 칼라 마크의 면적 중심을 추출하는 방법이 일반적이다. 그러나, 영상상에서 이러한 노란색과 파란색을 선택적으로 추출하기는 상당

히 어렵다. 제일 주된 영상 노이즈 성분은 경기장 바닥의 위치 확인용 흰색 선이다. 이 흰색 선은 칼라 카메라로 영상을 획득할 때 매우 밝은 성분으로 매우 강한 노이즈로 작용된다. 본 연구에서는 바닥 선의 제거를 위해서 다음과 같은 영상 처리 기법을 적용하였다.

- Step 1. 가로 방향의 바닥 선을 제거하기 위한 기법으로 영상을 획득하여 가로 방향으로 좌우로 x-shift 값 만큼 이동 시킨다. 이때 x-shift 값은 사용자가 설정하는 값으로 보통 칼라 마크의 크기보다 커야 한다. 칼라 마크보다 크지 않을 경우 칼라 마크가 지워질 수가 있다. (그림 4 (a))
- Step 2. 원래 영상에다 가로 방향으로 이동시킨 영상을 뺀다. 이렇게 하면 가로 방향의 선 성분을 제거 할 수 있다. Step 1 에서 말한 바와 같이 좌우 이동시키는 값이 칼라 마크의 크기보다 작을 경우 칼라 마크가 사라진다. 효과적인 영상 처리를 위하여 경기 전 적절히 이러한 변수 값을 설정해야 한다. (그림 4 (b))
- Step 3. 세로 방향의 바닥 선을 제거하기 위하여 획득한 영상을 세로 방향으로 좌우로 x-shift 값 만큼 이동 시킨다.
- Step 4. 가로 방향의 바닥 선을 제거한 영상에 세로 방향으로 이동시킨 영상을 뺀다. 이렇게 하면 가로 세로 방향의 선 성분을 제거 할 수 있다.
- Step 5. 완전히 제거 되지 않은 선 성분을 제거하기 위하여 가로, 세로 방향으로 수축, 팽창을 반복한다.
- Step 6. Step 5 의 과정을 통하여 노이즈가 제거된 영상으로부터 칼라 코드의 면적 중심을 추출하여 로봇의 위치를 구한다.

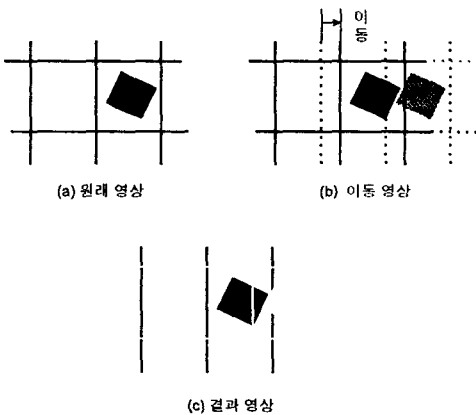


그림 4. 바닥 선 제거 방법

상대편 로봇의 방향을 구할 수 있다면 전략을 구

사하는데 매우 유용하나 다양한 상대편 로봇의 영상 특징치를 미리 알아야 하므로 영상 처리 알고리즘을 미리 구현하기가 어렵다.

그림 5 는 영상처리 과정 후의 로봇의 마크를 인식한 영상이다. 상대편 로봇의 위치를 찾기 위한 알고리즘 수행 시간은 영상입력시간을 제외하고 30msec 내외이며 위치 정밀도는 3pixel 정도이다. 영상 처리로 인하여 칼라 마크가 왜곡이 생겨서 공의 경우보다 낮은 정밀도를 갖는다.

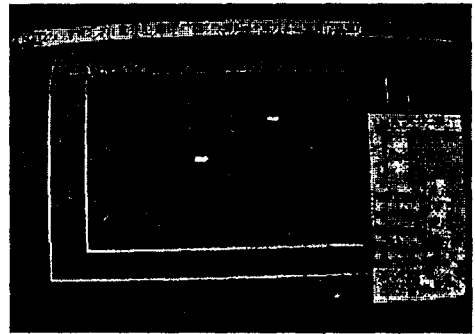


그림 5. 상대편 로봇의 마크 인식 영상

4.2.2 우리 편 로봇 탐색 알고리즘

우리 편 로봇의 위치를 정확히 구하는 것은 매우 중요하다. 각 로봇을 제어하여 공을 드리블 하거나 슈팅을 하기 위해서는 정확히 로봇의 위치와 각도를 알아야 한다. 본 연구에서는 보다 정확한 로봇의 위치 이탈을 위하여 그림 6 과 같이 LED 로 구성된 패턴을 사용하여 로봇의 위치와 각도를 구한다. LED 패턴의 장점은 흔히 사용하는 칼라 패턴에 비하여 다음과 같은 장점을 가진다.

첫째, 외부 조명의 영향을 받지 않는다. LED 의 경우 발광체이다. 따라서 주위의 조명 조건에 따라 영상의 밝기 값의 변화가 적어 안정성이 뛰어나다.

둘째, 노이즈의 영향이 작다. 로봇 축구 대회에 사용되는 영상 처리 알고리즘중 대부분은 불필요한 바닥 선을 제거하는데 사용된다. 그러나, LED 패턴을 사용할 경우 LED 패턴의 밝기 값이 주변 바닥 선이나 다른 색보다 밝으므로 간단한 이진화 처리를 통하여 불필요한 모든 노이즈 성분을 제거할 수 있어 효과적이다.

셋째, 정확하고 빠르게 로봇의 위치를 구할 수 있다. LED 의 경우 크기가 매우 작으며 앞에서 설명한 바와 같이 노이즈의 영향을 줄이면서 화소의 크기가 작고 면적의 변화가 적으므로 정확하고 빠르게 LED 패턴의 중심을 구할 수 있다.

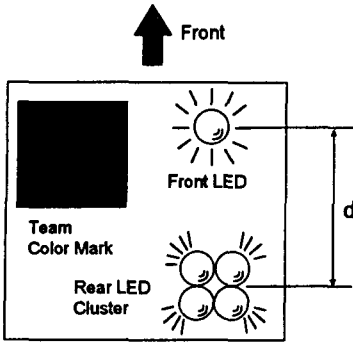


그림 6. 로봇 인식용 LED 패턴

그림 7은 카메라로 획득하여 이진화 처리한 LED 패턴 인식 영상이다. LED 패턴 부분이 선명히 나타남을 알 수 있다.

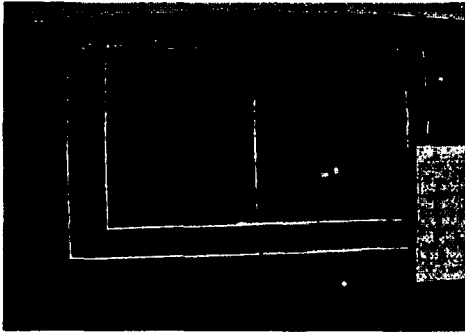


그림 7. LED 패턴의 영상

LED 패턴은 4개의 LED와 1개의 LED로 구성된 2가지 클러스터(Cluster)로 구성되어 있다. 면적의 차이를 사용하여 LED의 방향을 알 수 있으며 LED 클러스터 사이의 거리 차이로부터 각 로봇을 인식한다. 우리 편 로봇을 찾기 위한 알고리즘 수행 시간은 영상 입력 시간을 제외하고 10msec 내외이며 위치 정밀도는 1pixel 이하이다.

5. 결론 및 향후 과제

본 연구에서는 로봇 축구 대회를 위한 영상 처리 시스템에 대해 설명을 하였다. 비전 시스템에서 구한 로봇과 공의 정보를 호스트 컴퓨터에 알려주어 주 컴퓨터가 로봇을 관리할 수 있도록 하였다. 병렬 처리 기법을 사용하여 빠르고 효율적으로 원하

는 정보를 추출할 수 있었다. 그러나, 현재 로봇의 정밀한 위치 파악 및 제어를 위해서는 보다 높은 정밀도를 가지는 카메라가 필요하다. 이를 위해서는 현재 2대의 카메라를 추가하기 위한 작업이 진행 중이다. 각 카메라는 경기장을 반씩 나누어 관찰하여 약 2배 정도의 정밀도 향상을 가지고 올 수 있을 것으로 기대된다. 향후에는 로봇의 위치를 보다 정확히 측정하기 위해서 줌(Zoom) 렌즈의 적용 및 오토 포커스(Auto-focus) 기법의 적용, 그리고 시각 서보의 기법을 적용하여 보다 정확하고 빠르게 로봇의 위치를 측정하여 정밀 제어가 가능하도록 시스템을 설계할 계획이다. 또한 계산 시간을 줄이기 위해서 병렬 처리 기법을 보다 확장 시켜서 초당 15번 이상의 위치 인식이 가능하도록 할 계획이다.

참고 문헌

- [1] Brooks R.A., "A Robust Layered Control System For A Mobile Robot", IEEE Journal of Robotics and Automation, Vol., RA-3, No.1 March 1986
- [2] "Object layer and C-layer " Reference manual ver. 2.0, AISI, 1992.
- [3] "C 언어에 의한 화상처리 실무" 국제 테크노 정보 연구소
- [4] Berthold Klaus, Paul Horn, "Robot Vision", MIT press, 1987
- [5] 김종환, "MIROSOT 에 대한 소개", KAIST 마이크로 로봇 축구 대회 논문집, 1996
- [6] "센서 인터페이스", 기전연구소, 1986
- [7] William H. Brain P. etc, "Numerical Recipes", Cambridge University Press. 1988.