

논문 2008-45IE-2-5

# 글로벌 비전을 이용한 자동제어 휴머노이드 축구시스템 설계

## ( Implementation of Active Humanoid Robot Soccer System Using Global Vision )

구 자 일\*

( Ja Yl Ku )

### 요 약

본 논문에서는 휴머노이드를 이용한 로봇 축구 시스템을 새롭게 제안하며, 다수의 인간형 로봇을 제어하는 방법과 축구 경기를 하기 위한 전략 알고리즘 등에 대해 기술하였다. 로봇의 위치와 방향을 파악하기 위해서 로봇의 위쪽 어깨 부분에 각각의 로봇을 구분할 수 있는 칼라 태그를 부착하였고, 빠른 위치와 방향 인식을 위해 전용의 PC를 통해 영상인식을 수행하였다. 본 논문에서 제안한 휴머노이드 로봇 축구 시스템은 기존의 바퀴 구동형 축구 로봇을 한 단계 발전시킨 것으로, 앞으로 많은 연구를 통하여, 인간처럼 자율 이동이 가능한 로봇 축구 경기가 가능하리라 본다.

### Abstract

The paper is represented active robot soccer system using humanoid. many robot we implement the control method of several robot and the algorithm of robot soccer system. the position and direction of the robot is recognized quickly using color tag on the shoulder of robot and special personal computer. Humanoid robot soccer system in this paper develops better in existent wheel-driven soccer robot. Forward, through a lot of studies, self-moving soccer game like human with humanoid is possible.

**Keywords :** Humanoid, Robot Soccer System, Global Vision, Color Tag

### I. 서 론

로봇 축구(Robot Soccer) 대회는 1995년 국내에서 처음 창안된 이래, 현재는 세계 여러 나라에서 참가하는 국제적인 로봇 대회로 성장하였다. 이러한 로봇 축구는 초창기 로봇의 제어 기술에 초점을 맞추어 발전해 오다가, 이제는 CCD 카메라를 이용한 비전 시스템(Vision System)까지 활용하여 고도로 프로그램 된 축구 전략(Stratgy)에 의해 자율적으로 경기가 진행된다. 특히 실제 축구 경기와 마찬가지로 11대 11의 로봇 축구 경

기(MiroSot Large League)는 빠른 스피드, 치밀한 전략 등으로 많은 인기를 끌고 있다.

또한, 로봇 축구 시스템은 로봇 스포츠 경기로써의 역할을 할 뿐만 아니라, 로봇의 정교한 모터 제어 기술(Motor Control Technology), 무선 통신 기술(Wireless Communication Technology), 비전 처리 기술(Image Processing Technology), 전략을 위한 소프트웨어 알고리즘 기술(Software Algorithm Technology) 등의 다양한 기술이 사용되고 있어, 전체적인 로봇 기술에 중요한 역할을 하고 있어, 로봇 기술의 집합체라고 볼 수 있다.

로봇은 불과 10-20년 사이에 눈부신 발전을 하고 있다. 기존의 바퀴 구동형 로봇(Wheel-driven robot)에서 인간과 흡사한 다관절(多關節) 형태의 휴머노이드(Humanoid)에 이르기 까지 많은 변화를 가져온데 반해, 로봇 축구 분야는 아직까지 바퀴 구동형의 로봇이 주

\* 정회원, 인하공업전문대학 디지털전자정보과  
(Department of Digital Electronics Information,  
Inha Technical College)

※ 이 논문은 2007학년도 인하공업전문대학 교내연구  
비지원에 의하여 연구되었음

접수일자: 2008년3월4일, 수정완료일: 2008년6월9일

(主)를 이루고 있다. 실제 축구 경기는 세계적으로 가장 인기 있는 스포츠이다. 특히, 요즘과 같이 로봇이 점점 인간을 닮아가는 추세에 맞춰, 로봇 축구 대회에서도 인간과 닮은 휴머노이드를 이용한 로봇 축구 경기를 요구하고 있다.

세계 로봇 축구 대회를 주관하고 있는 대한로봇축구협회(FIRA)에서도 몇 년 전부터 휴머노이드를 이용한 축구 경기 종목을 새로 신설하여 경기를 하고 있으나, 아직까지 이렇다 할 기술 발전이나 종목의 활성화가 되지 못하고 있다. 이 외에도 일본, 미국 등지에서도 인간형 로봇을 이용한 로봇 축구 시스템이 개발되고 있는 것으로 알려져 있다.

본 논문에서는 이러한 휴머노이드를 이용한 로봇 축구 시스템을 새롭게 제안하며, 다수의 인간형 로봇을 제어하는 방법과 축구 경기를 하기 위한 전략 알고리즘 등에 대해 기술하고자 한다.

## II. 본 론

### 1. 능동형 로봇 축구 시스템

로봇은 지능을 가지고 있어야 한다. 고전의 로봇은 단순한 반복 작업을 수행하는 기계 뿐만 아니라, 인간이 할 수 있는 일을 대신하는 모든 기계까지 포함하고 있었으나, 21세기에 접어들면서, 로봇 스스로 센서 및 비전을 이용하여 능동적인 행동을 취할 수 있는 지능을 가지고 있는 로봇을 지능형 로봇(Intelligent Robot) 또는 능동형 로봇(Active Robot)이라고 한다.

로봇이 상황에 맞게 능동적으로 동작하기 위해서는 주변의 환경을 인식하는 센서(Sensor)를 사용하게 된다. 특히, 기존의 로봇 시스템은 CCD 카메라를 이용한 비전을 사용하여 주변의 확실한 상황 정보를 인식한다.

비전을 사용한 능동형 로봇 축구 시스템은 크게 다음의 두 가지로 구분된다.

#### 글로벌 비전을 이용한 능동형 로봇 축구 시스템

(Active robot soccer system using global vision)

글로벌 비전(Global vision)은 전체적인 경기장의 영상을 이용하여 각각 로봇의 위치 및 방향, 공의 위치를 알아낼 수 있다. 기존의 바퀴 구동형 로봇 축구 시스템에서 사용하고 있는 방식이다. 즉, CCD 카메라는 경기장의 중앙 약 2-3m 높이에 설치하며, 로봇에 로봇을 구분할 수 있는 ID 칼라 태그(ID Color Tag)를 부착한다. 이로써, 경기장 내에서 로봇의 위치를 구분한다. 이

모든 과정은 경기장의 한쪽에 설치된 컴퓨터 시스템에 의해 처리되고, 처리된 데이터와 전략에 의해 무선으로 로봇에 원격 제어를 하게 된다.

이러한 기존의 글로벌 비전을 이용한 로봇 축구 시스템은 바퀴 구동형 로봇 축구 시스템에 적합하다. 크기가 일정하게 제한되어 있어, 2차원 상에서 동작하는 로봇에는 효율적일 수 있으나, 휴머노이드와 같이 로봇의 높이가 고려되어야 하고, 공의 움직임이 3차원 공간 상에서 처리되어야 한다면, 글로벌 비전으로의 영상 처리가 좀 더 세밀해져야 한다.

또한, 이러한 글로벌 비전의 단점으로 지적되고 있는 경기장 외부(상단)에 카메라를 설치해야 되는 문제점은 로봇에 대한 현실적인 기술 발전의 한계에 부딪히게 된다. 실제적인 로봇의 비전 기술 발전에는 다음에 제시하는 자체 비전 시스템의 개발이 필수적이라 하겠다.

#### 자체 비전을 이용한 능동형 로봇 축구 시스템

(Active robot soccer system using stand-alone vision)

자체 비전(Stand-alone)을 이용한 능동형 로봇 축구 시스템은 로봇에 직접 CCD 카메라를 장착하고 이를 통해 얻어진 영상을 처리할 수 있는 처리기(프로세서)를 탑재하여 스스로 모든 상황을 인식하여 로봇을 동작하는 방식이다.

카메라를 로봇에 직접 탑재하기 위해서는 소형의 가벼운 형태이어야 하고, 충분한 해상도와 색 분해능 성능이 좋아야 한다. 또한, 영상처리에 사용되는 처리기가 저전력 형의 소형이어야 하기 때문에 DSP 또는 ARM 계열의 임베디드 프로세서(Embedded Processor)가 사용된다. 경기를 진행할 때, 외부에 별도의 시설의 설치가 필요 없고, 모든 시스템을 로봇이 독립적으로 탑재하고 있어, 로봇이 독자적으로 스스로 동작하게 된다.

이러한 자체 비전 방식은 궁극적인 로봇 축구 시스템의 최종 목표라고 볼 수 있으며, 현재의 로봇 기술로 구현이 가능하나, 이를 제어하기 위한 소프트웨어 기술까지 접목하여 실감있는 경기 진행을 위한 복합적인 기술 구현에는 많은 시간이 소요될 것으로 보인다.

본 논문에서는 글로벌 비전을 사용하는 방법을 이용하여 휴머노이드에 맞는 로봇 축구 시스템을 구성하였다. 즉, 글로벌 비전을 이용하여 전체적인 로봇의 위치와 방향, 공의 위치를 추적하게 되며, 이 정보를 이용하여 로봇에 무선으로 동작에 대한 명령을 내리게 된다.

2. 시스템의 개요

글로벌 비전 방식의 휴머노이드 로봇 축구 시스템의 구성을 보면 아래 그림 1과 같다.

우선, 로봇 축구 경기를 하기 위해 두 개의 팀으로 나뉘고, 한 팀에서 3대의 로봇으로 구성된다. 이 3대의 로봇은 골키퍼 로봇 1대와 수비와 공격을 담당하는 2대의 로봇으로 구분되며, 위 그림에서는 글로벌 비전을 이용하는 로봇 축구 시스템을 보여 주고 있다.

글로벌 비전에 사용되고 있는 CCD 카메라는 크게 아날로그 방식의 출력 신호를 가지고 있는 카메라와 디지털 방식의 출력 신호를 가지고 있는 카메라, 2가지로 구분된다.

아날로그 출력 방식의 CCD 카메라는 가격이 저렴하며, 범용으로 많이 사용하는 카메라이므로, 구입하기가 쉽다. 또한, 부착하는 렌즈의 종류도 다양하여 원하는 화각의 영상을 얻어올 수 있다. 단점은 고해상도의 영상 획득이 불가능하고, 영상 캡처 보드와 같은 별도의 장치가 필요하다. 또한, 영상의 노이즈가 많아 이를 처리하는 시간이 많이 걸리고, 영상을 획득하는 시간이 비교적 많이 걸리는 편이다.

디지털 출력 방식의 CCD 카메라 고해상도의 영상 획득이 가능하며, 영상의 노이즈가 거의 없고, 컴퓨터에서 처리하는 시간이 빠르다. 단점은 가격이 고가이며, 구입하기가 쉽지 않다. 별도의 고가 영상 캡처 인터페이스 보드가 필요한 경우도 있다.

전용의 디지털 출력 방식 CCD 카메라는 빠른 영상 획득 속도를 위하여 전용 영상 처리 프로세싱까지 가능하기 때문에 전문적인 분야에 사용되고 있으며, 기존의 로봇 축구 시스템에도 사용된 바가 있다. 그 외에 범용의 디지털 전송 방식인 IEEE 1394 또는 USB 2.0 포트를 이용한 카메라가 시중에 비교적 싼 가격에 나오고 있다. 특히 USB 2.0 포트를 이용한 카메라의 경우 영상의 품질과 영상 획득 속도가 빠를 뿐만 아니라 일반적

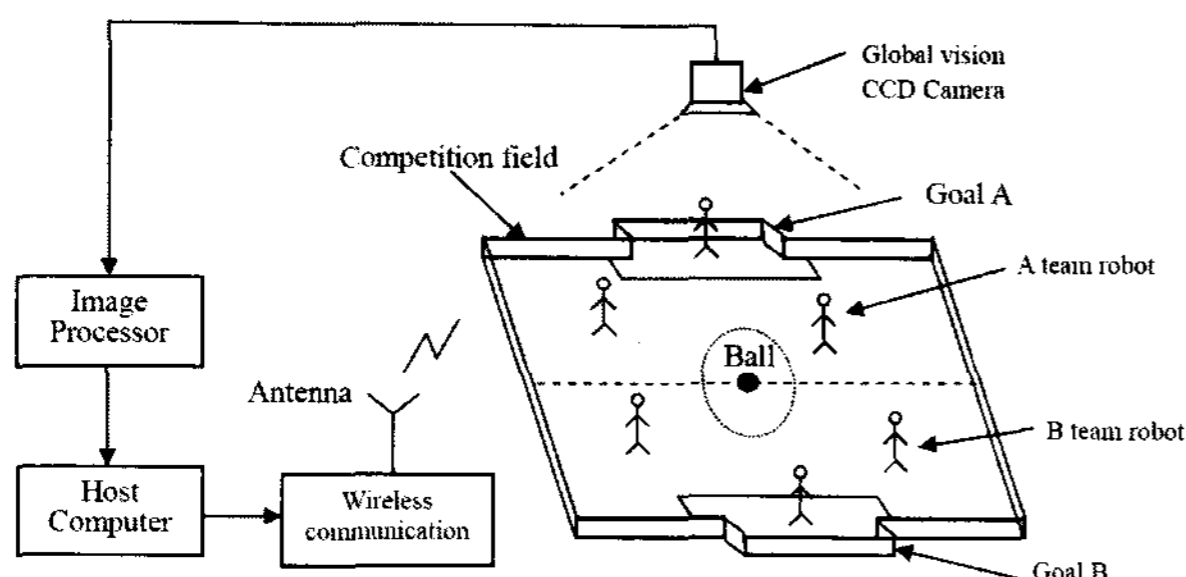


그림 1 휴머노이드 로봇 축구 시스템  
Fig. 1. Humanoid robot soccer system.

인 컴퓨터의 환경을 대부분 사용할 수 있어 본 논문에서는 USB 카메라를 이용하여 글로벌 비전 시스템을 구축하였다.

3. 로봇의 구조

DC 모터 2개로 구성된 바퀴 구동형 축구로봇과 다수의 관절형 로봇으로 구성된 휴머노이드 축구 로봇의 구조는 하드웨어 측면에서 서로 공통된 부분이 있으나, 내부적인 구성으로는 큰 차이를 보인다.

현재 로봇에 사용된 마이크로 컨트롤러는 AVR 계열의 RISC CPU를 사용하였으며, 이 마이크로 컨트롤러에서 로봇에 연결된 16개 서보 모터를 제어하는 동작 프로그램을 실행한다. 축구 동작을 구현하는 동작 프로그램은 별도의 플래시 메모리인 24LC512에 탑재되어, 손쉽게 프로그램의 변경이 가능하도록 하였다.

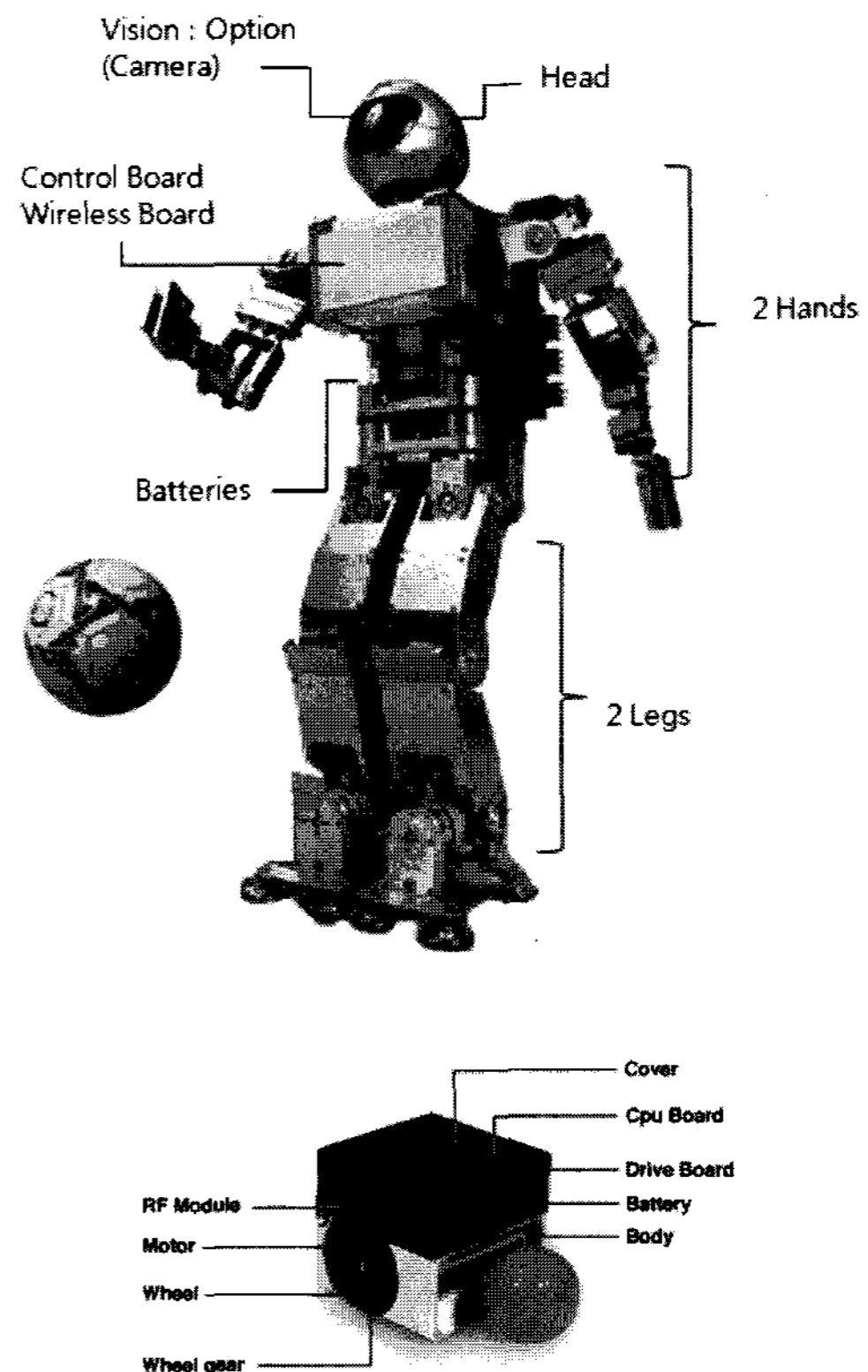


그림 2 휴머노이드와 바퀴구동형 축구로봇  
Fig. 2. Humanoid and wheel driving soccer robot.

표 1. 바퀴구동형과 휴머노이드 축구로봇의 비교  
Table 1. Comparison with humanoid and wheel driving soccer robot.

구분	바퀴구동형 축구로봇	휴머노이드 축구로봇
컨트롤	- 단일 CPU를 이용하여 RF 통신, DC 모터 제어에 관련	- 프로그램을 처리하기 위한 메인 프로세서외에 모터 제어를

러 (CPU 보드)	<ul style="list-style-type: none"> <li>된 프로그램을 처리한다.</li> <li>- DC 모터 제어를 위한 PWM 제어 방식 (모터 인코더와 연계)</li> <li>- 무선 통신을 위한 별도의 복잡한 소프트웨어 탑재(무선 혼선 우려, 각 로봇 ID 분리 등)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>위한 별도의 프로세서를 사용하기도 함.</li> <li>- 다수의 관절형 모터 제어를 위해 통신(펄스 구동/RS485 등)이 가능</li> <li>- 로봇 기본 동작 프로그램을 미리 탑재하기 위한 플래시 메모리</li> </ul>
통신 방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>- RF 방식의 무선 통신</li> <li>- 한 팀의 각 로봇은 모두 같은 주파수 RF 모듈을 탑재</li> <li>- PC 제어 측에도 같은 모듈 사용</li> <li>- 각 로봇의 양 DC 모터 제어 데이터 전송</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2.4 GHz의 블루투스 통신</li> <li>- 한 팀의 각 로봇은 다른 ID의 모듈 탑재</li> <li>- PC측에는 1:n 접속이 가능한 게이트웨이 연결</li> <li>- 각 로봇의 동작 모션에 대한 데이터 전송</li> </ul>
전원	- 7.2V 리튬 폴리머 (Li-Polymer) 배터리 사용	- 6V 니켈 수소(Ni-MH) 배터리 사용
모터	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 고속의 DC 모터 2개 사용</li> <li>- 인코더(Encoder) 내장형 사용(Feed-back 제어 방식)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 제어 회로가 내장된 관절형 모터 사용</li> <li>- 인간과 같은 2개의 다리, 2개의 손을 위해 최소 10개 이상의 모터 사용</li> </ul>
센서	- 사용되지 않음	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 넘어짐을 감지하기 위한 틸트 센서(Tilt Sensor) 사용</li> <li>- 빠른 보행에서 흔들리는 자세를 보정하기 위한 가속도 센서(Gyro Sensor) 사용</li> </ul>
로봇 크기	- 로봇의 가로, 세로와 높이를 기준으로 제한	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 로봇의 크기는 전원 투입 시 측정하는 로봇의 키, 어깨 폭, 다리 폭과 전원 비 투입 시 기구적으로 뺄 수 있는 로봇의 키, 손의 폭(왼쪽과 오른쪽 손 끝까지의 길이), 다리의 최대 폭(왼쪽 다리와 오른쪽 다리 끝까지의 길이)으로 결정</li> </ul>

#### 4. 무선통신(wireless Communication)

기존의 축구로봇에 널리 쓰이는 RF(Radio Frequency) 모듈은 주파수가 418MHz 과 433MHz 두 채널로 제한되어 있어 시험에 있어 많은 공간적인 제약을 가지고 있다. 때문에 기존에는 주파수 간섭 문제로 여러 경기를 동시에 진행할 수 없는 어려움이 있었다. 그래서 RF 모듈 개발 회사에서 다채널이 가능한 RF 모듈을 개발하여 보급하였으나, 외부 주파수 간섭 등의 RF를 사용하는 한계는 넘어 설 수 없었다.

현재의 축구로봇은 2.4GHz의 주파수를 사용하는 블루투스(Bluetooth), 지그비(Zigbee) 또는 무선랜(Wireless LAN)을 사용하고 있는 추세이다. 이러한 무선 통신 방식은 높은 데이터 신뢰성과 빠른 속도, 자유로운 양방향 통신 등을 지원되고 있어, 휴머노이드 축구로봇 시스템에 적합하다. 본 논문에서 사용하는 무선 통신 방식은 블루투스 모듈을 사용하였으며, 각 로봇에 블루투스 모듈과 PC 쪽에 블루투스 게이트웨이를 설치하여

1:3의 무선 연결로 로봇을 제어하고 있다.

무선 통신을 통해 각 로봇에 전송하는 데이터는 기존의 바퀴 구동형 축구 로봇이 각 모터의 동작을 직접 제어하는 방법을 사용하여 고기능의 CPU가 필요하지 않았다. 그러나 휴머노이드를 이용한 축구 로봇 시스템에서는 무선 통신을 통해 로봇의 관절을 이루고 있는 관절 모터를 직접 제어하는 명령을 로봇에 전송하기에는 많은 데이터의 전송이 요구되고, 현재 로봇의 상태가 많은 변수로 작용하기 때문에 로봇에 미리 동작에 관련된 프로그램을 탑재하고, 무선 통신을 통해 로봇 동작에 대한 명령 코드만을 전송하도록 설계하였다.

#### 5. 영상처리를 이용한 로봇 인식<sup>[1~2]</sup>

로봇 경기를 하기 위해서 현재 로봇의 위치와 방향 등을 실시간으로 인식하여야 하며, 빠른 위치와 방향 인식을 위해 전용의 PC를 통해 영상인식을 수행한다.

영상 처리는 이미지 프로세싱의 알고리즘을 이용하였으며, 각각의 알고리즘을 조합하여 최적의 인식이 되도록 처리하였다.

##### 5.1 칼라 태그(Color Tag)

영상 처리의 주된 목적은 로봇의 위치와 방향을 파악하기 위해서 이므로, 이를 위해 로봇의 위쪽 어깨 부분에 각각의 로봇을 구분할 수 있는 태그를 부착한다. 이 태그는 복수의 로봇에 장착을 해야 하기 때문에 칼라를 이용한다. 그림 3에서 칼라태그는 총 4개의 색상을 이용하여 구성되어 있다.

번호 ①은 로봇 인지도용 태그로써 글로벌 CCD 카메라는 전체 경기장의 영상을 보기 때문에 그 중에서 로봇만을 빠르게 인식하기 위하여 로봇을 인지하는 파란색의 태그를 부착한다. 즉, 경기장의 전체 영상 중에 파란색의 태그가 검출되면 그 부분에 로봇이 있다는 것을 인지하는 것이다.

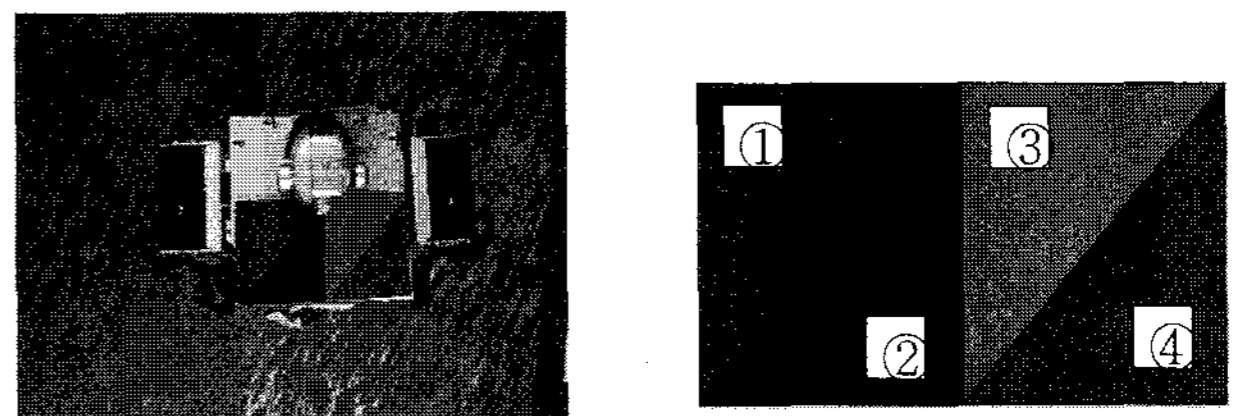


그림 3. (a) 로봇 어깨에 부착된 칼라 태그 (b) 칼라 태그의 구성

Fig. 3. (a) The robot with Color Tag on the shoulder. (b) The construction of color tag.

번호 ②③은 로봇 ID 태그로써 로봇마다 각각의 고유번호(ID)를 부착하여, 로봇의 개별 제어를 가능하게 된다. 이 ID의 인식을 위해 2가지 색상을 사용하며, 다수의 로봇이 사용되는 로봇 게임에도 응용이 될 수 있도록 구성하였다.

번호 ④는 로봇 팀 태그로써 각 로봇들은 팀으로 구성되어 있으므로, 빠른 팀 구분을 위해서 별도의 팀 구분을 위한 칼라 태그를 부착하였다. 특히, 로봇 팀 태그는 로봇 인지용 태그와 함께 로봇의 방향을 결정하는데에도 사용된다. 즉, 로봇의 방향은 로봇 인지용 태그의 무게 중심과 로봇 팀 태그의 무게 중심을 이용하여 두 좌표로 이루어진 각도를 중심으로  $+a$  만큼의 보정 각도로 알아낼 수 있다.

### III. 실험

칼라 태그(Color Tag) 인식 알고리즘을 이용하여 칼라태그의 구분에 따라 그림 4와 같이 진행된다.

① 로봇인지 : 로봇 인지 칼라인 파란색을 인지한다. 이 파란색의 주변으로 로봇을 인식하게 하여 다음에 구분되는 칼라의 인지 영역을 좁혀 줌으로써, 좀 더 빠른 칼라 인식이 가능하도록 하며, 나중에 팀 인지 칼라와 함께 로봇의 방향을 결정하는데 사용된다.

② 팀인지 : 각 팀마다 특정 색을 부여하며, 현재의 예에서는 갈색으로 팀을 구분한다. 팀 인지를 통해 필요하지 않는 팀의 영상 인식을 제외하여 빠르게 자기 팀만의 로봇에 대한 정보만을 처리한다. 또한, 로봇 인지 칼라와 팀 인지 칼라를 이용하여 로봇의 방향을 알아낸다.

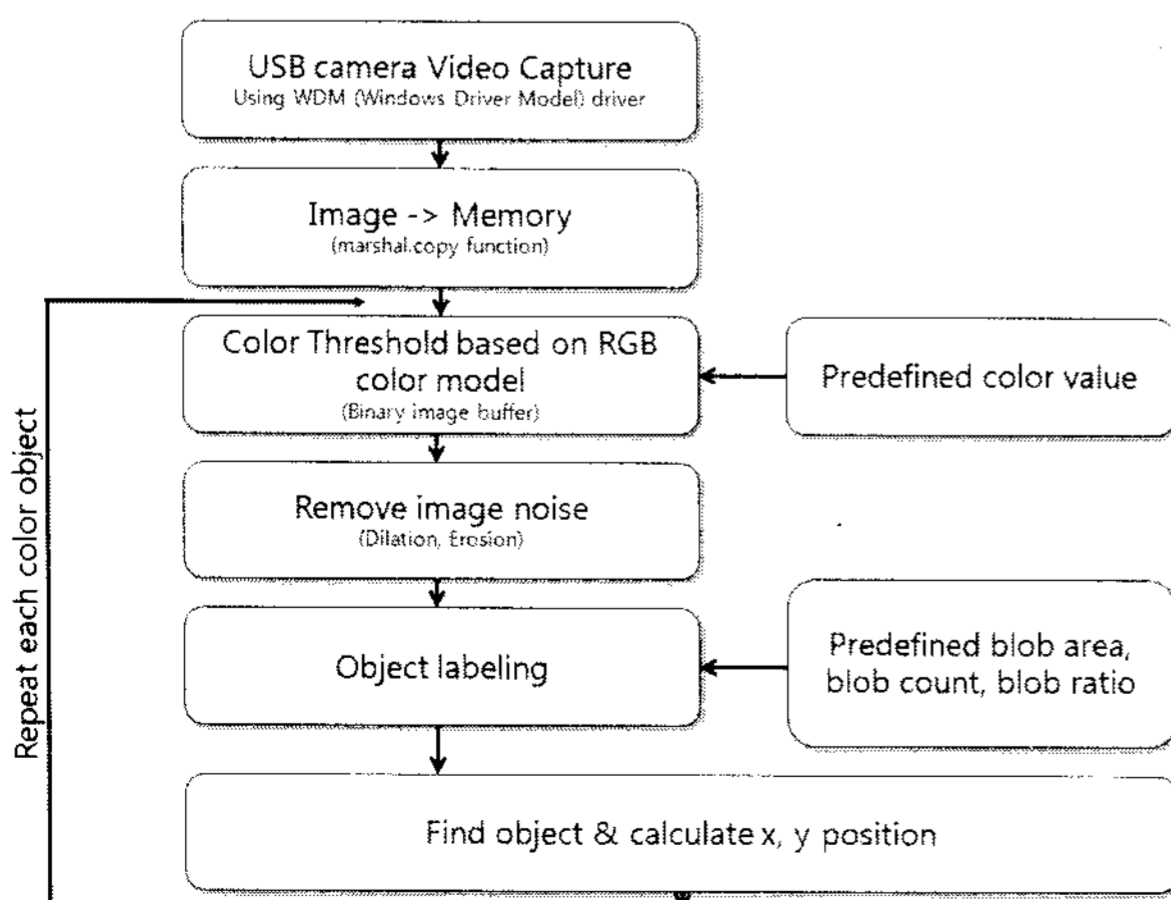


그림 4. 칼라 태그를 위한 영상 처리 알고리즘  
Fig. 4. Image Process Algorithm using color tag.

획득된 영상을 통하여 로봇의 ID와 위치, 방향을 알아내기 위해서는 그림 4에서 설명한 칼라 태그 처리 알고리즘을 이용하여 먼저 로봇 인지(획득된 영상 중에서 로봇인지 바닥 면인지를 알아냄)를 수행하고, 로봇이 인지된 지점을 기준으로 영상 처리의 영역(ROI)을 축소하고, 다시 팀 인지(로봇이 자기 팀인지 상대 팀인지를 알아냄)를 수행한다. 팀 인지가 완료되면, 현재 팀의 몇 번째 로봇(ID)인지를 인식한다. 이때, 로봇 인지와 팀 인지를 수행하면서 인식하는 색상을 기준으로, 로봇이 현재 경기장의 어느 위치에 있는지와 로봇이 향하고 있

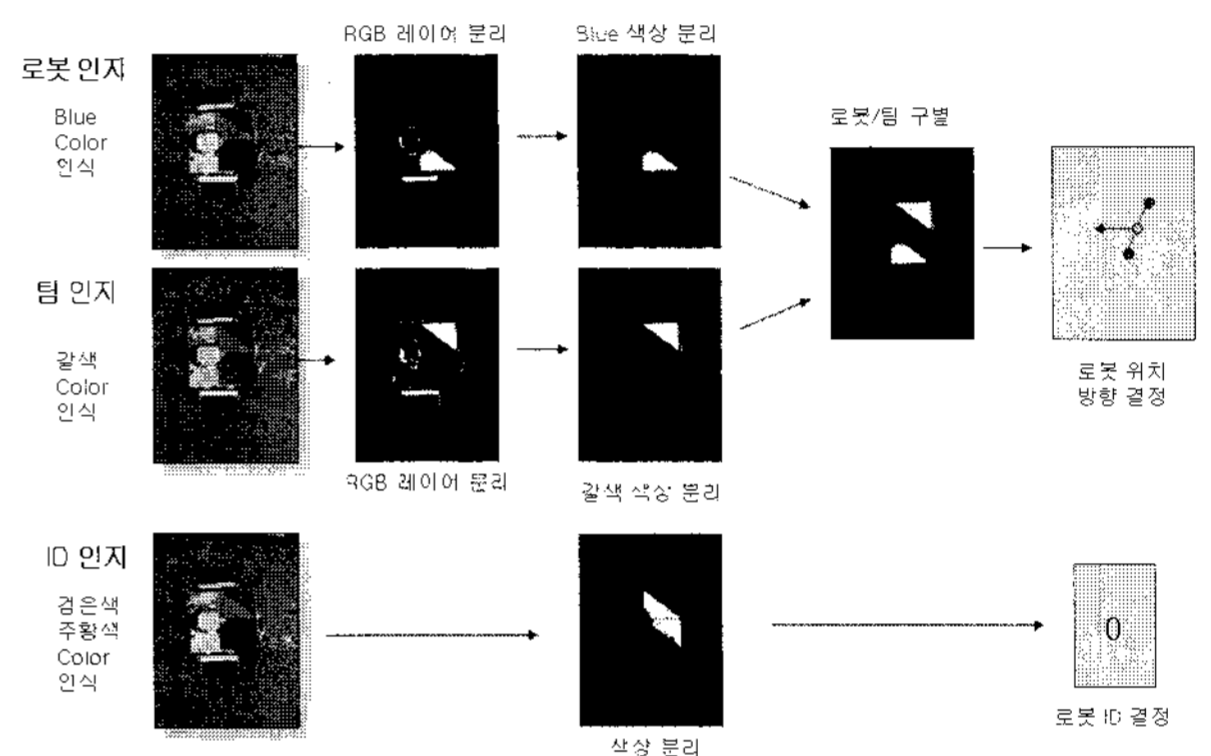


그림 5. 영상 인식의 절차  
Fig. 5. The steps of image recognition.

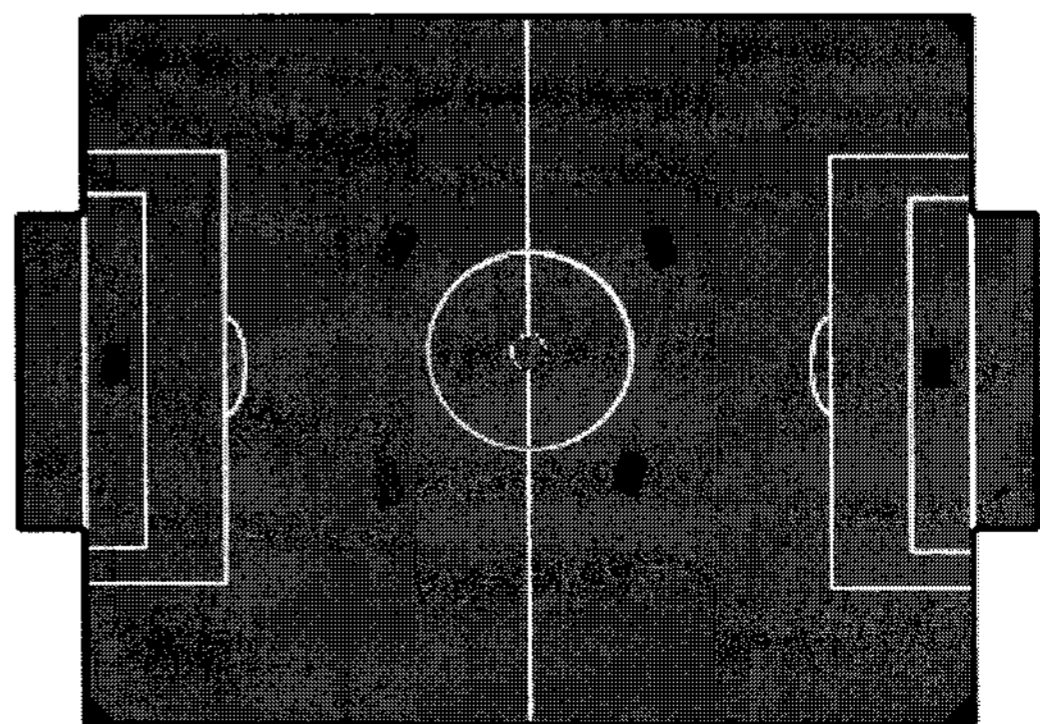
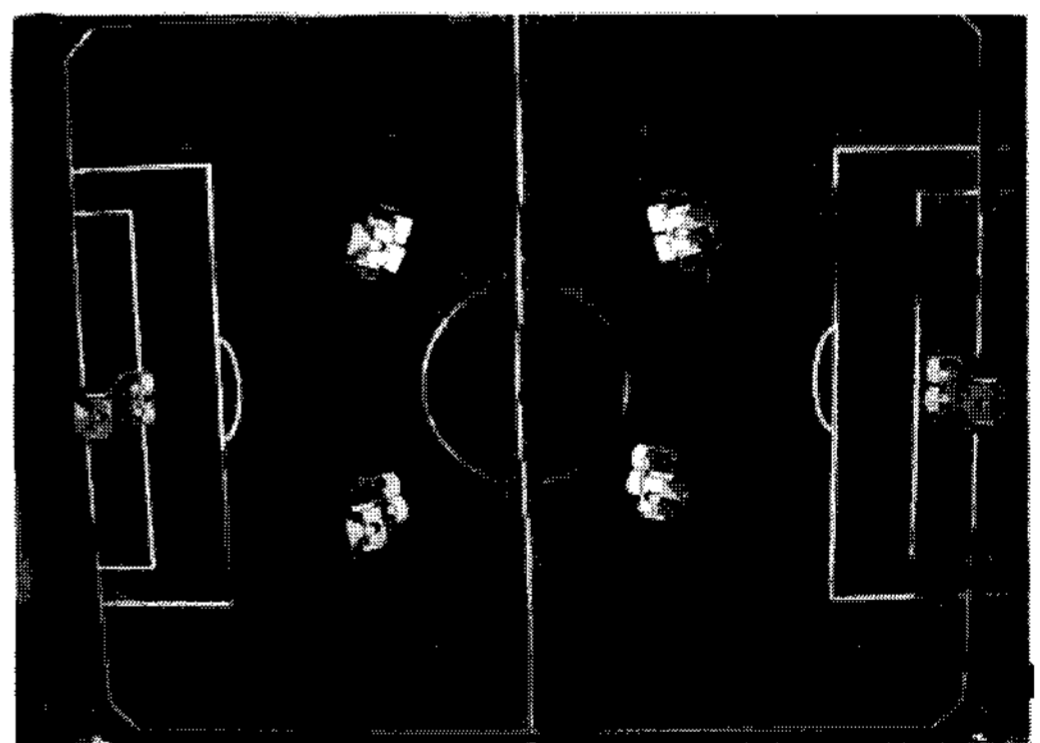


그림 6. 영상 인식에 의해 처리된 로봇의 위치와 방향  
Fig. 6. The position and the direction of the robot using image recognition.

는 방향을 계산하게 된다.

이러한 영상 처리는 휴머노이드 로봇의 이동속도가 초당 0.1-0.3m의 느린 속도이기 때문에 초당 약 100ms의 속도로도 충분하다. 아래 그림은 초당 5 frame의 속도로 영상 처리를 통해 로봇의 현재 위치와 로봇의 전진 방향을 직접 테스트 중인 화면이다.

#### IV. 결 론

휴머노이드를 이용한 축구 로봇 시스템은 아직 초보적인 단계로써, 로봇의 이동 속도가 빠르지 않기 때문에 영상 처리를 이용한 로봇의 위치 및 방향을 계산하기 위해 고가의 영상 장비는 필요하지 않았다. 특히 기존의 로봇축구와는 하드웨어와 소프트웨어의 플랫폼이 많이 변하였기 때문에 이를 처리하기 위한 방법들이 많이 연구되어야 한다.

현재까지 진행한 시스템은 다 객체의 로봇에 ID를 부여한 블루투스 무선 모듈의 효율성과 글로벌 비전을 통해 휴머노이드 로봇의 위치와 방향을 알아내는 방법 등을 연구하였고, 목표 지점에 이동하기 위한 휴머노이드의 통신 제어 방법에 대해 진행되었다.

본 논문에서 제시한 로봇에 미리 기본 동작에 관련된 프로그램을 탑재하여, PC에서 제어 명령 코드를 보내는 방법은 매번 환경요소가 변화되어 축구 로봇의 동작을 수시로 변화시켜 주어야 하는 경우에 적용하기에는 많은 연구가 필요하였다.

기존의 바퀴구동 로봇과는 달리, 휴머노이드를 이용한 로봇 축구는 로봇의 높이(키)도 충분히 고려해 주어야 한다. 로봇의 안정성이 확보되지 않는 상태에서는 로봇이 넘어지거나, 경기장 바깥으로 이탈하였을 경우 등 많은 변수가 발생하기 때문에 글로벌 영상 처리를 통해 로봇 축구를 하는 것에는 한계가 있다. 그래서 앞에서 언급하였던 자체 비전을 탑재한 방법으로 계속 연구를 진행하여야 할 것이며, 그렇게 하기 위해서는 로봇에 탑재하는 CPU 보드를 OS와 무선 랜 환경 하에서 동작하는 임베디드 보드로의 연구 진행도 고려해보아야 할 것이다.

#### 참 고 문 헌

[1] 최승환, 김종환, "로봇 축구를 위한 소프트웨어 구조 및 비전 처리" 정보과학회지 제24권 제3호, 2006. 4, pp. 59~65

[2] E. Pagello, A. D'Angelo, E. "Menegatti Cooperation Issues and Distributed Sensing for Multi-Robot Systems", IEEE Proceedings of IEEE Vol.94 Iss. 7, July 2006, pp. 1370- 1383

#### 저 자 소 개



구 자 일(정회원)

1991년 인하대학교 전자공학과 공학사.

1993년 인하대학교 전자공학과 공학석사.

1999년 인하대학교 대학원 전자공학과 공학박사.

2008년 6월 현재 인하공업전문대학 디지털전자 정보과 교수