

# RoboSot 종목을 위한 Dream Come True System

정명진, 김종환  
한국과학기술원 전자학과

## 1. 서 론

RoboSot 종목에서는 센서 정보 처리 및 전술 계산 등을 모두 로봇에서 수행해야 하기 때문에 로봇들은 주변 정보를 습득할 수 있는 카메라 및 장애물 감지 센서 등을 탑재해야 하며 적절한 시간 안에 이를 처리할 수 있는 계산 처리 능력을 지닌 CPU를 가지고 있어야 한다. 본 논문에서는 RoboSot 종목을 참가하는 *Dreams Come True (DCT)* 팀에서 개발한 system을 로봇 사양 및 전술 측면에서 소개한다.

## 2. 본 론

### 2.1 Dreams Come True System

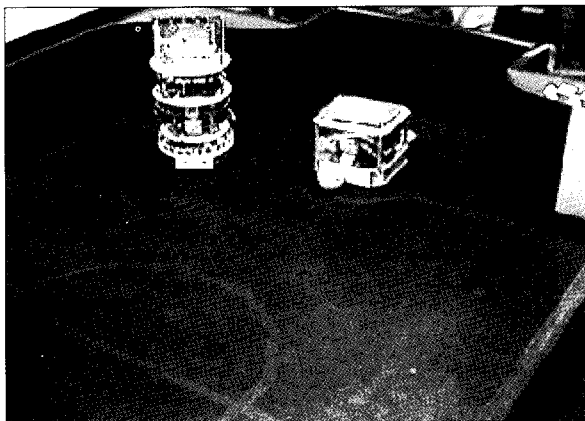


그림 1. Dreams Come True RoboSot 시스템

그림 1은 개발된 축구 로봇 시스템으로 전방향 이동 기능을 가진 공격수 로봇과 차동 구동 방식의 골키퍼 로봇, 그리고 로봇 간 통신을 위한 통신 서버로 구성된다. 각 로봇의 사양은 표 1에 정리되어 있다.

공격수 로봇은 전방향 이동 메카니즘을 사용한다 [1]. 이것은 기존의 전방향 메카니즘과 달리 보통의 타이어 바퀴를 사용하면서 3개의 구동기만을 사용하는 구조이다. 내부에는 특수한 기어 트레인이 장착되어 있어 세 개의 구동기 중에서 어느 하나가 고장나는 경우에도 로봇의 자세를 제어할 수 있는 특징이 있다. 세 개의 모

표 1. 로봇 사양

Module	사 양	
	공격수 로봇	골키퍼 로봇
CPU 및 기억 장치	Pentium-II 233MHz (64MRAM, 6.4GB HDD)	Pentium-II 233MHz (64MRAM, 6.4GB HDD)
Vision sensor	USB camera, RGB, 160*120, 10Hz	USB camera, RGB, 160*120, 10Hz
초음파 sensor	30도 간격으로 12개 배치, 5Hz	
통신	11Mbps wireless Ethernet	11MHz wireless Ethernet
상태 Display	2.5" 또는 6.4" color LCD	6.4" color LCD
User 입력 매체	IR wireless keyboard	IR wireless keyboard
Degree of mobility	3 (전방향 메카니즘)	2 (차동 구동 메카니즘)
모터 구동	전용 PID 속도 제어기 (0.4096 ms)	전용 PID 속도 제어기 (0.4096 ms)
Battery	LiI 10.8V * 2	LiI 10.8V * 2
크기	20cm(W) * 20cm(L) * 25cm (H)	20cm(W) * 20cm(L) * 20cm (H)

터 제어는 전용 PID 제어기가 0.4096ms의 샘플링 주기로 수행한다. 모터의 command 속도는 약 100ms 주기로 주 처리 장치인 Pentium-II 컴퓨터에서 계산하여 PID 제어기로 보내진다. PID 제어기는 모터 제어 및 encoder counter 기능을 겸한다.

장착된 Pentium-II 컴퓨터는 233MHz이며 64MB의 memory 및 6.4GB의 HDD를 가지고 있어 기존의 MiroSot의 로봇에서 처리할 수 없었던 기능을 수행할 수 있으며 일반 C++ 또는 C로 구현된 program을 곧바로 실행하여 test 해 볼 수 있다. Pentium-II 컴퓨터의 또다른 장점으로서는 현재 개발된 multi media peripheral들을 로봇에 부착할 수 있다는 것인데 가장 대표적인 장치로는 USB 카메라를 들 수 있다. 기존의 비전 처리 시스템이 고가의 개발 비용/장비가 소요된 반면 최근에 널리 사용되고 있는 USB 카메라는 저가이며 부피가 크지 않고 windows에 제공된 driver와 visual C++ compiler에서 제공하는 library 등을 이용하면 저가로 단기간에 개발이 가능하다는 장점이 있다. 그러나 화질 및 처리 속도 면에서는 기존의 전용 비전 처리 시스템에 비해 다소 떨어지므로 적용 대상에 맞추어 선정을 고려해야 한다. 또 다른 장비로는 Ethernet card를 들 수 있다. MiroSot 로봇에서는 serial module을 사용하나 이는 고속에서의 reliability

가 떨어지며 속도도 19200bps로 최근에 개발되는 수~수십 Mbps 대의 통신 속도에 비하면 현저한 속도차가 있다. Pentium-II computer를 주 처리 장치로 사용하므로써 본 시스템에서는 11Mbps 처리 속도의 무선 Ethernet card를 사용할 수 있으며 이는 추후 Internet 등에 연결하여 로봇을 구동할 수 있다는 장점이 있다.

비전 센서와 함께 공격수 로봇에는 12개의 초음파 센서가 방사상으로 배치되어 있어 벽이나 상대 로봇 등과 같이 근접한 장애물을 감지할 수 있다.

골킥퍼 로봇의 경우 USB 카메라 및 전용 PID 컨트롤러, 무선 Ethernet card 등과 같은 구성 요소는 공격수 로봇과 동일하나 초음파 센서가 부착되어 있지 않으며 이동 메카니즘으로는 차동 구동 방식을 취한다. 공격수 로봇과 달리 전방향 기능이 없어 이동 궤적상에도 제한이 가해지기 때문에 로봇 제어는 가능한한 간단한 방식을 이용하여 로봇이 빠른 시간 안에 목표점에 도달하도록 하였다.

로봇의 입출력 장치로는 6.4" color LCD와 IR 무선 keyboard를 이용한다. 공격수 로봇의 경우 상단부에 추후 센서 등을 추가하면 높이가 올라갈 수 있으므로 별도의 2.5" LCD를 후면에 부착하여 6.4" LCD를 제거할 수 있도록 하였다. IR 무선 keyboard의 경우 IR 특성에 의해 방향성을 지니므로 여러 대의 로봇에 입력을 가하는 경우 지향성이 없는 RF 방식에 비해 장점을 가지고 있다.

두 대의 로봇과 함께 통신 서버로서 외부 PC를 사용하고 있는데 이것은 추후 여러 대의 로봇을 추가할 수 있도록 확장성을 부여하기 위해서이다. 통신 서버는 모든 로봇의 신호를 전달받은 후 다시 broadcasting 방식으로 로봇들에게 정보를 전달한다.

## 2.1.1 공격수 로봇

### 2.1.1.1 비전 센서

비전 센서부는 전용 보드를 개발하여 영상 신호를 처리하는 stand alone 방식과 frame grabber를 이용하여 처리하는 방식 등이 많이 사용되어 왔으나 이는 고가의 개발 비용 및 장비가 요구된다. 최근에는 가정용 PC의 사양이 확장되면서 손쉽게 PC에 부착하여 프로그래밍할 수 있는 USB 카메라가 많이 보급되었다. 이는 처리 속도 및 해상도 면에서 앞의 시스템에 비해 다소 뒤지나 가격이 저렴하고 작은 공간안에 구현할 수 있기 때문에 적용 대상에 따라 사용을 고려해 볼 수 있다. 본 로봇 축구 시스템에서는 160 × 120 해상도의 색깔 정보 처리시 탑재한 Pentium-II에서 초당 10회 정도 처리가 가능하므로 이를 적절한 비전 정보 처리 시간으로 보고 USB 카메라에 기반한 비전 시스템을 개발하였다. 전술

한 바와 같이 가격이 저렴하고 소형으로 구현이 가능하며 Visual C++에서 필요한 기능을 프로그램할 수 있다는 장점이 있다 [2].

그림 2는 USB 카메라를 로봇에 장착한 모습으로 카메라 부피 외에는 로봇에서 차지하는 부피가 없다.

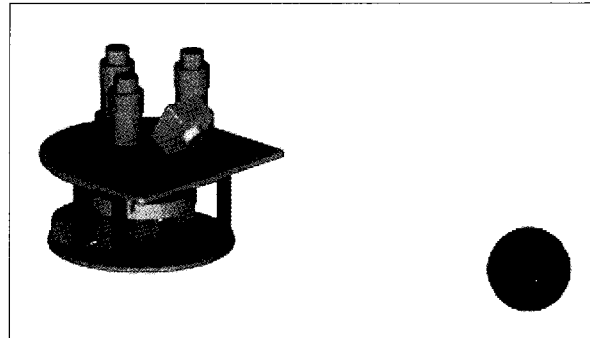
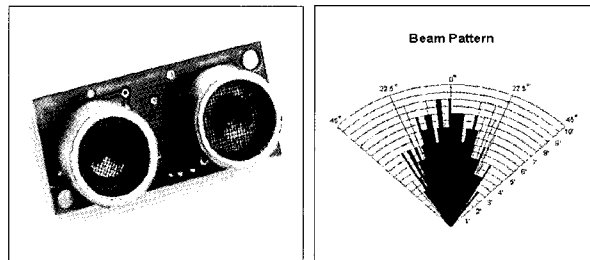


그림 2. 로봇에 장착된 USB 카메라

### 2.1.1.2 초음파 센서

비전 센서와 더불어 축구 로봇, 특히 공격수 로봇에 있어 필수적인 것이 장애물 감지용 거리 센서이다. 본 연구에서는 거리 감지를 위해서 초음파 모듈을 개발하였다. 초음파 모듈에 사용한 센서는 그림 3.(a)의 Devantech사의 SFR04 센서를 사용하였다. 이 센서는 그림 3.(b)와 같은 감지 특성을 보이며 측정 거리는 최저 3cm부터이다. 최고 측정 거리는 3m로 나와 있으나 2m 이내에서 유효하다.



(a) (b)

그림 3. Devantech사의 SFR04 초음파 센서

개발된 초음파 모듈은 12개의 초음파 센서, 6개의 slave controller, 1개의 master controller로 구성된다. 각 slave controller는 2개씩의 초음파 센서를 관장하여 거리 측정을 하며, 측정된 거리는 SPI 통신을 통해 master controller로 모아진다. Master controller는 FIFO를 통해 주 컴퓨터로 거리 정보를 전달한다.

### 2.1.2 골킥퍼 로봇

골킥퍼 로봇은 공격수 로봇과 달리 일반적인 차동 구동 방식으로 다음과 같은 기구학 모델을 가진다.

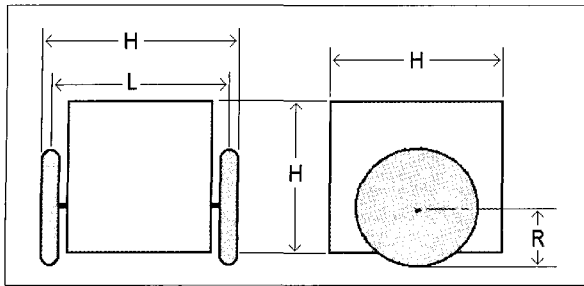


그림 4. 골키퍼 로봇의 기구학 모델

$${}^R \dot{p} = \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{R}{2} & \frac{R}{2} \\ 0 & 0 \\ -\frac{R}{H} & \frac{R}{H} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\phi}_1 \\ \dot{\phi}_2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

기구학 모델 (1)과 같은 로봇의 경우 전방향 특성이 없으므로 궤적 제어 및 자세 제어를 위해 각 경우에 맞게 제어를 미리 결정해 두어야 한다. 골키퍼 로봇은 다음과 같이 세 개의 모드를 가진다.

- a. 수비 (defense): 이 모드는 골키퍼 로봇이 제자리에서 좌우로 회전하면서 공이 골대 가까이 오는지를 감시하는 모드로 로봇의 각도를  $[-120^\circ \sim 120^\circ]$  범위에서 주기적으로 변경한다.
- b. 공 쳐내기 (kicking): 공 쳐내기는 공이 골 영역에 있는 경우 골 영역 밖으로 쳐내기 위함이다. 이 때 자세 범칙은 다음의 모드 c와 유사하나 이 경우 목표점을 화면상에서 공내에 위치토록 하여 공이 움직이는 경우에도 계속 로봇이 공을 따라 이동하도록 한다.
- c. 골키퍼 위치로 돌아오기 (homing): 이것은 공을 골대 지역 바깥으로 쳐낸 후 원래의 골키퍼 위치로 돌아오는 것으로 로봇의 위치를 제어하는 것이다. 이 때는 다음과 같은 제어 범칙을 사용한다.

$$\begin{bmatrix} \dot{\phi}_1 \\ \dot{\phi}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_d & -k_\theta \\ k_d & k_\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_d \\ e_\theta \end{bmatrix}$$

여기서  $k_d$  및  $k_\theta$ 는 양의 상수이고

$$e_d = \sqrt{(x_d - x)^2 + (y_d - y)^2}$$

$$e_\theta = \angle \frac{y_d - y}{x_d - x} - 180 \text{ deg}$$

와 같다. 목표점  $[x_d \ y_d]^T$ 는 골 영역 중앙으로 두어 골키퍼가 공을 쳐낸 후에 이 지점으로 되돌아 오도록 한다.

### 2.1.3 통신

공격수 로봇의 경우 장애물 감지를 위한 센서가 장착되어 있으나, 골키퍼 로봇과 충돌할 수 있는 여지를 최소로 하기 위해 그림 5와 같이 영역을 나누어 두 대의

로봇이 각 영역을 관장하게 하였다.

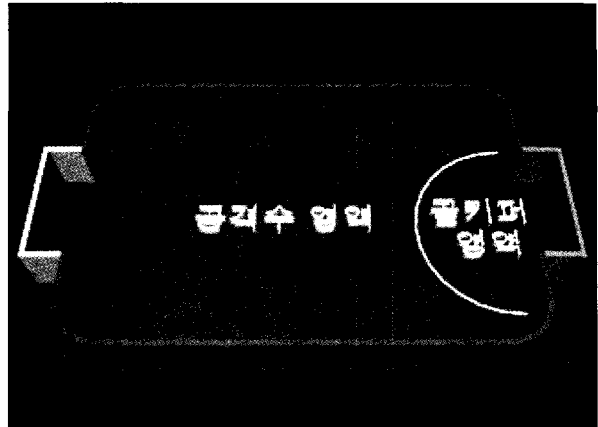
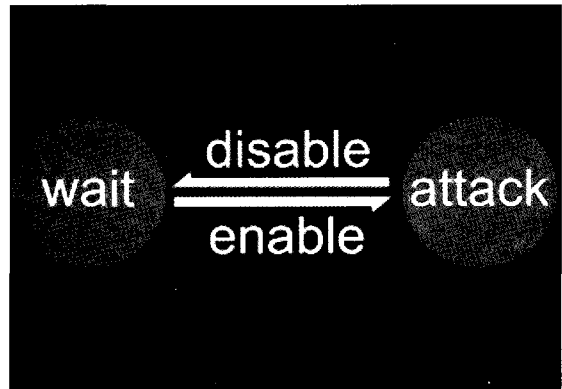
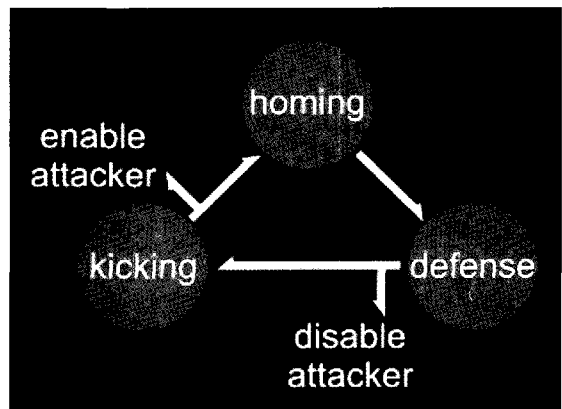


그림 5. 공격수/골키퍼 영역 할당

두 로봇의 영역이 겹치는 경우, 즉 골키퍼 로봇이 골 영역에서 공을 쳐 내고 이를 공격수 로봇이 받는 경우에는 그림 6과 같은 규약을 만들어 두 대가 동시에 공을 볼 수 없도록 하였다. 여기서는 골키퍼 로봇이 공격수 로봇의 공격 진행 여부를 관장하는 방식이다.



(a) 공격수



(b) 골키퍼

그림 6. 축구 수행을 위한 state transition diagram

## 2.2 실험 결과

### 2.2.1 공격수 로봇의 슈팅 동작: 벽에 있는 공 물기

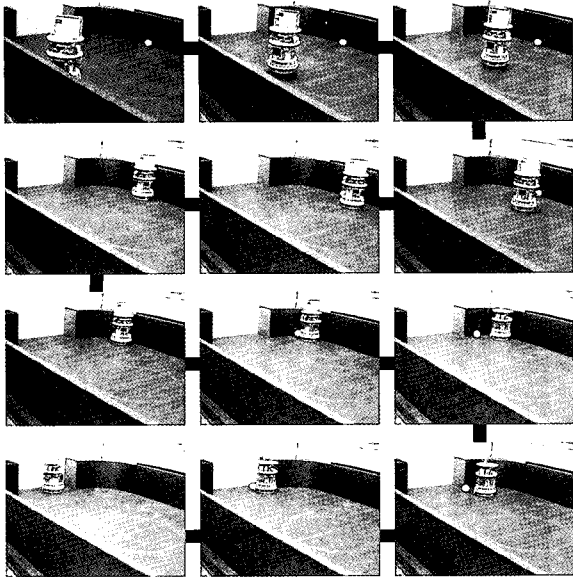


그림 7. 공격수 슈팅 동작

### 2.2.2 골키퍼가 찬공을 공격수가 받아 슈팅하기

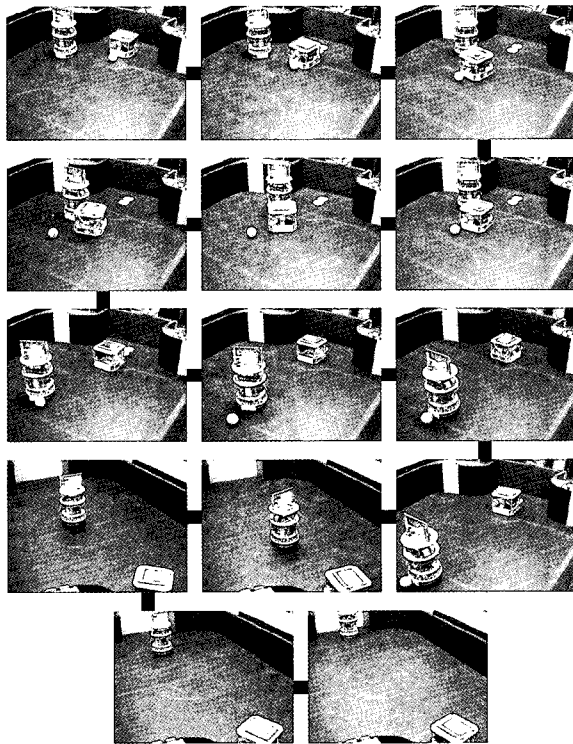


그림 8. 골키퍼가 밀어낸 공을 공격수가 받아 공격하기

## 3. 결 론

본 논문에서는 RoboSot 중목을 위해 개발된 Dreams Come True 팀의 시스템을 로봇 구조 및 간단한 로봇 간의 통신을 포함한 진술 등으로 구분하여 소개하였다. 개발된 로봇들은 비전 및 초음파 거리 센서를 장착한 공격수 로봇과 비전 카메라만을 가진 골키퍼 로봇으로 구성된다. 센서 정보 처리를 위해 각 로봇에는 Pentium-II single board computer가 장착되어 있다. 다수 통신을 위해 외부에 통신 서버를 두어 추후 로봇의 수가 증가 하더라도 통신 프로토콜을 그대로 사용할 수 있도록 하였다. 개발된 골키퍼 로봇과 공격수 로봇은 통신을 통하여 공을 주고 받은 후 상대 진영으로의 슈팅 동작을 수행하였다.

상대 로봇들이 있는 경우 및 보다 빠른 속도에서 슈팅 동작이 가능하도록 하기 위해 로봇의 센서 및 처리 구조의 보강 등이 필요하다.

## 참고문헌

1. 정명진, 김종환, "Fault Tolerant Control Strategy for OmniKity-III," IEEE ICRA2001, pp. 3370-3375, 2001.
2. 정명진, 장준수, 김종환, "Development of RoboSot Category Robot Soccer Team," International Symposium on Robotics, 2001.