

논문 2009-04-02

# 네트워크기반 로봇 축구 시스템

## (Network Based Robot Soccer System)

조 동 권, 정 상 봉, 성 영 휘\*

(Dong Kwon Cho, Sang Bong Chung, Young Whee Sung)

Abstract : In this paper, a network based robot soccer system is proposed. The system consists of robots, an image processing sub-system, a game server, and client systems. Embedded technique is applied to the hardware and software for controlling the robots and image processing. In this robot soccer system, a gamer can see and control robots in a remote site through Internet. During the game, the game server gives geometrical information on robots such as positions and orientations. We demonstrated the game in public and obtained optimistic results even though some technical problems such as communication delay and precise control for the robots should be improved.

Keywords : Network based robot, Robot soccer, Humanoid robot.

### I. 서론

독립된 로봇에 네트워크 기능을 부가함으로써 다양한 무선 인터넷 로봇 응용서비스의 개발 및 제공이 가능해지고 있다. 국내에서는 정부를 중심으로 국민로봇 서비스 개발을 진행하고 있으며 [1], 미국에서는 IEEE RAS 기술위원회에서 네트워크형 로봇에 관한 연구를 진행하고 있다. 네트워크형 로봇은 인터넷 혹은 LAN 같은 통신 네트워크에 연결된 로봇 장치를 말한다. 네트워크구성은 유선 혹은 무선으로 제공이 가능하며 TCP, UDP, 혹은 802.11 같은 다양한 프로토콜을 기반으로 구성된다 [2]. 네트워크 로봇의 발전은 홈네트워크 및 무선 인터넷과의 연동을 통하여 다양한 서비스의 창출을 앞당길 것으로 예상된다 [3,4].

네트워크 기반 로봇의 제어를 위해서는 로봇제어의 실시간성 및 로봇 제어데이터 전달의 신뢰성을 동시에 고려한 프로토콜 적용이 매우 중요하다 [5-7]. 이러한 점을 고려하여 저자는 프로토콜 전송계층에서 로봇제어 데이터 전달의 실시간성을 위

\* 교신저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2008. 09. 24., 수정일 : 2008. 11. 28.,  
채택확정 : 2008. 12. 31.

조동권 : KT 미래기술연구소

정상봉 : (주)미니로봇

성영휘 : 금오공과대학교 전자공학부

해 프로토콜 UDP를 사용하고 신뢰성 확보를 위해 제어데이터의 중복전송 전략을 적용하여 그 성능개선을 보인 연구를 수행한 바 있다 [8].

본 논문에서는 로봇과 네트워크의 결합으로 구현되는 엔터테인먼트 로봇의 예로서 인간형 로봇축구 모델을 인터넷상에서 구현하고자 한다.

### II. 네트워크 로봇

#### 1. 로봇 축구 및 소형 인간형 로봇

로봇 축구는 로보컵이라는 이름으로 1993년에 일본에서 처음 개최되었고 FIRA 월드컵은 1995년 한국에서 처음 개최되었다. 로봇 축구는 역사가 오래된 마이크로소프트 종목과 그 후에 추가된 휴로소프트 종목 등으로 분류해 볼 수 있다 [9]. 마이크로소프트 종목은 바퀴형 로봇을 이용하고, 휴로소프트 종목은 인간형 로봇을 이용한 로봇축구이다. 각 팀은 3대의 로봇으로 구성되고, 그 중 한대의 로봇이 골키퍼가 될 수 있다. 로봇은 반드시 2족 보행이 가능한 인간형 로봇이어야 하고 경기자가 로봇을 무선 조정하거나 로봇이 자율적으로 동작하여 축구를 하게 된다 [9].

본 논문에서 사용한 로봇 제어부의 하드웨어는 프로세서 부분과 기타 센서부로 구성되고, 소프트웨어는 사용자 프로그램과 임베디드시스템 내의 펌웨어

어 그리고 센서를 처리하는 펌웨어로 구성되어 있다. 또한 로봇 기구부는 그림 1과 같이 전체 17 자유도를 갖고 있으며 머리 1 자유도, 팔 6 자유도, 다리 10 자유도로 구성되며 키와 다리길이는 각각 320 mm, 180mm이고, 무게는 1.5 kg이다. 로봇 구동부는 HS8498 RC 서보모터를 이용하며 로봇 몸체는 플라스틱과 알루미늄을 가공한 결합구조로 제작되었다. 축구를 하기 위한 로봇의 기본 보행 패턴은 미리 정해 놓는데, 기본 보행 패턴에 따른 로봇 관절 값들은 역기구학을 사용하거나 사용자가 컴퓨터 인터페이스 프로그램을 사용하여 구할 수 있도록 개발되었다.

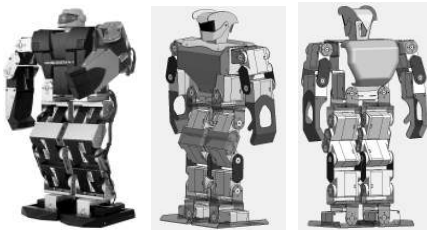


그림 1. 휴머노이드 로봇 기구 외형 및 프레임  
Fig. 1. The appearance and frames of the humanoid robot

2. 로봇 커널 및 미들웨어 시스템

로봇 제어를 위해 XSCALE과 리눅스 기반으로 제작된 RTOS와 해당 OS 위에서 동작하도록 커널을 그림 2와 같이 구성하였다. 이러한 커널은 다양한 기기들에 자바 프로그램의 실행환경을 제공해 준다. 이 커널을 통하여 로봇 미들웨어가 동작한다. 이 미들웨어는 이후 유무선 네트워크 통신과, I2C, GPIO, UART 등의 제어 방식을 가지고 각 모듈을 제어한다.

미들웨어 위에 올라가는 로봇 어플리케이션은 기능 구현형태가 아닌 서비스 제공자로서의 역할을 수행할 수 있게 되며, 이를 통해 로봇은 쉽게 네트워크를 통한 접근 및 참여가 가능하다. 개발한 결과물은 I2C, UART, GPIO 등 로봇을 제어하는 방법들을 추상화하고, 본 미들웨어는 인터넷을 통한 데이터 교류가 쉽게 가능하도록 HTTP, FTP 등의 프로토콜을 탑재하고 있다. 로봇 미들웨어는 그림 3과 같이 다양한 컴포넌트 및 모듈의 결합으로 구성된다. 자바 실행환경을 기반으로 FTP Server, HTTP Server 등의 컴포넌트와 Control Driver 등이 미들웨어의 하부 구조를 이룬다.

상부 구조에 속하는 각 구성요소는 각 하부 구조를 추상하고, 각 구성 요소 간에 서로 밀접한 관계를 가지는 객체이다. 통신모델, 제어 모델,메니저는 하위 제어기들을 통합하고이들을 감시하여 로봇 어플리케이션 내에서 사용이 쉽도록 한다. 또한 갖은 어플리케이션 업로드로 인해 장치의 기동 및 중지 동작이 반복됨에 따라 생길 수도 있는 장치와의 통신 오류도 줄여주는 역할을 한다. 로봇 어플리케이션 모델관리자와 어플리케이션 컨테이너서버는 최상위 로봇 어플리케이션이 동작할 수 있는 환경을 만들어 준다. 로봇 어플리케이션으로 동작할 수 있도록 추상형 어플리케이션 모델을 제공한다. 그리고 미들웨어를 통해 업로드 된 각 어플리케이션 라이프 사이클을 관리하는 컨테이너 서버 역할도 수행한다.

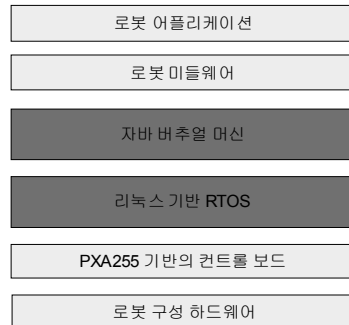


그림 2. 로봇 구성 계층 구조  
Fig. 2. Hierarchical architecture for the robot



그림 3. 로봇 소프트웨어 계층 구조  
Fig. 3. Hierarchical structure for robot software

### III. 네트워크 기반 로봇 축구 시스템

네트워크 로봇 축구시스템 구성은 그림 4와 같다. 다음은 시스템의 각 부분에 대해 기술한다.

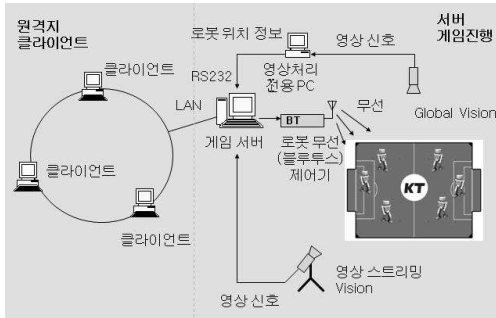


그림 4. 네트워크 기반 로봇축구 시스템  
Fig. 4. Network based robot soccer system

#### 1. 영상 처리 전용 서버

축구 경기장에서 로봇 위치, 방향 및 공의 위치를 추적하기 위해 경기장의 중앙 위쪽에 그림 5와 같이 영상 처리를 위한 CCD 카메라를 설치한다. CCD 카메라는 30만 화소의 NTSC 신호레벨을 출력하는 일반 영상 칼라 CCD 카메라를 사용한다. 영상 처리 전용 PC에는 영상 처리를 위한 영상 디코더 칩인 BT878을 내장한 비디오 캡처 보드를 설치한다.

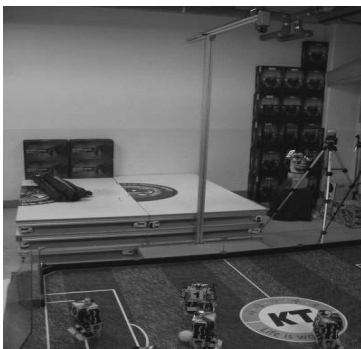


그림 5. 영상처리용 CCD 카메라  
Fig. 5. CCD camera for image processing

#### 2. 게임서버

게임서버는 네트워크를 통해 원격지의 접속자가 로봇을 제어할 수 있도록 중계 역할을 하며, 경기장에 설치된 영상 스트리밍용 카메라로부터 들어온

영상을 원격지 접속자들에게 스트리밍 전송을 하는 서버 역할도 수행한다. 로봇을 제어하는 중계 역할을 수행하기 위해 게임 서버에 무선 제어기인 블루투스 중계기를 연결하며, 이를 통해 경기장의 여러 로봇을 원하는 동작을 수행하도록 제어한다. 영상 스트리밍 전송 기능은 그림 6에서와 같이 경기장의 바깥에 설치된 CCD 카메라를 통해 들어온 영상을 비디오 캡처 보드를 통해 입력받아 MS 윈도우즈 미디어 인코더 서버 프로그램을 통해 원격지에 실시간 영상을 전송한다. 그림 7은 스트리밍되는 영상의 예이다.



그림 6. 영상전송용 CCD 카메라  
Fig. 6. CCD camera for video streaming



그림 7. 영상 스트리밍 화면  
Fig. 7. Screen view for video streaming

원격지 클라이언트에서 사용자가 서버에 접속하면 로봇 팀을 배정하며, 사용자간 경기를 진행하면서 메시지를 상호 교환이 가능하도록 메시지 전송 관리 기능을 수행한다.

로봇 영상 처리 PC로부터 전송되어 들어오므로

봇의 정보(위치, 방향, 공 위치 정보)를 클라이언트에게 전송한다. 한편 다수의 로봇을 제어하기 위해서 무선 제어 장치인 블루투스 서버 기능을 수행하는 MSP 장비를 사용하였는데 이 MSP는 클라이언트로부터 전송되어 수신된 로봇 제어 정보를 각 포트를 통해 로봇에 전송한다.

### 3. 클라이언트 시스템

경기 방식 및 접속 순서에 따라 경기 참여 인원이 결정된다. 클라이언트 시스템은 네트워크 접속 포트를 지니고 있는 모든 PC에서 가능하며, 단순히 키보드 조작만으로 로봇 제어가 가능하다. 클라이언트 프로그램이 동작하면, 서버의 2개의 포트를 사용한다. 1개의 포트는 실시간 영상 스트리밍 수신을 위하여 사용되고, 1개의 포트는 로봇 제어 신호를 서버측에 보내고, 상대 클라이언트와 메시지 교환을 위해 사용된다.

서버의 윈도우즈 미디어 인코더 프로그램에 의해 8080 포트를 통해 전송되는 실시간 영상을 클라이언트 프로그램의 왼쪽 편에 표시하여, 현재 경기의 진행 상황을 보여 준다. 이 영상은 약 2초 정도의 시간 지연이 존재하기 때문에, 경기장의 상황을 전체적으로 파악하는 데만 이용한다. 그림 8은 클라이언트의 PC 화면을 보이고 있다.



그림 8. 클라이언트 PC 화면  
Fig. 8. PC screen for a client

원활한 경기 진행을 위하여 경기를 진행하는 클라이언트들 간에 메시지를 서로 교환하는 기능을 제공하며, 주고 받는 메시지의 관리는 게임 서버를 통해 이루어진다.

게임 서버를 통하여 클라이언트 측에서 로봇을 제어하기 위해서는 클라이언트 PC의 키보드를 이용하여 제어하게 되며, 각 키보드의 키마다 로봇의 기

능을 부여하였다. 제어할 로봇은 3대로 구성된다. 1대는 수비인 골키퍼 로봇, 2대는 공격과 필요에 따라 수비를 담당하는 공격 로봇이다. 골키퍼 로봇은 상대 골을 막는 중요한 역할을 담당하므로, 별도의 키 조작이 가능하도록 하였으며, 공격 로봇은 F1, F2로 로봇을 전환하며, 키보드의 숫자 키패드 부분으로 동작하도록 프로그램 되어 있다.

### 4. 영상처리

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

#### 4.1 칼라 태그

영상 처리의 주된 목적은 로봇 위치와 방향을 파악하기 위한 것이다. 로봇의 위쪽 어깨 부분에 로봇을 구분할 수 있는 태그를 부착한다. 이 태그는 복수의 로봇에 장착을 해야 하기 때문에 칼라를 이용한다.

① 로봇 인지용 태그 : 파란색 태그를 부착한다. 경기장 영상에서 파란색 태그가 검출되면 그 부분에 로봇이 있다는 것을 인지한다.

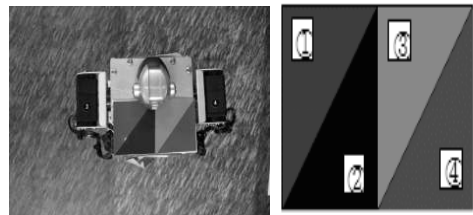


그림 9. 로봇에 부착되는 칼라태그  
Fig. 9. Color tag for a robot

②,③ 로봇 ID 태그 : 로봇마다 각각의 고유번호를 부착하여, 로봇의 개별 제어가 가능하다. 이 고유번호의 인식을 위해 2가지 색상을 사용하며, 다수의 로봇이 사용되는 로봇 경기에도 응용이 될 수 있다.

④ 로봇 팀 태그 : 빠른 팀 구분을 위해서 별도의 팀 구분 칼라 태그를 부착하였다. 특히, 로봇 팀 태그는 로봇 인지용 태그와 함께 로봇의 방향을 결정한다. 로봇의 방향은 로봇 인지용 태그의 무게 중심과 로봇 팀 태그의 무게 중심을 이용하여 알아낼 수 있다.

#### 4.2 칼라 태그 인식 알고리즘

① 로봇인지 : 로봇 인지 칼라인 파란색을 인지

한다. 팀 인지 칼라와 함께 로봇의 방향을 결정하는 데 사용된다.

② 팀 인지 : 각 팀마다 특정 색을 부여하며, 여기서는 갈색으로 팀을 구분하였다. 팀 인지를 통해 필요하지 않은 팀의 영상 인식을 제외하여 빠르게 자기 팀 로봇에 대한 정보만을 알아낸다. 또한, 로봇 인지 칼라와 팀 인지 칼라를 이용하여 로봇의 방향을 알아낸다.

③ ID 인지 : 각 팀에 부여된 로봇의 고유 번호를 색상으로 구분한다. 로봇 인지 칼라와 로봇 팀 칼라가 인지되면, 그 사이 영역에 대해서만 칼라 처리를 하여 빠른 영상 처리가 가능하다.

그림 11과 12는 글로벌 영상을 통해 획득한 영상과 영상처리한 결과를 보이고 있다.

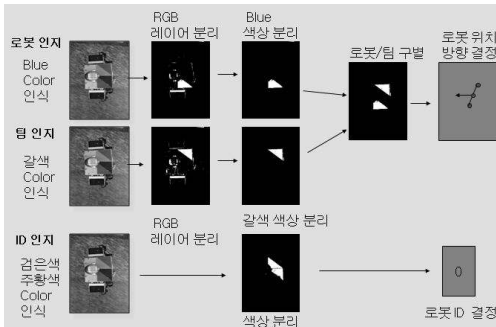


그림 10. 로봇 위치 및 방향 인식 과정

Fig. 10 Recognizing robot id, position and orientation



그림 11. 글로벌 카메라로 획득한 실제 영상

Fig. 11. Actual image obtained by the global camera

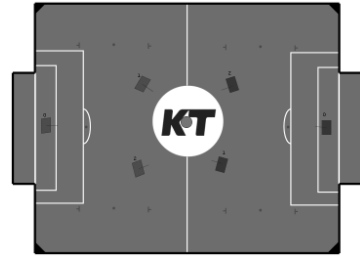


그림 12. 영상처리한 후 그래픽 화면

Fig. 12. Graphic view after image processing

5. 로봇 자체 카메라

골키퍼 로봇의 머리에 소형의 CCD 카메라를 부착하고 확보한 영상을 전송할 임베디드 보드를 로봇의 등에 부착하였다. 머리에 부착한 카메라의 영상은 임베디드 보드에 장착된 A/D 변환 칩에 의해 데이터로 변환되고, 이를 로봇 커널에서 처리하여 무선 LAN 망을 통하여 영상을 전송한다. 로봇 자체 카메라는 골키퍼 로봇이 보는 경기장 상황을 경기 참여자에게 제공하기 위해서 사용하고 있는데, 저가의 소형 카메라를 사용하여 화질이 양호하지 못하였다. 그림 13은 제작된 임베디드 보드와 이를 통해 클라이언트에게 전송된 실제 카메라 영상이다.

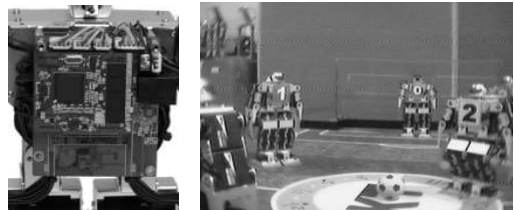


그림 13. CCD 카메라와 임베디드 보드

Fig. 13. CCD camera and embedded board

6. 운용결과

로봇 제어와 영상 처리에 임베디드 기술을 적용하여 인터넷 온라인-오프라인 결합 로봇축구 모델을 운용하였다. 운용 결과 제어데이터 전송의 실시간성보다는 같은 팀 로봇간의 협력제어가 더 중요하였다. 로봇은 넘어진 경우에 스스로 일어나는 기능이 있어서 로봇이 넘어지는 것은 경기의 진행에 지장이 없었지만, 공을 다루는 동안 락킹되는 시간이 예상보다 길었으며 경기를 중개하는 심판의 개입이 자주 필요하였다. 락킹되는 경우에는 심판이 중앙점에 공을 놓고 경기를 속개하였다. 아직 국내 외적으로 온라인-오프라인이 결합된 로봇 축구 시

스텝의 구현은 보고되어 있지 않으며, 정량적인 실험 데이터를 측정하기는 어려웠으나 실제 로봇을 사용한 인터넷 게임적 요소의 가능성은 확인할 수 있었다. 그림 14는 중소기업청장배 로봇축구 대회에서 국내외적으로 최초로 시연되었던 네트워크 기반 로봇 축구 운용 장면을 보이고 있다.

#### IV. 결론

본 논문에서는 네트워크 기반으로 로봇을 제어하여경기를 할 수 있는 제어 시스템을 소개하였다. 네트워크를 이용한 새로운 응용시도는 향후 유무선 연계 온라인/오프라인 통합 오락 서비스 개발을 촉진할 것으로 기대된다. 온라인 그래픽게임의 요소와 오프라인의 실제 로봇의 경기를 혼합하여 사용자의 흥미를 배가할 수 있을 것으로 예상된다. 특히 임베디드 기술을 적용하여 다양한 장치 및 응용프로그램의 수용이 가능해지고 있어 향후 전망은 더욱 긍정적이다. 아직은 로봇 구동 특성의 문제점, 통신상의문제 등 해결해야 할 문제점들이 존재하지만 향후 이러한 문제들을 해결함으로써 인간생활에서 의미있는 네트워크 제어로봇의 실현이 가능할 것으로 예상된다.

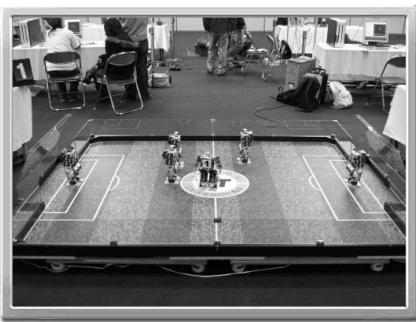


그림 14. 로봇축구 시연 장면  
 Fig. 14. Demonstration of the network based robot soccer

#### 참 고 문 헌

[1] 지능형 서비스 로봇과 URC (Ubiquitous Robotic Companion), 한국통신학회지, Vol.21, No.10, pp.13-21, 2004.

[2] <http://www.ieor.berkeley.edu/~goldberg/tc/>  
 [3] SK텔레콤 홈네트워크 서비스 현황 및 도입 전략, 한국통신학회지, Vol.21, No.3, pp.96-105, 2004.  
 [4] 박근영외, "네트워크 기반 실내 감시 로봇 시스템 개발", 대한임베디드공학회 논문지, 3권, 3호, pp.136-142, 2008.  
 [5] M. Boukhniifer, et al, "Scaled teleoperation controller design for micromanipulation over Internet", Proc. of Int. Conf. on Robotics and Automation, pp.4577-4583, 2004.  
 [6] B.K. Kim, et al, "Web services based robot control platform for ubiquitous functions", Proc. of Int. Conf. on Robotics and Automation, pp.691-696, 2005.  
 [7] 조용범, 원기섭, 조성준, "무선 링크에서 TCP 처리율 향상을 위한 Enhanced Snoop 프로토콜", 한국통신학회논문지, vol. 30, no. 6B, pp. 396-404, 2005.  
 [8] 조동권, 천상훈, "무선링크에서 효과적인 로봇제어 데이터 전송 방법", 한국통신학회 논문지, vol. 31, no. 9A, pp. 878-883, 2006.  
 [9] <http://www.fira.net/> 세계로봇축구연맹

### 저 자 소 개

조 동 권(Dong Kwon Cho)



1986년 인하대학교 전자공학과 학사.  
 1989년 KAIST 전기전자공학과 석사.  
 1994년 KAIST 전기전자공학과 박사.

현재, KT 미래기술연구소 수석연구원.  
 관심분야: 네트워크기반 로봇 제어, 인터넷 환경에서의 무선응용.  
 Email: dkcho@kt.com

**정 상 봉**(Sang Bong Chung)



1988년 인하대학교 전자공학과 학사.

1990년 인하대학교 전자공학과 석사.

2007년 인하대학교 전자공학과 박사.

현재, (주)미니로봇 대표이사.

관심분야: 엔터테인먼트/에듀케이션 로봇, 인터넷 로봇 제어.

Email: jsb@minirobot.co.kr

**성 영 휘**(Young Whee Sung)



1988년 고려대학교 전자공학과 학사.

1991년 KAIST 전기전자공학과 석사.

1996년 KAIST 전기전자공학과 박사.

현재, 금오공과대학교 부교수.

관심분야: 인간형 로봇, 여유자유도 로봇.

Email: ywsung@kumoh.ac.kr