

# 유비쿼터스 개념 환경하에서 실제 현실 로봇 게임 구현

## Implementation of Real Reality Robot Game for Environment of Ubiquitous Concept

주 병 규, 전 풍 우, 정 슬\*  
(Byung Kyu Joo, Poongwu Jeon, and Seul Jung)

**Abstract :** In this paper, novel ubiquitous concept of real reality robot game controlled by a mobile server robot is proposed. Real reality robot game means that two real robots controlled by humans/computers through the internet are playing a boxing game. The mobile server robot captures playing images of the boxing game and sends them to GUI on the screen of human operators' PC. The human operator can login to the boxing game from any computer in any place if he/she is permitted. Remote control of a boxing robot by a motion capture system through network is implemented. Successful motion control of a boxing robot remotely controlled by a motion capture system through network can be achieved. In addition, real boxing games between a human and a computer are demonstrated.

**Keywords :** robot server, real reality game, boxing robot, internet based control

### I. 서론

최근에 모든 기술이 지능화되어 발전함에 따라 우리가 거주하는 공간도 지능 공간(intelligent space)으로 정의되고 그에 따른 많은 기술들이 연구되고 있는 실정이다[1,2]. 그 중에서도 지능 공간의 한 축을 이루는 유비쿼터스 환경은 IT기술의 발달로 점점 현실화되어 가고 있다. 하지만 아직까지 인터넷 기반의 정보 교류가 대부분이며, 이를 무선화하여 지능 공간에서의 정보 교류를 이루려는 노력이 진행되고 있다. 결국, 유비쿼터스 환경에서는 모든 사물의 정보가 서로 공유되며 언제든지 원하는 정보를 사용하여 원하는 목적을 이룰 수 있다[3,4].

로봇 분야에 있어서 유비쿼터스 로봇이라 함은 언제 어디서든지 제어 가능한 로봇을 말하며, 로봇이 거주하는 공간의 정보를 파악하여 사용자에게 전달할 수 있어야 한다. 이는 지능형 로봇과도 일맥 상통하며 같은 기술을 공유할 수 있다. 가정용 서비스 로봇의 하나인 홈로봇의 경우에 유비쿼터스 환경하에 놓이게 됨으로써 이를 대처하는 기술이 필요하다. 다양한 센서로부터의 자기 위치 인식을 통하여 가정의 기기 간의 정보를 교환하여 제어할 수 있으며, 사용자와의 통신을 통한 서버로서의 역할을 할 수 있어야 한다.

본 논문에서는 이러한 유비쿼터스 개념을 적용하여 원거리의 실제 로봇을 조작하여 게임을 할 수 있는 실제 현실 게임에 대해 다루고자 한다. 실제 현실이란 가상현실과 상반되는 뜻으로 사용되어 가상의 로봇이 아닌 실제 로봇을 가지고 현실성을 이루는 것을 말한다. 따라서 실제 로봇을 직접 제어하는 현실감이 필요하다.

그림 1에 전체적인 구조의 개념도가 잘 나타나 있다. 유비쿼터스 환경은 사용자 영역과 로봇 영역이 공간으로 분리되

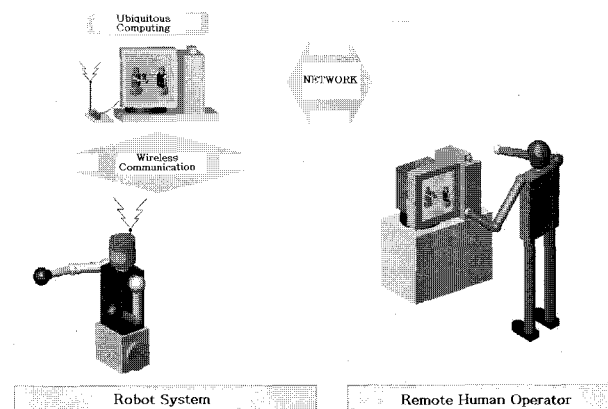


그림 1. 전체 구조 개념.

Fig. 1. Overall system structure concept.

어 있다. 사용자 공간은 원격에 위치하는 컴퓨터와 모션 캡처 센서와 같은 입력 장치로 구성되고 로봇 공간은 서버 로봇과 복싱을 할 수 있는 게임로봇으로 구성된다. 서버 로봇은 사용자의 정보를 게임 로봇에게 전달할 뿐만 아니라, 로봇의 정보를 사용자에게 전달하는 역할을 한다. 따라서 사용자는 인터넷을 통해 서버 로봇에 접속하여 로봇 영역에 들어갈 수 있다. 또한 사용자는 서버 로봇의 움직임을 원격으로 제어할 수 있다.

본 논문에서는 이러한 환경을 구현하기 위해 서버 로봇을 이동로봇으로 제작하였으며, 복싱로봇을 제작하였고, 엑소스켈레톤 형태의 모션 캡처 장치를 제작하여 사용자의 실제적인 움직임을 로봇에게 전달하고자 하였다. 또한 실제로 컴퓨터와 인간간의 복싱로봇을 구현하여 검증하도록 한다[5].

### II. 서버용 이동로봇 제작

#### 1. 이동로봇 기구학

아래 그림 2는 서버 로봇과 복싱 로봇의 기구학을 나타낸다. 서버 로봇과 복싱로봇은 wheeled driven mobile robot 구조로 두 바퀴에 의해 조향이 이루어진다.

\* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2005. 9. 15., 채택확정 : 2005. 10. 25.

주병규, 전풍우, 정슬 : 충남대학교 메카트로닉스공학과

(windrainer@hanmail.net/jungs@cnu.ac.kr)

※ 본 연구는 학술진흥재단 지역대학우수과학자 지원사업 R05-2003-000-10389-0에 의하여 연구되었음.

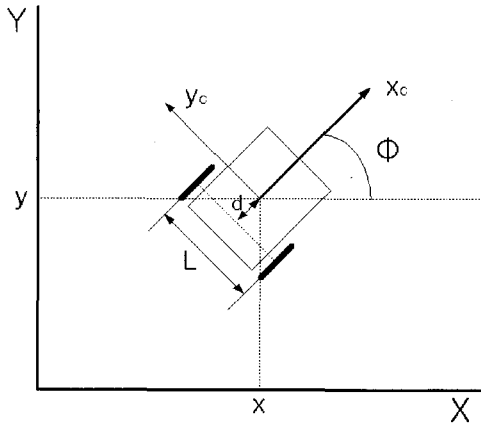


그림 2. 이동로봇의 기구학.  
Fig. 2. Kinematics of mobile server robot.

로봇의 기구학은 다음과 같이 로봇의 선속도, v와 각속도, w로 나타내어 질 수 있다.

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\phi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \phi & -d \cdot \sin \phi \\ \sin \phi & d \cdot \cos \phi \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v \\ w \end{bmatrix} \quad (1)$$

여기서, phi는 좌표에 대한 로봇의 방향 각, d는 구동축의 중심에서 로봇의 무게 중심까지 거리이다.

로봇의 선속도와 각속도는 다음과 같이 로봇 양쪽 바퀴의 회전 속도로 나타낼 수 있다.

$$\begin{bmatrix} v \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{r}{2} & \frac{r}{2} \\ \frac{r}{L} & -\frac{r}{L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\theta}_R \\ \dot{\theta}_L \end{bmatrix} \quad (2)$$

여기서 r은 바퀴의 반지름이고 L은 바퀴 양 축 간의 거리 theta\_R은 오른쪽 바퀴의 각속도이고 theta\_L은 왼쪽 바퀴의 각속도이다.(1)과 (2)를 합하면 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\phi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{r}{2} \cos \phi - \frac{rd}{L} \cdot \sin \phi & \frac{r}{2} \cos \phi + \frac{rd}{L} \cdot \sin \phi \\ \frac{r}{2} \sin \phi + \frac{rd}{L} \cdot \cos \phi & \frac{r}{2} \sin \phi - \frac{rd}{L} \cdot \cos \phi \\ \frac{r}{L} & -\frac{r}{L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_R \\ w_L \end{bmatrix} \quad (3)$$

로봇의 제어는 두 바퀴의 속도 theta\_R과 theta\_L를 제어하여 v와 w를 제어하게 된다.

2. 로봇 제작

본 논문에서는 이동로봇을 인터넷이라는 매체를 통하여 원격 제어를 하였다. 인터넷과 웹 서비스를 사용한 이동로봇의 제어는 영상과 같은 콘텐츠를 쉽게 표현할 수 있고, 누구나 쉽게 원격 제어 기기를 다룰 수가 있다. 이동로봇에 여러 가지 기기를 연결한다면 웹을 통한 가정용 홈 서버로서 기능이 가능하다. 아래 그림 3은 PC를 탑재한 이동 로봇의 구조를 나타낸다.

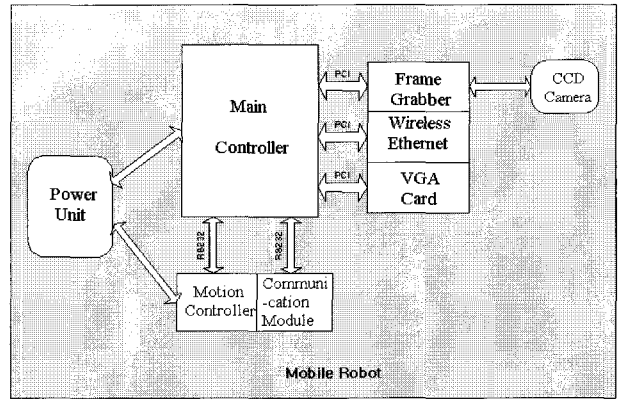


그림 3. 이동로봇의 구조.  
Fig. 3. Structure of mobile server robot.

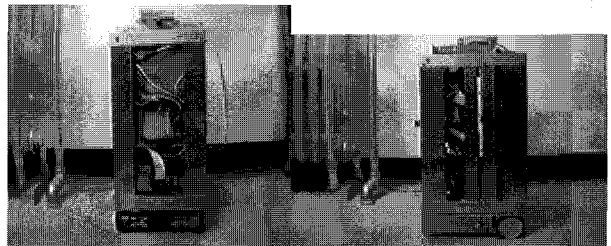
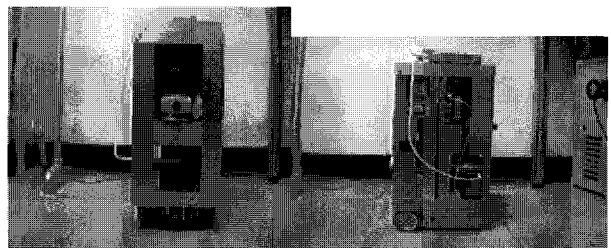


그림 4. 제작된 서버 이동로봇.  
Fig. 4. Mobile server robot.

이동로봇은 개방형 구조로 제작하여 서버로 사용하였고, 시스템에 최적화가 가능한 linux 운영체제 기반에 영상 처리 기능, 무선 통신 기능 등이 있다. 또한 웹 서버를 설치하여 인터넷을 통한 이동로봇의 제어 기능 등을 구현하여 제작된 시스템에 다양한 기능을 추가하기가 쉽다. 그림 4는 실제 제작된 서버용 이동로봇의 각 측면을 찍은 그림이다.

이동로봇의 중요한 데이터 입력장치는 영상 입력장치로 컬러 카메라와 영상 캡처 장비를 사용해서 영상을 처리하고 있다. 영상 캡처 장치에 사용된 칩셋은 BT878로서 linux에서 사용될 수 있다.

이동로봇에서 사용된 통신 장치는 유,무선 네트워크 장비를 모두 사용하였다. 원격지의 각종 PC와 이동로봇의 통신 매체는 인터넷을 사용하였다. 이동로봇은 로봇 자체 내에 ftp, telnet, web server, 각종 제어 데몬 등이 실행되고 있다. 따라서 사용자는 유,무선 네트워크를 이용하여 이동로봇에 접근할 수 있다. 이동로봇의 완전 자율적인 작동을 위해 전원을 로봇 자체에 내장하였으며, 상용의 500W급 무정전 전원장치를 사용하였다.

### III. 인터넷 제어

#### 1. 제어구조

인터넷을 통한 이동로봇의 제어 구조는 일반적인 네트워크 응용 프로그램을 작성하는데 사용되는 클라이언트-서버 모델이다[6]. 이동로봇 제어를 위한 통신 응용 프로그램은 TCP/IP 프로토콜을 주로 사용하였다. 이동로봇에 대한 통신은 유,무선 장치를 통해서 접속이 가능하지만 특성상 무선 통신이 주로 이용된다. 제작된 이동로봇은 실제적으로 인터넷에 연결된 곳이라면 전 지구상에서 접속이 가능하고 제어가 가능하다는 점에서 유비쿼터스 로봇의 기능을 가지고 있다고 할 수 있다.

이동로봇을 인터넷으로 제어하기 위해서 사용된 기술에는 HTML(Hyper Text Markup Language)과 C를 사용한 CGI(Common Gateway Interface) Java applet 등을 사용하였다.

이동로봇 자체에 웹 서버를 설치하여 이동로봇 제어에 필요한 콘텐츠를 제공한다. 원격지의 사용자는 인터넷에 연결된 클라이언트 PC에서 돌아가는 브라우저를 사용하여 이동로봇과 주변 장치를 제어 하였다. 그림5는 인터넷을 통해 사용자의 모션 캡처 장치와 로봇간의 연결을 나타낸다.

#### 2. 사용자 인증

CGI를 사용하여 웹 서비스의 장점을 살리면서 상호연동성이 부족한 HTML의 단점을 극복하여 이동로봇의 원격제어를 구현하였다. 그림 6의 사용자의 ID와 비밀번호를 입력하면 MySQL 데이터베이스와 연동되는 CGI 프로그램이 실행되면서 인증된 사용자인지 확인하고 이동로봇 제어 단계로 넘어가게 된다.

최종적으로 CGI는 입력 받은 정보를 다시 디코딩 하여 로직을 처리하고 결과를 HTML문으로 생성하여 브라우저의 요청에 답변을 하게 된다.

#### 3. 로봇 제어

그림 7은 서버 로봇 제어를 위한 CGI 블록다이어그램이다. 이동 로봇의 제어를 위한 CGI는 사용자 인증을 위한 것이고 다른 하나는 이동로봇 자체를 제어하는 CGI이다. 이동로봇 제어 CGI는 사용자 승인 CGI를 거친 뒤에 사용이 가능하게 되어 있다. 각 CGI는 C언어로 구현이 되었다. 원격지에는 PC, 노트북, PDA, MAC, workstation등의 다양한 클라이언트를 사용할 수 있다.

브라우저로 입력 받는 변수와 인코딩 방식에 따라 출력되는 메시지와 처리가 달라진다. 브라우저에서 보이는 영상 화면은 이동로봇이 보는 시각으로, Java applet을 사용하여 보이게 된다. Java applet은 저장된 영상 파일이 있는 곳에 위치해 있다. 브라우저에서 실행되면서 이동로봇의 영상을 일정 주기 별로 가져오는 역할을 한다. 이동로봇에 사용된 영상 저장 장비의 하드웨어는 BT878계열의 PCI 버스를 지원하는 영상 프로세서를 사용하였다. 해당 칩에 대한 linux device driver가 공개되어 있어 Bt848이나 Bt878를 칩셋을 사용한 영상 저장 장비는 디바이스 드라이버를 설치하고, 응용프로그램을 사용하여 영상을 얻을 수가 있다.

인터넷에 연결된 클라이언트의 브라우저에서 이동로봇에 설치된 웹 서버에 접속하고 인증 절차를 거치게 되면 그림 8과 같은 이동로봇 제어 화면이 나오게 된다. 아래 그림 8에서

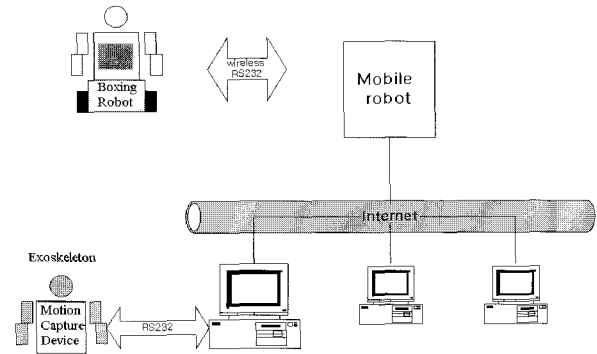


그림 5. 모션캡처 장치와 복싱로봇간의 데이터 흐름도.  
Fig. 5. Structure between motion capturing device and robot.

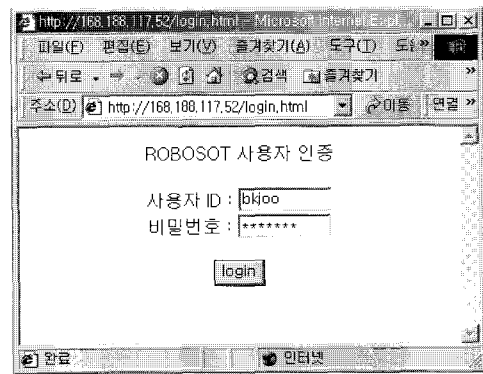


그림 6. 이동로봇 사용자 인증.  
Fig. 6. User verification for access to robot.

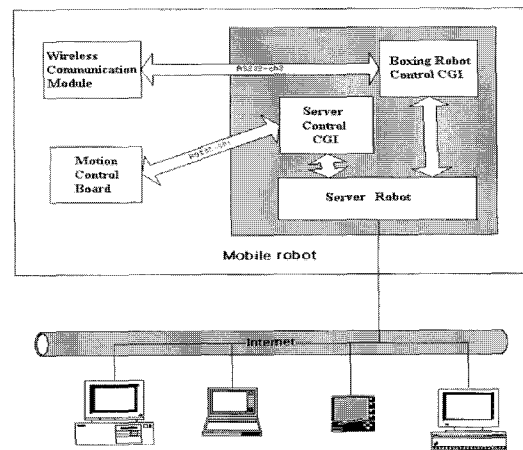


그림 7. 서버 로봇 제어 CGI flow chart.  
Fig. 7. CGI for server robot control.

브라우저에서 보이는 영상은 서버용 이동로봇에 설치된 카메라를 통해서 잡은 영상이다.

### IV. 원격 제어 실험 환경 및 결과

#### 1. 서버 이동 로봇 원격 제어

그림 8은 서버 이동로봇을 제어하는 GUI를 보여준다. 인터넷으로 접속한 뒤에 제어판을 통해 서버 로봇의 움직임을 제어하여 복싱 로봇의 움직임을 관찰할 수 있다.



그림 8. 서버 이동로봇 제어 화면.  
Fig. 8. Control panel for server mobile robot.

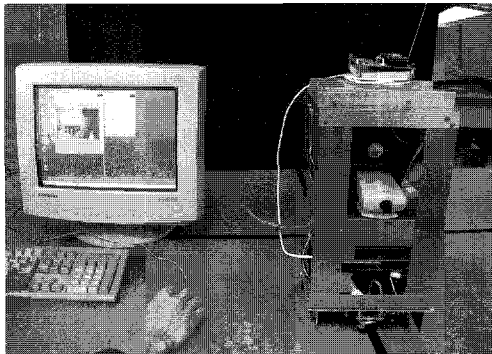


그림 9. 인터넷을 통한 이동로봇 제어.  
Fig. 9. Server robot control through internet.

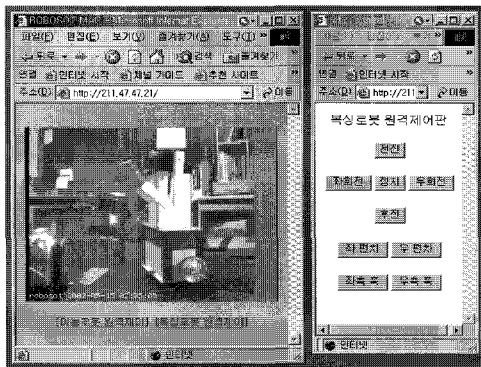


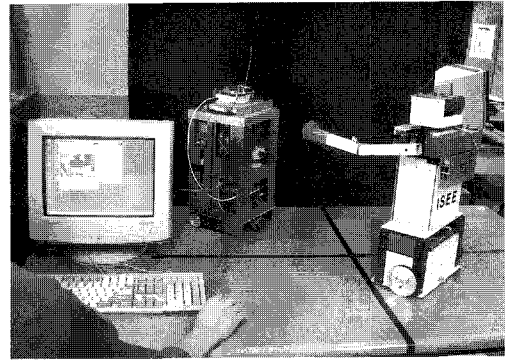
그림 10. 복싱로봇 원격 제어판 브라우저.  
Fig. 10. Control panel for remote control of robot.

그림 9는 이동로봇 원격 제어판을 사용하여 이동로봇을 제어하는 그림이다. 이동로봇의 제어는 유무선을 통하여 가능하다. 서버 이동로봇의 움직임을 원격으로 제어할 수 있다. 화면에 서버 로봇의 영상이 나타난다.

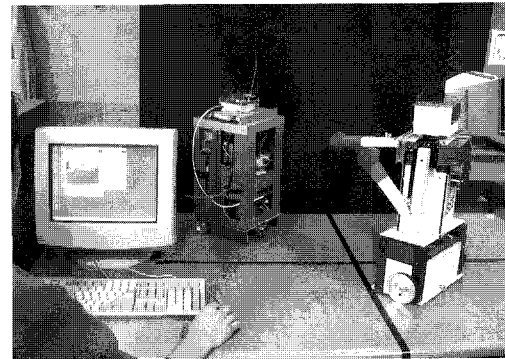
2. 복싱 로봇 원격 제어

그림 10은 인터넷에 연결된 클라이언트 PC에서 보고 있는 그림으로 복싱로봇의 화면을 볼 수가 있다.

복싱로봇의 제어 명령은 이동로봇을 통해서 전달되게 된다. 이동로봇과 복싱로봇 간의 명령은 무선통신 장치에 의해서 연결된다. 이동로봇이 보는 시각인 브라우저의 보이는 영상을 통해서 복싱로봇의 제어 상태를 확인한다.



(a) Left straight punch of boxing robot



(b) Right straight punch of boxing robot

그림 11. 이동로봇에 연결된 복싱로봇의 원격 제어.  
Fig. 11. Remote control of boxing robot.



(a) Movement of right arm



(b) Movement of left arm

그림 12. 모션 캡처 장치를 통한 복싱로봇 원격제어.  
Fig. 12. Robot movements after a user.

그림 11은 원격제어판을 사용하여 복싱로봇을 제어하고 있는 그림이다. 서버 로봇은 사용자가 인터넷을 통한 명령을 복싱로봇에 무선으로 전달하는 역할을 한다. 또한 복싱로봇의 움직임의 영상을 캡처하여 사용자에게 보내준다.

3. 엑소스켈레톤 모션 캡처 장치를 이용한 원격 제어

이번에는 클라이언트의 PC에 연결된 엑소스켈레톤모션 캡처 장치에서 모션 데이터를 얻어서 인터넷을 통한 복싱로봇을 제어해 보았다[8,9]. 그림 12에서는 모든 것이 한 곳에 놓여 있지만 실제로 컴퓨터와 엑소스켈레톤은 인터넷으로 연결되어 있다. 클라이언트의 PC에서는 인터넷에 연결된 이동로봇과 통신을 하기 위해서 TCP/IP를 사용하는 네트워크 클라이언트 응용프로그램을 작성하였다. 이동로봇에는 클라이언트로부터 오는 모션 데이터를 받기 위한 네트워크 서버 프로그램이 돌아가고 있다.

4. 로봇 게임 실험

아래 그림 13은 실제 현실 게임에 대한 실험환경을 보여준다. 사용자가 엑소스켈레톤을 입고 복싱로봇을 조절하고 있으며, 컴퓨터가 다른 한 복싱 로봇을 제어한다. 비전 시스템을 통하여 두 로봇의 움직임이 판별된다. 그림 14는 복싱 로봇을 위한 GUI 상자이다. 사용자는 인터넷을 통하여 원격으로 로봇을 제어한다.

그림 14에 나타난 제어판은 비전시스템을 통하여 로봇 위의 마커의 색상을 구별함으로써 로봇의 오리엔테이션과 위

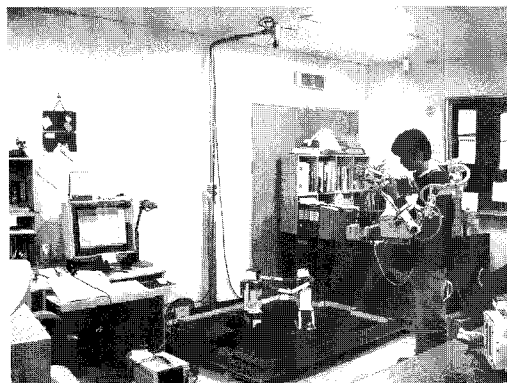


그림 13. 제 현실 복싱 경기 실험환경  
Fig. 13. Xperimental setup for real boxing game

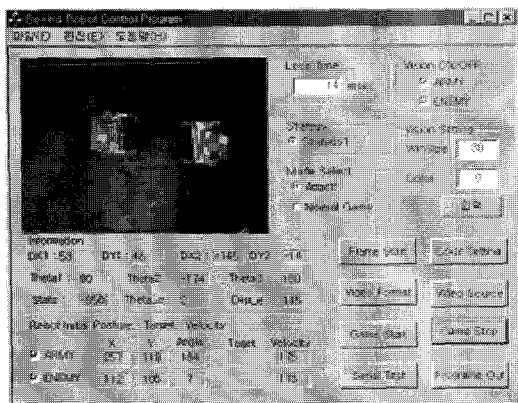


그림 14. 인터페이스 프로그램 GUI.  
Fig. 14. Interface program GUI.

치를 알아 낸다[10,11]. 로봇의 위치 정보는 로봇의 움직임을 제어하기 위한 정보로 사용된다. 실제로 복싱경기를 하기 위해서는 그림 15와 같이 상대방 로봇의 좌표를 파악하여 빨리 공격하는 것이 중요하다.

각 로봇의 목표점은 가슴 판에 부착되어 있는 센서부이다. 가슴판을 가격할 때마다 상대방의 카운트가 올라가게 되어 승부를 판별하게 된다. 로봇의 경로 계획은 목표점으로 부터의 거리  $d_e$  와 오리엔테이션 각  $\phi$  에 의해 결정된다. 거리 오차와 각의 오차를 통해 제어기를 구성하여 (3)의 기구학식의 제어입력을 사용하여 양쪽 바퀴의 회전을 제어한다. 그림 15에 두 로봇간의 좌표가 자세하게 나타나 있다.

사용자는 로봇의 움직임을 보면서 로봇을 제어하지만 컴퓨터는 기본적인 전략이 필요하다. 그림 16은 컴퓨터가 사용하는 기본적인 전략을 나타낸다.

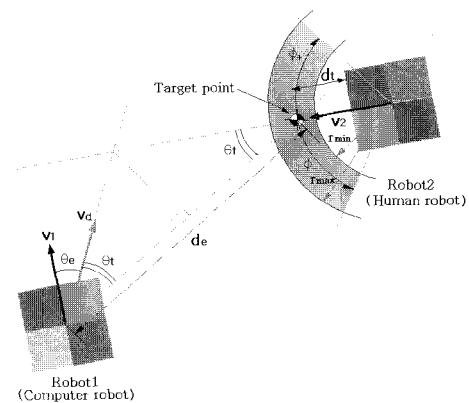


그림 15. 두 로봇의 좌표.  
Fig. 15. Geometric representation of two robots.

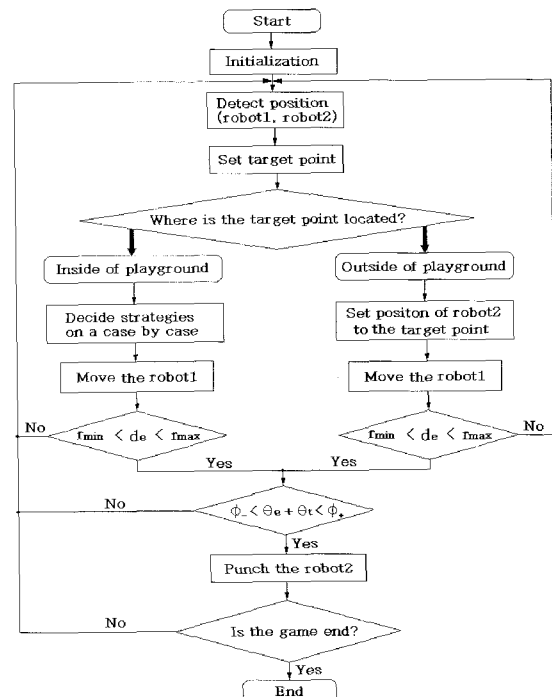


그림 16. CCR의 제어 순서도.  
Fig. 16. Control flow for the computer controlled robot(CCR).

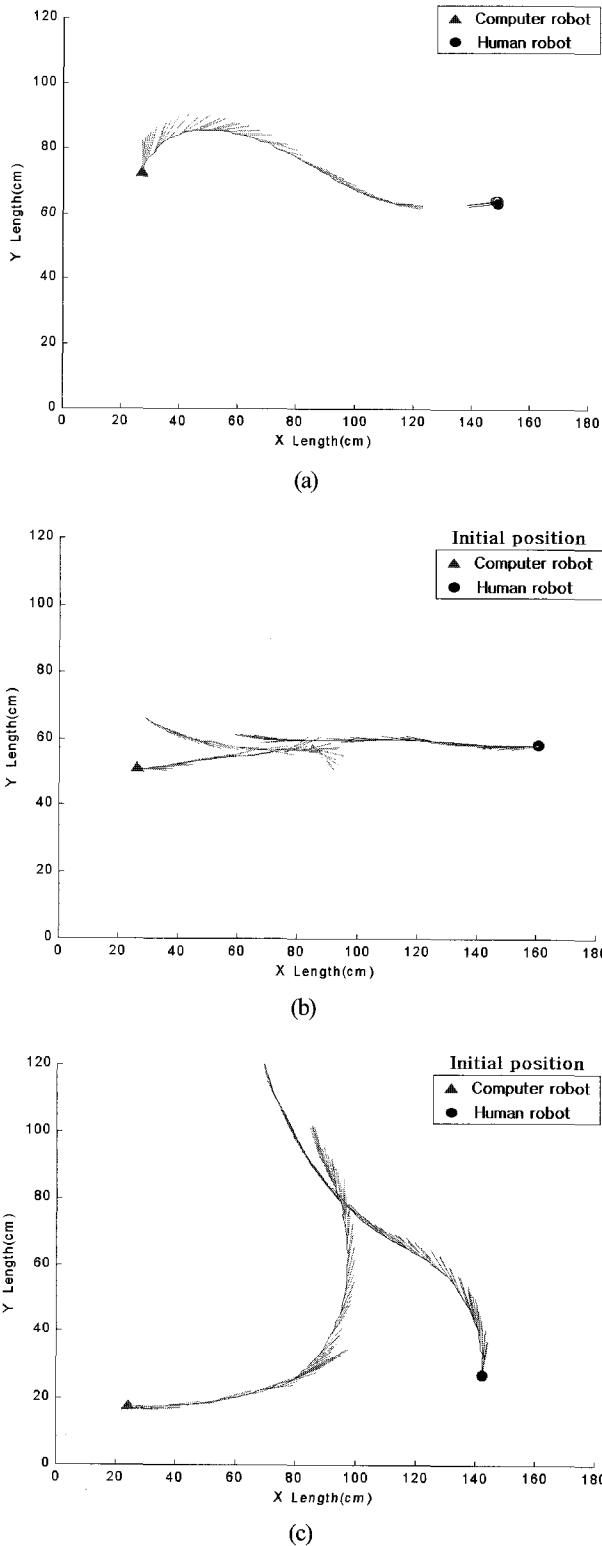


그림 17. 두 로봇의 경기 움직임.  
 Fig. 17. Movements of two robots during boxing game.

그림 17에는 두 로봇 간에 몇 가지 움직임이 나타나 있다. 그림 17(a)는 CCR(computer controlled robot) 이 HCR(Human controlled robot)을 향해 움직이는 것을 나타낸다. (b)에서는 CCR 로봇이 HCR로 향해 가다가 HCR로봇이 움직이므로 서로 펀치를 교환한 뒤에 물러서는 것을 볼 수 있다. (c)에서는 옆으로 피하는 HCR을 쫓아 가는 것을 볼 수 있다.

**V. 결론**

본 논문에서는 이동로봇을 서버로 사용하여 유비쿼터스 공간의 차이를 인터넷이라는 매체를 통하여 해결하였으며, 원격으로 복싱로봇을 제어하였다. 인터넷과 웹 서비스를 사용한 서버용 이동로봇의 제어는 영상과 같은 콘텐츠를 쉽게 표현 할 수 있고, 누구나 쉽게 원격 제어 기기를 다룰 수가 있다. 엑소스켈레톤을 사용하여 로봇을 원격으로 제어하였으며, 컴퓨터와 사용자간의 복싱로봇경기를 구현하여 보았다. 하지만, 인간과 같은 세련된 복싱 경기를 구현하기 위해서는 아직도 많은 문제점들을 해결해야 하고 앞으로의 과제로 남는다.

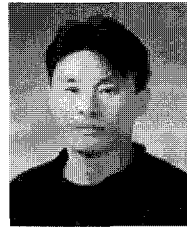
**참고문헌**

- [1] J. H. Lee and H. Hashimoto, "Intelligent space, its past and future," pp. 126-131, *IECON*, 1999.
- [2] J. H. Lee and H. Hashimoto, "Intelligent space," pp. 1358-1363, *IROS*, 2000.
- [3] H. Hashimoto and P. T. Szemes, "Ubiquitous haptic interface in intelligent space," pp. 208-213, *SICE*, 2003.
- [4] R. C. Baker and B. Charlie, "Nonlinear unstable systems," *International Journal of Control*, vol. 23, no. 4, pp. 123-145, 1989.
- [5] 전풍우, 장평수, 주병규, 조기호, 정슬, "메카트로닉스 교육을 위한 복싱 로봇 시스템의 개발," pp. 330-330, 2000 한국 자동제어 학술회의, 용인.
- [6] 윤병준, 이종수, 최경삼, "Web을 이용한 로봇 매니플레이터의 원격제어," KACC 1999. 10.
- [7] 조기호, "감성공학을 이용한 휴먼과 컴퓨터 인터페이스 구현," 충남대 석사논문 2002.
- [8] S. Jung, P. W. Jeon and H. T. Cho, "Interface between robot and human : application to boxing robot," pp. 851-856, *IFAC Conference on Mechatronics Systems*, 2002.
- [9] 전풍우, 정슬, "Exoskeleton 형태의 모션 캡처 장치를 이용한 이동로봇의 원격제어," 제어 · 자동화 · 시스템 공학회, 제10권 제5호, pp. 434-441, 2004.
- [10] 김종환, "로봇 축구로봇 시스템," 브레인 코리아, 2002.
- [11] 정슬, 장평수, 원문철, 홍섭, "신경회로망을 이용한 비전 기반 로봇의 위치제어에 대한 실험적 연구," 제어 · 자동화 · 시스템 공학회, 제9권 제7호, pp. 515-526, 2003.



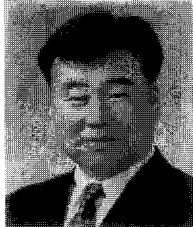
**주 병 규**

1971년 5월 29일생. 1997년 배재대학교 정보통신공학과 졸업. 2001년 충남대학교 대학원 메카트로닉스공학과 석사졸업. 현재 인터보드 운영. 관심분야는 제어기 설계, 콘트롤러 하드웨어, 로봇틱스.



**전 봉 우**

1975년 12월 17일생. 2003년 충남대 메카트로닉스공학과 졸업. 2003년 동 대학 석사졸업. 현재 원자력 연구소 석사 후 연수과정. 관심분야는 로봇 설계 및 제작, 하드웨어 제작, 힘제어 알고리즘 응용.



**정 슬**

1964년 9월 11일생. 1988년 미국 웨인주립대 전기 및 컴퓨터 공학과 졸업. 1991년 미국 캘리포니아대 데이비스 전기 컴퓨터공학과 석사. 동 대학 박사. 1997년~현재 충남대학교 메카트로닉스공학과 부교수. 관심분야는 지능 제어 알고리즘 및 하드웨어 구현, 로봇의 인간의 지능적인 상호 작용, 무인 자율 로봇 시스템.

리즘 및 하드웨어 구현, 로봇의 인간의 지능적인 상호 작용, 무인 자율 로봇 시스템.