

---

# 가상현실과 결합된 로봇제어 시스템의 구현방법

김우경·김훈표·현웅근  
호남대학교 전자공학과

## A Development of The Remote Robot Control System with Virtual Reality Interface System

Woo-Kyoung Kim· Hun-pyo Kim·Woong-Keun Hyun  
Department of Electronics Engineering, Honam University, KOREA  
E-mail : kwk0042@naver.com

### 요 약

최근, 가상현실분야가 매우 다양하게 각 산업분야에서 응용되고 있다. 본 논문에서는 가상환경하에서 인터페이스 조작에 의하여 로봇의 움직임을 제어하였다. 3D Graphic Tool을 사용하여 가상로봇을 생성하고 생성된 가상로봇에 실제로 로봇의 텍스처를 입혀 X파일로 변환시켜 3차원 가상현실에 적용되는 Direct 3D Graphic의 Component들을 사용하여 실제로 로봇과 동일한 모습을 재현하였다. 또한 조이스틱을 통해서 가상로봇의 움직임을 표현하고 실제로 로봇을 제어했다. 개발된 로봇은 크게 로봇 제어부와 Host PC에서의 Visual I/F program으로 구성되어 있다. 개발된 로봇의 구동부와 Camera의 구동부는 2자유도를 갖고 있으며 사용자 친화적으로 개발된 조이스틱으로 원격조종된다. 외부 상황은 비전 시스템과 초음파 센서로 인식되며, 화상 및 센서 데이터, 명령어 등을 각각 900MHz와 447MHz RF로 통신된다. 사용자는 실제 로봇을 제어하기 위하여 시뮬레이터를 이용하여 로봇 제어 명령을 내리면 로봇을 구동하기 위한 원격 송/수신부에서 447MHz의 특정소출력국용 주파수를 사용하는 모듈을 통해 Half duplex 방식으로 4800bps로 실외 500m까지 제어한다.

### ABSTRACT

Recently, Virtual reality parts is applied in various fields of industry. In this paper we got under control motion of reality robot from interface manipulation in the virtual world. This paper created virtual robot using of 3D Graphic Tool. And we reappeared a similar image with reality robot put on texture the use of components of Direct 3D Graphic. Also a reality robot and a virtual robot is controlled by joystick. The developed robot consists of robot controller with vision system and host PC program. The robot and camera can move with 2 degree of freedom by independent remote controlling a user friendly designed joystick. An environment is recognized by the vision system and ultra sonic sensors. The visual image and command data translated through 900MHz and 447MHz RF controller, respectively. If user send robot control command the use of simulator to control the reality robot, the transmitter/receiver got under control until 500meter outdoor at the rate of 4800bps a second in Hlaf Duplex method via radio frequency module using 447MHz frequency.

### 키워드

Virtual reality, Direct 3D Graphic, virtual robot, ultra sonic sensors

### 1. 서 론

가상현실(Virtual Reality)이란 분야는 오늘날 현

대 산업기술 사회에서 새롭게 각광받고있는 기술이다. 실제의 세계와 비슷한 가상의 세계를 구성하여 실제의 상황에서 구현하기 어려운 여러분야를

가상의 환경과 조건에서 구성하여 시뮬레이션함으로써 실제상황에서의 구현결과를 예측할 수 있도록 하는 등 많은 기술분야에 응용되고 있다. 이러한 가상현실 기술을 실제로 로봇제어 시스템과 결합하고 가상공간상에서 인터페이스 조작에 의해 실제 로봇의 움직임을 제어하고자 한다.

본 논문에서는 개발된 로봇을 3D Graphic Tool로 모델링해서 가상로봇을 제작하고 모델링된 가상로봇을 DirectX로 불러오기 위해 DirectX에서 사용되는 X파일 포맷으로 변환시켜 로딩함으로써 실제 로봇과 동일한 모습을 재현시켰다. 개발된 실제 로봇과 가상로봇간에 Interface 장치인 조이스틱을 통해서 실제 로봇과 가상로봇을 제어했다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 개발된 원격제어 가상로봇의 시스템의 구성을 2장에서 소개하고, 3장에서는 가상로봇의 제작 방법을 다룬다. 다음으로 4장에서는 가상로봇과 실제 로봇의 인터페이스를 통한 결합 그리고 본 논문의 마지막에서는 결론 및 향후 연구계획에 대해 이야기 하였다.

## II. 원격제어 가상로봇 시스템 구성

본 연구에서 개발된 원격제어 가상로봇의 개발을 크게 로봇 제어 시스템과 Host PC에서의 MMIF로 구성되어 있다. 로봇 제어 시스템은 가상 장치, 무선 원격장치, 구동 장치의 회로구성 및 이를 제어하는 Firmware로 이루어져 있으며, VMMIF(Visual man machin interface)는 Host PC에서 영상데이터의 처리 및 User friendly 한 Human I/F를 위한 인체공학적인 Joystick 제어, RF 통신제어 등을 위한 S/W프로그램으로 구성된다.

### • 로봇 제어시스템

원격제어 가상 로봇은 구체적으로 다음과 같이 6개의 부분으로 이루어져 있다.

- (1) 16bit MPU를 이용한 주 제어부
- (2) DC모터를 이용한 2자유도 구동부 및 Amp 회로부
- (3) Stepping 모터를 이용한 2자유도 CCD Camera 구동부
- (4) 가상 및 데이터 통신용 RF I/F 통신 제어부
- (5) 센서회로 구동부
- (6) Battery를 이용한 전원 회로부

본 시스템은 Host Computer로써 600MHz급의 PC가 로봇의 가상 및 User I/F, Path planning등을 하며 로봇은 16bit MPU 80c196kc를 사용하여 2자유도 구동부인 2개의 DC 모터 제어, 2자유도 CCD 카메라 구동을 위한 Stepping 모터제어, 그리고 FSK 방식의 RF 통신을 이용한 센서데이터를 송신 및 명령어 송수신을 수행하는 바 기본 주기는 HSO를 이용하여 1ms를 기본 주기로 사용한다. Main Board에서는 우선적으로 무선 데이터를 기반으로 각각의 명령에 따라서 동작 하게 된다.

그림 1은 원격제어 가상 로봇의 전체적인 구조를 나타내고 있다.

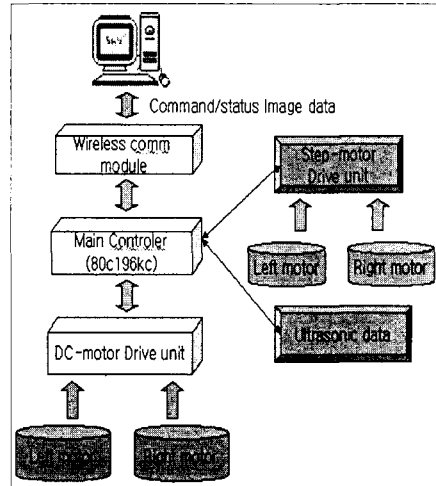


그림 1. 원격제어 가상 로봇의 전체구조  
Fig. 1. Control structure of the proposed robot system

### • 가상 및 데이터 통신용 RF I/F 통신

로봇을 구동하기 위한 원격 송/수신부는 447MHz의 특정소출력국용 주파수를 사용하는 모듈을 사용했다.(STR-400R) 이 모듈은 Half duplex 방식으로 4800 bps로 실외의 500m까지 송/수신이 가능하다.

송/수신 Command protocol은 표 1과 같다.

표 2. 송/수신 Command Protocol

Head	Start	Command Data	End	Tail
0x02	'#'	"DF100100" "SAR040BU020" "YA120"	'!'	0x03

먼저 RF통신의 안정화를 위하여 preamble code로써 'U'(0x55)를 10번 보낸다. 그리고 Head의 0x02는 안정화된 데이터의 처음을 알리는 신호이고 Start의 '#'은 Command의 시작을 알리는 문자이다. End와 Tail도 마찬가지로 사용되며 Start와 End 사이의 Data가 명령문이다.

여기서 "DF100100"은 DC모터 명령을 위한 것으로써 DC모터를 Forward 방향으로 Right 모터 스피드 100, Left 모터 스피드 100으로 구동하는 것이다. 또한 "SAR040BU020"은 Stepping 모터를 Right 방향으로 40. Up으로 20. 움직이라는 것이고 "YA120"은 초음파 센서의 장애물과의 거리와 초음파 센서의 ID를 송신하는 형태를 보인다.

### III. 가상로봇 제작

#### • 가상로봇 .X파일 생성

3차원 가상로봇을 생성하기 위해 3D Graphic Tool인 3D Studio MAX에서 가상로봇 오브젝트를 생성했다. 3D Studio MAX에서 파일 포맷은 .3ds를 사용하는데 이 포맷은 너무나 많은 정보들이 포함되어 있어 실시간 환경에서 사용하기에는 적절하지 못하다. 기하정보와 색 정보를 저장하여 최소의 저장공간을 요구하면서 빠른 데이터 접근을 구현해야 한다. DirectX SDK에서 제공하는 .X파일이라는 매우 유연한 파일 포맷을 이용하여 생성된 가상로봇 오브젝트를 Direct3D 프로그램에 맞는 파일 포맷으로 변환시켜야 한다. 그래서 .X파일로 변환시켜주기 위해 .3ds파일 포맷을 DirectX8.0 SDK에서 제공하는 변환기를 통해 .X파일을 생성했다.

이렇게 생성된 .X파일에는 가상로봇 오브젝트에 대한 mesh 정보와 가상로봇의 입체질 텍스처 위치 지정 좌표정보등이 포함되어있다.

아래의 그림 2는 3D Studio MAX에서 모델링한 가상로봇을 보여주고 있다.



그림 2. 모델링한 가상로봇  
Fig. 2. Modeling of virtual robot

아래의 그림 3은 .X파일로 변환된 가상로봇 오브젝트를 Direct3D 프로그램으로 로딩하는 부분이며 그림 4는 실행한 결과이다.

```
// Load the file based objects
if( FAILED( m_pObject->Create( m_pd3dDevice, _T("robot.x") ) ) )
    return D3DAPPERR_MEDIANOTFOUND;
m_pObject->SetFVF( m_pd3dDevice, D3DFVF_VERTEX );

m_angle = 0.0f;

return S_OK;
```

그림 3. X파일을 로딩하는 부분  
Fig. 3. Source code of loaded X-file

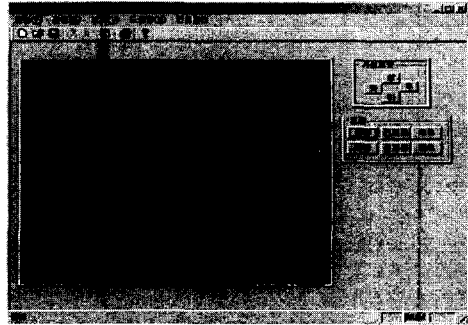


그림 4. 가상로봇 실행화면  
Fig. 4. Execution screen of virtual robot

### IV. 가상로봇과 실제로봇의 인터페이스

#### • Host PC의 MMIF

Host PC에서의 VMMIF(Visual man machin interface)는 VC++로 구성되어 있으며 초당 15 frame의 Video display, Joystick 제어에 의한 로봇 명령어 생성, 명령어 및 센서 데이터의 RS-232 통신 등으로 이루어진다.

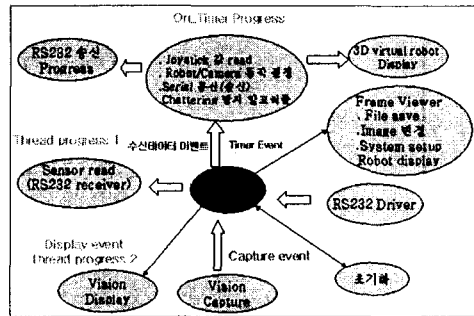


그림 5. S/W의 전체 구성도  
Fig. 5. A state diagram of the proposed algorithm

S/W의 전체 구성은 Capture board를 제어하는 device driver와 Win32 DLL 그리고 API 프로그램으로 구성되어 있는바, 기본적으로 message event 방식으로 되어있다.

우선 30ms를 주기로 Timer에 의한 message가 발생하여 On\_Timer progress를 Call하게 되며 USB통신에 의한 Joystic의 값을 read한다. 그리고 Joystic의 각도 및 값에 의하여 로봇 및 Camera의 동작값을 결정한다. 그리고 이를 RS232 송신 progress에 보내어 PC에 연결된 RF를 통하여 data를 송신하고 3D 가상 로봇을 Display한다. 그리고 Joystic button의 chattering 현상을 방지하기 위한 알고리즘도 내장되어 있다.

초기화 progress에서는 30ms마다 Timer interrupt를 걸어 parameter를 setting하고, file open 및 video progress를 초기화시킨다. 로봇에서의 초

음파 센서 등의 센서 값은 RF를 통한 RS232로 받게되는데, 이는 송신 progress와 달리 임의시간에 data가 들어올 수 있으므로 polling 방식으로 처리하지 않고 thread progress를 통하여 처리한다. 처리된 수신 data는 frame view progress로 보내져서 Robot 주변의 장애물등을 표시한다.

화상 data의 수신은 NTSC 신호를 900 MHz의 RF 모듈을 통해 전송되며 이 신호는 Vision Capture progress에서 화상 Capture가 완성되면, thread progress인 vision display progress를 부르도록 message를 발생시킨다. 또, 필요시 또는 menu button down 등의 message가 발생시 Frame View progress가 call되어 파일저장, image의 contrast등의 변경, RS232 protocol등 parameter 변경, 키보드 데이터 송신, 그리고 Robot 모형 display등을 하게 된다.

• Joystick에 의한 로봇제어 알고리즘

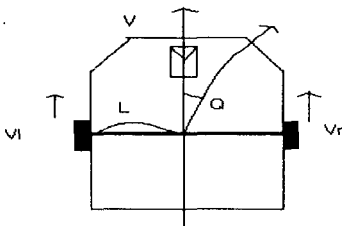


그림 6. 로봇의 구조  
Fig. 6. A configuration of robot

그림 6에서처럼 로봇의 진행 속도를 V, 회전 속도를 Q, 송신될 좌,우 바퀴의 속도를 각각V<sub>L</sub>, V<sub>R</sub>, 바퀴의 반지름을 R, 로봇의 중심에서 바퀴까지의 거리를 L라고 하면,

$$V = (V_L + V_R)/2$$

$$Q = (V_L - V_R)RL/2. \text{ 이 성립한다.}$$

이 두 관계식에서

$$V_L = V + KQ$$

$$V_R = V - KQ (K = 1/RL) \text{를 구할 수 있다.}$$

여기서 V, Q값은 조이스틱의 입력에 의해 다음과 같이 얻어진다.

$$V = \sqrt{(x^2 + y^2)}$$

$$Q = \text{tant} - (y/x)$$

이처럼 조이스틱의 X-Y축의 각에 의해서 로봇이 동작하게 됨으로써 초보자도 쉽게 control할 수 있다. 또한 로봇의 속도는 축의 각에 의해서 좌우 모터의 속도가 결정된다.

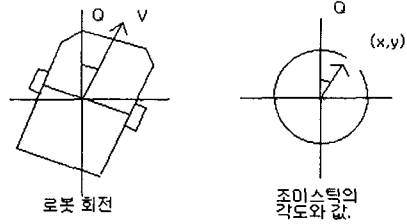


그림 7. 조이스틱에 의한 로봇의 구동  
Fig. 7. A steering control mechanism of robot with joystick

아래의 그림 8은 가상로봇과 실제로봇의 동작을 제어하는 source의 일부로서 변수 m\_angle를 통해 가상로봇의 움직임을 제어하고 Tx\_Data[]배열 안에 있는 데이터 정보가 실제로봇의 움직임을 제어한다.

```

if( RobotSelect == 1 )
{
    Tx_Data[0] = '0'; Tx_Data[1] = 'D';
    Tx_Data[2] = 'F'; Tx_Data[3] = 'T';
    str.Format("ROBOT CONTROL");
    m_strJoy=str;
    if(x > y){
        m_angle += 0.05f;
    }else if(x < y){
        m_angle -= 0.05f;
    }
    UpdateData(FALSE);
}
else
{
    str.Format("CAMERA CONTROL");
    m_strJoy=str;
    UpdateData(FALSE);
    Tx_Data[0]='R';Tx_Data[1]='S';Tx_Data[2]='A';
    Tx_Data[3]='R';Tx_Data[4]='B';Tx_Data[5]='U';
    Tx_Data[12]='1';
    x=L_x*200/300;
    y=L_y*100/300;
    str1.Format(" 카메라 수평각: %d도 WxWn ", (x-100)*135/100);
    str2.Format(" 카메라 수직각: %d도 WxWn ", (y-50)*60/50);
    m_strJoy=str1+str2;
    UpdateData(FALSE);
}
    
```

그림 8. 가상로봇과 실제로봇의 인터페이스 소스  
Fig. 8. Source code of the interface part between virtual robot and reality robot.

그림 9은 원격제어 가상 로봇이 보내온 영상과 조이스틱의 데이터 정보 그리고 가상로봇의 움직임을 보여주고 있다.

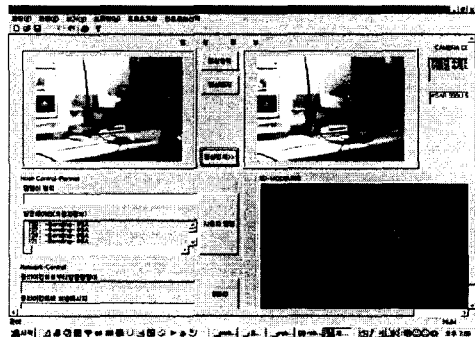


그림 9. Host Program의 실행 모습  
Fig. 9. A monitor display in host PC

## V. 결 론

본 논문에서는 원격제어 가상 로봇과 이를 표현하는 3차원 가상현실 시스템을 구현하였으며 두 시스템간의 interface를 연구하였다. 가상 로봇은 Direct 3D Graphic component들을 사용하여 구현하였으며 VR interface시스템의 조종에 따라 실제 로봇과 가상 로봇이 동시에 반응하도록 H/W와 S/W를 구현하였다. 또한 실제 로봇의 영상, 구동장치, 센서등을 효율적으로 할 수 있도록 protocol을 정리하였으며 각 제어 S/W를 모듈화하였다.

향후 연구과제로는 가상환경을 입체적, 공간적으로 구축하고 힘 반영 VR interface 시스템에 의해서 재생된 가상의 힘을 인식하도록 하는 것이 향후 연구과제이다.

※ 본 과제(결과물)는 산업자원부의 출연금등으로 수행한 지역전략산업 석박사 연구인력 양성사업의 연구결과입니다.

## 참고 문헌

- [1] 김기섭, 김성주, 최명환, 김형중, "Virtual Robot Simulator and Real-World Robot Interface" Proceedings of the 12th KACC, October 1997. pp. 976-979
- [2] Wolfgang F. Engle & Amir Geva "Beginning Direct3D Game Programing" 도서출판(주)민커뮤니케이션, 2002.02.01
- [3] R. D. Schraft et al., "Service robots: The appropriate level of automation and the role of users/operators in the task execution," Proc. Int'l Conf. on Systems Man and Cybernetics., Vol. 4, pp. 163-169, 1993.
- [4] S.S.Lee, J.S.Oh, Y.H.Choi and J.B.Park "A New Complete Coverage Navigation Algorithm of Autonomous Cleaning Robot in Unknown Environment," KIEE/IEEK/ICASE Journal of Joint Conference, Vol. 1, pp. 33-36, May. 2001
- [5] Don Murray and Anup Basu, "Motion tracking with an active camera" , IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1994
- [6] Richard R. Brooks and S.S.Iyengar, "Multi-Sensor Fusion : Fundamentals and Applications with Software", Prentice-Hall, Inc. 1998
- [7] "magnetic Sensors Data Sheets", Solid State Electronics Center, Honeywell Inc, 1996
- [8] 손욱호, 배희정, 장병태, "3차원 컴퓨터 게임에서의 햅틱인터페이스", 한국컴퓨터게임학회논문지, Vol. 1, No. 1, October 2002