

# 인터넷 기반의 로봇 가상 인터페이스 시스템 개발

\*임홍준, 김경민, 안현식

동명정보대학교 로봇시스템공학과

## Development of a Virtual Interface System of Robot Based on Internet

\*Hong-Jun Lim, Kyung-Min Kim, Hyunsik Ahn

Dept. of Robot System Engineering,

Tongmyung University of Information Technology

E-mail: hsahn@tmic.tit.ac.kr

### ABSTRACT

Nowadays there are lots of researches on robot systems working on danger environments and controlled remotely. In this paper, we describe a virtual robot interface system based on Internet. In the system, a client can order scanning for range finding, then server detects a 3D profile data from the objects by using robot controlling and a range finder automatically. If one clicks the original position of object and destination on virtual space, the robot moves the object to the new position in real space. The proposed interface system supports advanced virtual 3D interface and makes it possible one to manage the objects remotely more conveniently.

### I. 서론

최근 네트워크 기술의 발전과 더불어 인터넷 기반의 로봇 제어시스템의 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 인간의 접근이 어려운 환경이나 원격 제어 분야에서 필요성이 더욱 대두되고 있다. 지금까지 인터넷 기반의 로봇 제어에 대한 연구는 원격 제어가 가능하고, 로봇의 3차원 그래픽의 형상을 보여주며, 현장의 영상을 수신하는 단계에 와 있다. 원격 제어의 경우 작업자가 직접 조이스틱과 같은 입력장치를 조정하여 로봇을 움직이고 이로부터 목적하는 작업을 실행하

고 있다. 이러한 시스템에서는 작업자가 입력장치를 움직이고 모니터를 통하여 직접 눈으로 관찰하기 때문에 다양하고 복잡한 작업을 할 수 있다. 그러나 작업자의 난이도 높은 조작을 요구하며 특히 원격 작업의 경우 데이터의 송수신에 있어서 시간의 지연이 발생하는 문제가 존재하게 된다. 따라서 원격지에서 작업이 이루어지되 가상 공간에서의 작업을 할 수 있는 휴먼 인터페이스 시스템이 필요하게 된다. 특히 단순하거나 일정한 작업 형식이 있는 경우는 직접 사람이 조작하는 것 보다 로봇이 직접 관리하게 하고 작업자는 3D 가상의 공간에서 명령을 내리는 형태의 작업이 가능하게 된다. 본 논문에서는 보다 개선된 개념으로서 인터넷 환경에 기반한 3D 로봇 가상 인터페이스 시스템(virtual interface system)을 제안한다.

먼저 다음 장에서는 본 논문에서 제안하는 시스템의 구성을 소개하고, 그 다음 장에서는 제안한 로봇 가상 인터페이스의 개념을 언급하며, 이어서 서버와 클라이언트의 기능에 대해 상세히 언급하고, 그 다음 장에서는 제안한 인터페이스 시스템에 대한 실험 및 고찰, 그리고 마지막으로 이에 대한 결론을 맺는다.

### II. 시스템 구성

제안한 로봇 가상 인터페이스 시스템은 크게 로봇 제어를 포함하는 서버와 원격으로 접근하여 가상공간에서 작업을 지시할 수 있는 클라이언트로 나누어진다. Fig. 1은 본 논문에서 제안한 인터페이스 시스템의 하드웨어 구성도이다.

로봇은 삼성 전자에서 제작한 FARA MAN SS5 로봇을 이용하였고, 서버와 클라이언트는 IBM PC를 이용하였으며 OS는 Windows98을 기반으로 하였다. 서버와 클라이언트 프로그래밍은 VC++를 기반으로 이루어 졌으며 3D 그래픽 부분은 OpenGL 라이브러리를 이용하여 제작하였다. Fig. 2는 인터페이스 시스템의 접속도이다. 서버는 물체에 대해 거리 검출기법을 이용하여 3D 프로파일 데이터를 구하고 3D 정보로부터 물체를 인식하는 3D 검출 모듈, 작업 환경의 영상정보를 입력하는 영상 입력 모듈, 로봇의 동작을 제어하는 로봇 제어 모듈로 나누어지며, 이 모두는 클라이언트와 인터넷상으로 클라이언트와 정보를 주고받기 위한 네트워크 모듈과 연결된다. 클라이언트는 가상의 공간에서 작업장의 물체를 표시하고 지시자가 처리하고자 하는 물체를 지적할 수 있는 3D 그래픽 인터페이스 모듈, 및 서버에서 제공하는 화상을 표시하는 화상표시 모듈로 구성되며 이 모두는 인터넷으로 서버와 통신하는 네트워크 모듈과 연결된다.

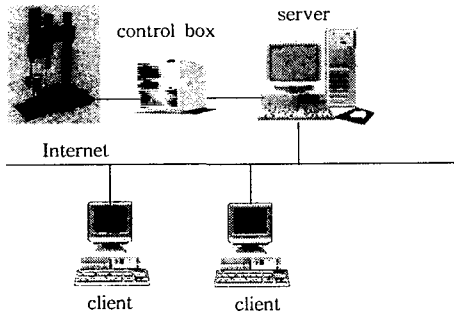


Fig. 1. 가상 인터페이스 시스템 구성도

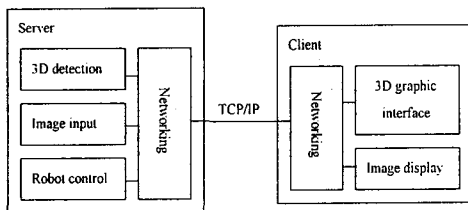


Fig. 2. 가상 인터페이스 접속도

### III. 로봇 가상 인터페이스

기존의 원격 로봇 제어에 있어서 작업자가 직접 조작할 경우 데이터의 송수신에 있어서의 시간의 지연으로 조작의 어려움이 발생한다. 본 논

문에서는 서버를 물체를 처리하는 기본 동작은 스스로 처리할 수 있는 에이전트로 설정하였다. 작업자는 처리하고자 하는 대상 물체와 목표 위치만을 클라이언트의 가상공간에서 마우스를 이용하여 명령하면 서버가 자율적으로 처리하도록 하였다. 즉 서버는 물체를 3차원적으로 인식하고 이 정보로부터 물체를 잡고 목표지점에 두는 작업을 스스로 할 수 있도록 설정하였다.

제안한 인터페이스 시스템의 동작은 먼저 조작자가 원격지에 있는 클라이언트로 통해 명령을 내리면 서버는 로봇과 3D 검출모듈을 동작 시켜서 작업 환경에 대한 3D 데이터를 검출하게 된다. 3D 검출은 삼각도법을 이용한 slit light 레이저 거리검출 기법과 로봇의 움직임에 의하여 얻는다. 서버는 현재의 로봇의 자세 및 작업 환경정보를 클라이언트에 전송하면 클라이언트는 이를 3D 그래픽으로 표시한다. 가상 공간에서는 3D 검출에 의해 상태에 대한 정보를 가지고 있는 영역과 검출이 이루어지지 않아 정보가 존재하지 않는 영역으로 나누어진다. 3D 그래픽은 가상의 3D 공간에서 마우스로서 이동하거나 처리하고자 하는 물체와 위치를 지시할 수 있다. 물체의 이동 위치에 대한 정보는 가상의 공간 지시된 좌표로부터 얻어지고 이 위치 정보는 서버에게 전달된다. 서버는 이 정보를 이용하여 로봇이 물체를 이동하게 하거나 처리하게 한다. 이때 서버의 영상입력 모듈에서는 작업 상황을 동영상으로 입력하고 이는 네트워크 모듈을 통해 클라이언트에게 전달되며 클라이언트는 이를 표시함으로써 가상의 공간과 동시에 실제적인 장면을 관측하면서 로봇을 제어할 수 있다.

### IV. 서버

#### 1. 3D 프로파일 데이터 검출

서버는 3D 검출 모듈에서 로봇이 처리하고자 하는 물체의 3차원 프로파일 데이터를 검출한다. 본 논문에서 사용한 3D 검출 방법은 삼각도법을 이용한 slit-light 레이저 거리검출 기법 등을 이용하였다. 이 방법은 slit light 레이저와 이 광원을 입력하기 위한 광학 필터가 부착된 CCD 카메라로 이루어진다. 먼저 slit light 거리 검출기에서 얻어진 영상 중 레이저 광원에 해당하는 화소값  $(u, v)$ 로부터 실제 좌표  $(x, y, z)$ 를 구하기 위한 변환 matrix를 얻는 보정은 perspective transformation matrix 방법을 이용하였다.[1] 3D 데이터 검출은 먼저 물체가 존

재하는 넓은 범위의 영역으로부터 물체의 3차원적 형상 검출해 내는 과정이다. 먼저 로봇 팔이 3차원 검출을 하고자 하는 영역의 위치로 이동하고 일정 간격으로 이동하면서 동시에 거리 검출기를 작동시킨다. 먼저 레이저 영상을 입력하는데, 입력된 영상은 slit light 영역만 나타나게 되고 세션화 과정을 거치면 거리정보를 얻을 수 있는 화소값  $(u, v)$ 이 얻어진다. 이 화소에 대해 변환 matrix를 적용하면 거리 검출기를 중심한 거리 좌표  $(x, y, z)$ 를 구할 수 있다. 물체의 전체 영역에 대한 거리 데이터를 구하기 위해 로봇 팔이 일정하게 이동하면서 동일한 방법으로 거리 정보를 얻는다. 이것을 영상 평면에 표현하고 선보간 방법으로 보간하여 물체의 3차원 프로파일 데이터를 얻는다. 이 데이터는 거리 검출기의 원점좌표에 대한 거리 정보이므로 이 정보를 실좌표계인 로봇 좌표계로 변환한다.

## 2. 영상 입력

실제로 로봇이 물체를 처리하는 과정을 원격지에서 감시하기 위해 먼저 작업현장의 영상정보를 입력한다. 입력된 영상은 JPEG으로 압축하고 이를 클라이언트에 네트워크 모듈을 통하여 전달한다.

## 3. 로봇 제어

로봇 제어 모듈은 하드웨어적으로는 서버 컴퓨터 상에 MMC(multiple motion control) 보드가 장착되고 이것은 로봇 제작사에서 제공하는 제어 박스와 연결된다. 로봇 제어 모듈은 프로그램상으로 로봇의 순기구학과 역기구학의 해로부터 얻어진 위치 제어 라이버러리를 이용한다.

## 4. 물체 인식

3D 검출 모듈에서 얻어진 3D 프로파일 데이터로부터 물체의 크기, 위치와 방향을 인식하고 이 정보를 로봇에게 전달하여 로봇이 물체를 잡기 위한 정보로 이용한다. 본 논문에서는 물체의 종류를 직육면체들이 쌓여 있는 경우로 제한하였는데 로봇이 최상위의 물체를 집을 수 있도록 최상위 직육면체의 중심위치와 높이 방향 너비를 인식하도록 하였다.

## 5. 네트워크

인터넷상으로 클라이언트와 데이터를 주고받는

내용은 먼저 로봇의 위치제어 정보 송신과 로봇의 현재의 각 축의 각도를 수신 받는 기능이 요구된다. 또한 온라인으로 작업하는 영상을 클라이언트로부터 받아들이는 기능과 3D 프로파일 데이터를 송신하는 기능도 필요하다. 이외에 가상 공간에서 지시한 물체의 이동 목표에 대한 정보를 수신하는 기능도 요구된다. 네트워크 모듈에서는 인터넷상에서 클라이언트와 정보를 주고받기 위한 방법으로서 TCP/IP를 이용하였으며 각각 별도의 포트를 이용하였다.

## V. 클라이언트

### 1. 3D 그래픽 인터페이스

3D 그래픽 인터페이스는 현재의 로봇의 형태가 3D 그래픽으로 표시되어 있으며 각 축의 각도를 수신 받아 실제와 동일한 형태로 보여주게 된다. 서버의 3D 검출 모듈에 의해 얻어진 3D 프로파일 데이터는 클라이언트로 전달되며 로봇과 함께 3D 그래픽 인터페이스 상에 표시된다. 가상의 3D 공간에서 작업자는 마우스를 이용하여 이동하거나 처리하고자 하는 물체와 위치를 지시할 수 있으며 다시 물체의 이동 목표 위치에 대한 정보를 가상의 공간에서 마우스로 지시한다. 모두 3D 공간의 좌표로부터 얻어지고 이 위치 정보는 서버에게 전달된다. 서버는 이 정보를 이용하여 로봇이 물체를 잡고 이동한 후 다시 목표 위치에 놓이게 한다. 3D 그래픽 인터페이스는 OpenGL로 제작하였다.

### 2. 감시 영상 display

클라이언트에서는 이러한 로봇의 작업과 동시에 현장의 장면을 감시할 수 있도록 서버의 영상 입력 모듈에서 입력된 작업 상황의 영상을 네트워크로 통해 전달받게 되며 클라이언트는 이를 표시함으로써 가상의 공간과 동시에 실제적인 장면을 관측하면서 로봇을 제어할 수 있도록 하였다. 입력 시에 JPEG으로 압축되며 네트워크를 통해 전달받은 영상을 연속적으로 display하도록 하였다.

## VI. 실험 및 결과

제안한 로봇 인터페이스 시스템을 Fig. 3과 같이 로봇에 적용하여 실험하였다. 로봇의 핸드 상부에 거리 검출기를 부착하였으며 영상을 입력하

기 위한 카메라도 부착하였다. 3D 사용자 인터페이스 화면을 Fig. 4에서 보여주고 있다. 좌편에는 3차원적인 가상공간이며 우측 상부에는 작업 상황을 감시할 수 있도록 동영상을 display하는 공간이 있다. 우측 하단에는 로봇을 제어할 수 있는 패널과 가상 공간에서 물체와 목표 위치를 지적할 때 사용하는 버튼이 있다. Fig. 5(a)는 대상 물체를 중심으로 로봇에 의해 모두 40회 스캔하면서 거리 검출기로부터 영상을 입력하고 변환 matrix로 변환한 뒤 이를 영상평면상에 표시한 결과이다. Fig. 5(b)는 Fig. 5(a)를 보간한 뒤 3D로 표시한 결과이다. 이를 3D 사용자 인터페이스 상에 로봇과 함께 3D로 표시한 결과가 Fig. 4와 같으며 이 가상 공간에서 마우스로 물체를 지적하고 목적지를 지시한 결과 적절히 이동하였다.

### VII. 결론

본 논문에서 제안한 로봇 가상 인터페이스 시스템은 가상의 공간에서 인간의 동작과 비슷한 형태의 인터페이스를 제공함으로써 원격 제어를 더욱 용이하게 하였다. 또한 3D 환경 하에서 로봇의 작업을 지시함으로써 가상공간과 실제공간 사이의 작업의 차이를 더욱 좁힐 수 있었다. 본 연구 결과 더욱 다양한 물체와 환경에 대한 적용할 수 있는 시스템에 대한 연구가 필요하다. 제안한 시스템을 가상 제어 및 인터페이스 시스템에 적용할 경우 자동화 산업계, 게임 업계, 및 국방 관련 분야에 응용될 수 있을 것으로 기대된다.

### 참고문헌

- [1] R. Y. Tsai, "A Versatile Camera Calibration Technique for High-Accuracy 3D Machine Vision Methodology Using Off-the-Shelf TV Camera and Lenses," IEEE Trans. Robotics Automat., vol.3, no.4, pp.323-344, Aug. 1987.
- [2] Hyunsik Ahn, Chintae Choi, Kwanhee Lee, and Yeong-Ho Ha, "Automation of a Reclaimer Using Global and Local Range Finding Systems", IS&T/SPIE Electronic Imaging '96: Science and Technology, Jan. 27. SPIE vol.2665, pp.26-35, 1996.
- [3] R. S. Wright Jr. and M. Sweet, "OpenGL Super Bible," Waite Group Press, CA,

1996.



Fig. 3. 로봇과 거리 검출기 및 카메라

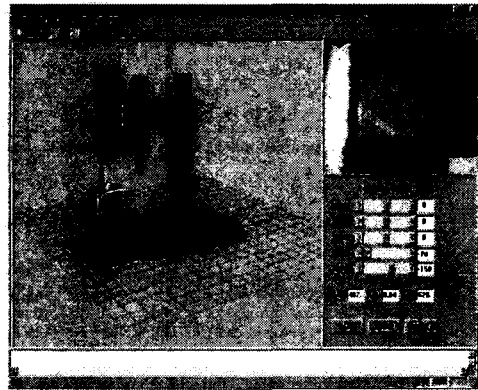


Fig. 4. 가상 3D 사용자 인터페이스 화면



(a) (b)

Fig. 5. 3D 형상 검출 과정  
(a) 거리 데이터를 영상으로 표현한 결과  
(b) 보간 후 3D로 표현한 결과