로봇 에이전트의 원격 제어를 위한 가상 3D 인터페이스 시스템

A Virtual 3D Interface System for the Remote Control of Robot Agent

안 현 식

Hyunsik Ahn

요 약

최근 생체 모방 시스템과 지능 로봇 등에 대한 관심에 따라 임정한 작업을 스스로 수행하는 로봇 에이전트 시스템에 대한 관심이 높아지고 있다. 로봇 에이전트를 보다 인간 친화형으로 제어하기 위한 인터페이스가 요구되고 있는데, 본 논문에서는 인터넷 환경에 기반 한 로봇 에이전트의 원격 제어 및 모니터링을 위한 가상 3D 인터페이스 시스템을 제안한다. 제안한 시스템은 매니저-에이전트의 모델로 설정하고 작업자가 원격지에 있는 매니저에서 가상의 3D 사용자 인터페이스 환경 하에서 마우스로 로봇 에이전트에게 작업을 지시한다. 로봇 에이전트는 작업 지시 내용에 따라 스스로 물체의 3차원 형상을 인식하고 이를 목표한 위치로 옮기는 작업을 수행하게 된다. 제안된 시스템은 이 작업의 과정을 가상의 3D 그래픽과 실제 영상을 보여주는 개선된 인터페이스를 제공함으로써 보다 쉽고 인간 친화적인 로봇 에이전트의 제어가 가능함을 보인다.

ABSTRACT

Recently, there are lots of concerning on robot agent system working for itself with the trends of the research of bio-mimetic system and intelligent robot. Therefore, it is necessary to develop more humanized interface system for communicating with the robot agent. In this paper, a virtual 3D interface system is proposed based on Internet for remote controlling and monitoring of robot agent. The proposed system is constructed as manager-agent model, and a man can order a job at the 3D virtual interface environment of the manager located remotely. Then the robot agent detects a 3D profile data from a range finder automatically and the robot moves the object to the new position in real space. The proposed system supports a advanced interface displaying virtual 3D graphics and real moving images, and which makes it possible one to manage the robot agent more conveniently.

Key words: Robot, agent, 3D user interface, remote control, virtual reality, 3D graphics

I. 서 론

최근 네트워크 기술의 발전과 더불어 인간의 접근이 어려운 환경이나 원격 제어 분야에서 인터넷 기반의 로봇 제어시스템의 연구가 활발히 진행되고 있다. 지금까지 인터넷 기반의 로봇 제어에 대한 연구는 원격 제어가 가능하고, 로봇의 3차원 그래픽의 형상을 보여주며, 현장의 영상을 수신하는 단계에 와 있다.[1-3] 원격 조작의 경우 작업자가 입력장치를 움직이고 모니터를 통하여 직접 눈으로 관찰하기 때문에 다양하고 복잡한 작업을 할 수 있다. 그러나 작업자의 난이도 높은 조작을 요구하며 데이터의 송수신에 있어서 시간의 지연이 발생하는 문제가 존재하게 되며 이를 극복하기 위한 연구가 진행되고 있다. 이에 대한 대안으로서 최근 생체 모방 시스템과 뇌과학 연구 등에 힘입어 과거의 단순한 원격 조작의 수준이 아니라 일정한 작업을 외부의 도움 없이 스스로 목표로 하는 작업을 수행할 수 있는 에이전트 시스템의 대한 관심이 매우 높아 가는 추세이다.[6] 또한 다수의 로봇에 의한 협조 작업에 관한 관심도 고조되고 있으며 이러한 각각의 로봇은 하나의 에이전트로 설정하고 있다.[7,8] 에이전트 시스템은 변화하는 환경에 능동적으로 대처하며 주어진 작업을 자율적으로 수행하고 스스로 학습할 수 있는 시스템이다. 로봇 에이전트를 제어하기 위해서는 지금까지의 원격조작(tele-operation)의 수준을 넘어서는 보다 인간 친화형 인터페이스의 필요성이 대두되고 있다. 즉 일정한 작업 목표에 따라 로봇이 스스로 움직이게 하고 사람은 3D 가상의 공간에서 명령을 내리는 형태의 인터페이스 시스템이 필요하게 된다. 본 논문에서는 이와

같은 개념을 로봇 제어에 적용하여 인터넷 환경에 기반한 로봇 에이전트의 원격 제어를 위한 가상 3D 인터페이스 시스템을 제안한다.

제안한 인터페이스 시스템은 먼저 작업의 목표를 지시하는 매니저와 지시한 작업의 내용에 따라 스스로 작업을 진행하는 에이전트로 이루어진 매니저-에이전트 모델을 설정하고, 클라이언트에 해당하는 매니저에서 작업자가 제안한 인터페이스 상에서 명령을 내리면, 서버에 해당하는 로봇 에이전트는 이 명령에 따라 작업 상태를 스스로 인지하고 이에 대한 적절한 작업을 스스로 실행하는 형태로 구성된다. 매니저 상에서 3D로 이루어진 가상의 인터페이스 공간에서 물체의 이동을 지시한다. 그러면 에이전트는 스스로 3D 검출모듈을 동작 시켜서 작업 환경에 대한 3D 데이터를 검출하게되며 마우스로 이동하거나 처리하고자 하는 물체와 위치를 지시하면 에이전트는 스스로 물체를 이동시키거나 처리한다. 그와 동시에 현재의 로봇의 자세 및 작업 환경정보를 매니저에게 전송하여 이를 3D 그래픽으로 표시하여 보다 쉽고 인간 친화적인 로봇 에이전트의 제어가 가능함을 보인다.

본 논문의 구성은 다음 장에서 제안한 3D 가상 인터페이스에 대한 개념과 구성을 소개하고 에이전트 및 매니저의 기능을 모듈별로 상세히 설명한다. 그 다음 장에서는 제안한 인터페이스 시스템을 구현하고 실험한 결과와 고찰 및 마지막 장에서 결론을 맺는다.

II. 로봇 에이전트의 3D 가상 인터페이스 시스템

2.1 3D 가상 인터페이스 시스템의 구성

제안한 로봇 에이전트 인터페이스 시스템은 기존의 로봇 제어가 네트워크 상의 서버와 클라이언트라는 데이터 송수신 모델로 정한 것에 비해, 작업 기반의 모델로서 에이전트-매니저 모델로 시스템의 구성을 정의한다. 여기서 매니저는 에이전트에게 작업 명령을 지시하는데 작업의 모든 동작에 대한 자세한 내용이 아니라 작업의 목표만을 지시하게 된다. 에이전트는 매니저로부터 지시 받은 내용에 따라 목표를 달성하기 위해서 스스로 작업을 계획하고 작업을 실시하며 돌출하는 문제가 발생하면 스스로 해결하면서 작업을 실시한다. 작업이 완료되면 이를 매니저에게 보고를 함으로서 에이전트의 작업을 완료하게 된다.

본 논문에서는 매니저가 로봇에이전트에게 물체의 개략적 위치와 목표위치를 주고 이동을 명령하면 로봇에이전트가 스스로 주변의 물체를 인식하고 이를 매니저가 지시하는 목표위치로 스스로 이동시키는 작업에 대해 적용하였다. 즉 매니저는 처리하고자 하는 대상 물체와 목표 위치만을 매니저의 가상공간에서 마우스를 이용하여 지시하면 에이전트가 자율적으로 물체의 3차원 형상검출과 이동을 처리하도록 하였다.

제안한 인터페이스 시스템의 에이전트는 현재의 로봇의 자세 및 작업 환경정보를 매니저에게 전송하고 매니저는 이를 3D 그래픽으로 표시한다. 3D 가상 공간은 거리 검출에 의해 물체가 놓여진 상태에 대한 정보를 가지고 있는 인지 영역(recognized region)과 검출이 이루어지지 않아 정보가 존재하지 않는 비인지 영역(unrecognized region)으로 나누어진다. 작업자가 매니저 상에서 비인지 영역에 대해 거리검출 명령을 내리면 에이전트는 로봇과 3D 검출모듈을 동작 시켜 작업 환경에 대한 3D 데이터를 검출하고 물체의 형상을 인지하게 된다. 인지 영역에 물체가 존재할 경우 가상의 3D 공간에서 마우스로서 처리하고자 하는 물체를 지시할 수 있다. 물체의 이동 위치에 대한 정보는 3D 그래픽 인터페이스 공간에서 지시된 좌표로부터 얻어지고 이 위치 정보는 에이전트에게 전달된다. 로봇 에이전트는 이 정보를 이용하여 물체를 처리하게 된다. 이때 에이전트의 영상입력 모듈에서는 작업 상황을 동영상으로 입력하고 이는 네트워크 모듈을 통해 매니저에게 전달되며 매니저는 이를 표시함으로서 가상의 공간과 동시에 실제적인 장면을 관측하면서 로봇을 제어 및 감시 할 수 있다. 또한 돌출 상황이 발생할 경우 작업자가 영상으로 그 상황을 감지하고 그래픽 인터페이스의 수동모드 상에서 로봇의 각축을 직접 구동할 수 있어서 화상 원격 조작으로 작업이 가능하게 된다.

Fig. 1은 본 논문에서 제안한 인터페이스 시스템의 구성도이다. 로봇은 제어기를 거쳐서 로봇 에이전트와 연결되어 있으며 에이전트는 네트워크를 통해 매니저와 연결된다. 이때 매니저는 원격지에 있는 임의의 컴퓨터가 되며 여러 개의 컴퓨터와 동시에 연결될 경우는 하나의 컴퓨터만 매니저의 역할을 하게 되며 다른 컴퓨터는 동작 과정을 감시할 수 있는 단순한 클라이언트가 된다.

Fig. 2는 본 논문에서 제안한 가상 인터페이스 시스템의 접속도이며 에이전트와 매니저는 여러 개의 모듈로 구성된다. 먼저 에이전트는 물체에 대해 거리 검출기법을 이용하여 3D 프로파일 데이터를 구하고 3D 정보로부터 물체를 인식하는 3D 검출 모듈, 작업 과정의 동영상 정보를 입력하는 영상 입력 모듈, 로봇의 동작을 제어하는 로봇 제어 모듈로 나누어지며, 이 모두는 매니저와 인터넷상으로 정보를 주고받기 위한 네트워크 모듈과 연결된다. 매니저는 가상의 공간에서 작업장의 환경과 목표로 하는 물체를 표시하고 작업을 지시할 수 있는 3D 그래픽 모듈, 에이전트에서 제공하는 화상을 표시하는 화상표시 모듈, 마우스나 조이스틱으로 작업을 지시할 수 있는 조작 모듈, 및 인터넷으로 에이전트와 통신하는 네트워크 모듈과 연결된다.

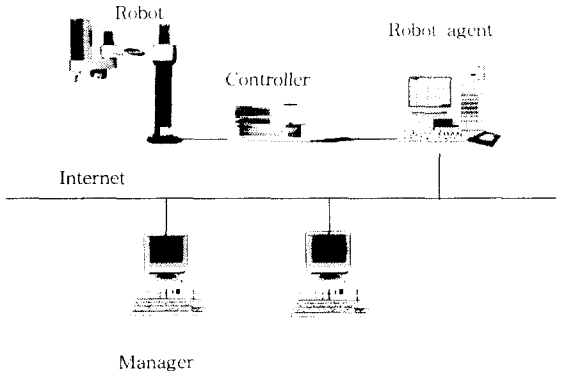


그림 1. 가상 인터페이스 시스템의 구성도
Fig. 1. Schematics of virtual interface system

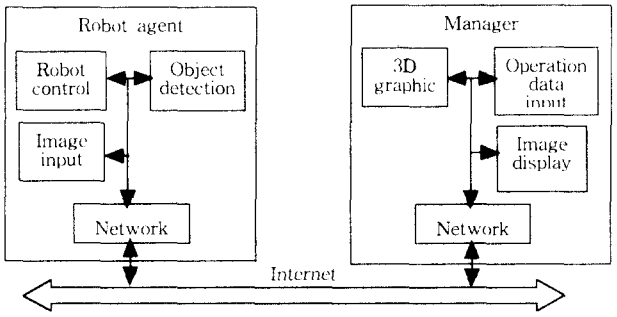


그림 2. Block diagram of virtual interface system
Fig. 2. 가상 인터페이스의 블록 다이어그램

2.2 로봇 에이전트

2.2.1 3D 물체 인식

로봇 에이전트의 3D 물체 인식 모듈에서는 처리하고자 하는 물체의 3차원 프로파일 데이터를 검출한다. 본 논문에서 사용한 3D 검출 방법은 삼각도법을 이용한 slit-light 레이저 거리검출 기법 등을 이용하였다.[4] 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 물체가 존재하는 영역으로부터 물체의 3차원적 형상 검출해 내는 과정이다. 로봇 팔이 검출을 하고자 하는 영역의 위치로 일정 간격씩 이동하면서 동시에 거리 검출기의 레이저 영상을 입력한다. 입력된 각각의 영상은 레이저 영역만 나타나게 되고 세선화 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. 이과 같은 방법으로 얻어진 데이터를 통합하여 영상 평면에 표현하고 선보간 방법으로 보간하여 물체의 3차원 프로파일 데이터를 얻는다. 이 데이터는 거리 검출기의 원점좌표에 대한 거리 정보이므로 이 정보를 실 좌표계인 로봇 좌표계로 변환한다. 3D 검출 모듈에서 얻어진 3D 프로파일 데이터로부터 물체의 크기, 위치와 방향을 인식하고 이 정보를 로봇 에이전트에게 전달하여 물체를 잡기 위한 정보로 이용한다.

2.2.2 영상 입력

로봇 에이전트가 작업을 실시하고 있는 중에 작업자가 지시한 대로 동작하는지에 대한 여부를 확인할 필요가 있다. 또한 긴급한 상황이 발생했을 때는 이에 대한 조치를 할 수 있도록 하기 위한 감시가 요구된다. 이를 위해 실제로 로봇이 물체를 처리하는 과정을 원격지에서 영상으로 감시하기 위한 영상을 입력한다. 본 논문에서는 로봇의 핸드 측면에 CCD 카메라를 장착하였다. 영상을 에이전트의 영상입력 보드에 입력 한 후 정지영상 압축표준인 JPEG 표준에 따라 압축하고 이를 에이전트의 네트워크 모듈을 통하여 전달한다.

2.2.3 로봇 제어

로봇 제어 모듈은 하드웨어적으로 에이전트 컴퓨터 상에 MMC(multiple motion control) 보드를 장착하고 로봇 제작사에서 제공하는 제어박스와 연결한다. 먼저 3D 프로파일 거리 검출 모듈에서 물체의 3차원 정보를 얻으면 이로부터 물체의 중심위치 각도 및 집기 위한 너비 등의 정보를 영상처리 기법을 이용하여 얻는다. 로봇 제어 모듈은 물체에 접근하고 집기 위해 프로그램 상으로 로봇의 순기구학과 역기구학의 해를 구하고 목표로 하는 위치에 대한 이동은 MMC 로봇 제어기에서 제공하는 위치제어 라이버러리를 이용한다.

2.3 매니저

2.3.1 3D 그래픽 인터페이스

원격지의 매니저에서는 3D 그래픽 모듈이 있어서 현재의 로봇의 형태를 3D 그래픽으로 표시하여 주며 각 축의 각도를 수신 받아 실제와 동일한 형태로 보여주게 된다. 로봇 에이전트의 3D 검출 모듈에 의해 얻어진 물체의 3D 프로파일 데이터는 매니저로 전달되며 로봇과 함께 3D 그래픽 인터페이스 상에 표시된다. 3D 그래픽 인터페이스는 두 종류의 모드로 나누어진다.

- 관측모드

관측모드는 3D 그래픽 인터페이스는 시각변환(viewing transformation)과, 투영변환(projection transformation), 뷰포트변환(viewport transformation)을 작업자가 임의대로 설정할 수 있으며 작업자가 작업의 진행 과정을 모니터링 하는 용도로 사용한다.

- 지시모드

지시모드는 작업지시를 내리는 용도로 사용하는데 시각변환과 투영변환은 로봇의 중심의 상부가 시점(view point)이 되도록 변환하고, 투영변환을 직교투영(orthographic projection)으로 설정한다. 또한 윈도우와 로봇 좌표계를 서로 매핑(mapping)하여 좌표계 변환으로 인한 혼란이 생기지 않도록 한다.

물체의 3차원 검출을 지시 할 경우 지시모드에서 검출하고자하는 위치에 마우스를 클릭하면 윈도우 상의 마우스 위치가 로봇 좌표계로 자동변환 되고 그 위치 좌표 $P_a(x,y)$가 에이전트로 전달되며 에이전트는 이 좌표를 중심으로 지정한 영역에 대해 거리를 검출하게 된다. 검출된 거리 데이터는 다시 전송 받아서 매니저의 그래픽 인터페이스 상에 표시된다. 물체의 이동을 지시하기 위해서는 지시모드에서 마우스를 이용하여 물체의 개략적 위치 $P_b(x,y)$와 목표 위치 및 각도 $P_c(x,y,\theta)$를 지시하면 에이전트는 검출된 물체의 실제의 위치, 각도, 너비 데이터 $P_d(x,y,\theta,w)$와 $P_c(x,y,\theta)$를 에이전트에게 전달하고, 에이전트는 로봇 제어 모듈에 의해 현재의 위치에 있는 물체를 집은 후 목표로 하는 위치로 이동시킨다. 작업에 대한 지시가 아닐 경우는 관측모드에서 다양한 변환을 이용하여 물체의 이동을 3D로 볼 수 있다.

2.3.2 감시 영상 표시와 조작 데이터 입력

매니저에서는 에이전트의 영상입력 모듈에서 입력된 작업 상황의 영상을 네트워크로 통해 전달받게 된다. 매니저에서는 영상 표시 모듈에서 이를 보여줌으로서 가상의 공간과 동시에 실제적인 장면을 관측하면서 로봇을 제어할 수 있도록 하였다. 작업 지시를 위해 매니저에서는 마우스를 비롯한 여러 종류의 제어를 위한 조작 신호 입력 모듈을 사용할 수 있는데 본 논문에서는 마우스로 입력하는 것으로 제한하였다.

2.4 네트워크

그림 3은 에이전트와 매니저 사이의 네트워크 흐름도를 보여주고 있다. 먼저 매니저가 로봇 에이전트에게 접속을 요청하면 에이전트는 접속 요청을 수용하고 상호간 데이터를 송수신한다. 에이전트는 CCD 카메라로부터 영상을 입력한 후 매니저에게 영상을 연속적으로 전송한다. 매니저에서는 이를 받은 후 영상을 가상 인터페이스의 영상 표시 영역에 표시한다. 또한 에이전트는 현재의 로봇의 각 축의 좌표를 연속적으로 전달하면 매니저는 이를 3D 그래픽으로 가상 인터페이스 공간에 표시한다. 매니저가 3D 프로파일을 검출하기 위해 마우스로 지시한 검출 위치 좌표 $P_a(x,y)$를 전달하면 에이전트는 이를 받은 후 그 위치에 대해 3차원 형상을 검출하고 3D 프로파일 데이터를 매니저에게 전달한다. 매니저는 이를 받아 3D 그래픽 인터페이스 상에 표시한다. 물체의 이동을 목적으로 매니저의 인터페이스 화면에서 마우스로 물체의 개략적 위치 $P_b(x,y)$와 목표위치 정보 $P_c(x,y,\theta)$를 지시하면, 검출된 물체의 정보 $P_d(x,y,\theta,w)$와 목표 정보 $P_c(x,y,\theta)$를 에이전트에게 전달하고, 에이전트는 로봇 제어 모듈에 의해 현재의 위치에 있는 물체를 집은 후 목표로 하는 위치로 이동시킨다.

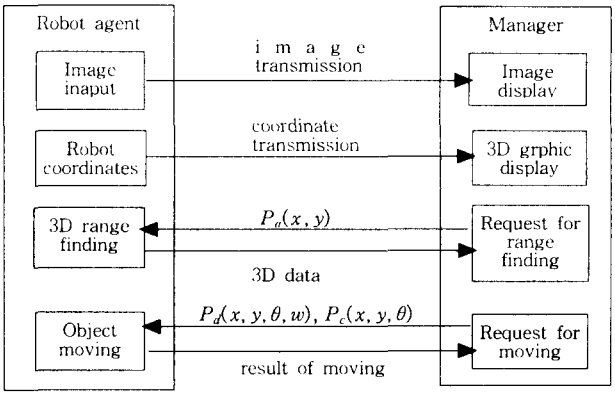


그림 3. 매니저와 에이전트 사이의 네트워크 흐름도
Fig 3 Flowchart of manager-agent networking

III. 시스템 구현 및 고찰

제안한 로봇 인터페이스 시스템을 Fig. 4와 같이 로봇에 적용하여 실험하였으며 하드웨어 구성은 표 1과 같다. 로봇 에이전트는 로봇과 제어기 및 이와 연결된 컴퓨터로 이루어져 있으며 매니저는 인터넷으로 연결된 원격지의 임의의 컴퓨터가 된다. 로봇은 삼성 전자에서 제작한 FARAman SS5 SCARA 로봇과 제어기를 이용하였는데 기본적으로 3축으로 구성되고 여기에 로봇 핸드의 수직 및 gripping 제어 축을 추가하였다. 로봇 에이전트와 매니저용 메인 컴퓨터는 IBM PC를 이용하였으며 OS는 Windows98을 기반으로 하였고 프로그래밍은 VC++를 기반으로 이루어 졌다. 3D 그래픽 부분은 OpenGL 라이버러리를 이용하여 제작하였고 네트워크 모듈에서는 인터넷상에서 클라이언트와 정보를 주고받기 위한 방법으로서 TCP/IP를 이용하였으며 MFC의 Socket 관련 라이버러리를 이용하였다.

로봇의 핸드 상부에 slit-light 레이저 거리 검출기를 부착하였으며 영상을 입력하기 위한 CCD 카메라를 부착하였다. 제안한 시스템의 매니저에서 로봇을 제어 또는 모니터링 하기 위해 사용하는 3D 사용자 인터페이스 화면을 Fig. 5에서 보여주고 있다. 좌편에는 3차원적인 가상공간이며 우측 상부에는 작업상황을 감시할 수 있도록 동영상을 표시하는 공간이 있다. 우측 하단에는 수동으로 로봇을 제어하기 위해 사용할 수 있는 5축에 대한 제어 패널이 있으며 그 아래에는 현재의 로봇핸드의 좌표를

표시해 주는 메시지 박스가 있다. 그 아래에는 스캔을 지시할 때 사용하는 스캔 버튼과 물체위치를 지시할 때 사용하는 잡기버튼 및 물체의 목표를 지시할 때 사용하는 이동버튼이 있다. 3차원 형상 검출을 지시한 경우는 먼저 스캔 버튼을 클릭하고 스캔하고자 하는 영역에서 마우스를 클릭하면 그 위치의 좌표 $P_w(x, y)$를 에이전트에게 전달한다. 물체를 이동하고자 할 때는 먼저 이동 버튼을 클릭하고 이동하고자 하는 위치에서 마우스를 클릭하면 목표위치 정보 $P_t(x, y, 0)$와 이동 명령이 에이전트에게 전달된다.

본 논문에서는 실험을 위하여 물체의 종류를 직육면체들이 쌓여 있는 경우로 제한하였는데 영상처리 기법을 이용하여 직육면체의 중심위치와 높이 방향 너비를 인식하도록 하였다. Fig. 6(a)는 대상 물체를 중심으로 로봇에 의해 모두 40회 스캔하면서 거리 검출기로부터 영상을 입력하고 변환 매트릭스로 변환한 뒤 거리 검출기를 좌표계 상의 거리 데이터를 거리 영상 지도로 표시한 결과이다. 여기서 보는 밝은 화소들은 레이저에 해당하는 영역들을 의미하며 화소들의 밝기는 카메라를 중심으로 물체까지의 가까운 정도를 나타낸다. Fig. 6(b)는 Fig. 6(a)를 선보간 방법으로 보간한 뒤 이를 3D 인터페이스 상에서 로봇 좌표계를 중심으로 표시한 결과이다. Fig 7은 가상 공간에서 마우스로 물체를 지적하고 목적지를 지시했을 때 스캔 및 물체의 이동을 실행하는 과정의 3D 그래픽 인터페이스와 로봇의 동작을 보여준다. Fig 7(a)는 스캔을 지시한 단계의 인터페이스이며 Fig 7(b)는 목표 위치로 물체를 이동시키고 있을 때의 인터페이스이다. Fig. 7(c)는 스캔을 지시한 단계의 로봇 및 Fig. 7(d)는 목표 위치로 이동시키는 로봇의 움직임을 보여주고 있다. 이상의 실험에서 매니저 상에서 제안한 3D 가상 인터페이스 상에서 물체의 인식과 이동을 마우스로 명령하였으며, 인터넷으로 연결된 로봇 에이전트에서는 이 명령에 따라 물체를 3차원으로 인식하고 이를 적절한 위치로 이동시킬 수 있는 작업이 가능함을 확인하였다.

그림 4. 로봇 에이전트의 하드웨어 구성
Fig. 4. Hardware structure of the robot agent

표 1. 로봇 인터페이스 시스템 하드웨어 구성
Table 1. Hardware of robot interface system

장치	사양
SCARA robot	삼성 FARAman SS5 (5축)
Host computer	IBM PC
CCD camera	Pulnix : TMC6700
Slit-light range finder	depth range: 8cm ~ 23cm
Image grabber	Metrox사 Meteor II

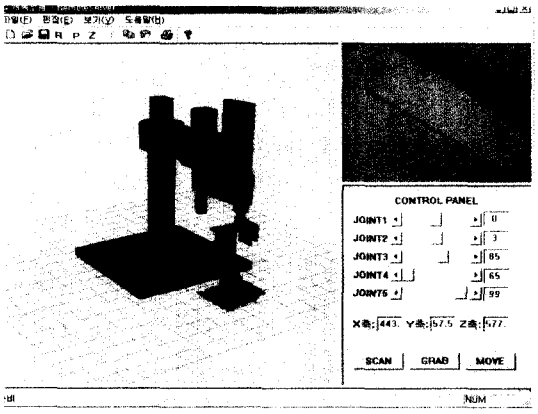


그림. 5 3D 그래픽 인터페이스 환경
Fig. 5 3D graphic interface environment

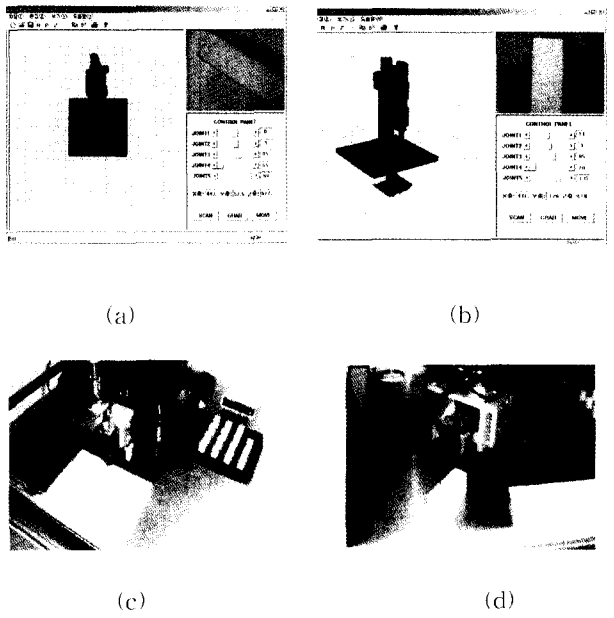
IV. 결 론

본 논문에는 인터넷을 기반한 로봇 에이전트의 원격 제어를 위한 3D 가상 인터페이스 시스템을 제안하였다. 먼저 작업의 목표를 지시하는 매니저와 지시한 작업의 내용에 따라 스스로 작업을 진행하는 에이전트로 이루어진 매니저 에이전트 모델을 설정하였으며, 매니저 상에서 3D 가상의 인터페이스 공간에서 물체의 이동 작업을 지시하면 에이전트는 스스로 3D 데이터를 검출하고 스스로 물체를 이동시키거나 처리함과 동시에 작업 과정을 가상의 3D 그래픽과 실제 영상으로 보여주었다. 본 시스템은 가상의 공간에서 인간의 지시 동작과 비슷한 형태의 인터페이스를 제공함으로서 원격 제어를 더욱 용이하게 하였고 가상공간과 실제공간사이의 작업의 차이를 더욱 줄일 수 있었다. 또한 하나의 목표를 위해 여러 개의 로봇이 동시에 작업을 진행하는 다중로봇의 동시 동작 및 협조 동작의 구현을 위한 에이전트 인터페이스로 적용이 가능함을 보였다. 본 연구 결과를 실제적으로 응용하기 위해서는 이동 로봇 환경 등 더욱 다양한 물체와 환경에 대한 적용할 수 있는 시스템에 대한 연구가 필요하다. 이에 대한 연구가 되어질 경우 제안한 시스템은 가상 제어 및 인터페이스 시스템에 적용할 경우 자동화 산업계, 게임 업계, 및 국방 관련 분야에 응용될 수 있을 것으로 기대된다.

(a) (b)

그림 6. 물체의 3D 형상 검출 결과
(a) 거리 검출 데이터의 영상지도
(b) 로봇 좌표계 상에 표시된 물체의 3D 형상

Fig. 6. The result of range finding
(a) the image map of range data, (b) the 3D profile data displayed on robot coordinate system



(a) (b)

(c) (d)

그림 7. 로봇의 움직임과 3D 그래픽 인터페이스
(a) 스캔 단계의 인터페이스, (b) 목표위치로 이동한 단계의 인터페이스, (c) 스캔 단계의 로봇, (d) 목표 위치로 이동한 단계의 로봇

Fig 7. The moving of robot and 3D graphic interface
(a) Interface of scanning step, (b) Interface of placing step, (d) Robot of scanning step, (d) Robot of placing step

접수일자 : 2001. 9. 28 수정완료 : 2001. 10. 21

참고문헌

[1] R. Cipolla and N. J. Hollinghurst, "Human-robot Interface by Pointing with Uncalibrated Stereo Vision," Image and Vision Computing, vol. 14, n..3, pp.171 178, 1996.

[2] S. Moorenhead, R. Simmons, D. Apostolopoulos, and W. L. Whittaker, "Autonomous Navigation Field Results of Planetary Analog Robot in Antarctica", International Symposium on Artificial Intelligence, Robotics and Automation in Space, June, 1999.

[3] 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.

[4] 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.

[5] R. S. Wright Jr. and M. Sweet, "OpenGL Super Bible," Waite Group Press, CA, 1996.

[6] J. H. Hopkins and P. A. Fishwick, "A Three-Dimesional Numan Agent Metaphor for Medeling and Simulation," Proc. of T\the IEE, vol. 89, no.2, Feb. 2001.

[7] M. N. Ahmadabadi and E. Nakano, " A "Constraint and Move" Approach to Distributed Object Manipulation", IEEE Trans. on Robotics and Automation, vol. 17, no. 2, PP. 157-172, Apr. 2001.

[8] J. Fredslund, M. J. Mataric, "Robot Formations Using Only Local Sensing and Control", Proceedings, International Symposium on Computational Intelligence in Robotics and Automation Banff, Alberta, Canada, Jul., 2001.

[9] 임홍준, 김경민, 안현식, " 인터넷 기반의 로봇 가상 인터페이스 시스템 개발," 하계 종합학술대회, 한국신호 처리 시스템 학회, pp.225-228, Aug. 2000.

안현식(Hyun-Sik Ahn)
正會員
1986년 경북대학교 전자공학과(공학사)
1989년 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
1998년 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
1992년 1998년 포항산업과학연구원 연구원
1998년-현재 동명정보대학교 로봇시스템공학과 조교수
관심분야: 영상처리, 컴퓨터비전, 3D 비전 시스템, 모바일 네트워킹, 정보가전