

모바일 로봇 제어를 위한 3D 인터페이스 시스템의 구현

강창훈, 이종진, 안현식
동명정보대학교 로봇시스템공학과

Implementation of a 3D Interface System for controlling Mobile Robot

Chang-Hun Kang, Jong-Jin Lee, Hyunsik Ahn
Dept. of Robot System Engineering, Tongmyong University of Information Technology

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. In this paper, a virtual 3D interface system is proposed based on Internet for remote controlling and monitoring of mobile robot. The proposed system is constructed as manager-agent model. A worker can order the robot agent move to a new position by clicking the destination on virtual space of 3D graphic interface in manager. Then the robot agent move to the position automatically with avoiding collision by using range finding and autonomous control algorithm. The proposed robot agent system lets us control the mobile robot remotely located more conveniently.

1. 서 론

산업계 자동화 추세와 함께 인터넷 기반의 원격 로봇 제어에 대한 관심이 증가하면서 원격 제어가 가능하고, 로봇의 3차원 그래픽의 형상을 보여주며, 현장의 영상으로 현장을 감시하는 연구가 진행되어 왔다.[1-3] 최근 생체 모방 시스템과 뇌 과학 연구 등에 힘입어 일정한 작업을 외부의 도움 없이 스스로 목표로 하는 작업을 수행할 수 있는 에이전트 시스템의 대한 관심이 높아 가는 추세이다.[4] 또한 다수의 로봇에 의한 협조 작업에 관한 관심도 고조되고 있으며 이러한 각각의 로봇은 하나의 에이전트로 설정하고 있다.[5,6] 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 논문은 지능화 된 로봇을 제어하기 위한 인간 친화적인 인터페이스 시스템을 제안한다. 제안한 시스템은 자율적인 이동이 가능한 에이전트 로봇과, 이를 원격지에서 조작할 수 있는 매니저와, 에이전트 로봇의 위치 정보를 얻기 위한 위치검출모듈로 구성된다. 매니저에서는 3D 형태로 실제의 지도와 로봇의 위치를 보여주는 GUI를 구성하였으며 이 가상의 공간에서 로봇 에이전트에게 마우스와 같은 인간 친화적 매체를 통하여 이동 작업 명령을 내린다. 3D GUI 상에서는 항상 현재의 지도 정보와 로봇의 위치를 위치검출 모듈로부터 제공받는다.

또한 로봇이 이동하면서 현장의 영상을 매니저에게 전달하고 관측할 수 있도록 하였다. 본 시스템은 실내공간에서 동작하도록 구현하였으며 이동로봇, 지능화 차량 등에 적용할 수 있음을 보여준다.

본 논문의 구성은 먼저 다음 장에서는 제안한 로봇 에이전트 시스템의 구성과 각 기능을 상세히 설명하고, 이어서 실험 및 고찰을 언급하며 마지막으로 결론을 맺는다.

2. 로봇 에이전트 3D 인터페이스 시스템

2.1 시스템 구성

본 논문에서 제안하는 로봇 에이전트 인터페이스 시스템은 그림 1과 같이 로봇 에이전트와 이를 제어하는 매니저와 로봇의 위치를 검출하는 위치검출모듈로 구성된다. 로봇 에이전트는 기본적인 자율행동 즉 돌발상황에 스스로 대처할 수 있는 기능을 가지도록 하였다. 작업자가 원격지의 매니저 상에서 3D GUI 환경 하에서 마우스를 이용하여 이동할 위치를 설정하여 주면 로봇 에이전트는 그 목표를 향하여 이동한다. 이때 예상치 않은 환경이 주어지더라도 충돌을 회피하며 목표지점까지 이동하게 된다. 매니저 상에는 실제의 지형의 지도로부터 얻어진 3D GUI 환경이 제공된다. 여기서 지도는 로봇 에이전트가 존재하는 위치를 중심한 지도이므로 실제 지형과 동일한 형태가 된다. 이때 서버 상에서 작업자는 3D GUI 환경에서 마우스를 이용하여 이동시키고자 하는 위치를 지시한다. 이에 따라 로봇 에이전트는 지시된 목표 위치를 향하여 자율적으로 이동하게 된다. 실제적인 이동에 있어서는 지형 지도는 과거의 정보이므로 미소한 지형 정보의 변경이 존재하며 지도에 오차가 있을 수 있다. 또한 돌발적 상황이 발생하거나 방해물이 나타날 수 있다. 이때 에이전트는 거리검출 모듈을 이용하여 스스로 방해물을 인식하고 이를 회피하면서 목표지점으로 이동한다. 또한 목표 위치로 이동하기 위해서는 여러 개의 패스가 존재하므로 로봇제어 모듈에서는 이 중 최적한 패스를 찾게되고 그 패스를 따라서 이동하게 된다. 에이전트가 이동함에 따라 현재의 에이전트의 위치와 이동을 서버의 3차원 그래픽 모듈 상에서 실제와 동일하게 표시하여 줌으로써 작업자가 로봇의 위치 정보를 감시하게

해준다. 또한 현재의 에이전트의 이동에 따른 상황을 에이전트의 영상입력 모듈에서 입력하고 네트워크를 이용하여 매니저의 3D GUI상에 동영상으로 표시하여 현장의 물리적 상황을 판단할 수 있도록 도와준다.

모바일 로봇의 하드웨어 구성은 먼저 3륜의 후륜 구동으로 모터 드라이버는 PIC16F84 8bit CMOS 원칩 마이크로 컨트롤러에 의해서 구동되며 PIC은 노트북과 RS232C 통신을 하게 된다. 스테핑 모터는 이동시 방향 키 역할을 한다. 노트북은 로봇 에이전트의 역할을 하게 되며 무선 LAN으로 매니저와 통신을 하며 USB 카메라와 slit-light 레이저를 이용하여 전방의 장애물을 발견 이를 피해 이동 할 수 있게 연산을 하게 되며 동시에 이동 로봇의 영상 정보를 매니저로 전송하게 된다. 매니저는 IBM PC와 매니저용 유틸리티 소프트웨어로 구성이 되며 3D 그래픽 인터페이스로 통해 이루어진다.

로봇 에이전트에 장착된 USB 카메라를 이용해 영상 정보를 수신 받게된다. 긴급한 상태가 발생할 경우 3D GUI 상의 원격 조정모드에서 실시간 영상을 관측하면서 로봇을 원격 제어 할 수 있다. 3D GUI 상에서 로봇 에이전트에게 명령을 내릴 경우는 지시모드로서 매뉴의 자율이동 버튼을 클릭하면 자동적으로 시작변환과 투영변환은 지형 지도의 중심의 상부가 시점(view point)이 되도록 변환하고 투영변환을 직교투영으로 변환시킨다. 여기에서 마우스로 목표로 하는 위치를 클릭하면 위치 다이얼로그 박스에 지시한 위치가 나타나며 ‘확인’을 클릭하면 로봇이 이동하게 된다. 이동중이나 평상시에는 관측모드로서 3D GUI 상에서 시작변환과 투영변환, 뷰포트변환을 작업자가 작업의 진행 과정을 모니터링 할 수 있도록 설정할 수 있도록 한다.

2.3 이동 명령의 수행

매니저의 3D GUI상에서는 자율 이동 모두와 원격 제어 모드가 있다. 원격 조정 명령이면 로봇 에이전트는 매니저의 3D GUI의 조정 패널의 명령에 따라 움직인다. 자율 이동 명령이면 그림 2와 같이 수신된 위치($x, y, angle$)와 지형정보 지도를 실시간으로 비교하여 오차를 보정 하면서 이동한다. 지형정보 지도는 위치 정보 모듈의 CCD카메라 영상과 1대1로 매칭 시켜 텍스트 파일로 저장된다. 지형 정보 지도에서는 도로정보와 교차로 정보가 입력 되어있다. 마우스로 지시한 목표 위치와 로봇의 위치가 일치하면 “목적지 도달” 사운드 메시지를 출력하고 명령대기 상태로 들어간다. 매니저에서 조작자가 조정 패널로 내린 명령에 따른 로봇의 동작 상태를 음성 메시지와 텍스트 메시지로 표시하여 모니터링 가능하게 구성한다.

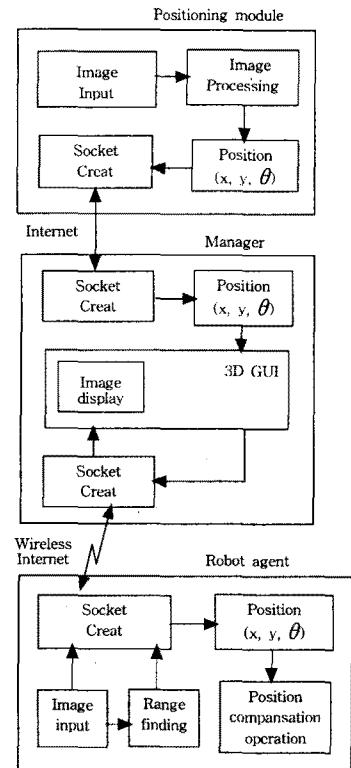


그림 1. 로봇 에이전트 시스템 구성도

2.2 3D GUI 화면

3D GUI 화면에서는 먼저 지형과 로봇이 위치하게 되는데 매니저에서는 위치정보 모듈로부터 받은 로봇의 위치($x, y, angle$)를 3D 그래픽 라이브러리인 OpenGL의 rendering view size로 사상을 시킨다. 작업자는 가상의 3D 공간을 통해 모바일 로봇 움직임을 실시간으로 확인할 수 있다. 3D GUI상의 상태바에서는 키보드의 방향 키나 마우스의 조작을 통해 모바일 로봇의 주변 상황, 도로의 이탈 유무, 정확한 현 위치를 축소, 확대, 회전, 이동 등의 기능을 이용해 확인 할 수 있다. 실시간으로

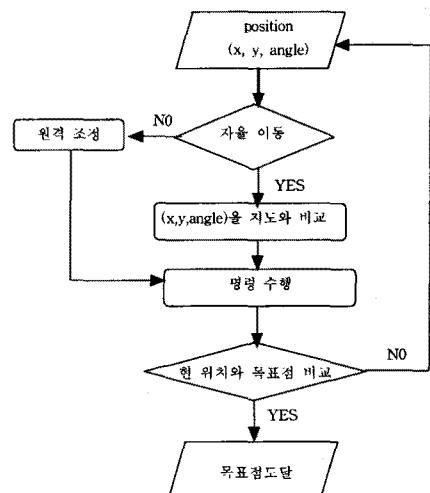


그림 2. 로봇 이동 명령 실행 흐름도

2.4 위치 검출 모듈

위치 검출 모듈은 로봇의 위치를 실시간으로 검출하기 위하여 로봇의 상단의 전방부와 후방부의 2개의 위치에

직외선 LED를 각각 위치시키고 이를 천장에 위치한 CCD 카메라로 입력하고 영상처리 기법으로 위치를 검출하였다. 카메라는 로봇의 이동을 충분히 검출 할 수 있도록 하기 위해 광각 렌즈를 사용하였으며 광학 필터를 장착한 카메라로부터 영상 grabber를 이용하여 입력한다. 입력된 영상으로부터 주변환경으로부터 LED를 구분해 내기 위한 이치화를 한 후, 두 개의 LED 위치로부터 현재의 로봇의 위치를 검출하게 된다. LED는 전방부 보다 후방부가 크므로 LED의 위치와 크기 정보를 이용하여 로봇의 위치와 방향을 검출할 수 있다. 이러한 방법으로 얻어진 위치 좌표는 실 좌표계로 매핑시키고 이를 매니저에게 전달하여 3D 그래픽 화면에 표시되도록 하였다. 영상 grabber는 Matrox사의 Meteor board를 이용하였다.

2.5 장애물 검출

이동 로봇의 전방에 있는 레이저 거리 검출기 이용해 장애물을 검출한다. 본 논문에서 사용한 거리 검출 방법은 삼각도법을 이용한 slit-light 레이저 거리검출 기법 등을 이용하였다. 이 방법은 slit light 레이저와 이 광원을 입력하기 위한 카메라로 이루어진다. 거리 검출용으로 사용하는 영상을 다시 매니저에게 전달하여 로봇의 이동에 대한 모니터링용으로 사용하였으며 이를 위해 별도의 광학필터를 사용하지 않았다. 물체의 거리 검출을 위해 레이저가 있는 컬러 영상으로부터 레이저 영역만을 분리하였다. 입력된 영상은 주변의 조명의 영향으로 발생한 밝은 영역의 영향으로 명암도 만을 이용할 경우 레이저 영역의 분할이 어렵다. 이를 해결하기 위해 입력된 컬러 영상으로부터 식 (1)과 같이 red를 강조하고 green과 blue의 값을 빼주는 방법으로 레이저 검출도를 구한 후 일정한 문턱치 값으로 이치화 하여 밝은 영역의 영향을 제거하였다.

$$\text{레이저 검출도} = \text{red} * 2 - \text{blue} - \text{green} \quad (1)$$

본 논문에서 제작한 레이저 거리 검출기는 모바일 로봇의 전방 20cm~90cm 이내의 물체를 검사하게 된다. 물체가 그 안에 들어 올 경우 한다. “장애물 발견” 사운드를 발생 후 로봇의 현재 위치 정보와 매니저에서 송신한 목표 위치 정보를 비교하고 장애물을 피해 이동하게 된다.

3. 실험 및 고찰

본 논문에서 제안한 에이전트 인터페이스 시스템을 구성하고 자체 제작한 이동 로봇 시뮬레이터를 에이전트로 설정하고 실험하였다. 실험을 위해 임의의 지형을 구성하였고 이것을 3D 인터페이스 화면으로 구성하였다. 그림 3은 매니저용 컴퓨터와 위치 검출 모듈용 컴퓨터를 보여주고 있다. 그림 4는 출발점에 위치한 로봇 에이전트이며 전방에 임의의 지형을 보여주고 있다. 로봇 에이전트와 매니저 사이에 통신을 위해 무선 Hub와 무선 Lan을 이용하였다. 모바일 로봇의 전방에 USB카메라와 레이저를 이용한 거리 검출기를 장착하였고 입력영상이 동시에 전송이 될 수 있도록 하였다. 본 논문에서 구성

한 3D GUI 화면의 작업지시용 화면을 그림 5에서 보여주고 있다. 좌편에는 3차원적인 가상공간이며 우측 상부에는 작업상황을 감시할 수 있도록 동영상을 표시하는 공간이 있다. 우측 하단에는 로봇 에이전트를 원격제어 모드로 조작하기 위한 패널이 있다. 화면은 로봇의 이동 목표를 지시할 수 있도록 지시모드로 설정되어 있으며 목표지점을 클릭하여 위치 표시 다이얼로그 박스가 나타나있음 볼 수 있다. 여기서 ‘확인’을 클릭하면 로봇이 이동하게 된다. 그림 6은 관측모드의 한 예로서 이동 중에 방해물을 만난 경우의 3D GUI를 보여주고 있다. 그림 7은 이 때의 위치 검출 모듈의 영상 처리 과정으로서 그림 7(a)는 입력된 영상이며 그림 7(b)는 이로부터 위치를 검출하기 위해 2개의 LED를 검출한 결과를 보여주고 있다. 그림 8(a)는 방해물이 로봇 에이전트의 입력 영상에 나타난 결과이며 그림 8(b)는 이를 영상처리를 이용하여 레이저 영역만 구분한 결과이다. 그림 9는 로봇 에이전트가 방해물을 회피하여 목표로 하는 위치로 이동하는 장면을 보여주고 있다.



그림 3. 매니저용 컴퓨터와 위치 검출 모듈용 컴퓨터



그림 4. 출발점에서의 로봇 에이전트

4. 결 론

본 논문에서는 모바일 로봇 에이전트 인터페이스 시스템을 제안하였다. 먼저 자율적인 이동이 가능한 에이전트 로봇과 이를 원격지에서 조작할 수 있는 매니저로 구성된 시스템 모델을 제안하였다. 매니저에서는 3D 형태로 실제의 지도와 로봇의 위치를 보여주는 GUI를 구성하였고 마우스를 통해 이동 명령이 가능하도록 하였다. 로봇 에이전트는 현재의 지형정보와 로봇의 위치를 제공받아서 스스로 목표지점으로 이동하도록 하였으며 돌출상황이 발생하면 스스로 문제를 해결할 수 있도록 하였다. 또한 로봇이 이동하면서 현장의 영상을 매니저에게 전달하고 관측할 수 있도록 하였다. 제안한 시스템은 실내에서 움직일 수 있도록 구현이 되어졌으며 가

정용 로봇, 다중 로봇에 적용할 수 있음을 보였다. 제안한 시스템을 실외에서 동작할 수 있도록 하기 위해서는 지도정보를 자동 생성시키는 연구가 필요하며 위치검출 모듈을 대신할 수 있도록 스테레오 영상을 이용하여 스스로 자기 위치를 인식할 수 있는 알고리즘에 대한 연구가 필요하다. 이러한 연구가 보완되고 다양한 환경에 대한 적용이 이루어질 경우 자동화 차량, 산업계, 게임업계 및 국방 관련 분야 등에 응용될 수 있을 것으로 기대된다.

(참 고 문 현)

- [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] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.

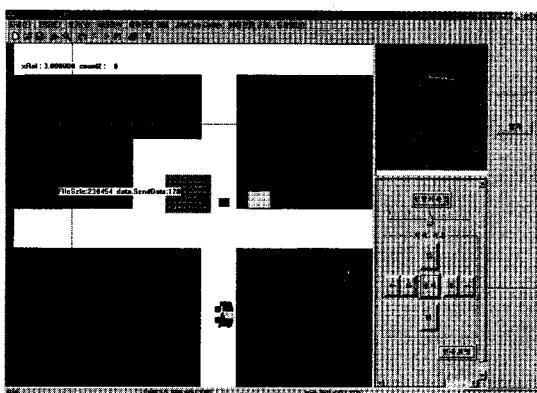


그림 5. 지시모드의 3D GUI 환경

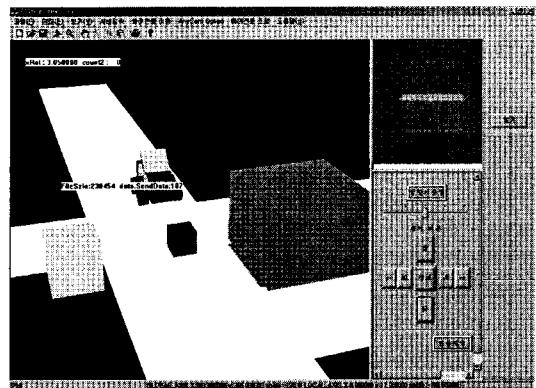


그림 6. 관측모드의 3D GUI 환경

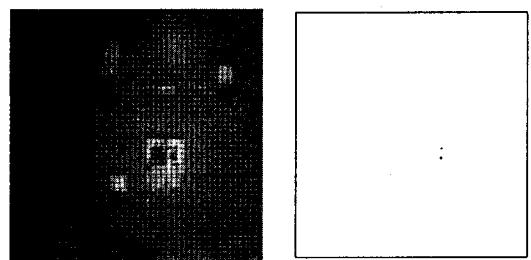


그림 7. 지시모드의 3D GUI 환경
(a) 입력 영상, (b) 2개의 LED를 검출한 결과

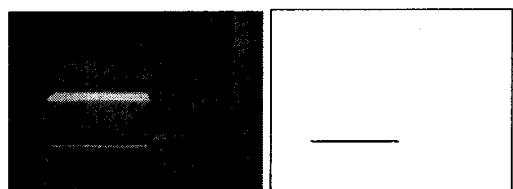


그림 8. 로봇 에이전트 입력 영상
(a) 방해물의 영상, (b) 레이저 영역만 구분한 결과

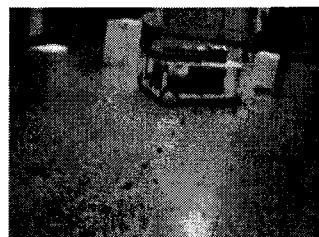


그림 9. 방해물을 회피한 후 목표로 이동