

웹을 이용한 이동로봇의 원격제어

옥진삼*, 강근택, 이원창
부경대학교 전자공학과

The Remote Control of Mobile Robots On The Web

Jin-Sam Ok, Geuntaek Kang, Wonchang Lee
Department of Electronic Eng. Pukyong National University

Abstract - It is sometimes necessary to observe the working environment of a robot to control it in the remote location. The remote sensing data and control commands are transmitted via various media such as radio, microwave, and computer network. In this paper we propose an advanced technique of the remote control of mobile robots on the web. The image separation is included in the proposed algorithm to control mobile robots in the real-time. We transmit the positions of a mobile robot and obstacles instead of transmitting the full frame image. An experiment is performed to show the efficiency of the proposed algorithm.

1. 서론

오늘날, 로봇 시스템은 공장 자동화, 우주 탐사, 군사 등 광범위한 분야에서 응용되고 있다. 특히 퍼지, 신경 회로망, 유전자 알고리즘 등의 인공지능 이론은 로봇에게 자율성을 부여하여 로봇 혼자서도 주어진 임무를 수행할 수 있는 단계에 이르렀다. 비단 특수 목적의 로봇 분야 뿐만 아니라 청소, 의료보조, 정원관리 등 일상 생활에서 응용될 수 있는 연구도 진행되고 있다. 그러나, 로봇이 어느 정도의 자율성을 확보하고 있더라도 로봇의 상태와 주변환경을 관찰할 필요가 있다. 더구나 로봇 관리자가 원격지에 있을 경우 네트워크 등 통신환경을 구축하여 정보를 인식할 필요성이 있다. 한편 인터넷의 발전은 문자에서 벗어나 음성, 영상 등의 멀티미디어 서비스를 제공하고 있는 추세에 있다. 그러나 이미지 기반의 명령시스템은 이동로봇의 실시간 제어를 위해서 빠른 이미지 전송을 요구한다. 본 논문에서는 이러한 인터넷 기반의 이동로봇의 원격제어 시스템과 준 실시간 이동로봇의 제어를 위해 이미지 분리 및 위치 전송 알고리즘을 제안한다. 실험을 통해서 알고리즘 적용의 결과를 보인다.

2. 이동로봇 원격제어시스템

2.1 시스템의 전체 구성

시스템의 환경은 그림 1과 같다. 이미지 처리 및 이동 명령을 생성하기 위한 컨트롤 시스템과 웹 브라우저를 탑재한 임의의 사용자 PC, 그리고, 웹서버로서 구성된다. 컨트롤 시스템은 이미지처리를 통해 이동로봇의 위치와 방향각 그리고, 목표지점과 이동로봇의 방향각을 계산하여 이동로봇의 이동명령을 생성한다. 또한 이미지 처리를 통해 얻어진 로봇의 위치를 웹서버를 통해 웹브라우저로 송신한다. 웹브라우저는 컨트롤 시스템으로부터 이동로봇의 위치를 전송받아 로봇의 이미지를 웹브라우저에 나타낸다. 웹서버는 웹브라우저와 로봇 컨트롤 시스템의 소켓 중계기능을 담당한다.

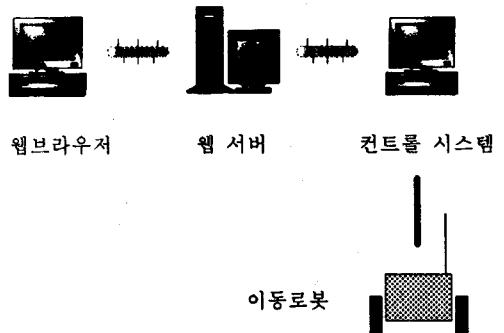


그림 1. 시스템 구성

2.2 시스템간의 통신과 원격지에서의 로봇제어환경
시스템의 통신은 소켓을 생성하여 네트워크를 형성함으로써 이루어진다. 그림 2와 같이 각각의 시스템은 소켓 접속을 통해 네트워크를 형성하고, 웹브라우저의 사용자 인터페이스는 웹서버로부터 사용자 인터페이스 애플릿을 다운받아 로봇을 제어한다.

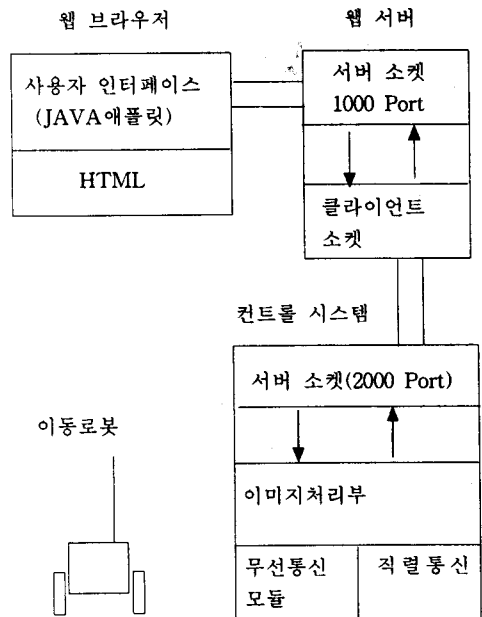


그림 2. 시스템간의 통신

그림 3과 4는 각각 사용자 인터페이스와 컨트롤 시스템의 사용자 인터페이스이다. 로봇의 이동명령 방식은 사용자가 웹브라우저에서 마우스로 이동하고자 하는 포인트를 클릭하면 클릭된 좌표가 컨트롤 시스템으로 전송되고 컨트롤 시스템은 전송받은 좌표를 바탕으로 로봇의 이동명령을 생성한다. 웹브라우저의 인터페이스 구현을 위해서 현재 인터넷 언어로 널리 사용되는 JAVA 언어를 사용했다. 컨트롤 시스템은 C++ 언어로 구현했다.

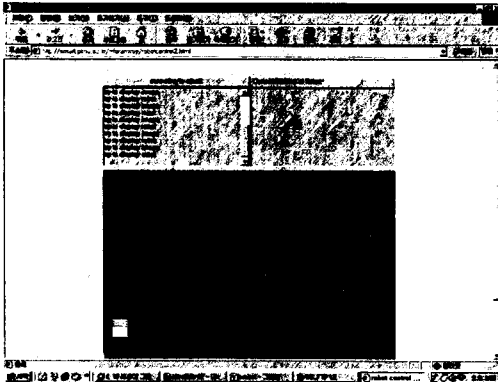


그림 3. 웹브라우저 사용자 인터페이스

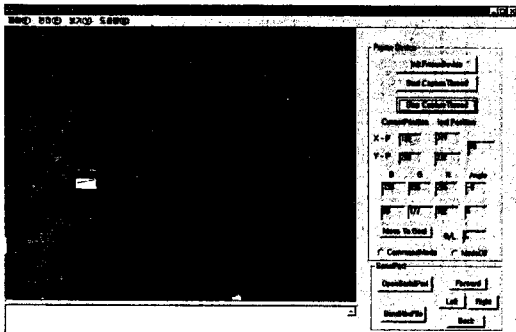


그림 4. 컨트롤 시스템

2.3 이미지 분할 및 위치 전송
 본 논문에서 제안하는 이미지 분할 및 위치 전송 알고리즘은 다음과 같다. 전체 프레임을 실시간으로 전송하여 웹브라우저에 출력하기 위해서는 빠른 네트워크 속도를 요구한다. 따라서 본 논문에서는 전체 정지영상의 전송 대신에 이미지를 분리, 압축 전송하는 알고리즘과 로봇의 위치와 이동장애물의 위치를 전송하여 준 실시간을 만족하도록 하는 알고리즘을 제안한다. 이미지 분할 및 위치 전송 알고리즘의 개념은 그림 5와 같이 로봇의 환경 이미지와 이동로봇의 이미지를 분리, 웹서버에 저장하고, 전체 이미지 대신에 로봇의 위치만을 전송함으로써 이동로봇의 제어를 실시간에 가깝도록 구현하는데 있다. 즉, 이동 로봇의 환경에서 고정물의 이미지와 이동물의 이미지를 분리해서 각각의 이미지를 웹서버에 저장해서 이미지 처리를 통해 전체프레임 대신 로봇의 위치를 전송하는 개념이다.

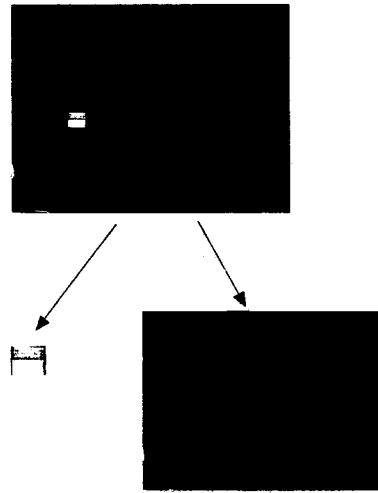


그림 5. 이미지의 분리

2.4 이동로봇

이동로봇은 8.0cm×8.0cm×8.0cm 의 비홀로노믹 로봇이다. 로봇의 외형은 그림 6과 같다. 로봇의 프로세서는 Intel 사의 80C196KC를 사용했다. 로봇의 이동은 오직 CCD 카메라를 통한 비전 처리만으로 이루어짐으로 별도의 센서를 장치하지 않았다.

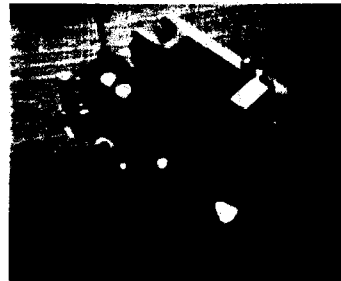


그림 6. 이동로봇

2.5 실험

실험은 가로 150cm, 세로 120cm 의 로봇 축구경기장을 주변환경으로 설정하였다. 웹서버의 운영체제는 UNIX Solaris ver.2.6 이고, 컨트롤 시스템의 PC 사양은 Pentium 180MHz, 이미지 처리를 위해 CCD 카메라, 640×480 픽셀의 컬러 프레임 그래버(grabber)를 사용했다. 로봇의 이동명령 생성은 로봇의 목표위치가 주어지면 로봇의 위치, 방향각, 목표지점과의 방향각 오차를 계산하여 생성한다. 명령의 순서는 방향각 오차만큼의 회전 명령을 주고, 방향각 오차가 ±5 도이내에서 직진명령을 주도도록 했다. 이동명령 전송은 표1과 같은 패킷 구조를 가진다. 이동로봇의 직진속도는 약 20cm/sec로 등속도로 제한했다. 회전속도는 표 1에서와 같이 회전해야할 반경에 비례하여 시간값을 주는 방식을 사용했다. 실험에서 각

각의 PWM값은 좌우 모터 각각 115, 125를 주었을 때 직진함을 실험을 통해 얻을 수 있었다. 직진명령 좌우 모터의 PWM 값은 다음 식에 의해 계산했다.

$$l_{pwm} = 115 + K_{\theta} \cdot \theta_e$$

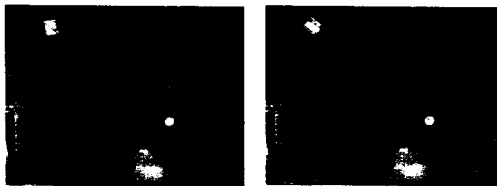
$$r_{pwm} = 125 - K_{\theta} \cdot \theta_e$$

여기서, l_{pwm} , r_{pwm} 은 각각 좌우 모터의 PWM값이고, K_{θ} , θ_e 는 각각 비례상수와 방향각오차이다.

표1. 이동 명령 방식

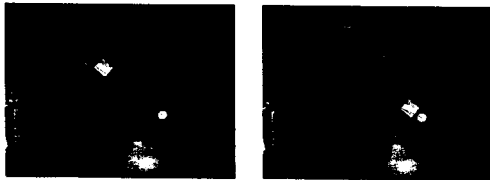
회전명령	l, r	시간지연값	PWM값
직진명령	f	PWM1값	PWM2값

이미지 처리는 약 초당 7프레임의 결과를 보였다. 로봇의 위치 및 방향각 계산을 위해 노란색과 녹색의 폐치색을 사용하여 임계값 처리와 폐치의 네 개의 꼭지점을 찾아서 방향각을 계산했다. 그림 7은 로봇 이동을 보여준다.



(a)로봇의 초기위치

(b)로봇의 회전



(c)로봇의 직진

(d) 목표지점 도달

그림 7. 로봇의 이동

3. 결 론

본 논문에서는 웹상에서 이동로봇의 원격제어에 관한 시스템을 구현했다. 원격지에서 로봇의 제어를 위해서는 준 실시간성을 요구한다. 따라서, 로봇의 준 실시간 제어와 제어 환경의 편이성을 위해 이미지 분할 및 위치 전송 알고리즘을 제안했다. 실험을 통해 로봇의 이동제어의 결과를 보였다. 이미지의 분리 전송과 로봇 위치 전송 알고리즘은 원격지에서의 이동로봇 제어의 편이성을 제공한다. 향후 과제로서 이동로봇의 제어환경의 보다 정확한 정보제공을 위한 알고리즘과 실시간 구현에 대한 연구가 요구된다.

(참 고 문 헌)

- [1] S.Hyati and R. Volpe "The Rocky 7 Rover: A Mars Sciencecraft Prototype", Processings of the 1997 IEEE International Conference on Robotics and Automation Albuquerque, New Mexico-April 1997
- [2] <http://cwis.usc.edu/dept/garden>
- [3] T.M. Chen and R. C. Luo, "Remote Supervisory Control of Autonomous Mobile Robot Via World Wide Web", ISIE'97-Guimaraes, Portugal
- [4] Ren C.Luo, Wei Zen Lee, Jyh Hwa Chou, and Hou Tin Leong "Tele-Control of Rapid Prototyping Machine Via Internet for Automated Tele-Maufaturing", Processings of the 1999 IEEE Intelligent Con. on Robotics & Automation
- [5] T. Fitzpatrick, "Live Remote Control of a Robot via The Internet", IEEE Robotics & Automation Magazine September 1999
- [6] Gonzalez & Woods "Digital Image Processing"
- [7] Campione and Walrath "Java Tutorial", Second Edition, Addison Wesley