

Embedded web server를 이용한 이동로봇의 원격제어

박성훈, 김진근, 강문성
 청주대학교 전자정보공학부

Remote Control of a Mobile Robot using Embedded web server

Park Jeong Hoon, Kim Jin Geun, Kang Moon Sung

Abstract - In this paper, we developed a more efficient system for the remote control and monitoring of a wheeled mobile robot using internet without spatial limitation. The hardware configuration of the remote control system for a wheeled mobile robot includes a client PC executed on the remote site, a embedded web-server and a mobile robot with many measuring equipments. The communication between a client PC and a embedded web-server is implemented through internet. And the Bluetooth module is used for connecting a embedded web-server and a mobile robot. A GUI program has been developed by using JavaScript in order to easily control a mobile robot on a client PC.

1. 서 론

21세기에 들어 인터넷이 비약적으로 발달하면서 인터넷을 통해 원격 제어 및 감시가 가능한 embedded system 개발에 관한 연구들이 활발히 이루어지고 있다. 특히 robot system은 자동화, 우주탐사, 군사등 광범위한 분야에서 응용되고 있으며, 인터넷을 이용하여 원격제어를 할 경우 현장에서 동작중인 플랫폼들에 대한 정보란 원격지에서 여러 사람이 공유할 수 있어 관리 감독하기에 용이한 특징이 있다.^[1]

그러나 원격지의 client로부터 각 제어장치까지 직접 인터넷을 연결하는 경우 일반적으로 내부 네트워크는 LAN을 이용하여 구성하게 되며, 이 경우 각 계측장치마다 LAN선이 설치되어야 하고 라우터, 허브장치 등 네트워크 장비도 적재적소에 배치되어야 하는 번거로움과 비용이 많이 드는 등의 문제점이 있다. 또한 직렬통신망의 경우에는 직렬 케이블만 설치하면 유선망 구성이 쉽게 이루어지나 역시 배선을 필요로 하는 수고가 뒤따른다. 이에 반해 무선통신 방식을 채택하는 경우 설치의 용이성 및 비용절감 등의 효과를 얻을 수 있으나, 유선망에 비하여 통신거리 등을 고려하여 적절한 방식을 선택하여야 할 것이다. 특히 사람이 작업하기에 유해한 환경이거나 지하에 매설된 관로처럼 공간적인 제약은 받는 경우 무선 통신 방식을 적용하는 것이 가장 적절한 것이다.

본 연구에서는 wheeled mobile robot의 원격제어 및 감시를 위하여 인터넷 컨트롤러가 내장된 embedded web server(메인장치)를 구현한다. 또한 이 web server를 이용하여 유선이나 무선 LAN 환경이 구축된 곳이라면 바로 인터넷에 접속하여 계속된 정보를 전 세계 어느 곳에서도 확인하고 제어할 수 있는 시스템을 개발하여

제어 성능을 검증하고자 한다. 개발한 시스템은 용도별 계측모듈장치를 구비한 mobile robot과 이들의 계측정보를 수집하고 분석, 판단 후 처리하는 메인장치로 나누며, 시스템간의 통신을 위하여 설치의 용이성, 보안성, 설치환경 등을 고려하여 Bluetooth를 이용한 무선방식을 적용하였다. Bluetooth는 휴대전화나 퍼스털 컴퓨터등의 정보기기를 접속 케이블 없이 전파를 이용하여 데이터를 받기위한 규격이다. 다소 장애물이 있거나 기기의 방향이 틀려도 상관없는 뛰어난 기술이다.^[2] 또한 원격지 client에서의 시스템 제어 및 감시를 위하여 JavaScript를 사용하여 원격 감시 및 제어용 웹 브라우저를 작성하였으며, 사용자의 편의를 고려하여 GUI 환경을 구축하였다.^[3,5]

2. Mobile Robot의 원격 제어시스템

2.1 전체 시스템 구성

본 연구에서 제안된 web server와 각종 제어 모듈들이 장착된 mobile robot 및 client PC로 이루어진 전체 시스템을 다음 Fig. 1에 나타 내었다.

Client PC에서 JavaScript로 작성된 웹 브라우저를 이용하여 제어 명령을 내리면 인터넷을 통해 embedded web server로 전달이 되며, Bluetooth 통신 방식으로 구성된 자체 네트워크를 통하여 해당되는 mobile robot을 제어하도록 구성하였다. 또한 로봇에 내장된 계측 제어장치로부터 계측된 값들을 web server를 통해 원격지의 client로 전송하여 현장의 상황을 판단하고 주위 환경을 감시 할 수 있도록 설계 하였다.

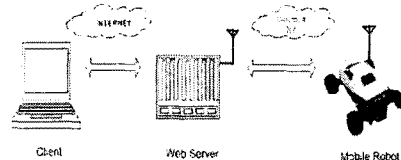


Fig. 1. System architecture

또한 client PC의 운영체제에 구애받지 않고 어느 환경에서도 사용할 수 있으며, 웹 브라우저 작성이 용이한 JavaScript를 이용하여 원격제어를 위한 client 측 인터페이스를 GUI 환경으로 구축 하였다.

본 연구에서 사용한 JavaScript는 client에서 독립적으로 실행되며, client측 프로세싱의 광범위한 사용으로 전체적인 인터넷 속도를 향상 시켜 web server의 성능 저하를 조금이나마 줄일 수 있는 장점이 있다.

2.2 Embedded Web Server의 구성

Embedded web server의 구성도는 다음 Fig. 2와 같다. 인터넷을 통해 client PC에 접속하기 위하여 Realtek사의 Ethernet Interface RTL8201을 사용하였고, mobile

robot에 내장된 계측장치와의 무선 데이터 통신을 위하여 Bluetooth 모듈을 사용하였다.

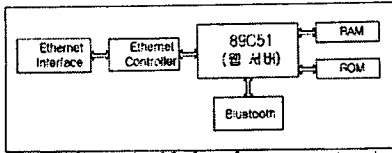


Fig. 2. Embedded web server structure

Embedded web server의 기능을 수행하기 위하여 ATMEL사의 AT89C51를 사용하였다. 이 web server는 ethernet controller와 Bluetooth 통신을 이용하여 client로 부터의 제어명령과 mobile robot의 계측 정보를 각각 전달해주는 기능을 수행한다.

또한 Subnet Mask, Gateway, IP Address, MAC Address를 추가로 장착된 외부 ROM에 저장하여 고정 IP로서 동작할 수 있도록 설계하였으며, ethernet controller를 안정되게 제어하기 위하여 MII(Media Independent Interface)방식을 사용하였다.

2.3 Mobile Robot의 구성

Mobile robot의 구성도는 다음 Fig. 3과 같다. Mobile robot의 휠을 구동하기 위하여 DC-motor(RS-540SH)를 사용하였고, 구동회로는 모터의 정격을 고려하여 IOR사의 IR2101과 FET(IXFK 90N30)를 사용하여 H-브릿지 회로로 설계하였다. Mobile robot을 제어하고 web server와 무선통신을 하기위한 처리장치로 web server에서 사용한 것과 같은 AT89C51를 사용하였고, 조향 장치를 구동하기 위하여 서보모터(HS-303)를 사용하였다.

또한 사용 환경 및 용도에 따라 mobile robot에 향후 실제 장착될 각종 계측제어 장치의 제어 성능을 실증하기 위한 예비 단계로서 다수의 램프를 장착한 후 제어 성능을 검증하고자 하였다.

그리고 embedded web server와 이동 로봇간의 통신을 위하여 송수신용 Bluetooth 모듈을 사용하였다.

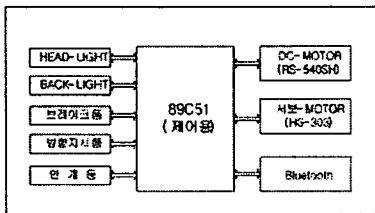
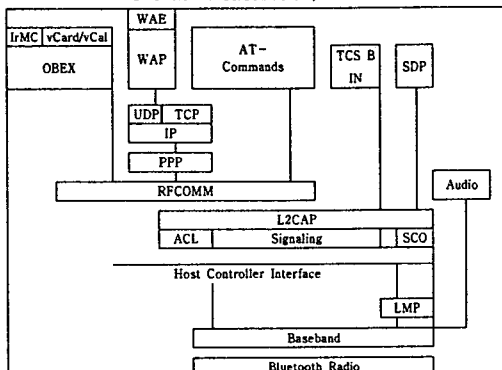


Fig. 3. Mobile robot structure

다음 표. 1에 본 연구에서 사용한 송수신 Bluetooth 모듈의 프로토콜을 나타내었다.

표. 1. Bluetooth의 프로토콜



3. 제어 시스템의 구현 및 실험

3.1 제어 알고리즘

원격지에서 인터넷을 통해 web server에 제어신호가 전달된 후 web server 및 mobile robot에서 제어 신호가 처리되어 수행되는 과정은 Fig. 4에 나타내었다.

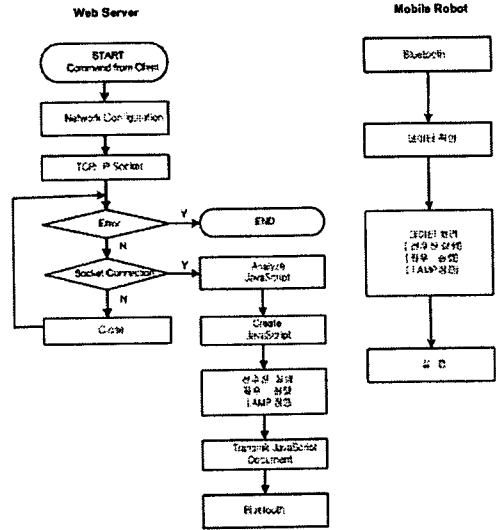


Fig. 4. Program flowchart

Fig. 4에서 보는 바와 같이 web server와 mobile robot에 전원을 인가하게 되면 TCP/IP 소켓을 실행하고, 만일 에러가 발생하면 명령수행을 중단하나, 그렇지 않은 경우에는 socket connection을 실행하게 된다. 이때 연결되지 않으면 반복 실행을 통해 socket connection이 이루어지도록 한다. 이와 같이하여 socket connection이 성공하면 JavaScript 분석을 이행한다. 그리고 JavaScript 생성 화면에 나타난 radio 버튼을 실행하면 제어명령이 무선통신 Bluetooth로 전송된다. 전송받은 데이터를 확인한 후 데이터 처리(DC모터 전·후진, 서보모터 좌·우회전, LAMP 온·오프)를 하게 된다.^[6]

Client PC 상에서 JavaScript로 작성한 GUI 프로그램을 실행하면 Fig. 5와 같은 웹브라우저 화면이 나타난다. 이때 radio 버튼을 누르고 전송을 명령하거나 enter 키를 치면 실행이 된다. 여기서 복수개의 radio 버튼을 동시에 누르면 모든 제어 명령이 동시에 실행된다. 또한 명령실행의 취소는 radio 버튼을 다시 한번 누른후 전송 버튼 또는 enter 키를 누름으로써 이행된다.

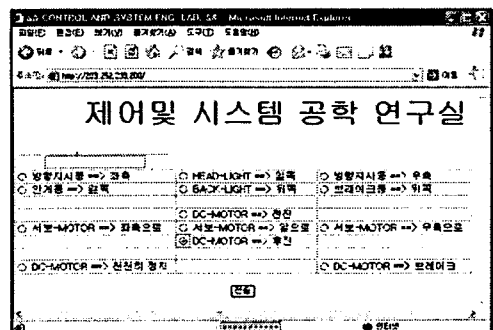


Fig. 5. Control commands on web browser

그리고 DC-motor에서 '브레이크' 기능을 실행하면 역회전 제어에 의해 로봇이 급정지하게 되고, DC-motor에

서 '천천히 정지' 버튼을 누르면 모터의 전원이 off되기 때문에 천천히 정지하게 된다. 그리고 모든 DC-motor의 동작은 정지 후에 실행되도록 프로그램 하므로써 급발진이 나 급정지를 막아 플랜트에 무리를 주지 않도록 하였다.

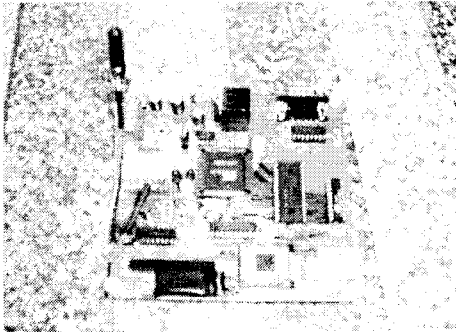


Fig. 6. Embedded web server

Client PC의 웹 브라우저상에 구성되어 있는 각종 제어 명령을 실행시킨 결과 거의 실시간으로 mobile robot이 제어명령에 정확히 추종하고 있음을 확인할 수 있었다.

다음 Fig. 6과 Fig. 7에 각각 본 연구에서 구현한 embedded web server와 mobile robot의 계측제어 장치의 사진을 실었으며, Fig. 8에 계측 제어장치를 탑재한 mobile robot의 전체모습을 나타내었다.

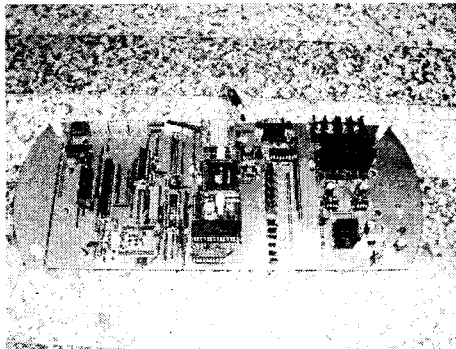


Fig. 7. Measuring and control system of mobile robot

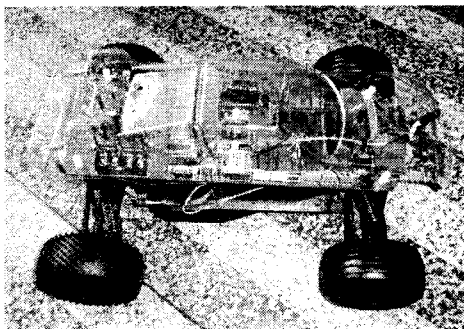


Fig. 8. Wheeled mobile robot

4. 결 론

본 논문에서는 현재 전 세계적으로 광범위하게 구축되어 있는 인터넷을 이용하여 공간적 제약 없이 mobile robot의 원격 감시 및 제어가 가능한 시스템의 구현을 위한 연구를 수행하였다. 이를 위해 PC라는 고가의 장비

를 사용하지 않고도 원격 제어용 web server의 역할을 수행할 수 있도록 인터넷 컨트롤러를 내장한 embedded web server를 설계 및 구현하였으며, 다양한 웹 프로토콜 중 TCP/IP를 사용하여 원격지의 client PC에 접속할 수 있도록 펌웨어를 개발하여 탑재하였다. 또한 client PC에서 손쉽게 mobile robot의 감시 및 제어가 가능하도록 JavaScript를 이용하여 GUI 환경에 적합한 인터페이스 프로그램을 작성하였다.

그리고 mobile robot의 자체 감시 및 제어를 담당하는 계측제어장치를 설계 및 구현하여 펌웨어를 탑재하였고, web server와의 무선 통신을 위한 프로그램을 작성하여 원격 제어 시스템의 성능 평가를 위한 실험을 한 결과 대단히 우수한 성능을 보이고 있음을 확인할 수 있었다.

또한 현재 구현중인 비전 시스템을 mobile robot에 장착하게 되면, 원격지에서 mobile robot의 상태를 직접 감시하여 처한 상황과 주변 환경에 따른 제어가 가능해져 여러 분야에 응용될 수 있을 것이라 사료된다.

한편 광역 네트워크 환경에 적합하도록 설계된 이더넷과 TCP/IP 네트워크에는 지연시간이 존재하므로 실시간 제어시스템의 안정성이 악화될 수 있다. 향후, 이러한 문제점을 보완하여 실시간 제어성능을 높일 수 있는 분산 제어 알고리즘에 관한 연구를 수행할 예정이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 육진상 외, "웹을 이용한 이동로봇의 원격제어", 대한전기학회 하계 학술대회 논문집, pp. 2723-2725, 2000
- [2] 보바일 컴퓨팅추진 컨소시움, 해설 Bluetooth, 신구문화사, 2001
- [3] K.S Fu, R.C Gonzalez, C.S.G. Lee, "ROBOTICS Control, Sensing, Visin, and Inteligence", MCGRAW-HILL, 1987
- [4] 류승연 외, "Remote Dynamic Control of Manipulator Using Network", Proc, KACC, pp.1811-1812, 1998
- [5] W. Richard Stevens, "TCP/IP Illustrate Volumel. 2(1), 2(2), 3", 1994
- [6] 양크, JavaScript 사전, 성안당, 2003