

내장형 웹 서버를 이용한 이동로봇의 제어와 모니터링

신용각,곽재혁,임준홍
한양대학교 전자컴퓨터공학부

Monitoring and Control of a Mobile Robot using Embedded Web Server

Yonggak Sin, Jaehyuk Kwak, Joonhong Lim

Department of Electrical Engineering and Computer Science, Hanyang University

Abstract - 본 논문에서는 인터넷 기반의 이동로봇의 원격제어를 위한 시스템의 효율적인 구성을 제안하고 구현한다. 구현된 원격제어 시스템의 인터페이스로 일반적인 웹 브라우저를 사용하며, 이동로봇의 제어용 서버와 이동로봇의 감시용으로 외부에 설치된 CCD 카메라 제어용 서버의 효율적인 구성을 위해, 기존의 Unix나 PC 상에서 구현되었던 제어용 서버를 내장형 웹 서버로 대체한다. 외부에 설치된 CCD 카메라의 영상은 프레임 그래버로 전송되며 전송된 영상은 Microsoft Visual C++ 프로그램 언어를 사용하여 할당된 메모리에 저장한다. 저장된 영상은 클라이언트 풀 기술(client pull technique)을 이용하여 웹 브라우저를 통해 직접 보여줌으로써 현장의 실시간 감시가 가능하도록 한다.

1. 서 론

현재 많은 사람들이 웹을 통하여 데이터를 전송하고 이 데이터를 단말기에서 소리, 영상 또는 문자로 변환하여 자신들이 원하는 정보를 얻고 있다. 최근 이러한 데이터의 변환 과정에서 직접 제어 신호를 생성하여 웹을 통해 기기들을 제어하려는 시도가 활발히 진행되고 있다. 웹을 통한 시스템 제어의 장점은 사용자가 원거리에서도 작업을 수행할 수 있고 여러 사용자가 동시에 정보를 얻을 수 있다는 점이다. 따라서 사용자들은 자신의 직장이나 또는 출장지에서 인터넷을 통하여 자신의 집에 있는 가전제품의 상황이나 가족들의 모습을 파악할 수 있으며, 아울러 가전제품과 같은 전자기기를 별도의 장비나, 장소의 구매 없이 가족 누구나 사용할 수 있게 된다.

로봇의 원거리 제어에 있어서 사용되는 무선통신은 제어 가능 지역이 매우 협소하여, 경우에 따라 매우 고가의 장비를 사용하기도 하였다. 따라서 웹을 기반으로 하여 사용자가 로봇을 제어하고 모니터링 할 수 있는 시스템을 구현하고, 현재 설치되어 있는 인터넷 망을 통해 원거리의 사용자들에게도 로봇을 제어 할 수 있는 환경의 제공이 요구된다. 이러한 환경제공은 로봇 분야와 관련된 실험을 하기 위하여 별도의 장치를 구성하지 않고도 자신의 프로그램을 검증 할 수 있으므로 그 응용에 따라 많은 비용절감의 효과가 있을 수 있다.

인터넷 보급이 본격적으로 시작된 약 5년 전부터 인터넷 기술을 로봇틱스에 이용하고자 하는 연구가 시작되었다. [1] 웹 인터페이스를 가지는 이동 로봇의 전형적인 예인 KhepOnTheWeb[2]과 사람들이 많은 사무실용 빌딩에서 웹을 통한 제어로 동작시킨 최초의 이동 로봇으로 평가되는 Xavier[3] 등의 기존의 연구 결과를 보면, 로봇의 제어용 서버는 모두 PC나 Unix 환경을 사용하여 구현되어왔다. [2] - [7] 본 논문에서는 이동 로봇을 가지고 표준 통신망을 통한 원격 접근을 하기 위한 시스템의 효율적인 구성을 제시하고 실험하였으며, 또한 기존의 PC나 Unix 환경에서 구현되어온 로봇의 제어용 서버를 저가의 내장형 웹 서버로 대체함으로써 시스템 구성비용을 절감하였다. 이러한 구성은 로봇뿐만

아니라 웹을 이용하여 기기를 제어하는 분야에 있어서 좋은 예시가 될 것이다.

2. 본 론

2.1 시스템 구성

Webi는 본 논문에서 인터넷을 통하여 제어하려는 소형 이동로봇으로 DC 모터 2개와 CCD 카메라를 가지고 있다.(그림 1) Webi의 제어용 서버는 8-bit Processor가 장착된 TCP-IP 개발 보드를 사용하여 구성하였으며, 랜 케이블을 이용하여 IP를 할당하였다.(그림 2)

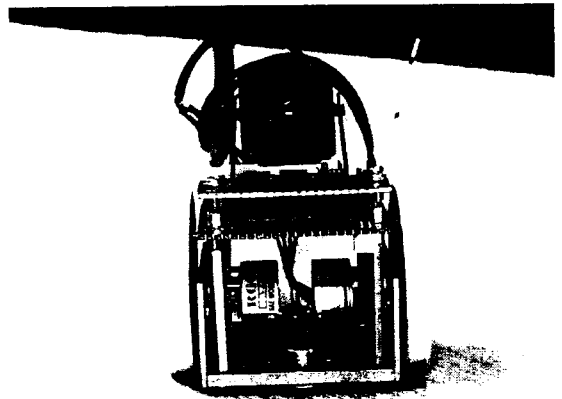


그림 1. Webi 이동로봇

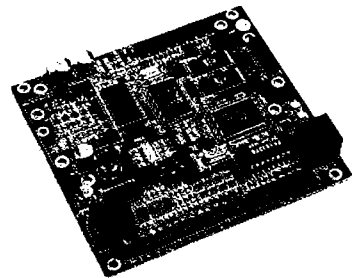


그림 2. 제어용 서버로 사용한 TCP/IP 개발 보드

모니터링을 위해 외부에 CCD 카메라를 한 대 설치하였고, Webi에 또 한대의 소형 CCD 카메라를 장착시켰다. 두 대의 카메라는 모두 유선으로 프레임 그래버에 연결되어 있다. 카메라에서 프레임 그래버로 전송된 영상 신호는 BMP 포맷으로 저장되며, 저장된 영상은

Windows Me 환경의 Apache 웹 서버를 사용하여 구성한 영상 서버를 통하여 외부로 서비스된다. 여기에서 영상은 1초 간격으로 저장되며, 원거리의 사용자들은 웹 브라우저를 통하여 구현된 시스템에 접근 할 수 있다. 그림 3에 시스템의 전체 구성을 보았다.

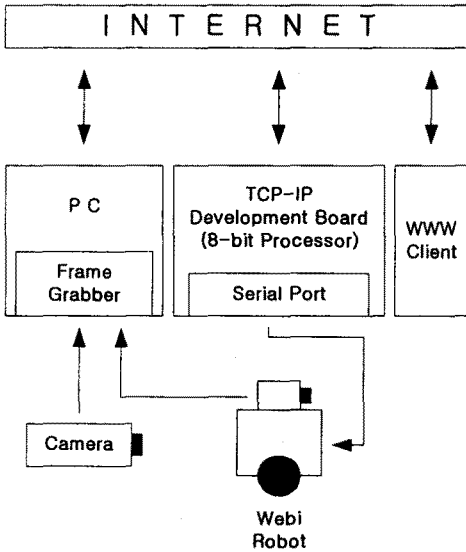


그림 3. 전체 시스템의 구성

2.2 Webi 이동로봇

Webi는 지름 8.5cm, 높이 6.1cm의 작은 사각형 robot이다. 이러한 작은 크기는 로봇의 움직임에 방해 받지 않고 전원을 공급하기 쉬우며, 다른 신호를 위한 확장 케이블을 쉽게 설치할 수 있도록 해준다. 본 논문에서는 로봇의 작은 크기와 적은 무게로 인하여 로봇 주변의 환경이나 로봇이 파괴될 위험이 없기 때문에, 장애물 회피와 같은 로봇의 부분적인 지능제어는 사용하지 않았고 그 대신 직접제어(direct control) 방법을 사용하였다. 직접제어는 외부의 도움 없이 로봇 스스로 판단하여 움직이게 할 수 없다는 단점이 있는 반면, 외부의 도움 없이 사용자 자신이 수행한 제어의 결과를 직접 볼 수 있다는 장점이 있다. Webi의 비디오 보드에는 510(H) × 492(V) 픽셀의 컬러 CCD 카메라가 장착되어 있다.

2.3 하드웨어

이동로봇의 제어용 서버는 그림 2에 보인 8-bit Processor가 장착된 TCP/IP 개발 보드를 사용하여 구성하였다. 일반적으로 고성능 워크스테이션에서 동작하는 일반 웹 서버와 내장형 시스템에서 동작하는 웹 서버 간에는 큰 차이가 있다. 우선 일반 웹 서버는 많은 수의 동시 접속자의 요구를 처리하기에 적합하도록 설계되어 있다. 반면 내장형 웹 서버의 경우 특수한 경우를 제외하고는 한 두 명의 사용자의 요구를 동시에 처리할 수 있으면 충분하다. 이 점에서 우선 일반 웹 서버와 내장형 웹 서버는 서로 큰 차이를 갖게 된다. 또한 내장형 웹 서버는 주로 기기의 상태를 사용자에게 보고하고 사용자가 제어 명령을 기기로 전달하도록 하는 기능을 주로 수행하게 되므로, 일반 웹 서버가 지닌 데이터베이스 지원 등과 같은 기능들은 필요로 하지 않는다.[8][9]

이동로봇을 제어하기 위해 동시에 여러 명의 사용자가 접속할 필요는 없다. 따라서 본 논문에서는 기존의 워크스테이션이나 PC에서 구현되었던 제어용 서버를 내장형 웹 서버로 대체함으로써 시스템 구성의 비용을 절감시켰다. 사용자에게 전체적인 광경을 제공하기 위해 외부

에 설치된 카메라(Sony XC-75)와 이동로봇의 전방 광경을 제공하기 위해 Webi에 장착된 카메라는 영상 서버로 사용하는 PC에 장착된 프레임 그레버로 영상을 전송한다. 전송된 영상신호는 Microsoft Visual C++를 사용하여 구현된 프로그램을 통하여 1초 간격으로 지정된 메모리에 저장이 된다.

2.4 소프트웨어

영상 서버의 PC 운영체제는 Windows Me이며, 웹 서버로는 Apache 웹 서버를 사용하였다. 이 서버에서는 두 가지 프로그램이 실행된다. 첫 번째 프로그램은 외부 카메라와 Webi에 장착된 카메라에서 들어오는 영상을 획득하여 BMP 포맷(320 × 240)으로 할당된 메모리에 저장되며, 두 번째 프로그램은 클라이언트가 웹 브라우저를 통하여 제어 하려할 때 메모리에 저장된 영상을 1초 간격으로 전송하는 프로그램이 수행된다. 이러한 영상 피드백을 수행하기 위해 요구되는 것으로 서버 푸시 기술(server push technique)과 클라이언트 풀 기술(client pull technique)을 들 수 있다. [2]에서는 서버 푸시 기술을 사용하여 영상 피드백을 수행한 예를 볼 수 있으며, 본 논문에서는 클라이언트 풀 기술을 사용하여 영상 피드백을 수행하였다.

서버 푸시와 클라이언트 풀은 Netscape사에서 제시한 개방형 표준으로, 브라우저와 웹 서버간의 자율적인 데이터전송을 위한 방식이다. 웹 브라우저는 웹 서버에 접근하여 하나이상의 HTML문서를 전송 받아 이를 화면에 표시하고, 사용자가 그 문서내의 링크, 아이콘, 이미지 등을 선택하면 다시 클라이언트가 서버에게 해당 데이터의 전송을 요청하게 된다. 이때, 웹 브라우저와 웹 서버간의 연결은 클라이언트로부터 요청 받은 데이터를 서버가 전송해주는 동안만 열려있게 된다. 이러한 기존의 브라우저와 웹 서버간의 전송방식은 클라이언트와 서버간의 통신이 웹 문서 단위로 연결되고 연결 해제되어, 웹 문서간의 트랜잭션 처리와 같은 브라우저에서 요청한 데이터에 대해서만 웹 서버가 데이터를 전송해주기 때문에, 웹 문서에 포함된 데이터가 서버 측에서 변경되었을 경우 이를 클라이언트에게 전송할 수 없는 등의 많은 제약은 가져오게 되었다. 이러한 문제점 중 웹 서버와 브라우저간의 데이터교환을 자율적으로 수행할 수 있도록 한 것이 서버 푸시와 클라이언트 풀이다. 서버 푸시는 서버에 연결된 브라우저에게 지속적으로 데이터를 전송하는 방식으로, 클라이언트로부터의 요청 없이도 서버가 해당 브라우저에게 데이터를 전송하게 된다. 이를 위하여 클라이언트와 서버간의 연결은 서버가 클라이언트에게 종료메시지를 보내거나 클라이언트가 연결을 끊을 때까지 계속되게 된다. 클라이언트 풀은 클라이언트에서 서버로 데이터 제공을 요청하여 데이터를 가져오는 것으로, 사용자의 요구 없이도 클라이언트가 서버에 데이터의 전송을 요구하게 된다. 이때, 서버 푸시와는 달리 클라이언트와 서버간의 연결은 요청 시마다 새로이 생성되게 된다. 이러한, 클라이언트 풀은 서버 측에서 주기적으로 정보를 전송 받거나, 또는 어떠한 시나리오에 의하여 연속적으로 데이터를 보여줄 필요가 있을 때 사용할 수 있다. 클라이언트 풀은 클라이언트 측에서 서버에게 데이터의 전송을 요구하여 데이터를 받아오는 방식으로 서버 푸시와는 성격이 다르다. 서버 푸시 방식은 마임의 특성을 이용한 것이고, 클라이언트 풀은 HTML의 META TAG를 이용한 것이다.

제어용 서버에서 수행되는 프로그램은 할당받은 IP만을 이용하여 제어용 서버를 구성하고, 이동로봇 제어를 위한 인터페이스를 제공한다. Webi의 빠른 이동 속도를 고려하여 사용자로부터 이동 명령이 생성되면 정지 명령 없이 위치 이동이 끝난 후 정지되도록 프로그램 하였다. 웹 브라우저에서 전·후진 방향 화살표 한번을 클릭할 때 3cm의 위치 이동을 수행되며, 좌·우회전 방향 화살표 한번을 클릭할 때마다 45° 회전한다.

2.5 인터페이스

클라이언트 인터페이스는 이동로봇의 제어와 모니터링이 가능하도록 제작하였다. Internet Explorer를 통한 인터페이스 전체화면을 그림 4에 보였다. 인터페이스는 크게 상단과 하단의 두 부분으로 구성되어 있다. 상단은 두 대의 카메라로부터 들어오는 영상을 보기 위한 화면이고 하단은 제어용 서버를 통해 이동 로봇의 위치를 제어하기 위한 화면이다. 좌측 상단은 이동로봇에 장착된 카메라가 제공하는 화면으로, 사용자는 1~5초 사이에서 1초 간격으로 영상이 갱신되는 시간을 선택할 수 있다. 우측 상단은 외부에 설치한 카메라가 제공하는 화면으로 1초 간격으로 영상이 갱신된다. 하단은 내장형 웹 서버가 제공하는 화면으로서, 이동로봇의 제어 명령으로 전진, 후진, 좌회전, 우회전의 4가지 동작을 선택할 수 있다. 로봇의 이동명령은 사용자 인터페이스 화면에서 사용자가 원하는 방향의 화살표 이미지를 클릭할 때마다 생성된다.

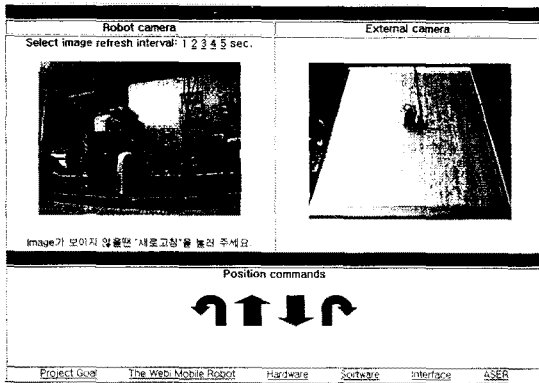


그림 4. Internet Explorer에서 본 원격 제어 인터페이스

2.6 실험

실험은 가로 180cm, 세로 90cm의 테이블 위에서 수행되었다. 그림 5는 외부 카메라를 통해서 본 이동로봇의 작업공간이다.

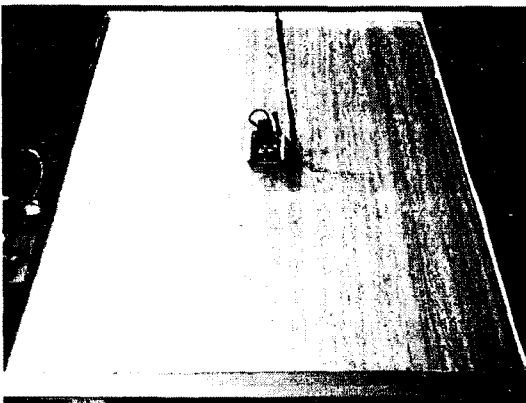


그림 5. 외부 카메라를 통해서 본 이동로봇의 작업공간

제어용 서버는 Rabbit Semiconductor사의 Rabbit 2000 TCP/IP 개발 보드를 사용하였고 랜 케이블을 이

용하여 IP를 할당하였다. 영상 서버는 Windows Me 환경의 PC에서 Apache 웹 서버를 사용하였으며, 두 대의 CCD 카메라로부터 들어오는 영상 처리를 위해 영상 서버로 사용하는 PC에는 Matrox사의 프레임 그래픽 카드가 장착되어 있다. 서버에서 기기로의 연결은 모두 유선으로 되어 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 웹 상에서 이동로봇의 원격제어를 위한 시스템의 효율적인 구성을 제안하고 구현했다. 구현된 시스템은 웹을 통하여 기기를 제어하고자 하는 분야에 효율적으로 적용될 수 있을 것이다.

일반적으로 인터넷 로봇기술에는 인터넷 전송의 대역폭 향상, 다중 접속 처리기술, 동화상 압축, 불규칙 시간 지연 문제, 동적 웹 기술 등 해결해야 할 문제가 아직 많이 남아있다. 웹 환경에서 제어하려는 기기와 서비스에 따라 적절한 제어용 서버를 선택하여 구성함으로써 위와 같은 문제에 대하여 좀 더 안정적인 시스템을 구성할 수 있을 것이다. 제어용 서버를 통해 좀 더 많은 서비스를 제공하기 위해서는 내장형 리눅스와 같은 리얼타임 OS를 가진 웹 서버를 이용한 응용이 요구되며, 웹 인터페이스에서 서버의 성능에 크게 의존하는 CGI 방식보다는 실행파일이 클라이언트에 전송되어 실행되는 프로그래밍 방식의 개발이 필요하다. 적절한 웹 가상현실 기술 또한 이 분야의 발전의 폭을 넓힐 수 있는 데 요구되는 기술이다.

(참 고 문 헌)

- [1] 강성철, 정남영, "인터넷기반 원격 매니플레이션 : 일본의 연구개발 사례를 중심으로", 제어·자동화·시스템 공학회지, 제6권 제6호, pp. 21-26, 2000년
- [2] P. Saucy, F. Mondada, "KhepOnTheWeb: open access to a mobile robot on the Internet", IEEE Robotics & Automation Magazine, vol. 7 Issue: 1, pp. 41-47, March 2000.
- [3] R. Simmons, R. Goodwin, K. Haigh, S. Koenig, and J. O'Sullivan, "A layered architecture for office delivery robots", in Proc. First Int. Conf. Autonomous Agents, Marina del Rey, CA, pp. 245-252, Feb. 1997.
- [4] K.A. Colberg, "Telerobotics garden on the World Wide Web", Rob. Mach. Perception, vol. 5, no. 1, no. 4, 1996
- [5] A.Fryer, "Remote-control experiment using a networked robot", Rob. Mach. Perception, vol. 5, no. 1, p. 12, 1996.
- [6] O. Michel, P. Saucy, F. Mondada, "KhepOnTheWeb: An experimental demonstrator in telerobotic and virtual reality", in Proc. Int. Conf. Virtual Systems and Multimedia(VSMM'97), IEEE Computer Society Press, 1997.
- [7] M.F. Zakaria, S.H.M. Amin, R. Marmat, "Design and development of control system for Internet-based telerobotics", TENCON 2000, Proc., vol. 2, pp. 338-342, 2000
- [8] I. Agranat, "Engineering web technologies for embedded application," IEEE Internet Computing Volume: 2 3, pp.40-45, May-June 1998.
- [9] 홍성수, 조석재, "내장형 웹 서버 기술," 전기학회지 제 49권 10호, pp. 9-12, 2000년 10월.
- [10] Rabbit Semiconductor, "Rabbit 2000 Microprocessor User's Manual", May 2000.
- [11] Z-World, Inc., "Dynamic C (Rabbit Version) User's Manual", 1999.