

자율 이동 로봇 제어를 위한 인터넷 기반의 가상실험실 구축

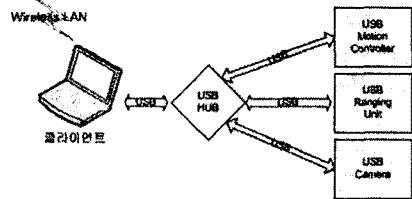
유영선* · 김진규* · 주영훈* · 김형석**
 * 군산대학교 전자정보공학부 ** 전북대학교 전자정보공학부

Establishment of the Internet-based Virtual Laboratory for Mobile Robot Control

Yeong Seon Yu* · Jin Gyu Kim* · Young Hoon Joo* · Hyong Suk Kim**
 * School of Electronic & Information Engineering, Kunsan National University
 ** School of Electronic & Information Engineering, Chonbuk National University

Abstract - 본 논문에서는 자율 이동 로봇에 대한 인터넷 기반의 가상실험실의 구현 방법을 제안한다. 제어공학 연구에서는 개발된 새로운 이론들을 적용하고 검증할 수 있는 적절한 실험장비의 확보가 필수적이나 때때 이를 위한 실험장비의 확보는 비경제적이다. 오늘날 인터넷의 보급은 보편화 되어있다. 또한 인터넷을 이용할 수 있는 기술들이 발전되고, 장비들이 개발, 발전되고 있다. 이러한 흐름을 공학연구에 적용 할 수 있다. 인터넷 기반의 자율 이동 로봇의 가상실험실은 인터넷의 이용이 가능한 곳이면, 시간과 장소의 제한을 받지 않고 자율 이동 로봇에 대한 실험을 하고 결과를 얻을 수 있는 장점이 있다. 이러한 방법은 다른 실험장비에 대해서도 가능하게 할 수 있다. 자율 이동 로봇은 제어 컴퓨터의 탑재가 가능하며, 통신선에 의한 이동거리의 제약을 받지 않으나 무선인터넷이 가능한 공간에서만 실험이 가능하다. 본 논문에서 제안된 가상실험실은 자율 이동 로봇에 탑재한 컴퓨터(클라이언트)와 일반컴퓨터(서버) 구조를 가지며 다중제어 인터페이스로 구현된다.

협 장치로 사용하였다. 본 로봇은 모터구동부와 센서 처리부, 웹 카메라를 독립적으로 장착하고 있고 각 부분은 USB허브를 통하여 연결되어있다. 로봇 시스템의 구조는 그림 2와 같고, 동시식 바퀴를 이용한 이동을 하고, 화상 카메라를 이용하여 전방의 영상을 볼 수 있으며, 12개씩 2조의 초음파 센서를 가지고 있어 장애물 회피 및 주행에 관한 알고리즘 구현이 가능하다.



〈그림 2〉 로봇 시스템의 구성도

1. 서 론

제어공학 연구에서는 개발된 이론은 실험 장비를 통하여 검증되어야한다. 그러나 한정된 재원으로 인하여 실험장비의 적시에 공급은 어려운 실정이다. 현재 인터넷의 보급이 보편화됨에 따라 이를 활용한 공학연구에 광범위하게 활용되어 연구의 기반역할을 수행할 것이다. 1990년대 초 인터넷의 보급 확산을 시발점으로 많은 이론적인 발전과 실제 구현 사례가 발표 되었다. Weaver[1]와 Pignet[2]는 자바(java) 프로그래밍 언어를 사용하여 관측 시스템의 상황을 원격지로 전달하고 간단한 명령을 전송하는 시스템을 개발하였다. Lehel[3]은 인터넷을 통해 원격 조작되는 로봇 시스템의 전체적인 모델링을 연구하고 이를 모의실험으로 검증하였고 Young[4]은 인터넷을 통해 실시간으로 원격지의 제어 대상 시스템의 상황을 모니터링 하는 방법을 제안하였다. 그러나, 대부분의 연구결과는 특정한 응용분야를 응용대상으로 구축되어 일반적인 제어이론의 평가 및 제어공학 교육에의 활용이 용이치 않다. 간단한 시스템의 인터넷기반 가상실험실의 구축에는 특정한 제어기법을 선택하여 시스템을 구축하는 것이 편리하나, 복잡한 시스템으로 구축된 연구용 가상실험실의 경우는 여러 제어방법을 선택적으로 유연하게 적용할 수 있는 시스템 구성이 필요하다. 본 논문에서는 여러 제어 플랫폼을 설정할 수 있고 그 특정 플랫폼을 대상으로 여러 가지 제어이론을 실험할 수 있는 환경을 자바언어를 사용하여 사용자가 로봇을 제어할 수 있는 웹서버와 사용자 인터페이스를 구축하였고, Visual C++를 이용하여 자율 이동 로봇을 실제로 구동하는 로봇제어인터페이스를 구축한다. 그 중 주요 제어 플랫폼인 자율 이동 로봇은 이동이 가능하고 제어컴퓨터가 탑재 가능하고 제어컴퓨터는 무선랜을 이용한다.

2.2 응용프로그램 구조

가상실험실의 운영 프로그램은 로봇시스템과 직접 연결되어있는 클라이언트 컴퓨터에서 실행되는 플랫폼 제어 프로그램과 원격제어 프로그램으로 두 가지가 있다.

2.2.1 플랫폼 제어 프로그램

플랫폼 제어 프로그램은 하드웨어 인식률이 가장 좋으며 연산 처리속도가 빠른 C++을 이용하여 작성되었으며, 클라이언트 컴퓨터와 연결된 제어 시스템을 가상실험실 사용자 요청에 따라 제어 동작을 수행하게 되는데, 클라이언트는 서버가 열어 놓은 특정 포트에 접속하기위한 소켓통신부분, Hanuri-rs 이동로봇이 가지고 있는 PID제어를 이용한 DRIVING, STEERING, TUREET 으로 로봇이 전진, 후진, 주행중의 방향전환, 로봇의 시야를 넓히는 회전등의 동작을 할 수 있는 기본적인 명령 제어부분, MFC에서 지원하는 VFW(Video For Window)를 이용하여 초당 20 frame의 속도로 화면을 캡처하는 부분, 자율 이동 로봇에 부착된 초음파 센서를 테스트하고 센서를 사용한 알고리즘 사용 시 센서의 값을 읽는 부분, 사용자에게 서버로부터 전송된 제어파라미터를 수신하고 나타내는 부분으로 나누어진다.

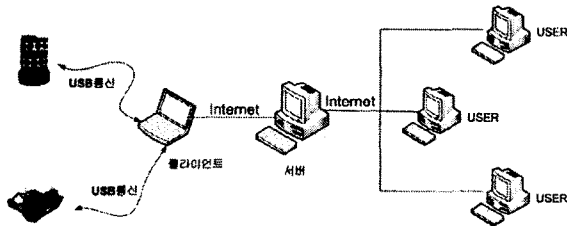
2.2.2 원격제어 프로그램

원격제어 프로그램은 가상실험실에서 제공하는 웹페이지에 포함되어 실행되는데, 플랫폼 제어프로그램과 원격제어프로그램 사이의 통신을 제어하기 위한 연결제어 인터페이스, 시스템제어에 필요한 각종 파라미터를 전송하는 파라미터 전송 인터페이스, 자율 이동 로봇시스템을 제어하기위한 시스템 제어 인터페이스, 클라이언트에게 전송받은 데이터를 표시하고 실험의 결과를 출력하는 제어결과 출력인터페이스로 나누어져 있다. 원격제어 프로그램은 오직 하나의 플랫폼 제어 프로그램과 통신을 한다. 반면 플랫폼 제어 프로그램은 여러 개의 원격제어 프로그램과 통신을 한다. 이에 일대다 통신을 수행함으로써 발생하는 통신 충돌 문제는 TCP를 사용함으로써 방지한다. 원격제어 프로그램은 웹을 통한 실행이 가능해야 하기 때문에 자바언어를 사용하여 구성 하였다. 자바언어는 컴퓨터의 플랫폼에 관계없이 실행되며, 별도의 설치가 필요치 않기 때문에 사용자의 접근을 극대화 할 수 있고, 네트워크 통신을 위한 클래스와 확장성을 고려한 인터페이스 구축에 용이한 클래스의 지원이 되는 장점을 가지고 있다. 다만 보안문제에 의한 네트워크 통신을 이용하는 애플릿구현에 약간의 어려움이 있다.

2. 본 론

2.1 시스템 구조

제안된 가상실험실의 전체구조는 그림 1과 같다. 플랫폼이 연결된 클라이언트 컴퓨터와 사용자가 연결된 서버 컴퓨터는 인터넷으로 연결되어있다. 서버 컴퓨터는 인터넷 기반 가상실험실을 구축하기 위한 웹서버로 운영된다.



〈그림 1〉 시스템 구성도

클라이언트 컴퓨터와 제어시스템은 USB를 통하여 제어시스템 개발사에서 제공한 통신 인터페이스 카드로 연결되어 있다. 본 연구에서는 한울로보틱스에서 개발한 HANURI-RS형 로봇 시스템을 가상실험실에서 제공하는 실

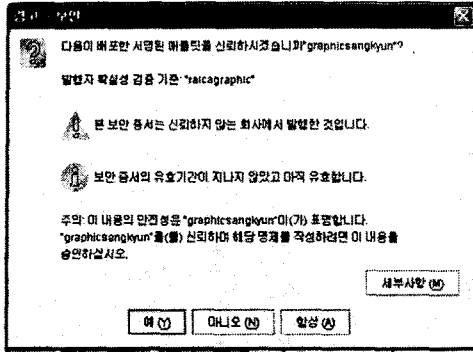
2.3 보안 인증

원격제어 프로그램을 구현한 자바언어의 애플릿은 자체의 높은 접근성으로 인하여 다음과 같은 보안제한을 받는다.

- 1) 애플릿은 로컬 컴퓨터의 파일시스템을 읽거나 쓸 수 없다.
- 2) 애플릿은 원래 자신이 위치한 컴퓨터를 제외 하고는 다른 컴퓨터와 네트워크 연결이 불가능하다.
- 3) 애플릿은 로컬 컴퓨터에서 프로그램 실행 및 공유라이브러리를 호출할 수 없다.

본 연구에서 개발된 가상 실험실은 애플릿 프로그램을 이용한 소켓 통신을 수행한다. 이는 보안제한 사항 중 두 번째 항에 제한을 받는다. 이에 본 연

구에서는 인증 애플릿을 이용하여 이 문제를 해결 하였다. 인증 애플릿은 정책파일과 서명을 함께 애플릿과 제시함으로써 보안인증을 받는 방법이다. 인증된 애플릿의 실행을 위해서는 최종 사용자의 허가가 있어야한다. 그림 3은 사용자의 허가를 받기위한 보안경고 메시지이다. 신뢰성 있는 인증을 받기 위해서는 국제 인증기관에 인증 허가를 신청해야한다.



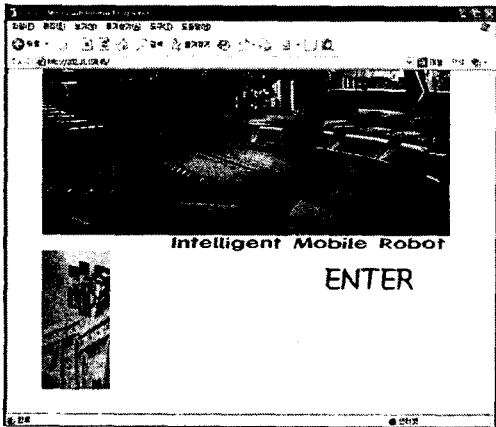
〈그림 3〉 보안 인증

2.4 JPEG 영상압축

로봇이 가지고 있는 카메라에서 받은 주위 환경의 영상 정보를 사용자가 원격지에서 볼 수 있도록 전송을 해주어야 한다. 그러나 영상정보는 매우 큰 용량을 가지고 있으므로 영상정보의 전송이 느려져 실시간의 영상을 확인하기엔 곤란하다. 이에 전송되는 영상정보를 줄여 전송 속도를 높이기 위하여 그림저장 포맷인 JPEG파일을 사용한다. JPEG기술은 자연영상을 약 20:1까지 압축할 수 있는 성능을 가지고 있으나 손실이 있는 압축방법을 채택하고 있어 복원된 파일은 원 영상과 미세한 차이를 보인다. 본 논문에서는 Intel에서 제공하는 Intel Jpeg Library(IJL)의 인코딩 알고리즘만을 사용하여 프로그램을 구현하였고, 출력인터페이스에서 Jpeg 정지영상을 디코딩하여 애플릿에 표시한다.

3. 가상실험실 구축

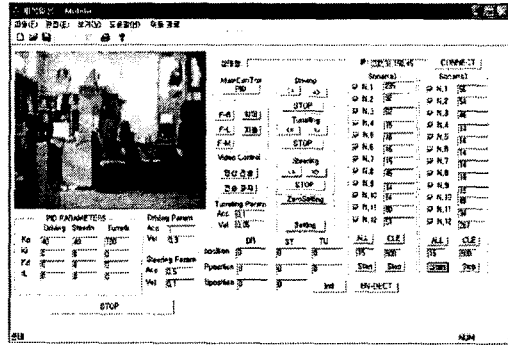
본 연구는 자율 이동 로봇을 가상실험실에 활용 가능한 실험 장치로 도입 하였다. 가상실험실의 사용자는 새롭게 개발된 제어이득을 입력함으로써 자신이 개발한 제어이론을 실험을 통해서 평가할 수 있다. 가상실험실의 시작화면은 그림 4와 같다.



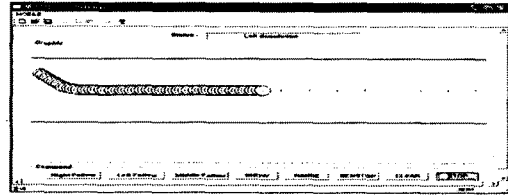
〈그림 4〉 가상실험실 시작화면

본 논문에서는 퍼지제어 이론을 이용하여 이동로봇이 벽면을 따라 이동하는 실험을 수행하였다. 벽면주행의 제어 목적은 자율 이동 로봇이 벽면과 일정한 거리를 유지하면서 주행하는 것인데, 이때 가장 중요한 사항은 자율 이동 로봇이 얼마나 빠른 시간에 기준선에 유연하게 수렴하느냐 하는 것이다. 자율 이동 로봇의 경우 전문가의 경험과 지식에 의한 방법을 사용하였으며, 퍼지 제어 규칙의 구조는 위치와 방향으로부터 결정되는 로봇의 상태를 조항하는 각도를 결정하는 것이다. 이를 위한 입력변수들은 로봇의 내게 센서인 엔코더가 측정한 진행방향(θ)와 외계센서인 초음파센서가 측정한 벽과의 거리 (dif)이고, 출력변수는 로봇의 조항각(pi)이다. 제어규칙의 형식으로는 직점법을 사용하였으며, 비퍼지화는 무게 중심법을 사용하고 삼각형 모델의 멤버십 함수를 사용하였다. 그림 5는 자율 이동 로봇의 플랜트 제어 프로그램을 나타낸 것이다. 그림 6은 플랜트제어 프로그램에 의해 퍼지 이론이 적용되어 자율 이동 로봇이 벽면 주행을 하는 것을 원으로 표시하여 그래픽형태로 보여주는 것이다. 그림 7은 웹에서 사용자가 접속하여 사용하는 부분으로 자율 이동 로봇이 전송하는 영상이 표시된 것을 볼 수 있으며, 플랜트 제어 프로그램에 의해 얻어진 데이터와 로봇이 이동하는 모습들을

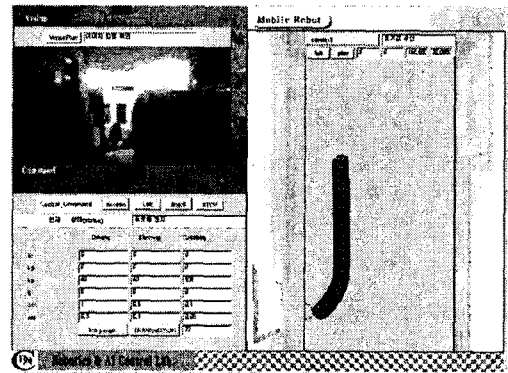
그래픽형태로 나타내는 원격제어 프로그램이다.



〈그림 5〉 플랜트 제어 프로그램



〈그림 6〉 자율 이동 로봇의 이동



〈그림 7〉 원격제어프로그램

4. 결 론

본 논문에서는 자율 이동 로봇을 위한 가상실험실을 구축하였다. 플랜트 제어 프로그램은 하드웨어의 인식률이 가장 좋으며 연산 처리속도가 빠른 C++을 사용하여 작성되었으며, 원격제어 프로그램은 사용자의 접근성을 고려하여 자바를 사용하였다. 구축된 가상 실험실을 활용하여 센서 데이터를 이용하여 로봇이 주행하는 위치 데이터가 그래픽으로 나타나는 것과 이동 로봇에 대한 동작 명령을 내렸을 경우 수행여부를 확인 하였다. 또한 로봇이 있는 원격지의 영상을 사용자가 볼 수 있도록 하였다.

감사의 글: 본 연구는 산업자원부의 지원에 의하여 기초전력연구원(2004-중-05) 주관으로 수행된 과제임.

[참 고 문 헌]

- [1] A. C. Weaver, "Monitoring and Control Using the Internet and Java", Industrial Electronics Society, IECON.VOL. 3, pp. 1152-1158, 1999
- [2] Y. Piguet and D. Gillet, "Java-based Remote Experimentation for Control Algorithms Prototyping," American Control Conference, Vol. 2, pp. 1465-1469, 1999.
- [3] A. Leleve, P. Frasse, P. Dauchez, and PF. Pierrot, "Modeling and simulation of Robotic Tasks Teleoperated through the Internet," IEEE/ASME Int. Conf. on Advanced Intelligent Mechatronics, pp. 299-304, 1999.
- [4] C.P. Young, W. L. Juang, and M. J. Devaney, "Real-time Intranet Controlled Virtual Instrument Multiple-circuit Power Monitoring," Instrumentation and Measurement Technology Conference, Vol. 2, pp. 673-677, 1999.
- [5] 주영훈, 김문환, 이호재, 박진배 "인터넷 기반 가상실험실의 구현" 한국 퍼지 및 지능시스템 학회 Vol 13, No. 4, pp. 448-454, 2003.