

# 지능형 로봇의 제어를 위한 인터넷 기반 가상 실험실 구축

## Establishment of the Internet-based Virtual Laboratory for Intelligent Robot Control

주영훈 · 조상균

Young Hoon Joo · Sang Gyun Jo

군산대학교 전자정보공학부

### 요 약

현재, 인터넷의 보급이 보편화되고 있다. 그래서 인터넷을 이용할 수 있는 기술과 장비가 개발되고 발전되어 가고 있다. 이러한 시대적 흐름을 공학 연구에서도 잘 이용할 수 있다. 언제 어디서나 인터넷을 쉽게 이용할 수 있다는 장점을 이용하여 수시로 지능형 로봇에 대한 실험과 그 결과를 얻을 수 있다. 뿐만 아니라 다른 실험장비에 대해서도 위와 같은 실험과 결과를 얻을 수 있다. 지능형 로봇은 제어 컴퓨터가 탑재 가능하여 랜 선의 제약을 받지 않는다. 다만 무선 인터넷이 가능한 공간에서만 실험 가능하다. 본 논문에서는 지능형 로봇에 탑재한 제어 컴퓨터(클라이언트)와 일반 컴퓨터(서버)구조를 가지며 다중 제어 인터페이스를 구현한다.

### Abstract

Currently, the supply of Internet have been generalized. The technique and the equipment using internet are developing. We can use Internet well in an engineering research such timex flows. we can obtain the result and experimentation about a intelligent robot used of advantage that easily use internet. And other equipment can obtain the above experiment and result. Intelligent robot do not be affected by a limitation of wireless because it can load a wireless LAN equipped computer. The experiment is possible in the space which a wireless internet is just possible. In this paper, Internet-based Virtual Laboratory was consisted of a intelligent robot which load control computer and a general computer. Internet-based Virtual Laboratory have a multi-interface.

Key words : 퍼지 추론, 보안 인증 자바 애플릿, 벽면 주행

## 1. 서 론

현재, 인터넷이 널리 보급되면서 네트워크 통신이 제어공학에도 많은 영향을 미치게 되었다. 1990년대 초의 인터넷의 보급 확산을 시발점으로 삼아 많은 이론적인 발전과 실제 구현 사례가 발표되었다. Weaver [1]와 Piguat [3]는 자바(java) 프로그래밍 언어를 사용하여 관측 시스템의 상황을 원격지로 전달하고 간단한 명령을 전송하는 시스템을 개발하였다. Leleve [2]는 인터넷을 통해 원격 조작되는 로봇 시스템의 전체적인 모델링을 연구, 이를 모의실험으로 검증 하였고 Young [4]은 인터넷을 통해 실시간으로 원격지의 제어 대상 시스템의 상황을 모니터링 하는 방법을 제안 하였다. 그러나 대부분의 연구 결과는 특정한 응용 분야를 대상으로 구축되어 일반적인 제어 이론의 실험 및 제어 공학 교육에의 활용이 용이치 않았다. 본 논문에서는 여러 제어 플랜트를 설정할 수 있고 그 특정 플랜트를 대상으로 여러 가지 제어 이론 및 퍼지 이론을 실험할 수 있는 환경을 구축한다. 그 중 본 논문에서 주요 제어 플랜트인 지능형 로봇은 이동이 가능하고 제어 컴퓨터가 탑재 가능하고 제어 컴퓨터는 무선 랜을 이용한다. 실제로 지능형 로봇에 필요한 제어 이론 및 여러 알고리즘을 적용하여 지능형 로봇을 제어하는 방법을 제안한다.

## 2. 본 론

### 2.1 가상 실험실의 전체 구조

그림 1은 가상 실험실의 전체 구조를 보여준다. 플랜트가 연결된 클라이언트 컴퓨터와 사용자 컴퓨터가 연결된 서버 컴퓨터는 인터넷으로 연결되어 있다. 사용자는 서버에 연결하여 플랜트를 제어하고 플랜트의 움직임을 그래픽으로 확인할 수 있다.

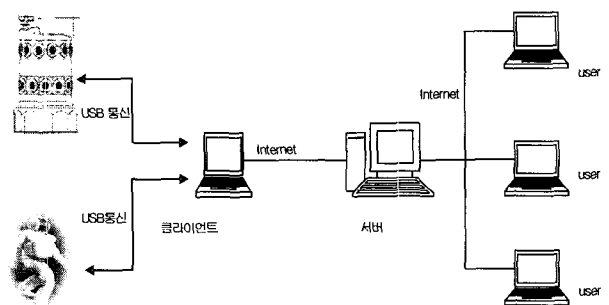


그림 1. 전체 시스템 구성도  
Fig. 1. Total system structure.

접수일자 : 2004년 4월 28일

완료일자 : 2004년 9월 15일

2.2 가상 실험실 시스템의 네트워크

인터넷에서 사용하는 통신 프로토콜에는 TCP/IP(Trans Control Protocol/Internet Protocol), UDP(User Datagram Protocol), FTP(File Transfer Protocol), HTTP(Hyper Text Transfer Protocol)등 여러 가지 방법이 있다. TCP/IP 는 인터넷상에서 가장 널리 사용되는 프로토콜이다. TCP/IP는 그 기반을 IP에 두고 있다. IP는 계층 3의 프로토콜로서 호스트에 대한 주소 체계와 데이터 패킷에 대한 라우팅을 담당하고 있다. IP는 데이터 링크에 위치하고 현재 사용되는 IP의 공식적인 버전은 IPv4이다. TCP는 IP의 상위에 존재하는 접속 기반 전송 프로토콜이다. TCP는 전송된 모든 데이터들이 전송된 순서대로 목적지 호스트의 애플리케이션 계층에 나타나도록 보장해준다. 이것이 본 논문에서 TCP를 사용하는 가장 큰 이유이다. UDP와 같은 방식은 TCP와는 다르게 지속적인 상태를 보장하지 않을 뿐 아니라, 체크섬과 같은 기본적인 기능 외에는 데이터의 무결성을 위한 기능들을 제공하지 않는다, 더불어 UDP에서는 네트워크의 과부하를 방지하는 기능을 제공하지 않으며 유실되는 패킷이 없이 모든 패킷이 전송되었는지도 보장해주지 않는다. 따라서 명령어 전송방식을 위해서는 TCP를 사용하는 것이 적합하다.

2.3 JAVA를 이용한 서버 프로그램.

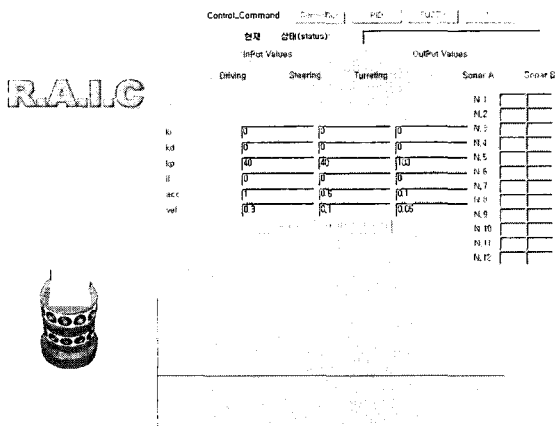


그림 2. Java applet으로 구현한 서버 응용 프로그램  
Fig. 2. Server application program which implements with a java applet.

Java applet를 이용한 서버 프로그램은 클라이언트와 통신하기 위한 소켓 통신 부분, 제어 파라미터를 전송하기 위한 전송 부분, 그리고 클라이언트로부터 전송받은 데이터를 표시하고 그래픽으로 처리 하는 부분, 지능형 로봇을 제어하기 위한 명령어를 전송하는 부분으로 나누어진다.

2.3.1 소켓 통신(Server socket)

서버 프로그램은 특정 포트로 클라이언트가 접속하기를 계속해서 기다린다. serverSocket.accept() 함수는 client가 접속할 때까지 program을 멈추겠다는 의도이다.

```
try{
    serverSocket=new ServerSocket(3000);
    textf1.setText("서버 소켓이 생성되었습니다");
} catch(IOException ei){
    textf1.setText("서버 소켓 생성 실패");
} catch(NullPointerException ne){
    textf1.setText("Nullpointerexception error");
}
try{
    textf1.setText("클라이언트 접속 대기중");
    while(true){
        Socket newSocket=serverSocket.accept();
        input=newDataInputStream(new
        BufferedInputStream(newSocket.getInputStream()));
        output=newOutputStreamWriter(new
        BufferedOutputStream(newSocket.getOutputStream()
        ));
        textf1.setText("클라이언트가접속했습니다")
        output.write(re);
        output.flush();
    } catch(IOException et){
        textf1.setText("클라이언트를 기다립니다");
    } catch(NullPointerException ie){
        textf1.setText("NullPointerException Error");
    }
}
```

소스코드 1. 서버 소켓 프로그램  
Source Code 1. Server Socket Program

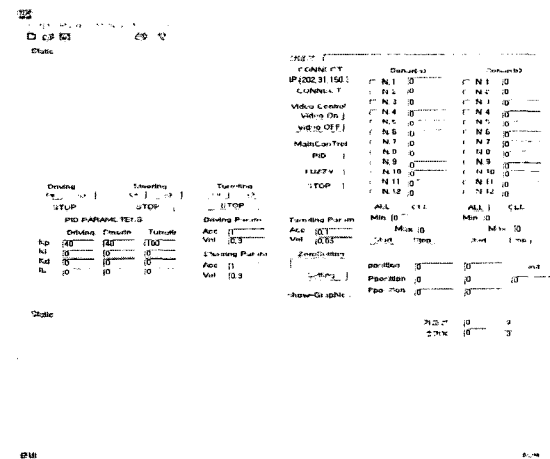


그림 3. 플랜트 제어 프로그램  
Fig. 3. Plant control program.

2.3.2 파라미터 송신 및 데이터 수신

파라미터 송신은 지능형 로봇의 제어를 필요한 각종 파라미터 값을 송신한다. 로봇을 제어하기 위해서 사용자가 자신이 개발한 제어 이득을 파라미터 송신을 통하여 플랜트 제어 응용 프로그램에 제어 이득을 전달하고 이 파라미터들을 이용하여 실제 로봇을 움직이고, 로봇의 움직임을 확인할 수 있다. 로봇의 움직임이나 시스템의 결과는 플랜트 제어 응용 프로그램에서 얻은 데이터 값을 수신함으로써 알 수 있다.

2.3.3 수신된 데이터의 그래픽 처리

센서를 이용한 지능형 로봇의 주행 알고리즘에서 수신된 데이터를 이용하여 로봇과 장애물이나 벽면과의 거리를 실시간으로 그래프로 나타낼 수 있다. 또한 로봇의 진행 방향이나 알고리즘이 잘 적용되는지도 확인 할 수 있다

2.4 제어 플랜트의 구조

지능형 로봇은 동기식 바퀴를 이용한 이동 가능한 로봇이다. 그리고 화상 카메라를 이용하여 전방의 영상을 볼 수 있으며, 24개의 초음파 센서를 이용하여 장애물 회피 및 주행 알고리즘 구현이 가능하다.

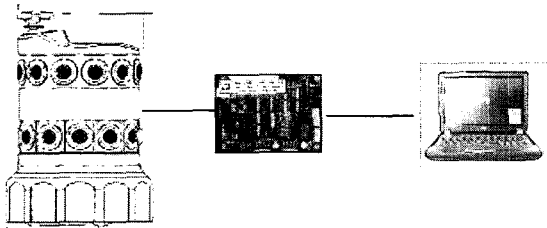


그림 4. 플랜트 구성도  
Fig. 4. Structure of plant

2.5 플랜트 제어를 위한 응용프로그램

플랜트 제어 응용 프로그램 지능형 로봇을 제어하기 위한 기본적인 명령을 제어하는 부분, 센서를 테스트하고 센서의 값을 읽는 부분, 지능형 로봇의 영상을 캡처하는 부분, 서버에 접속하기 위한 소켓 통신 부분, 그리고 서버로부터 수신된 파라미터를 나타내는 부분으로 나누어진다.

2.5.1 화상 캡을 이용한 영상 캡처

MFC(Microsoft Foundation Class)에서 지원하는 VFW(Video For Window)를 이용하여 초당 20 frame의 속도로 화면을 캡처할 수 있다. 영상을 이용하여 로봇의 시야나 로봇이 주변 환경을 알 수 있다.

2.5.2 클라이언트 소켓 통신

클라이언트는 서버가 열어 놓은 특정 포트의 소켓 통신을 한다. 이를 위해 클라이언트 소켓이 필요하다.

```
lstrcpy((LPSTR)temp,(LPSTR)m_strip.operator
const char*());
m_pClientSocket->Create();
m_pClientSocket->Connect(temp,3000);
```

소스 코드 2. 클라이언트 소켓 프로그램  
Source Code 2. Client Socket Program

클라이언트 소켓은 ip주소와 포트를 설정하여 서버에 접속할 준비를 한다.

2.5.3 기본적인 명령 수행

제어 플랜트는 Hanuri-rs 이동 로봇으로 기본적인 동작은 PID제어를 이용한 DRIVING, STEERING TUREET 등으로 로봇이 전진하거 후진 또는 움직이면서 방향을 전환할 수

있다. 또한 로봇의 시야를 넓힐 수 있는 회전도 할 수 있다.

2.5.4 센서 데이터

지능형 로봇에 부착된 센서를 테스트하고, 센서를 이용한 알고리즘 적용 시 센서와 장애물이나 벽면과의 거리를 나타낸다. 여기에서 읽어 들인 센서 값은 사용자가 볼 수 있도록 서버 쪽으로 전송된다.

2.5.5 제어에 필요한 파라미터 값 수신

사용자에 의해 서버로부터 전송된 제어 파라미터 값을 수신하고 나타내며 로봇에 적용되는 여러 가지 제어 이론이나 퍼지 제어에 이용된다. 사용자는 이 파라미터 값을 변경하여 새로운 제어 이득의 우수성을 실험할 수 있다.

2.5.6 사용자가 도입한 여러 가지의 제어 기법 실행

사용자가 지능형 로봇에 적용시키는 여러 가지 제어 이론 및 퍼지 제어 대한 명령을 수행한다. 본 논문에서는 PID제어 이론과 퍼지 주행 알고리즘을 실행한다.

2.6 보안 인증

Java applet이 어떤 곳에서도 다운로드가 가능하고 클라이언트 시스템에서 실행된다는 사실은, applet이 시스템에 손실을 입히거나 보안을 해칠 수 있다. 이것을 방지하기 위해 엄격한 제한을 두지 않으면 안 된다. 다음은 그 제한 사항이다.

- 1) 특수한 디렉토리를 제외하고는 applet은 파일 시스템을 읽거나 쓸 수 없다.
- 2) Applet은 원래 applet을 저장하고 있었던 서버가 아닌 다른 서버와는 통신을 하지 않는다.
- 3) Applet은 파일 시스템에 있는 어떤 프로그램도 실행할 수 없다.

본 연구에서 개발된 가상 실험실은 애플릿 프로그램을 이용한 소켓통신을 수행하므로, 위의 두 번째 항에 의해서 제한을 받아 구현이 난해하다. 그러나 본 연구에서는 인증 애플릿을 이용하여 이 문제를 해결하였다. 인증 애플릿은 정책 파일과 서명을 함께 애플릿과 제시함으로써 보안 인증을 받는 방법이다. 인증된 애플릿이 실행되기 위해서는 최종사용자의 허가가 있어야한다. 다음 그림은 허가를 받기 위한 보안 경고 메시지이다. 신뢰성 있는 인증을 받기 위해서는 국제 인증기관에 인증허가를 받아야한다.

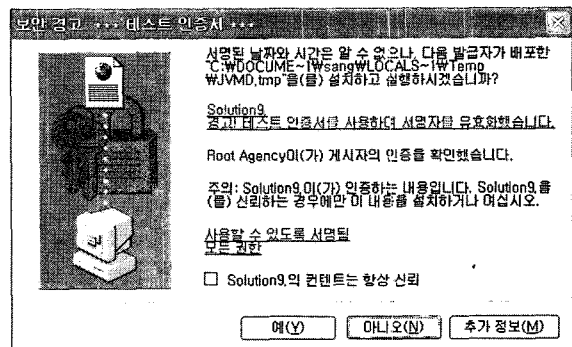


그림 5. 보안 인증  
Fig. 5. Security certification.

### 3. 가상 실험실 구축

본 연구는 지능형 로봇을 가상 실험실에서 활용 가능한 실험 장치로 도입하였다. 가상 실험실의 사용자는 새롭게 개발된 제어이득을 입력함으로써 자신이 개발된 제어 이론을 실험을 통해서 평가할 수 있다.

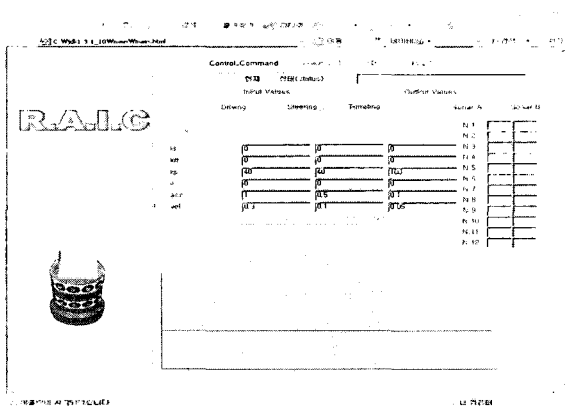


그림 6. 지능형 로봇 제어 웹 페이지  
Fig. 6. Intelligence robot control Web page.

서버는 일반적인 웹 서버를 이용하였다. 그림 6은 지능형 로봇을 제어하기 위한 명령 웹 페이지이다. 사용자는 이 웹 페이지 상에서 이동 로봇을 제어하고 이동 로봇에서 전송 받은 센서 데이터 및 로봇의 위치를 그래픽으로 확인하고, 이동 로봇의 동작 명령들을 이동 로봇에 전송한다.

### 4. 실험 및 고찰

본 논문에서는 실제로 퍼지 제어 이론을 이용하여 이동 로봇이 벽면과 일정한 거리를 유지하여 이동하는 실험을 하였다. 벽면 주행 알고리즘에서 필요한 입력들은 진행 방향 ( $\theta$ )와 초음파 센서로 측정된 벽과의 거리(dif)가 있다. 진행 방향은 내계 센서인 엔코더를 이용하여 측정하였다. 벽면 주행을 제어 목적은 이동 로봇이 벽과 일정한 간격을 유지하며 주행하도록 하는 것이다. 이때 가장 중요한 것은 이동 로봇이 기준선으로 얼마나 빨리, 유연하게 수렴해서 주행하느냐 하는 것이다. 이동 로봇의 경우 전문가의 경험, 지식에 의거한 방법을 사용했으며 퍼지 제어 규칙의 구조는 위치와 방향으로부터 결정되는 로봇의 상태를 조향하는 각도를 결정하는 것이다. 퍼지제어 규칙을 위한 입력 변수는 진행 방향( $\theta$ )와 거리차(dif)이고 출력변수는 로봇의 조향각(pi)이다. 제어 규칙의 형식으로는 Mamdani가 최초로 응용한 추론법을 사용하였으며 이는 퍼지 관계의 합성 법칙에 의거한다. 그리고 비퍼지화는 무게 중심법을 사용하였다.

퍼지 변수 dif와  $\theta$  및 pi는 연속형의 변수이므로 계산이 편한 삼각형 모델의 멤버십 함수를 사용였다.

표 1은 본 논문에서 사용한 퍼지 추론 규칙을 보여주고, 그림 7, 8, 9는 입출력 변수의 멤버십 함수이다.

표 1. 제어 규칙 테이블  
Table 1. Control rule table.

|              |    | 진행 방향( $\theta$ ) |    |    |    |    |
|--------------|----|-------------------|----|----|----|----|
|              |    | NB                | NS | ZZ | PS | PB |
| 거리차<br>(dif) | NB | PB                | PB | PS | ZO | NS |
|              | NS | PB                | PM | PS | ZO | NM |
|              | ZZ | PB                | PS | ZO | NS | NB |
|              | PS | PB                | ZO | NS | NM | NB |
|              | PB | PS                | ZO | NS | NB | NB |

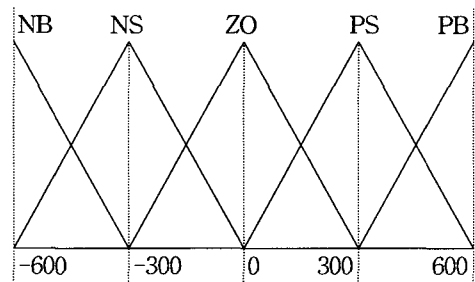


그림 7. 거리차(dif)의 멤버십 함수  
Fig. 7. Membership function of dif

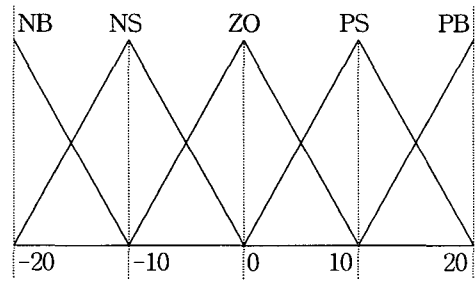


그림 8. 진행방향( $\theta$ )의 멤버십 함수  
Fig. 8. Membership function of  $\theta$

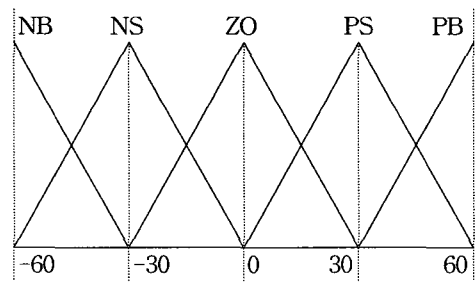


그림 9. 조향각(pi)의 멤버십 함수  
Fig. 9. A membership function of pi

본 논문에서는 그림 9 보여준 규칙과 멤버십 함수를 실험에 이용하였다.

그림 10은 앞에서 설명한 퍼지 이론을 이용하여 실제 로봇이 이동하는 모습을 그래픽으로 보여주고 있다. 그림에서 보여지는 원은 로봇을 나타내고 로봇이 기준선에 빠르고 유연하게 수렴하는 것을 보여주고 있다.

그림 11은 플랜트 제어 프로그램에서 얻어지는 데이터, 로

봇의 진행 방향과 이동 거리 벽과의 거리 등을 전송 받아서 그래픽으로 나타내는 것을 보여주고 있다. 로봇을 나타내는 원이 그림 11과 같이 기준선에 빠르고 유연하게 수렴하는 것을 보여주고 있다.

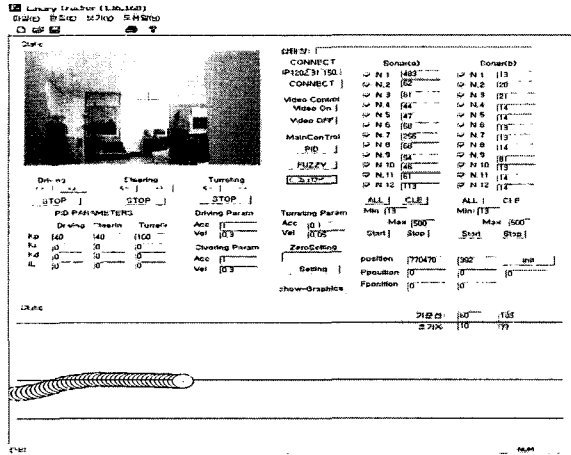


그림 10. 플랜트 제어 프로그램  
Fig. 10. Plant control program

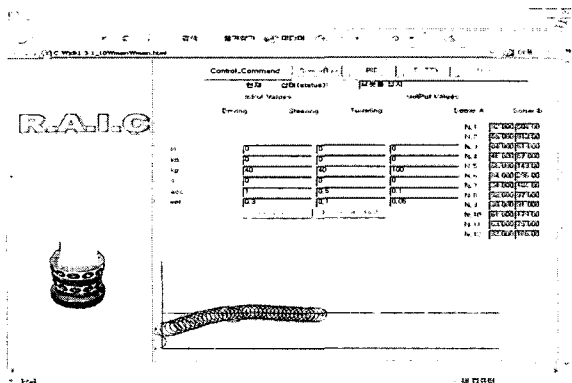


그림 11. 서버 응용 프로그램  
Fig. 11. Server application program.

#### 4. 결 론

본 논문에서는 지능형 로봇을 위한 가상 실험실을 구축하였다. 구축된 가상 실험실을 통하여 센서 데이터 및 로봇의 위치 데이터가 그래픽으로 나타나는 것과 이동 로봇의 동작 명령들의 수행 여부를 확인하였다. 그리고 퍼지 제어를 이용하여 로봇이 실제로 구동되는지를 실험하였다. 그림 11에서 이동 로봇이 실제로 움직이는 모습을 그래픽으로 표현하였다. 향후 과제로는 여러 플랜트를 제어하기 위한 실험실을 구축하며 지능형 로봇으로부터 전송되는 영상을 원격 지에서도 볼 수 있도록 하여 로봇의 상황을 좀더 잘 알 수 있도록 할 것이며, 지능형 로봇의 여러 알고리즘을 개발할 것이다.

#### 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] A. Leleve, P. Fraisse, P. Dauchez, and P.F. Pierrot, "Modeling and Simulation of Robotic Tasks Teleoperated through the Internet," IEEE/ASME Int. Conf. on Advanced Intelligent Mechatronics, pp. 299-304, 1999.
- [3] Y. Piguat and D. Gillet, "Java-based Remote Experimentation for Control Algorithms Prototyping," American Control Conference, Vol. 2, pp. 1465-1469, 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 가상 실험실" 한국 퍼지 및 지능시스템 학회 vol 13, No 4, pp.448-454, 2003

#### 저 자 소 개



주영훈(Young Hoon Joo)  
2004년 8월호(14권 5호) 참조



조상균(Sang Gyun Jo)  
2004년 : 군산대 전자정보공학부 졸업.  
2004년~현재 동 대학원 전기전제제어 공학부 석사과정

관심분야 : 퍼지 이론, 신경 회로망, 이동 로봇, 임베디드 시스템

Phone : 063-469-4706  
Fax : 063-469-4706  
E-mail : sangkyun0101@hanmail.net