

# 인터넷을 이용한 원격 계측 및 제어 기술

곽 문 규\*

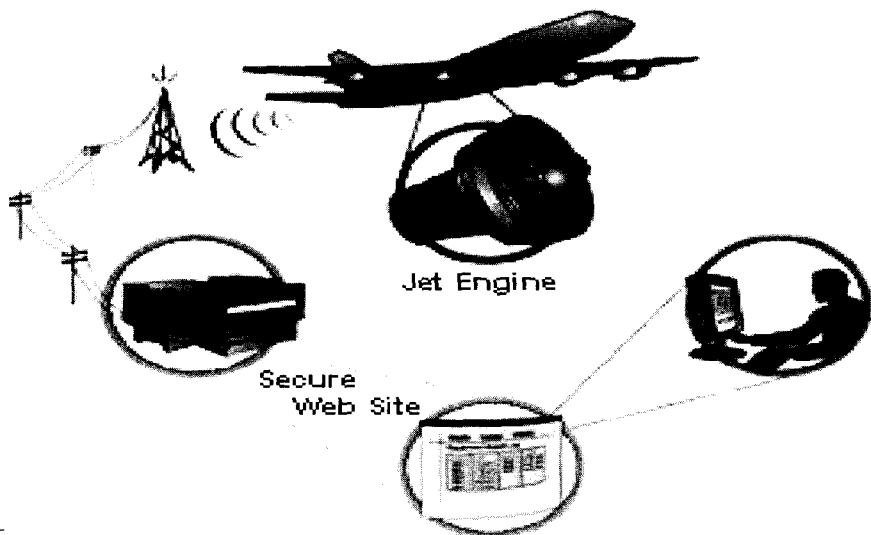
(동국대학교 기계공학과)

## 1. 머리말

예를 들어보자. 비행중인 비행기의 날개에 센서들을 연결하고 센서 신호들을 서버에 송신하고, 연구원은 네트워크를 통해 이 데이터에 실시간으로 접근하여 비행기의 상태를 점검한다. 그림 1은 이런 개념을 보여주는 그림이다.

또 다른 예들을 들어보자. 서울 본사의 엔

지니어가 중국의 공장에 설치된 액추에이터에 사용되는 퍼지로지 제어 알고리즘을 자바 애플릿을 이용해 조정한다. 경부고속도로를 주행하고 있는 트레일러 자동차에서 온도와 압력에 관한 문제점이 발생하면 자동차에 설치된 시스템이 이를 본사에 송신해 조치한다. 학생들이 집에서 학교에 설치된 실험 장치에 홈페이지를 통해 접근하여 실험을 수행하고 보고서를 이메일로 처리한다. 이런 일들이 단지 꿈은 아니며 최근 실제로



\* 본지 편집위원

E-mail : kwakm@dgu.ac.kr

그림 1 원격 항공기 검치 시스템 개념도

이와 비슷한 시스템이 인터넷의 발달로 등장하고 있다.

인터넷의 발달은 새로운 용어인 웹(web)이라는 말을 등장시켰다. 웹은 네트워크를 이용해 데이터를 전달하고 여러 시스템들을 연결하는 새로운 기술을 표현하는데 사용되고 있다. 이러한 웹의 특성을 이용하면 실험 결과, 정보 또는 각 연구 부서의 여러 장비들을 공유할 수 있어 기존의 공학 분야와 IT가 결합된 새로운 학문 분야가 형성될 수 있다. 이미 웹의 특성을 이용해 생산성을 높이는 방안이 속속 등장하고 있는데 전자상거래, 웹기반 솔루션 등을 예로 들 수 있다. 기존의 전통적인 공학분야, 특히 기계공학 같은 분야는 이러한 신기술을 받아들이는데 어려움을 느끼고 있는데 그 원인은 무엇보다도 웹 기반으로 전환하기 위한 IT 기술을 제대로 이해하지 못하기 때문인 것으로 보인다.

인터넷이란 매체를 산업현장과 연결하여 이용하면 어떤 장소에 설치된 장비에 쉽게 접근할 수 있는 길이 열리게 된다. 그러나 소음 및 진동 시험을 예로 들면 아직까지 우리는 현장에 엔지니어가 파견되어 소음 또는 진동을 계측장비를 이용해 계측하고 이 데이터를 연구소로 가지고 와 분석하는 방식을 취하고 있다. 앞으로 이런 활동들은 조만간 웹기반으로 전환될 것이고 그렇다면 지금과는 전혀 다른 방식으로 원격 계측 및 제어가 이루어질 수 있다. 원격 계측 및 제어가 가능해지면 공학교육 측면에서 학생들이 실험실의 장비를 원격으로 접근하여 실험을 수행할 수 있는 길이 열리게 된다.<sup>(1-5)</sup> 이미 MIT에서는 이런 가능성에 대해 현재

프로젝트를 수행하고 있는데 i-Lab<sup>(6)</sup>이라는 과학과 공학 교육을 위한 새로운 프레임워크의 개발을 목표로 다양한 원격 실험 프로젝트<sup>(7)</sup>를 시험 가동하고 있다. i-Lab의 최종 목표는 언제 어디서든지 실시간으로 원격 실험을 web상에서 할 수 있도록 하는 것이다.

소음 및 진동을 원격으로 계측하는 것은 하드웨어 보다도 소프트웨어적인 측면이 강하다. 따라서 소음 및 진동 분야의 엔지니어들이 통신 소프트웨어 프로그래밍 기술을 습득하여 독자적으로 원격 계측 및 제어 시스템을 구현한다는 것 자체가 어렵게 느껴지고 있다. 또한 이런 시스템을 외주 형태로 제작할 경우 시스템 구축비용이 만만치 않음을 경험으로 알고 있다. 결국 소음 및 진동 분야의 엔지니어들이 정보 통신 기술을 습득하여 이 분야의 특성에 맞는 프로그램을 개발하는 것이 어렵지만 가장 좋은 방법이라고 말할 수 있다.

최근의 정보 통신 기술의 발달은 많은 사용자들이 보다 손쉽게 웹 프로그래밍을 할 수 있는 방향으로 프로그래밍 언어를 개선시키고 있다. 최근에 개발된 JAVA 같은 언어는 아직은 엔지니어들이 사용하고 있지 않지만 강력한 웹기반 프로그래밍 언어로 점차 그 영역을 넓혀가고 있다. 또한 초고속 인터넷망의 확산은 결과적으로 네트워크 사용 비용의 절감을 가져왔다. 따라서 우리가 원하는 원격 계측 및 제어 시스템을 좀더 저렴하고 쉽게 구현할 수 있다고 말할 수 있다.

그 동안의 연구 결과를 살펴보면 인터넷을 이용한 원격 계측 시스템의 구축은 현장

의 진동을 원거리에서 계측할 수 있을 뿐만 아니라 기타 다른 계측기기의 제어도 가능한 것을 알 수 있다. 따라서 공과대학의 실험실습 기기를 학생들이 학교의 실험실습실에 오지 않고도 실험할 수 있는 실험실습 환경의 구축도 가능함을 확인할 수 있었다. 이러한 방법을 사용하면 계측 및 실험실습의 궁극적인 교육 목적인 이론적인 내용을 계측 및 실험을 통하여 그 개념을 이해하고 실습을 통해서는 현장 적응력을 높이는 교육매체로도 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

본고에서는 웹 프로그래밍 및 원격 계측 시스템 구축에 생소한 엔지니어들에게 기술 동향과 소음 및 진동 계측 분야와 IT 분야의 접목 방법을 소개하고자 한다.

## 2. 인터넷 기술의 이해

인터넷 기술을 이해하려면 먼저 클라이언트와 서버의 역할에 대해 이해하여야 한다. 클라이언트는 서비스를 제공하는 서버에게 어떤 요청을 하거나 서비스를 받는 사용자를 의미한다. 웹 브라우저와 웹 서버를 고려해 보자. 브라우저 윈도우에서 URL 주소를 치면 클라이언트가 웹서버에 페이지를 보내 달라고 요청하는 것과 같다. 서버는 클라이언트에게 HTML 페이지를 제공하면 브라우저는 이 페이지를 번역하여 클라이언트의 컴퓨터에 보여주게 된다.

서버를 구축하여 시험 데이터를 송신하게 될 경우, 다음과 같은 점들을 고려해야 한다. 클라이언트가 하나 이상인가? 다수의 클라이언트가 동시에 접속할 가능성이 있는가? 각각의 클라이언트를 다르게 취급해야

하는가? 가장 간단한 서버 구동은 한번에 한 명의 클라이언트에게 데이터를 제공하는 것이 될 것이다. 만일 여러명의 클라이언트를 상대해야 한다면 서버는 서비스 요청을 지속적으로 청취하고 있다가 데이터를 요청한 클라이언트 모두에게 응답하는 형태가 된다. 이런 형태의 서비스를 first-come-first-serve(first in first out... FIFO)라고 부른다.

서버는 클라이언트와 서버 프로그램간의 통신 규약을 설정한다. 잘 만들어진 인터페이스는 메시지를 어떻게 보내는지, 메시지 지원 방식, 각각의 메시지에 대한 클라이언트의 응답 방법 등을 포함한다. 그림 2는 원격 온도 계측을 위한 클라이언트-서버 프로그램의 운용 예를 보여주고 있다.

클라이언트-서버 프로그램을 작성한다는 것은 일반 엔지니어에게 매우 어려운 작업으로 여겨질 수 있다. 왜냐하면 웹상에서 이루어지는 입출력은 모두 통신 프로토콜을 이용하기 때문이다. 그러나 최근에 개발되는 프로그래밍 언어들은 이와 같은 문제를 좀

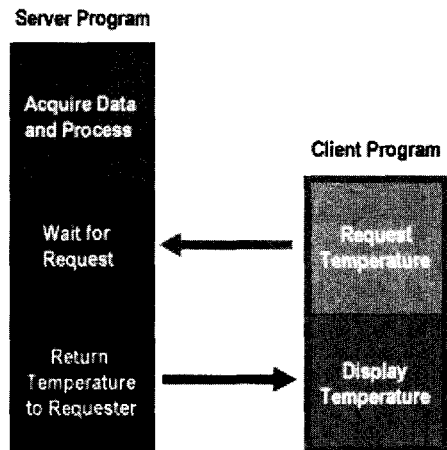


그림 2 서버-클라이언트 상호 작용

더 쉽게 해결할 수 있는 방안을 제공하고 있다.

웹 기반 응용 프로그램들을 개발하는데 있어 반드시 알아두어야 하는 사항 중 하나가 정보의 유출을 막는 파이어월(firewall) 기술이다. 계측한 센서 신호가 민감한 데이터라면 보안에 신경을 써야한다.

### 3. 원격 계측 및 제어 시스템의 구현

원격 계측 및 제어 시스템을 가장 쉽게 구현할 수 있는 방법은 현재 제공되고 있는 전용 소프트웨어를 사용하는 것이다. National Instrument 사의 LabView는 이런 기능을 포함하고 있어 사용자가 쉽게 원격 계측 및 제어를 실행할 수 있다. LabView와 GPIB (general purpose interface bus- IEEE488) 장비를 이용한 전형적인 원격계측 시스템이 그림 3에 보여지고 있다.

이런 시스템을 구현하려면 무엇보다도 계측 장비가 GPIB를 지원해야 한다. 그리고 고가의 LabView 소프트웨어를 구입해야 한다는 단점이 있다. 그렇지만 LabView가 지원하는 다양한 형태의 CGI(common

gateway interface)로 인해 단시일내에 원격 계측 시스템을 구현할 수 있다. JAVA applet을 이용해 CGI를 구축할 수 있다. GPIB 기능을 가지고 있는 오실로스코프, 멀티미터, 함수발생기, FFT 신호분석기 등을 이용하면 여러 가지 실험을 구현할 수 있다.

원격 계측 시스템을 구현하는 경우, 실시간 주식 시장의 변동을 실시간으로 보여주는 스트림 방식을 이용할 것인지, 아니면 일정시간의 데이터를 화면에 후처리 방식으로 보여줄 것인지에 대해서 결정해야 한다. 진동계측과 같이 아주 짧은 시간에 걸쳐 계측되는 신호는 스트림 방식보다 일정시간의 데이터를 간헐적으로 수신하는 방식이 바람직할 것으로 보인다. 또한 센서에서 계측된 신호를 바로 사용자에게 전달할 것인지 아니면 계측된 신호를 처리한 결과, 즉 power spectral density 곡선 같은 것을 전달할 수도 있다. 이것은 곧 서버에게 1차 신호 처리 역할을 담당하게 하는 것과 같다.

LabView 같은 상용소프트웨어를 사용하지 않는 경우, 통신 프로그램을 직접 작성해야하는데 먼저 데이터 획득(DAQ) 보드나 장비로부터 전달받은 신호를 서버가 TCP/IP(transmission control protocol/ internet protocol) 또는 UDP(user datagram protocol)를 이용해 인터넷으로 데이터를 전달할 수 있도록 만들어야 한다. 대부분의 네트워크는 Ethernet을 기반으로 하고 있으며 DAQ 장비의 데이터를 Ethernet 포맷에 맞추어 송신하는 것이 바람직한데 인터페이스 모듈을 이용해 쉽게 이 문제를 해결할 수 있다. 최근에는 GPIB를 Ethernet으로 직접

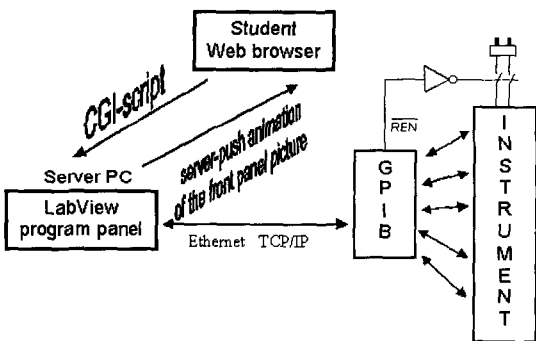


그림 3 LabView와 GPIB를 이용한 원격 계측기 시스템

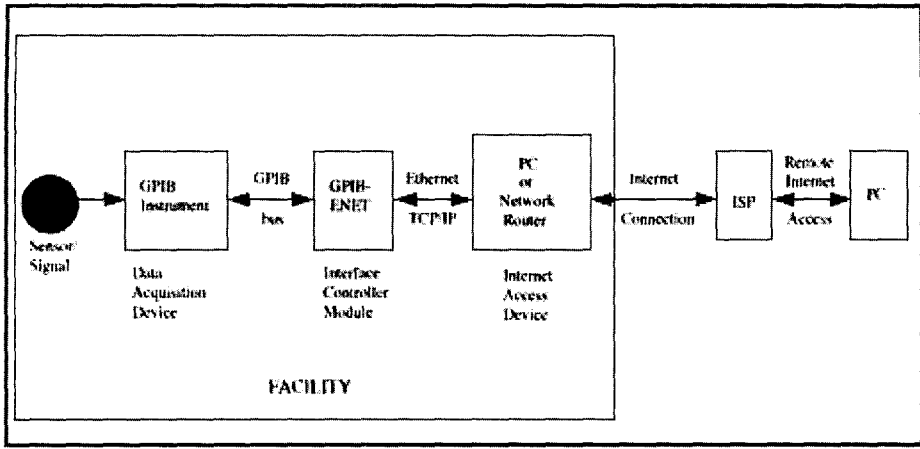


그림 5 GPIB와 Ethernet 연결

변환할 수 있는 장비들이 선보이고 있다. National Instruments 사의 GPIB-ENET controller module 과 Hewlett-Packard 사의 LAN-HPIB 장비가 대표적이다. 이 장비들을 사용하면 GPIB 장비를 인터넷을 통해 조정할 수 있다. 그 외에 Keithley Instruments사의 SmartLink 장비는 Ethernet Interface를 옵션으로 제공하고 있다. 그림 4는 GPIB 장비에 PC를 연결하고 PC가 계측한 정보를 인터넷을 통해 전달하는 흐름도를 보여주고 있다.

WWW 브라우저의 사용 증가와 JAVA 프로그래밍 언어의 등장은 차후 원격 계측에 영향을 줄 것이다. 브라우저는 사용자에게 그래픽 사용자 인터페이스 (GUI)를 제공하며 기능을 네트워크를 통해 분산시킬 수 있는 JAVA 언어에 의해 그 용도가 더욱 다양화되고 있다. JAVA를 이용해 웹페이지에 애니메이션을 첨가한다거나 클라이언트 응용 프로그램을 좀더 포터블 형태로 만들고 있지만 자바는 소형의 embedded 시스템에 유용한 OOL(object-oriented language)

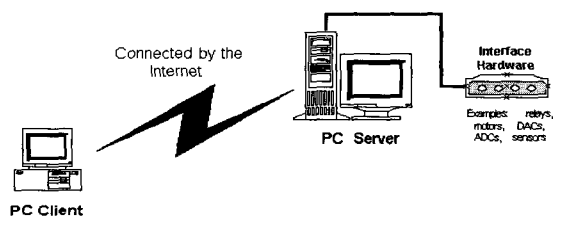


그림 5 인터넷을 이용한 원격 제어

이며 네트워크 기능(TCP/IP)을 내장하고 있어 응용 프로그램들 간의 통신에 적합하다. 이런 기능을 이용해 원격 계측 및 제어에 JAVA 언어의 사용이 증가하고 있다.

JAVA 언어가 어렵게 느껴지는 사용자는 Visual Basic을 이용해 원격 계측 환경을 구축할 수도 있다. 그림 5는 Visual Basic과 TCP/IP를 이용해 원격 계측 및 제어 시스템을 구현하는 흐름도를 보여주고 있다.<sup>(8)</sup> 참고로 Visual Basic은 TCP/IP를 아주 쉽게 해결할 수 있는 방법을 제공하고 있다.

위에서 소개한 시스템들은 GPIB 신호를 서버에서 받아 처리하거나 아니면 전용 장비를 사용하고 있다. 최근에는 웹 기능을 센서에 포함시킨 지능 센서(smart sensor)가

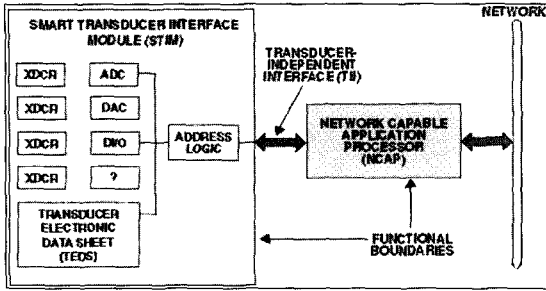


그림 6 지능 계측 센서 연결 방법

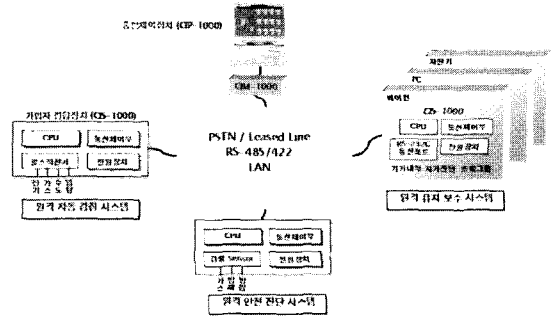


그림 8 인터넷을 이용한 원격 점검 시스템

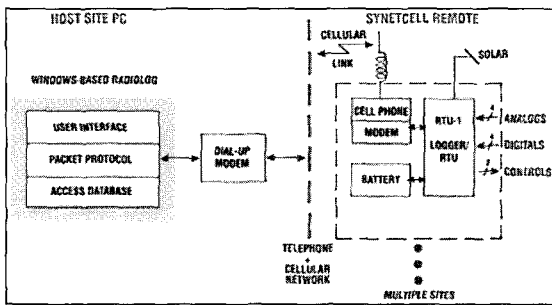


그림 7 다이얼업 모뎀을 이용한 계측

등장했는데 이 센서는 네트워크에 직접 연결하여 사용할 수 있는 센서이다. 그러나 네트워크 통신 프로토콜이 아직 통일되지 않아 활성화되고 있지는 않다. 그림 6은 이런 지능 센서의 개념을 보여주는 그림이다.

무선 인터넷과 셀룰라폰과 같은 무선 통신 환경의 발달은 원격 계측 및 제어 기술을 더욱 성숙시키고 있는데 그림 7은 다이얼업 모뎀을 이용해 원격 시스템에 접근하는 방법을 보여주고 있다.

웹을 이용하면 원격 감시 시스템을 구축하는 것도 어렵지 않다. 그림 8은 원격점검 시스템, 원격안전진단시스템, 원격유지보수 시스템을 인터넷을 이용해 어떻게 구성하는지 보여주고 있다.

실험실의 계측 장비 데이터나 공정을 원격 감시하는 것이 인터넷을 이용한 응용의 사례만은 아니다. 인터넷을 이용하면 세계 어느 곳에서든지 데이터를 살펴볼 수 있다. 따라서 시간과 비용을 절감할 수 있으며 점검 장소를 직접 방문할 필요도 없어지게 된다. 여러 곳에 분산된 제조 공장들을 중앙에서 감시할 수 있어 제품의 질을 직접 제어할 수 있게 된다. 또한 다양한 실험 장비를 공유할 수 있는 시스템이 구성되어 엔지니어와 과학자들에게 공유의 장을 제공할 수 있다.

#### 4. 원격 계측 및 제어 실험

동국대학교 기계공학과와 의 능구조물 실험실에서는 구조물의 진동을 원격으로 계측하고 제어하는 방법을 연구해오고 있다. 이를 위해 DAQ 보드와 GPIB 카드를 PC에 장착하고 이를 원격으로 제어하여 진동 계측을 시도하였다. DAQ 보드는 ACL-8112DG 제품을 사용하였으며 계측 장비의 제어를 위하여 기본적으로 IEEE 488이 지원되고 IEEE 488.1 및 IEEE 488.2와 호환

# 특 집 인터넷을 이용한 진동/소음 관련 기술

되며 DOS 및 Windows 프로그램이 가능한 GPIB(HP-IB) 카드를 구입하여 사용하였다.

원격 계측의 타당성을 조사하기 위하여 두가지 실험이 수행되었는데, 첫번째 실험은 DAQ보드, 가진기, piezo 감지기, 보구조물로 그림 9와 같이 구성되었다.

그림 10은 외팔보를 가진시키기 위한 shaker를 보여주고 있다.

호출기에 사용하는 편심모터를 사용하여 외팔보를 가진시키고, 압전감지기를 사용하여 진동을 계측하였다. ACL-8112DG 보드에 사용되는 DLL 파일을 이용하여 C 프로그램을 작성하고 이 C 프로그램과 웹프로그램을 연동하여 데이터를 획득하였다. 본 연

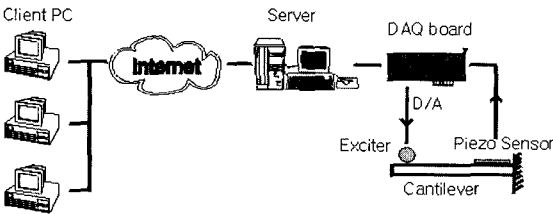


그림 9 원격 진동 계측 시스템

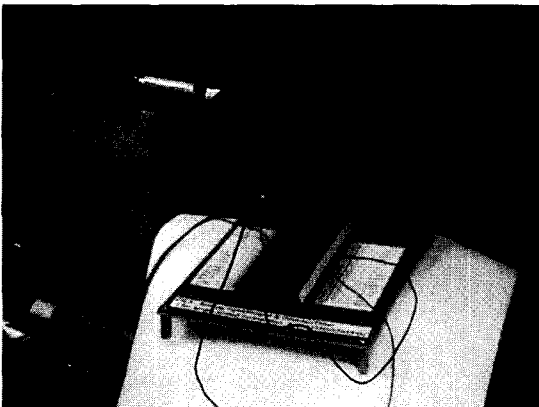


그림 10 원격 진동계측을 위한 가진기

구진이 개발한 원격 진동 계측시스템을 구동한 결과가 그림 11과 같다. 이 HTML 파일에서 실행을 클릭했을 경우 원격 계측 프로그램이 구동되어 가진기를 구동시키고 압전감지기의 신호를 받아 그래프로 보여지게 된다.

두 번째 실험은 DAQ 보드, GPIB 카드, 함수 발생기, 회로판에 설치한 저주파수통과 필터회로로 그림 12와 같이 구성되었다. 이 실험은 고가의 FFT 장비와 같이 GPIB를 지원하는 계측장비를 원격으로 제어하여 분석할 수 있는 환경을 시험하기 위해서 구축

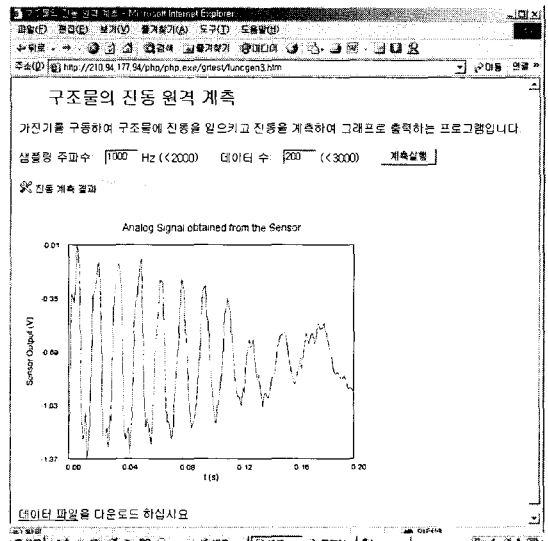


그림 11 원격 진동계측 시스템 홈페이지 출력

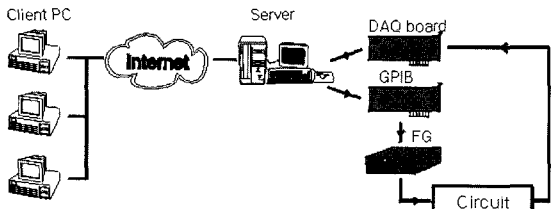


그림 12 원격 GPIB 계측 시스템

되었는데 함수발생기의 출력이 회로에 연결되고 회로의 출력이 A/D에 연결되었다. 또한 디지털 출력을 이용해 LED를 점등하는 실험장치도 추가하였다. 그림 12와 13은 GPIB 보드, DAQ 보드, 함수 발생기, 저주파 통과 필터 회로 등이 연결된 시스템을 보여주고 있다.

그림 14는 저주파수 통과 필터 회로에 특정한 입력파를 주었을 경우 그 출력이 어떻

게 되는지 보여주고 있다. 아래 그림에서는 20 Hz, 2 Vpp의 사각파를 입력했을 경우의 회로 출력을 보여주고 있다. 저주파수 통과 필터의 특성으로 인해 사각파에 변형이 일어났음을 알 수 있다. 사용한 A/D, D/A보드가 Multiplex 방식으로 데이터를 수집하기 때문에 입출력을 동시에 보여주는 곤란하다.

### 5. 토의 및 결론

본고에서는 구조물의 진동 또는 소음을 인터넷 상에서 원격으로 계측하는 경우에 시스템을 어떻게 구성해야하는지 개략적으로 소개하였다. 인터넷 기술과 현재 개발된 시스템들의 특성을 간략하게나마 살펴보았다. 마지막으로 본 연구진이 그 동안 수행해온 원격 계측 및 제어 시스템을 소개하고 그 결과를 소개하였다.

소개한 바와 같이 초고속 인터넷망의 구축과 웹 프로그래밍 언어의 개발은 어렵게만 느껴졌던 원격 계측 및 제어 시스템 구축을 쉽게 구현할 수 있는 길을 열어놓았음을 알 수 있다. 그러나 서버 프로그램과 클라이언트 프로그램을 소음 및 진동 엔지니어들이 개발하기에는 아직 어려움이 많을 것으로 보인다.

본 연구진은 그 동안 원격 계측 및 제어 시스템의 구현을 위해 다양한 장비와 웹 프로그래밍 언어에 대한 연구를 수행해오고 있다. 본고에서는 그 중 비교적 간단하게 구현할 수 있는 원격 계측 및 제어 시스템으로 GPIB 보드, GPIB 기능을 내장한 계측 장비, DAQ 보드, 가진기와 센서가 부착된

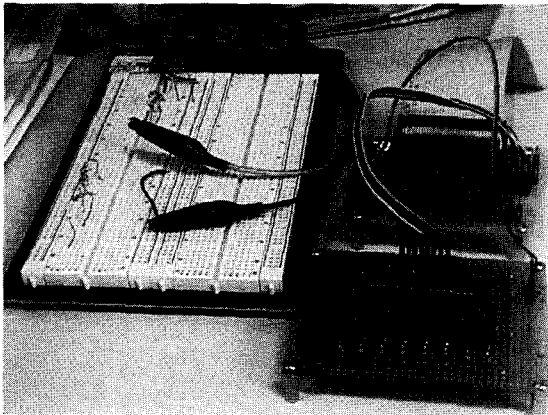


그림 13 저주파 통과 필터 원격 실험과 LED 원격 제어

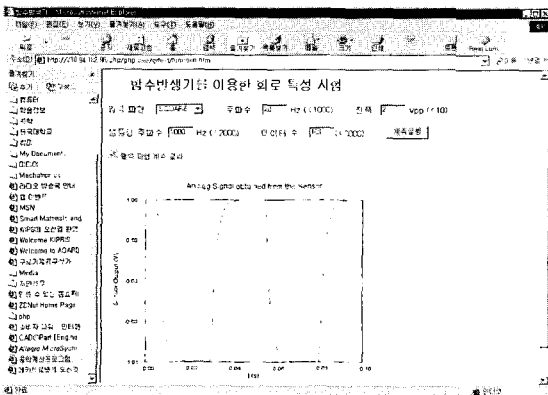


그림 14 저주파 통과 필터 원격 실험 홈페이지 출력



외팔보, 저주파 통과 필터 회로를 이용해 원격 진동계측을 손쉽게 구축할 수 있음을 입증하였다. 또한 원격 계측 데모는 <http://210.94.177.97>의 원격계측 항목에서 실행해 볼 수 있다. 향후 좀더 실제 상황을 원격으로 계측하는 실험을 수행할 예정이다.

동국대학교 기계공학과에서는 그 동안 이와 비슷한 원격제어 시스템을 이용하여 합수발생기, LCR 미터, 오실로스코프를 컴퓨터에 연결하고 이를 제어하는 클라이언트 프로그램을 개발하였다. 또한 이들 프로그램들을 원격으로 구현하는 서버 프로그램을 작성하였는데 구축된 환경의 타당성 및 교육의 효과를 조사하기 위하여 다이오드 정류 실험, 트랜지스터 증폭 회로 실험, OP-AMP를 이용한 미분기 회로 실험을 수행하였다. 원격 실험 결과 계측 장비를 이용하는 공학 실험실습 교육이 인터넷 상에서 충분히 구현 가능함을 알 수 있었으며 앞으로 좀 더 다양한 실험이 개발될 경우 효과적인 교육 매체로서 사용될 수 있을 것으로 예상된다.

앞으로 초기 연구 단계에서 확인된 원격 CCD Camera 기술이 포함된다면 좀더 재미 있고 흥미로운 원격 계측 실험실을 구축할 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구에서 개발

된 프로그램은 C++ 프로그램을 기반으로 하고 있으나 앞으로 JAVA 나 ASP 기반의 웹 프로그램이 활성화 될 경우 좀더 사용자에게 편리한 환경을 구축할 수 있을 것으로 예상된다.

### 참 고 문 헌

- (1) Atkins, B. et al., 1996, "Distance Learning Applied to Control Engineering Laboratories", IEEE Trans. on Education, Vol. 39, No. 3, pp. 320~326.
- (2) 인터넷 가상 실험실 URL: ([http://www.kangwon.ac.kr/~sericc/sci\\_lab/](http://www.kangwon.ac.kr/~sericc/sci_lab/))
- (3) 호남대학교 사이버 과학 실험실 URL : (<http://www.honam.ac.kr/~ywlee>)
- (4) 곽문규, 조형제, 박준영, 이의수, 이호용, 1998, "가상실험 실습실 구현에 관한 연구", 한국공학기술학회 공학교육학술대회, pp. 109~114.
- (5) 한상훈, 유성현, 조형제, 2000, "공학용 가상 실험실을 위한 Web용 기반 시스템의 구축", 공학교육 연구, 제 3권 1호, pp. 27~41.
- (6) <http://i-lab.mit.edu>
- (7) <http://flagpole.mit.edu>
- (8) <http://www.boondog.com>