

---

# 교량진단을 위한 새로운 Linux 실장 지능형 제어기 및 원격 모니터링 시스템 개발

박세현\* · 송근영\*

Development of New Linux Embedded Intelligent Controller and Remote  
Monitoring System for Bridge Diagnosis

Se-Hyun Park\* · Keun-Young Song\*

---

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구 R01-2002-000-00588-0 지원으로 수행되었음

---

## 요 약

교량 진단을 위한 새로운 Linux 실장 지능형 제어기 및 원격 모니터링 시스템을 구현한다. Linux 실장 지능형 제어기의 하드 코어는 32비트 CPU로서 구성되었고 교량 진단을 위해 실시간 모니터링과 FFT를 수행 할 수 있도록 설계되었다. 그리고 모니터링 시스템은 Java에 의한 인터넷 환경 및 GUI 환경에서 수행되도록 설계되었다. 상세 설계와 기능적 해석을 시스템 기반에서 수행되었다.

## ABSTRACT

In this paper, we implement embedded Linux intelligent controller and remote monitoring system for Bridge Diagnosis. Embedded controller as the hard core is consisted of 32 bit CPU and is designed to have processing of real time monitoring and FFT for Bridge Diagnosis. The prototype monitoring system can operate with world wide web in GUI environment by Java. Detailed design and functional analysis for monitoring system are performed by systems approach.

## 키워드

Embedded Linux, 원격 모니터링, 자바(Java), 자바애플릿(Java applet), FFT, 교량진단

## 1. 서 론

현재 산업 전반에 다양한 분야에서 실장형 시스템이 사용되고 있으며, 원격 감시 분야에 있어서 실시간 지능형 시스템의 역할이 중요시되고 있다.[1] 특히 최근 수년간 잇달아 발생한 대형 구조물의 붕괴사고 후 교량 및 구조물 진단을 위한 원격 감시 장비의 필요성이 대두되고 있는데, 구조물의 결함 및 손상 그리고 현재의 상태를 탐지하고자 구조물 계측 및 모니터링 시스템의 구축 및 운용에 실시간 지능형 시스템이 사용될 수 있다.

교량의 경우, 교량의 손상이나 열화를 적당한 시기에 적절한 방법으로 보수하지 않는다면 막대한 보수비용이 소요될 뿐만 아니라, 파손 또는 붕괴를 초래하게 되어 사회 및 경제적으로 큰 영향을 미칠 수 있다. 따라서 모니터링 시스템을 이용한 상시계측을 통해 교량의 현저히 드러나는 영역에서의 감시는 물론 미시영역의 변화 등을 장기간 감시하여 교량의 이상 징후를 파악, 이에 적절한 유지관리를 신속히 수행함으로써 교량의 수명연장을 물론 재산의 손실 및 인명피해를 예방할 수

있다.[2][3][4]

일시적 계측과는 달리, 장기 계측의 경우 오랜 감시기간동안에 발생할 수 있는 문제에 대해 고려해야 한다. 장시간 동안 계측 센서의 내구성과 신뢰성이 보장되어야 하며, 센서 주위의 환경변화에 따른 오류에 대한 검출 및 보정 기능이 요구된다.[5]

본 논문에서는 교량 진단을 위한 새로운 원격 Linux 실장 지능형 제어기 및 모니터링 시스템에 대하여 기술한다. 기존의 교량 진단 장치의 경우, 계측 장비 외에 현장 모니터링용 컴퓨터가 요구되고, 계측 데이터 전송을 위해 직렬 혹은 병렬 전송 장치만이 구현되어 있으며, 인터넷 연동을 위한 웹 서버가 내장되어 있지 않다.

본 논문이 제안하는 교량 진단을 위한 Linux 실장 지능형 제어기는 기존의 방식과 달리 웹 서버를 장착한다. 따라서 주위 환경을 실시간으로 감시하고 이를 인터넷을 통해 확인을 할 수 있도록 네트워크 환경이 구축된 장치이다.

제안된 제어기의 하드코어는 32bit CPU로서 구성되었고 실시간 모니터링과 FFT(Fast Fourier transform)를 수행 할 수 있도록 설계되었으며, 웹 서버를 내장하여 인터넷 기반의 원격 모니터링 환경을 제공한다. 그리고 모니터링 시스템은 Java에 의한 GUI 및 인터넷 환경에서 수행되도록 설계되었다.[6][7][8]

## II. Linux 실장 지능형 제어기의 설계

교량 진단을 위한 Linux 실장 지능형 제어기의 하드코어는 32bit 마이크로 프로세서가 사용되었고 운영체제로는 Linux가 사용되었으며 Linux 운영체제에 의해 입출력장치와 네트워크 장치가 구동된다.

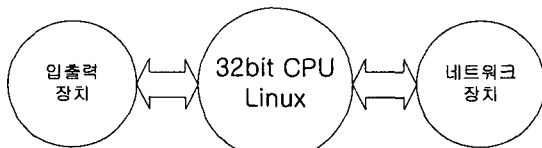


그림 1. 제안된 시스템의 블록도  
Fig. 1 Block diagram of proposed system

그림 1은 제안된 Linux 실장 지능형 제어기의 전체적인 구성도이다. 제어기는 크게 입출력 장치부, 중앙처리부, 네트워크장치로 나뉘며, 입출력 장치를 통해 각종 정보를 수집하여 프로세서에서 이를 분석, 처리하여 네트워크 장치를 통해서 원격지로 전송할 수 있다.

그림2는 입력 장치부의 구성도이다. 입력 장치부에서는 각종 센서를 통해 얻어지는 교량의 현재 상태를 나타내는 아날로그 신호를 증폭 및 필터링을 한 후 이를 디지털 신호로 변환하여 CPU에 전달한다. 이때 주변 장치 제어와 CPU로의 데이터 전달을 위해 FPGA(Field Programmable Gate Array)가 사용되었으며 이 FPGA는 프로그래밍이 가능한 논리소자이므로 외부장치 변화, 즉 센서의 종류, 수량에 따라 변경이 가능하다.

센서 수신부는 취득 신호의 잡음제거를 위한 필터링 회로와 소 신호를 증폭하기 위한 증폭기 회로, 그리고 증폭된 신호를 디지털로 변환하는 A-D변환 회로로 구성되어 있다.

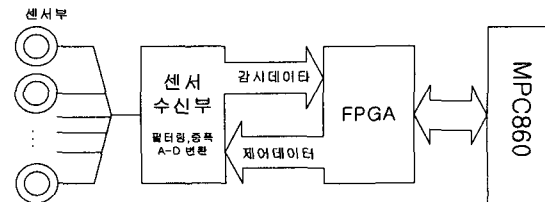


그림 2. 입력 장치부의 구성도  
Fig. 2 Structure of input device part

이렇게 취득된 교량의 각종 정보는 Linux 기반에 수행되는 프로그램에 의해 적절한 형태의 데이터로 가공하여 DB화되어 저장되고, 또한 네트워크를 통해 전송된다.

Linux 실장 지능형 제어기는 수집된 교량의 정보를 효과적으로 원격지에 전송하기 위해 네트워크 장치 부를 가진다. 기존에 사용된 느린 전송속도를 가진 RS232 대신에 이더넷을 사용함으로써 10/100Mbps의 빠른 전송속도를 지원, 범용네트워크를 통해 실시간으로 정보를 원격지에 전송할 수 있다. 또한 Linux 운영체제에 의해 다양한 전송 프로토콜을 통해 교량에 관한 정보를 원격지로

전송할 수 있으며 제어기를 각종 서버로 구축하여 원격지에서 시스템으로의 효율적 접근이 가능하게 하였다.

제안된 Linux 실장 지능형 제어기는 운영체제에 의해서 동시에 다양한 용도로 사용될 수 있다. 실제로 시스템은 센서로부터 데이터를 취득하는 동시에 웹 서버로서 동작하도록 하였다. 그림3은 개인용 컴퓨터의 웹 브라우저를 통해 교량 감시를 위한 Linux 실장 지능형 제어기에 구축된 웹 서버에 접근한 모습이다.

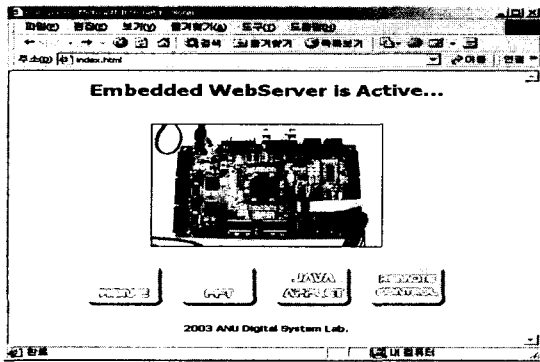


그림 3. 원격 모니터링 웹 서버  
Fig. 3 Remote monitoring Web Server

### III. 원격 모니터링 시스템 설계

본 논문에서는 Linux 실장 지능형 제어기에 웹 서버를 구축하여 네트워크를 통하여 원격지에서 제어기로의 접근이 가능하도록 설계하였다. 제어기가 취득한 교량의 상태를 나타내는 각종 정보를 웹 서버에 접근하여 웹 브라우저를 통해 확인할 수 있다.

그러나 웹에서 주로 사용되는 HTML문서를 통해서만 매 순간 변화하는 정보를 반영하기에는 한계가 있다. 따라서 실시간 원격 감시를 위해서는 다른 방식의 기술이 요구되는데 이를 가능케 하는 것이 Java applet이다. Java applet은 웹 브라우저 상에서 실행 가능한 작은 프로그램이며 별도의 웹 페이지 갱신 과정 없이 서버 측의 변화하는 정보를 반영할 수 있다.

본 논문에서는 교량 진단을 위한 원격 모니터링 시스템을 인터넷과 Java를 이용한 GUI 환경으로 구축하였으며, 실시간 원격 감시를 위해서 Java applet이 사용되었다. Java applet의 프로그램 본체는 웹 서버로서 사용되는 Linux 실장 지능형 제어기에 저장되어 있으나, 웹 브라우저로 접근하여 이를 웹 브라우저 상에서 실행할 수 있다.

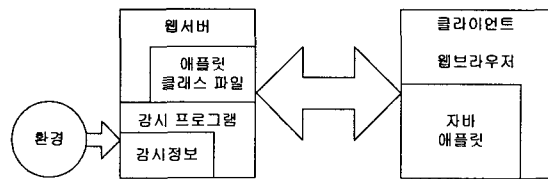


그림 4. 제안된 원격 모니터링 시스템의 블록도  
Fig. 4 Proposed Remote Monitoring System

그림 4와 그림 5는 각각 원격 모니터링 시스템의 구성도와 정보 전달과정이다. 교량 진단을 위한 Linux 실장 지능형 제어기는 웹 서버로 수행되는 동시에 별도 실행되는 감시 프로그램으로 교량의 현재 상태를 감시하여 정보를 수집하고, 웹 브라우저는 웹 서버에서 Java applet 클래스 파일을 받아서 applet을 실행시킨다. 실행된 Java applet은 Linux 실장 지능형 제어기에 수행되는 감시 프로그램으로부터 교량의 실시간 정보를 취득하여 화면에 적절한 형태로 표시한다.

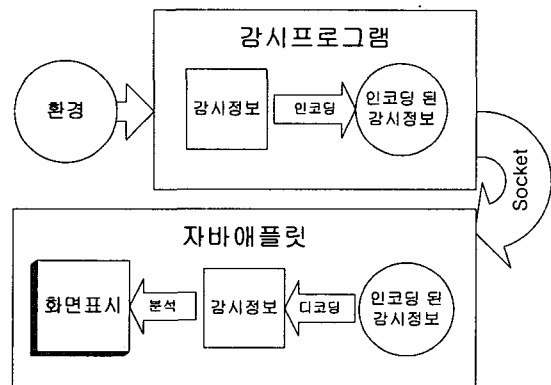


그림 5. 원격 모니터링 시스템의 정보 흐름  
Fig. 5 Information flow for remote monitoring system

웹 브라우저에서 웹 서버의 감시 페이지로 접근하여 Java applet이 실행되면 applet은 교량 진단용 Linux 실장 지능형 제어기의 감시프로그램이 열어둔 소켓에 접속한다. 감시프로그램과 Java applet 간의 소켓연결이 구성되면 Java applet은 감시 프로그램이 실시간으로 수집하는 교량에 대한 감시정보를 별도로 코딩된 형태로 실시간으로 수신할 수 있다. 이렇게 수신된 정보를 디코딩하여 분석하여 그래프, 데이터 리스트 등의 다양한 표현방법으로 감시정보를 분석할 수 있다.

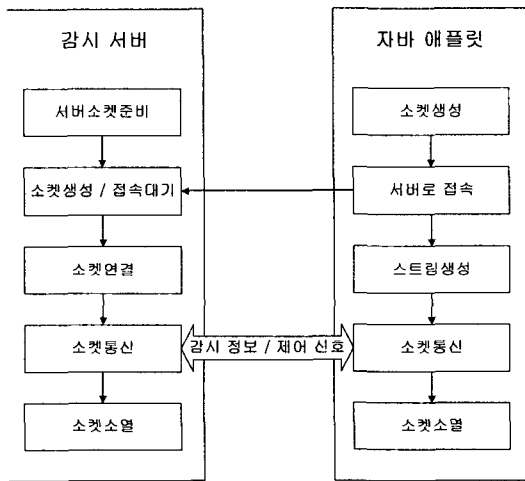


그림 6. 정보 전달을 위한 소켓 통신  
Fig. 6 Socket communication for Information processing

#### IV. 실험 및 결과

본 논문에서는 교량 진단을 위한 새로운 Linux 실장 지능형 제어기 및 원격 모니터링 시스템을 제안하고 이를 실험하였다. 그림 7은 실험에 사용된 하드웨어이다. 사용된 하드웨어의 중앙처리장치는 32bit 프로세서인 mpc860이 사용되었으며 운영체제는 Linux를 사용하였다.

설계된 하드웨어에는 실장형 Linux 운영체제가 실장 되어 있으며 운영체제는 다양한 네트워크 기능을 제공한다. 그리고 일반적인 Linux와 마찬가지로 실장형 Linux 역시 파일 시스템을 가지며 또

한 각종 서버로서 동작이 가능하다.

본 실험에서는 Linux 운영체제 하에 웹 서버를 구동하고, 동시에 별도의 감시 프로그램을 실행하였다. 그리고 이러한 환경 하에 여러 가지 감시 정보는 가속도 센서, 변위센서, 변형센서를 통해 취득된 값이 최종 사용자의 브라우저 상에 제대로 나타나는지를 살펴보았다.

실장된 Linux 운영체제는 원활한 멀티태스킹 환경을 제공하였으며, 웹 서버와 감시프로그램 등 관리 프로그램이 동시에 수행되었다.

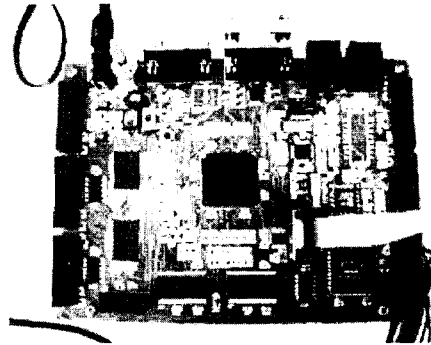


그림 7. Linux 실장 지능형 제어기  
Fig. 7 Embedded Linux intelligent controller

그림 8은 실험에 사용된 진단 시스템의 구성도이다. 현장에서 취득된 계측정보는 적절한 형태로 현장 계측 시스템의 주 기억장치와 보조기억장치에 저장되며, 동시에 송신 가능한 형태의 데이터로 코딩되어 네트워크를 통해 수신 측에 전달될 수 있다. 동시에 현재 계측 시스템은 웹 서버로 동작하여 원격모니터링 시스템의 기본적인 인터페이스를 제공하며, 계측 정보의 기본 전송환경을 구성한다.

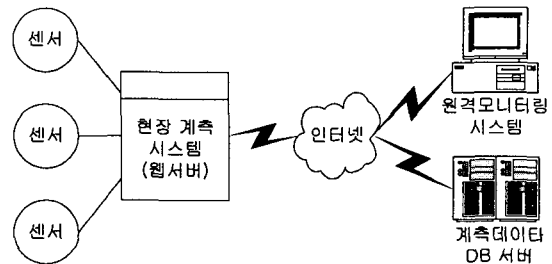


그림 8. 교량진단 시스템 실험 환경  
Fig. 8 Experimental environment for bridge diagnosis

그림 9은 웹 브라우저 상에 실행된 원격 모니터링 프로그램의 모습이다. 실행된 프로그램은 현장 계측시스템에서 취득한 여러 센서 정보를 그래프 형태, 테이블 형태 등 다양한 표시 방식으로 화면 상에 나타내었으며, 임의의 센서 정보를 FFT적용하여 주파수 영역에서의 분석결과를 얻을 수 있었다.

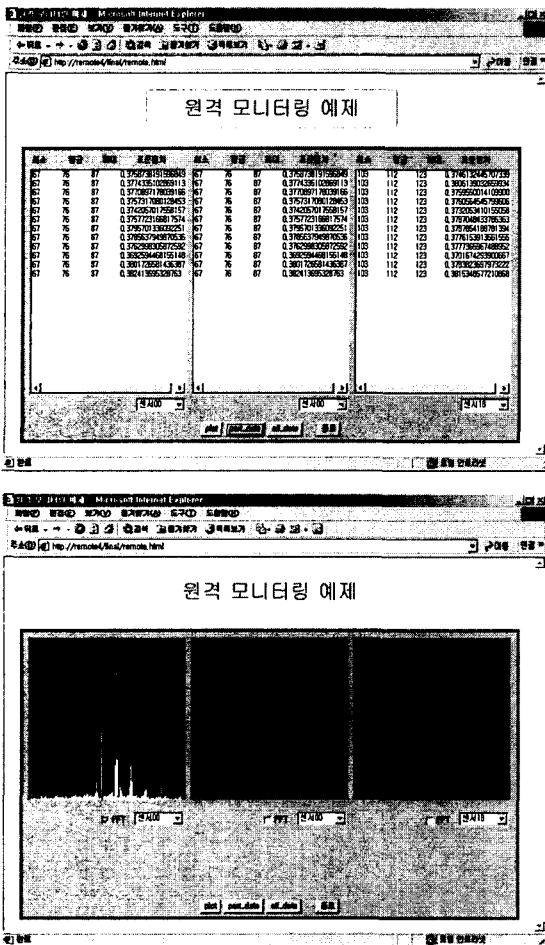


그림 9. 원격 모니터링 프로그램  
Fig. 9 Remote Monitoring Program

그리고 센서의 종류, 설치 위치, 한계치 등 계측 현장의 환경을 고려할 수 있는 설정모드를 두어, 각 채널을 설정, 계측 데이터의 보정이 가능하다. 이때 각 채널의 설정정보는 소켓 통신을 통해 현

장 계측시스템에 전달되며, 현장 계측시스템은 변화된 값에 따라 설정이 변경된다. 그리고 설정값 이외의 각종 제어정보를 전송하여, 현장 계측 시스템을 원격 제어할 수 있다.

여기서 수행되는 원격 모니터링 프로그램은 Java applet으로 설계되어 있어 클라이언트 PC에 별도의 원격 모니터링의 위한 프로그램을 설치할 필요가 없으며 웹 브라우저만 설치되어 있으면 된다. 원격 모니터링 프로그램의 본체는 웹 서버 상에 존재하며 웹 브라우저를 통해 원격 모니터링 페이지에 접속하면 자동으로 이를 호출하여 실행된다.

표 1. 제안된 방법과 기존의 방법  
Table. 1 Proposed Method and Existing method

	기존의 방법	제안된 방법
특징	Web 서버 없음	Web 서버 있음
감시형태	정적, 단기간	실시간, 장기간
보수,확장	어려움	용이함
네트워크	RS232, 저속	이더넷, 고속
원격지 거리	근거리	장거리
원격제어	불가능	가능
원격 감시 SW	설치	별도로 설치
	호환성	특정 플랫폼만 지원
운영체제	S/W	개발 필요함
	운영체제	운영체제 없음 또는 고가의 운영체제
개발비용	고가	저렴한 비용

표 1은 기존의 방법과 Linux 실장 지능형 방법을 비교한 자료이다. Linux 실장 지능형 제어기를 이용한 방법은 여러 면에서 기존의 방법보다 장점을 가진다. 용도 면에서 특정한 용도에 구애받지 않고 여러 용도로 사용될 수 있으며, 실시간 감시를 제공하며, 장기간 동안 감시 기능을 수행할 수 있다.

고속의 이더넷 네트워크를 사용함으로써 장소에 제약을 받지 않고 원격거리에서도 모니터링이 가능하며 원격제어도 가능하다.

원격모니터링 소프트웨어 역시 다양한 플랫폼

을 지원하며 장비에 구매받지 않는다. 비용에 있어서도 고가의 운영체제의 구입 없이 오픈 라이선스 정책을 따르는 Linux를 사용함으로써 저렴한 비용으로 구현이 가능하다.

## V. 결론

본 논문에서는 교량 진단을 위한 새로운 실장형 Linux 지능형 제어기 및 원격 모니터링 시스템을 제안하였다.

제안된 시스템은 기존의 교량진단 장치의 방식과 달리 시스템 내에 웹 서버를 장착하였다. 또한 실장형 Linux 지능형 제어기의 하드 코어는 32비트 CPU로서 구성되었고 실시간 모니터링과 FFT를 수행할 수 있도록 설계되었다. 그리고 모니터링 시스템은 Java에 의한 GUI 및 인터넷 환경에서 수행되도록 설계되었다. 상세 설계와 기능적 해석을 시스템 기반에서 수행되었다. 원격 모니터링 시스템으로서 Linux 실장 지능형 제어기를 구현하고 이를 실험을 통해 검증해 보았다.

제안된 원격 모니터링 시스템은 인터넷이 보편화된 현재의 시점에서 산업 현장 뿐 아니라 가정자동화 등에도 사용 가능하며 특정 플랫폼에 국한되어 개발되어온 기존의 원격모니터링 소프트웨어와 달리 다양한 플랫폼에서도 별도의 소스코드 변경 없이 그대로 적용할 수 있는 Java를 사용함으로써 개발에 있어서도 융통성을 제공하였다.

### 감사의 글

본 연구는 2002년도 한국과학재단 목적기초연구 R01-2002-000-00588-0 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

- [1] John Lombardo, Embedded Linux, infobook, p.11, 2002.
- [2] Hyo-Nam Cho & Jong-Kwon Lim & Dae-hong Min & Kyung-hoon Park, Computer-Aided Monitoring and Assessment System for Maintenance of Grand Bridges, Korea Steel Structural institute, Vol. 10, No. 3, pp.369~381, 1998
- [3] Chung-Bang Yun & Jong-Won Lee & Jin-Hak Yi & Jong-Min Shim, Health Monitoring Method for Bridge Using Vibration Data Caused by Ordinary Traggic Loadings, pp.709~712,
- [4] D. F. Mazurek & J. T. DeWolf, Experimental Study of Bridge Monitoring Technique, Journal of Structural Engineering, Vol. 116, No. 9, pp.2532~2549, 1990
- [5] Sung-Kon Kim, Development of Monitoring System for Structure, Korea Steel Structural institute, Vol. 7, No. 4, p.21, 1995
- [6] Se-Hoon Lee & Chang-Jong Wang, Inside JAVA2 programming, daerim, p19, 2000.
- [7] Richard Stones & Neil Matthew, Beginning Linux Programing 2nd Edition, wrox, pp.671~712, 2000.
- [8] Sang-Hoon Kim, Flash Memory File-System For Embedded Linux, Seoul National University Graduate School Electrical Engineering, p.7, 2002.

### 저자소개



박세현(Se-Hyun Park)

안동대학교 전자정보산업학부 전자공학과 교수

※관심분야 : 디지털 시스템, 임베디드 리눅스



송근영(Keun-Young Song)

안동대학교 대학원 전자공학과(석사)

※관심분야 : 디지털 시스템, 임베디드 리눅스