

철도차량용 임베디드 무선전송장치의 개발에 관한 연구

A study on embedded & wireless fault code transmission device development for railroad vehicle

김종결† 심자현* 손강호**
Jong-Keol Kim Ja-Hyun Shim Kang-ho Shon

ABSTRACT

An operating information and fault recode of train is very important information for safety driving and maintenance. And these information is increased and need high speed as the number of trains is increased. Wireless LAN or CDMA network is efficient to report more complicated and various information from vehicle to server in control center. Existing wireless transmission system has weakness due to transmission system is separated with TDCS and standalone. At first, standalone system needs space to be installed and cost is increased. And data transmission capacity and speed is limited by complicated structure that transmission system receive data thru serial communication like RS232 and then data transmission system send data to server in control center. This article is study to develop embedded & wireless fault code transmission device to be installed in TDCS to overcome weakness of space and to have more cost effective and simple structure. It is adapted 802.11b/g WiFi for wireless communication and OS is used embedded Linux that can easily implement wireless communication environment and ensure TCP/IP communication's security. We also implement simple server to test wireless communication between embedded & wireless fault code transmission device and server in control center.

1. 서 론

열차의 안전한 운행과 유지보수에 있어 첫 번째로 요구되는 사항이 열차운행정보와 고장정보일 것이다. 열차 운행 차량 편성이 증가되는 추세에 있어 열차운행과 고장에 대한 정보도 함께 증가하고 고속화를 요구하게 된다. 더욱 복잡하고 다양해지는 차량정보를 관제센터의 서버로 전송하기 위해서는 Wireless Lan 또는 CDMA 망을 사용하는 것이 효율적이다. 현재 열차에 사용 중인 무선전송장치는 주컴퓨터와 분리되어 설치되는 특성상 여러 가지 단점이 존재하게 된다. 첫째로 단독으로 공간을 차지해야 하므로 공간적 손실과 추가적인 비용이 따른다. 둘째로 주컴퓨터와 시리얼 통신으로 고장 또는 운행정보를 받아오고 이를 또다시 지상장치로 데이터를 전송해야 하므로 번거로울 뿐 아니라 데이터 전송량과 속도에 한계가 있다. 본 논문은 이러한 단점을 극복하고자 무선전송장치를 주컴퓨터장치 내에 내장할 수 있는 임베디드 무선전송 장치 기능에 대해 연구를 하였다. 무선랜 통신은 USB 타입의 802.11b/g WiFi 모듈을 사용하고 OS는 Wireless 통신 환경 구축과 TCP/IP 통신 보안을 좀더 쉽게 구현하기 위하여 임베디드 리눅스를 사용하였다. 무선 전송 시스템 기능 확인은 간단히 무선 전송 시스템 서버를 구축하여 확인하였다.

† 책임저자 : 비회원, 인터콘시스템스, 책임연구원
E-mail : jongkkim@interconsys.co.kr
TEL : (031)479-7460 FAX : (031)479-7462
* 비회원, 인터콘시스템스, 수석연구원
** 비회원, 인터콘시스템스, 대표이사

2. 본 론

기존의 무선전송장치는 그림1과 같이 무선 통신 모듈이 외부에 장착되어 있는 형태로 구성된다. 이러한 무선전송장치에서는 주컴퓨터에서 Serial통신으로 고장 또는 운행 정보를 받아 CF Card에 저장하였다가 기지내에서 Wireless Lan을 통해 서버로 전송한다. 무선전송장치가 외부에서 메인 컴퓨터와 Serial 통신을 하는 경우 데이터 수신 오류가 발생할 수 있고 데이터 수신량의 제한을 갖게 된다. 또한 차량 내에 무선전송장치가 별도로 장착되어 있어 공간적으로 낭비의 여지도 발생 한다.

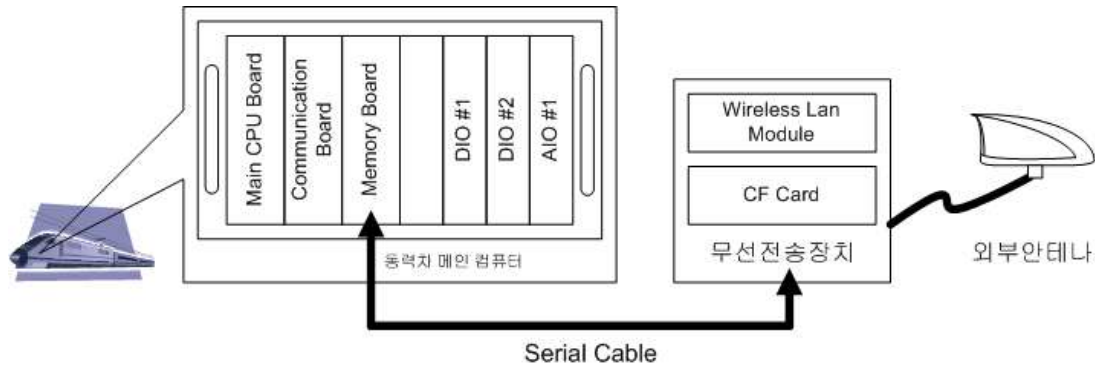


그림1. 기존의 무선전송장치의 구성도

본 논문에서는 외부에서 인터페이스 되는 무선전송장치를 메인 컴퓨터내의 메모리 보드로 내장하는 방식을 사용하여 내장형 무선전송장치 기능을 연구하였다. 그림2는 시험에 사용된 메인 컴퓨터 구성도로 'Memory & Wireless Board'로 표기된 부분이 Wireless Lan 모듈을 내장한 'Memory Board'이다.

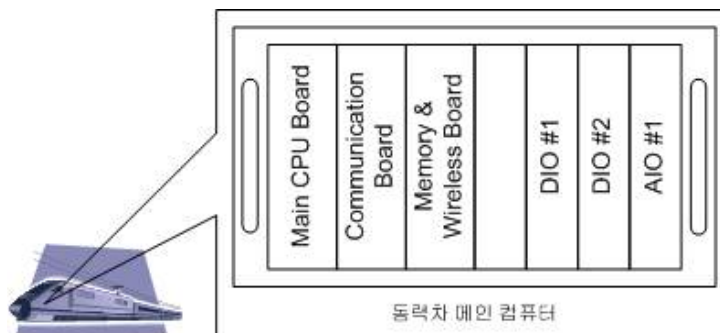


그림2. 시험에 사용된 메인 컴퓨터 구성도

'Wireless Transmission' 기능이 주컴퓨터로 내장될 경우 메인 CPU로부터 수신되는 데이터를 내부 Flash에 'Parallel' 방식(즉, 데이터 버스)으로 저장하기 때문에 데이터 저장 속도가 전자의 경우보다 훨씬 빠르게 된다. 그림1의 CF 카드와 그림2의 내부 Flash의 Erase/Write 속도가 같다면 두 시스템의 데이터 전송속도의 차이는 대략적으로 Serial Baudrate와 CPU Data bus 속도 만큼 있게 된다.

'Memory & Wireless Board'는 Main CPU Board가 기록한 고장 및 운행 정보를 1차적으로 내부 플래시 메모리에 기록하는 책임을 지게 된다. 메모리 보드는 데이터 기록의 안정성을 위해 아래와 같이 4 단계로 데이터를 저장하는 역할을 수행한다.

- 1단계: 전원 OFF에 대비하여 정보 기록의 안정성을 위해 VME버스를 통해 수집된 데이터를 NVRAM에 저장한다.
- 2단계: NVRAM에 기록된 데이터는 일정량이 쌓이면 내부 Flash로 옮겨 저장한다. 여기서 일정량은 Flash 메모리의 Block 크기를 기준으로 잡았다.
- 3단계: 차량이 운행을 마치고 기지로 들어올 때 Wireless Lan을 통해 데이터를 서버로 전송한다.
- 4단계: 차량 관리자가 무선망을 사용하지 않고 차량내부에서 직접 USB 저장장치로 데이터를 읽을 수 있다.

2.1 Wireless Lan을 이용한 임베디드 무선전송 시스템의 구성

2.1.1 메인 CPU 보드의 Hardware 및 Software 구성

주컴퓨터의 메인 CPU 보드는 그림 2와 같이 MPC860, 32MB SDRAM, FPGA, VME Bus, NVRAM, Flash 등으로 구성되어 있다. 본 논문에서는 메인 CPU 보드의 기능을 데이터를 VME 버스를 통해 메모리 보드로 전송하는 기능으로 한정 하였다. 이에 따른 소프트웨어 구성도가 그림3에 함께 도시하였다.

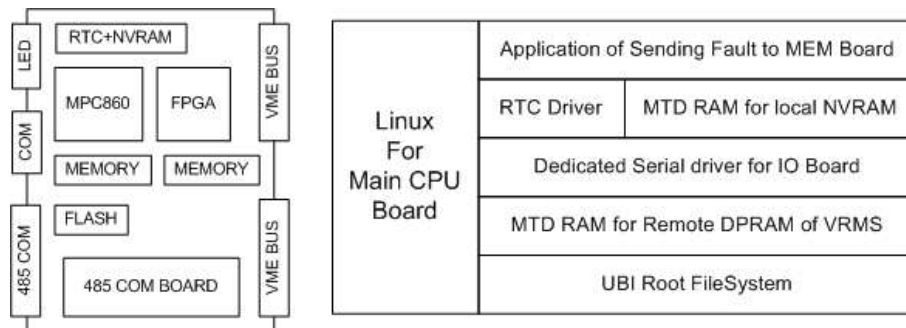


그림3. 메인 CPU 보드의 Hardware & Software 구성도

메인 CPU 보드의 소프트웨어는 리눅스 기반으로 구축하였다. Root File System은 NOR Flash에 UBI(Unsorted Block Images) File System으로 구성하였으며, Local NVRAM과 메모리 보드의 VME 메모리 역시 MTD RAM으로 인식하도록 하였다. MTD (Memory Technology Device)를 NVRAM과 VME 메모리에 사용할 경우 응용프로그램에서는 Law 데이터를 읽고 쓸 수 있을 뿐만 아니라 파일 형식으로도 데이터를 읽고 쓸 수 있다. 메인 CPU 보드의 응용프로그램은 차량에서 수집한 데이터를 주기적으로 VME 버스를 통해 메모리 보드의 DPRAM에 쓰도록 작성하였다. 시험 데이터는 미리 수집된 고정 데이터를 한정하여 사용하였다.

2.1.2 'Memory & Wireless Board'의 Hardware 및 Software 구성

메모리 보드는 USB Wireless Module를 지원하기 위해 ARM920T CPU 기반으로 구성되어 있다. 무선전송장치 기능을 개발하기 위한 다음 같은 디바이스로 보드를 구성 하였다. 그림4는 이에 대한 하드웨어와 소프트웨어 구성도이다.

- 메인 CPU 보드로부터 데이터를 받을 수 있는 VME 버스와 DPRAM
- 작은 용량의 데이터를 비교적 영구히 보관할 수 있는 NVRAM
- 큰 용량의 데이터를 영구히 보관할 수 있는 NOR Flash
- Network 서버와 통신할 수 있는 USB WiFi 모듈

- 실내 환경에서 Wireless Lan 통신을 사용하기 위한 실내형 안테나

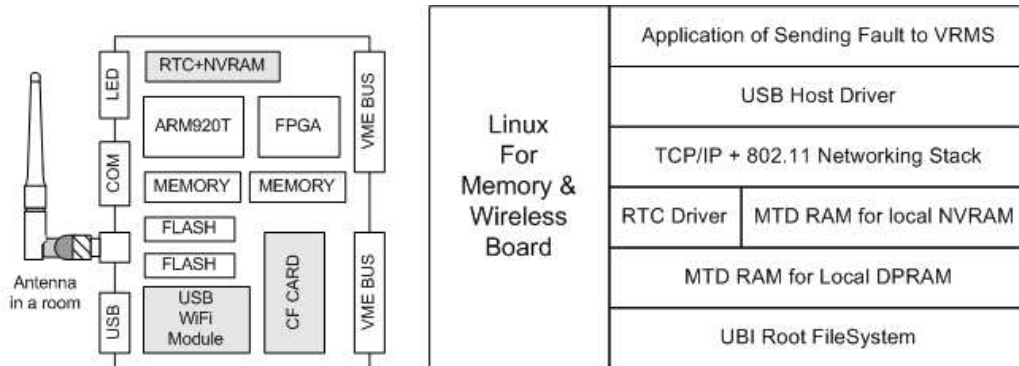


그림4. 메인 CPU 보드의 Hardware & Software 구성도

메모리 보드의 소프트웨어 역시 리눅스 기반으로 되어 있다. 본 논문에서 개발하고자 하는 무선전송 장치와 같이 TCP/IP, WiFi 기능이 필요한 시스템에서 리눅스를 사용하면 비교적 쉽고 안정적으로 소프트웨어 개발을 진행할 수 있다.

메모리 보드에서 우선적으로 고려해야 하는 사항이 메인 CPU가 보내온 데이터를 'Power Off' 순간까지 안정적으로 보관해야 하는 일이다. 데이터의 1차적 보관은 NVRAM를 사용하여 Read/Write가 빠르며 Power Off에도 염려가 없도록 하였다.

NVRAM에서 Flash로 데이터를 옮겨 저장할 때도 'Power Off'에 대한 데이터의 안정성을 고려해야 한다. Flash 메모리를 'Power Off'에 대해 데이터 보존을 유지하기 위해 파일 시스템을 사용하지 않고 Law 데이터를 사용할 경우 응용프로그램이 복잡해지고 소프트웨어 오류 발생 여지도 커지게 된다. 본 시험에서는 이에 대한 해결을 시도하고자 데이터 손실 시 복구기능이 지원되는 파일 시스템을 사용하였다. Nor Flash에는 UBI 파일 시스템을 사용하였고, NVRAM에는 PRAMFS(Protected Non-Volatile Ram File system)을 선택하였다. 다음 표1에 두 파일 시스템의 특징을 간략히 기술 하였다.

표1. Nor Flash와 CompactFlash Card의 파일 시스템

디바이스	파일시스템	특 징
Nor Flash	UBI	<ul style="list-style-type: none"> - 'Power-cuts'에 대한 복구 기능 지원 - 데이터 손실시 Recovery 기능 지원 - General 구조로 NAND, Nor Flash 모두 지원 - Where-leveling, Gargabe Collection 지원 - Flash 용량이 커질수록 초기화 시간이 길어져 부팅 시간이 늘어남 - 파일 시스템 자체적으로 사용하는 공간으로 사용자에게 표시되는 Flash 용량은 줄어들어 보임
NVRAM	PRAMFS	<ul style="list-style-type: none"> - light-weight, space-efficient - 커널 오류로 인한 파일 시스템 파괴를 최소로 디자인 됨 - 다른 파일 시스템과 다르게 Block base로 설계되지 않아 효율을 증가 시킴

Flash에 어떠한 파일시스템을 사용하더라도 'Power Cuts' 순간에 수집된 데이터를 저장할 수는 없을 것이다. Flash에서 순간적으로 저장하지 못하는 데이터는 NVRAM에서 시스템 동작이 허용하는 순간까지 데이터를 저장하여 데이터 손실을 보완할 수 있다.

2.2 USB WiFi 모듈을 이용한 TCP/IP 통신

리눅스에서 802.11 Network를 사용하여 TCP/IP 통신을 하기 위해서는 기본적으로 커널에 'Networking support'와 TCP/IP 옵션, 그리고, 'Generic IEEE 802.11 Networking Stack(mac80211)' 옵션을 추가해야 한다. USB 통신 모듈을 사용하는 경우 USB Host 드라이버와 USB WiFi 드라이버를 별도로 설치해 주어야 한다. 본 논문에서는 USB WiFi 드라이버로 'USB Ralink rt2500', 'USB Ralink rt2501/rt73'를 사용하였다.

응용프로그램 영역에서 Wireless 통신을 하기 위해서는 표2와 같은 리눅스의 네트워킹 지원 응용프로그램이 필요하다.

표2. Wireless Lan를 사용하기 위한 응용프로그램

Wireless Networking를 위한 응용프로그램	<ul style="list-style-type: none"> - iwconfig: wireless interface의 파라미터를 설정하는 프로그램 - iwlist: 사용가능한 network를 스캔하는 프로그램 - ifconfig, udhcpc 등 네트워킹 명령 - udev daemon: 리눅스 커널 디바이스의 이벤트와 사용자 영역을 연결하는 데몬으로 USB WiFi 모듈이 필요로 하는 'firmware'를 로드시키기 위해서 필요하다 - udhcpd : DHCP 클라이언트 프로그램으로 동적으로 IP를 할당받기 위해 사용된다.
--------------------------------	---

2.3 고장정보 무선전송 소프트웨어 구현

본 논문에서는 무선전송장치의 기능 구현에 있어 다음 그림5와 같은 소프트웨어 흐름으로 소프트웨어를 구현 하였다.

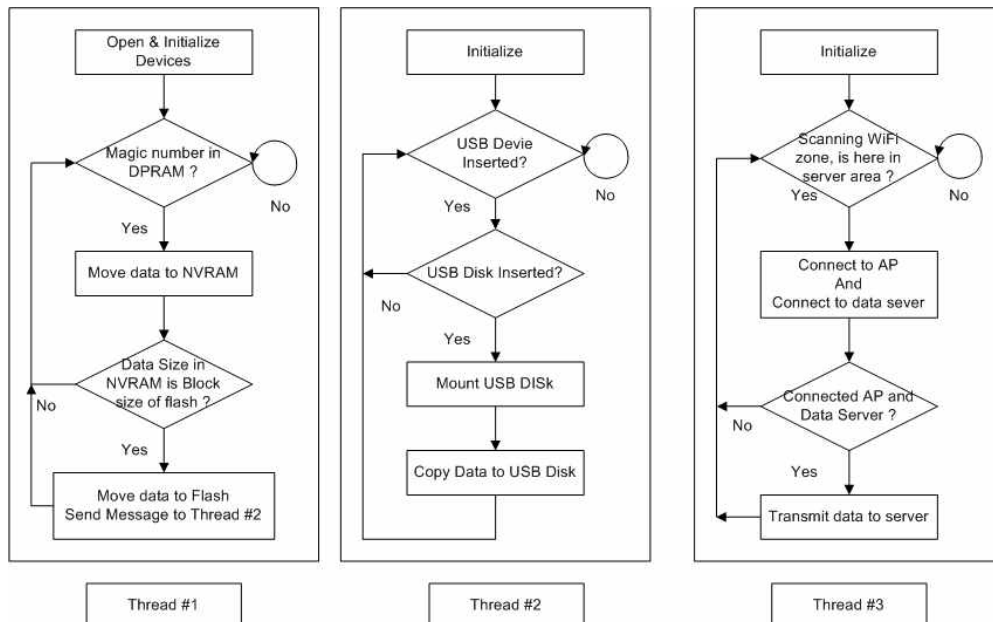


그림5. 차량 고장 및 운행 정보 무선전송 소프트웨어 흐름도

우선적으로 'Thread #1'은 데이터가 수집되기를 기다리며 일정량의 데이터가 NVRAM에 쌓이면 Flash 메모리에 저장한다. 이렇게 쌓인 데이터는 'Thread #2'에서 USB 저장장치가 장착될 경우 USB 저장장치로 복사된다. 'Thread #3'에서는 데이터 서버와 연결 되었을 때 수집된 전체 데이터를 서버에 전송한다. 데이터 서버와 연결하기 위해서 'Thread #3'은 주변의 WiFi 영역을 검색하여 서버의 SSID(Service Set Identifier)가 존재 하면 서버와 연결을 시도한다. 연결이 성공적으로 이루어지면 서버로 데이터를 전송하도록 하였다. 본 논문에서는 WiFi AP(Access Point)의 전원을 ON/OFF하여 차량기지 영역으로 차량이 진입 하는 것을 모의 하였다. 실제 차량에 적용될 경우 메인 CPU로부터 오는 정보를 활용하여 차량이 운행을 마치고 기지로 들어온다는 것을 알아내야 할 것이다. 또한, 차량 운행자와 관리자의 요구에 따라 데이터 전송의 형태와 전송 시간 간격 등을 조절할 필요가 있을 것이다.

다음 그림6은 본 논문에서 사용된 무선전송장치 서버에 구현된 데이터 수집 프로그램의 화면이다.

편성번호	접속위치	접속일시	접속유형	이벤트내용	시작시간	종료시간
7460	인터콘	2010.04.26	WiFi	4QC: Too many intervention due to peak c...	01.10.2008 17:27:...	01.10.2008 17:...
7460	인터콘	2010.04.26	WiFi	Inverter lock due to SPU PW1	24.09.2008 00:37:...	24.09.2008 00:...
7460	인터콘	2010.04.26	WiFi	D.c. link undervoltage	12.09.2008 15:39:...	12.09.2008 15:...
7460	인터콘	2010.04.26	WiFi	Neutral section break from CCU	09.09.2008 14:28:...	09.09.2008 14:...
7460	인터콘	2010.04.26	WiFi	Communication fault MFA1: STS (Port 24) ...		
7460	인터콘	2010.04.26	WiFi	NFB =32-F19 DC/DC conv. emergency Po...		
7460	인터콘	2010.04.26	WiFi	main air pipe pressure sensor faulty		
7460	인터콘	2010.04.26	WiFi	pr.switch bogie1&2 indir.brake faulty		
7460	인터콘	2010.04.26	WiFi	SB direct brake to long		

그림6. 고장 및 운행 정보 무선 전송 시스템 서버의 모의 구현

무선전송장치 서버 프로그램은 Network으로 수신된 이벤트 발생 내용을 간단히 나열하는 방식으로 모의 구현하였다. 앞서 기술한 바와 같이 고장 및 운행 정보는 사전에 임의로 수집된 데이터를 사용하여 Wireless 통신으로 데이터 수집이 잘 이루어지는지에 초점을 맞추었다.

3. 결론

Wireless LAN 모듈을 내장한 임베디드 환경에서 종합적으로 고장 및 운행 정보를 전송하는 시스템 기능을 개발하는 데 있어서 본 논문에서는 모의적으로 시험을 실시하여 그 기초를 마련하였다. Wireless Lan을 사용하여 자동으로 서버와 통신하는 시스템을 현장에서 구현할 경우, 차량의 운행 종료 및 기지 내 진입 시점을 인지하고 마지막으로 서버와 연결된 시점과 데이터를 파악하여 중복되거나 불필요한 데이터 전송이 없도록 하여야 할 것이다.

Network로 고장 및 운행 정보를 수집하는 서버 모델도 간단한 기능을 갖도록 구현하여 Wireless Lan를 통해 통신이 원활히 이루어지는 것을 확인하였다. 현재로서는 데이터 통신에 Network Security를 구현하지는 않았지만 현장에서 좀 더 신뢰성 있는 Network 통신을 하기 위해 이 사항이 필요할 것이다.

참고문헌

1. 김도윤, 정호성, 박영, 박현준, 박영재, 김성태, “무선통신기술을 적용한 도시철도 적력설비의 상태모니터링” 한국철도학회춘계논문집, pp.406-410, 2009.
2. 홍선호, 하재호, 김영태, “전기동차와 디젤동차에서의 TCP/IP운용을 위한 PoE의 사용에 의한 안정성 방안” 한국철도학회춘계논문집, pp.848-854, 2009.
3. 김갑영, 전보익, “실내와 실외환경에서의 802.11n WLAN RF 특성 및 Network 특성 비교” 한국철도학회추계논문집, 2009.
4. <http://www.wi-fi.org>
5. <http://en.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi>