

서울2호선 TCMS 무선지상장치 개발 및 시험결과에 대한 고찰

The Study about TCMS Wireless Depot Analytical Equipment Development and Test Results at SeoulMetro Line2

김도훈* 서상준** 한정수*** 김철호****
Kim, Do-Hoon Seo, Sang-Jun Han, Jeong-Soo Kim, Chul-Ho

ABSTRACT

Operation data and fault data are recorded at the TCMS(Train Control and Monitoring System) of train are very important record for repairs and inspection of train. there are two ways to transfer the data today. one is using memory card and the other is using wireless communications.

This paper is proposed about TCMS wireless depot analytical equipment that transfers data recorded in train to depot equipment via wireless method. The TCMS wireless depot equipment configuration is an AP(Access Point) and a central server PC at depot equipment.

This method has the advantage of decrease of personnel expenses, collection time and convenience of staffs.

This paper is verified about the utility of use, efficient establishment position of an AP at depot, the safety of data receiving, the exactitude of data and the shortening of transmission time. and this equipment is now operating at shin-jeong depot of SeoulMetro.

1. 서 론

TCMS(Train Control and Monitoring System)에 기록된 고장기록, 운행기록들은 차량의 유지보수, 검수를 목적으로 대단히 중요한 기록들이다. 현재 이런 기록 데이터들을 차량기지 지상장치로 옮기는 방식으로 메모리카드를 이용하는 것과 무선통신으로 전송하는 방식이 있다.

본 논문은 무선통신으로 차량에 기록된 데이터들을 지상장치로 전송하는 TCMS 무선지상장치에 대해서 서술한다. TCMS 무선지상장치 구성은 AP(Access Point)와 서버 컴퓨터로 구성된다. TCMS 무선지상장치를 사용함으로써 데이터 수집을 위한 인적비용과, 수집시간을 줄일 수 있으며 검수원들의 편리성 등에 큰 장점이 있다.

본 논문은 현재 서울메트로 신정차량기지에 설치되어 운영 중인 TCMS 무선지상장치 사용의 효용성과 차량기지내 AP의 효율적인 설치위치, 안테나 종류 및 차량과의 데이터 송수신의 안전성, 정확성과 전송시간의 단축, 운영에 대한 전반적인 고찰에 대해서 설명한다.

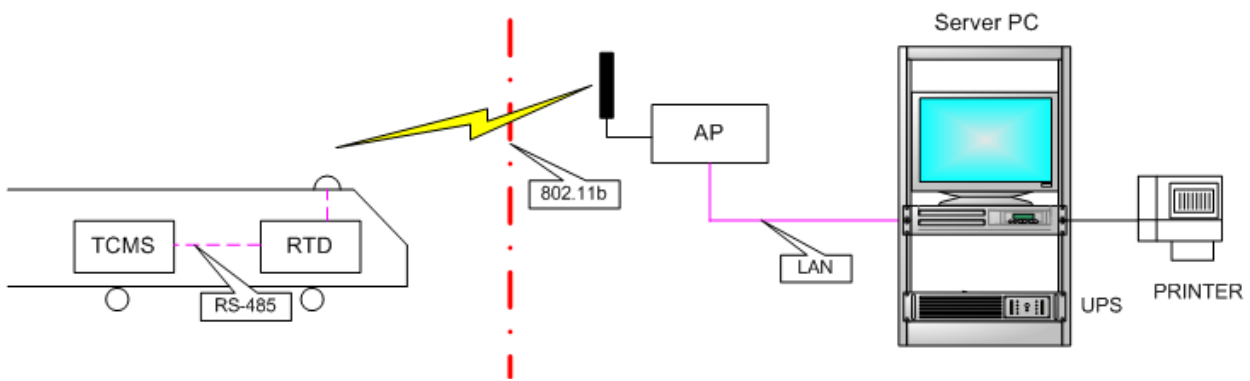
* 주식회사 현대로템, 전장품개발팀, 주임연구원, 비회원
E-mail : kimdohoon@hyundai-rotem.co.kr
TEL:(031)460-1270 FAX:(031)460-1787

** 주식회사 현대로템, 전장품개발팀, 선임연구원
*** 주식회사 현대로템, 전장품개발팀, 책임연구원
**** 주식회사 현대로템, 전장품개발팀, 수석연구원

2. TCMS 무선지상장치의 개요

열차 운행 및 유지보수 데이터가 기록된 메모리카드를 분석하여 그 결과를 지상서버에 연결된 화면 및 프린터에 텍스트 또는 그래픽 형태로 출력하여, 운행정보 및 고장기록을 분석하고, 고장원인분석을 지원하는 장치를 지상분석장치라고 한다. 차량에 저장된 기록들을 지상장치로 전송하는 방식에는 메모리카드를 사용하여, 다운받아 지상장치에서 읽어서 분석하는 방식이 많이 사용되고 있으며, 최근에는 무선통신 기술을 접목시켜 차량기지 및 검수고 내에서 TCMS에 저장된 기록들을 자동으로 지상장치로 전송하는 방식이 TCMS 무선지상장치라고 한다.

[그림 1]은 TCMS 무선지상장치의 전체 개요도를 나타낸 그림이며, TCMS와 RTD는 RS-485통신으로 데이터를 송수신을 하며, RTD와 AP간의 무선통신은 2.4GHz대역의 IEEE 802.11b방식을 사용하였다. 각 AP에서 서버PC는 유선LAN으로 연결되어 있다.



[그림 1]. TCMS 무선지상장치 개요도

2.1 TCMS 무선지상장치의 개발

2.1.1 TCMS 무선지상장치의 구성

차상 무선 전송 장치 RTD(Remote Transmission Device)는 TCMS로부터 전달 받아 내부 영구 저장장치(NVRAM)에 누적 저장한 차량 고장 정보 및 열차 운행 정보를 IEEE802.11b 무선랜을 통해 지상서버로 전송하는 기능을 수행한다.

IEEE802.11b 무선랜을 통해 차상 무선 전송 장치(RTD)와 지상서버간의 고장 정보 및 열차 운행 정보 송수신을 위한 물리적(Physical) 구성은 차상무선전송장치(RTD), AP(Access Point), 지상서버로 구성된다.

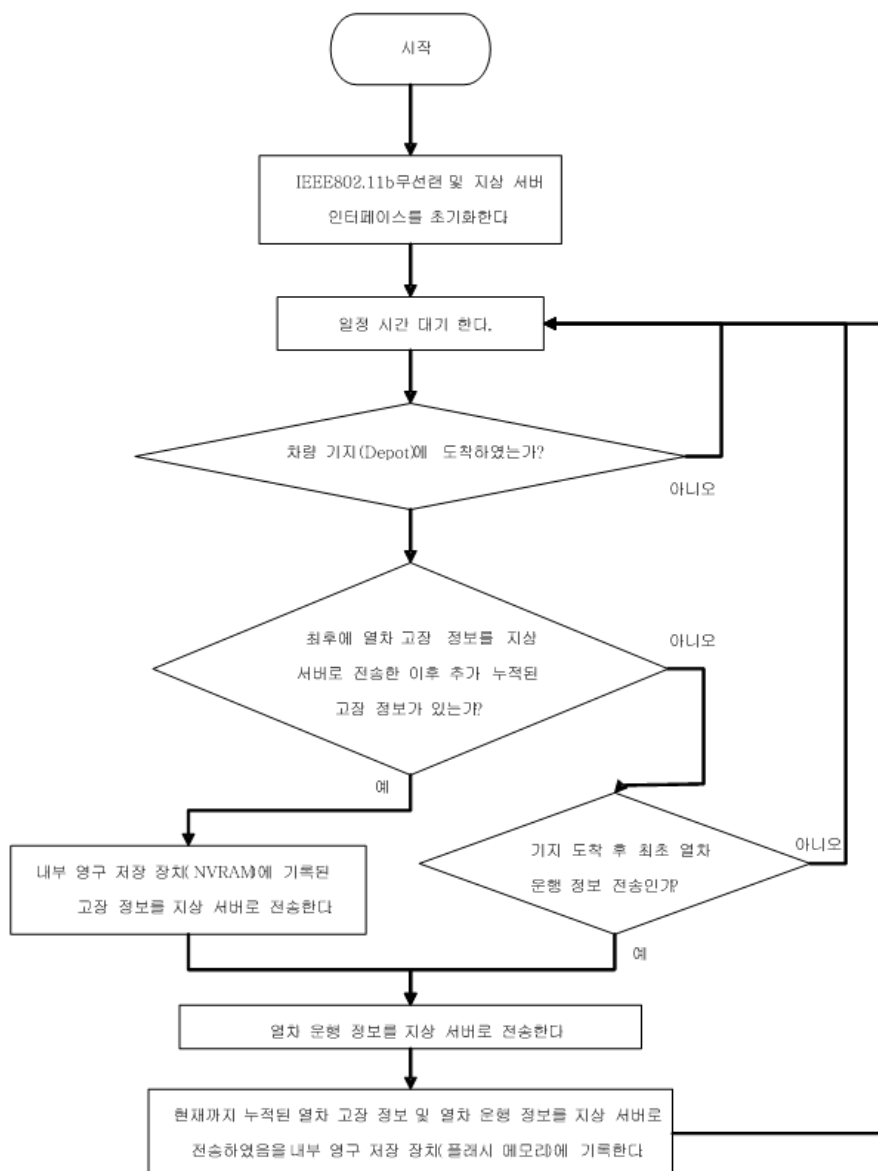
RTD와 지상서버는 연결 지향형(Connection-Oriented) 프로토콜인 TCP(Transmission Control Protocol)를 OSI(Open System Interconnection) 계층 4 Transport 프로토콜로 사용한다.

AP는 Main AP와 Repeater AP의 쌍으로 구성되며, 두 전송거리는 최대 300M정도 커버 할 수 있다. 전송속도는 최대 6Mbps이며, 실제로는 2~3Mbps정도 이다. 안테나는 지향성 안테나를 사용하여 본선에서 차량기지로 입고되는 입구(신정기지 전착고 분전반)와 검수고 앞에 설치하여, 모든 차량이 커버될 수 있도록 설치하였다. AP는 수신 데이터를 유선LAN을 통하여 허버(Hub)를 거쳐 데이터베이스 지상서버로 전달한다. 지상서버는 지상 무선전송장치를 통하여 받은 정보 또는 메모리카드 리더기로부터 받은 정보들을 미리 정해진 포맷으로 저장하여, 데이터베이스화 하여 검색이 가능하도록 저장, 관리하는 역할을 한다. 지상서버는 데이터의 용량, 분석 속도, 안정성 등을 고려한 범용 DBMS(Ex. Microsoft SQL Server)를 사용하였다. 일반사용자PC에서도 지상장치프로그램을 설치하여 LAN을 통하여 지상서

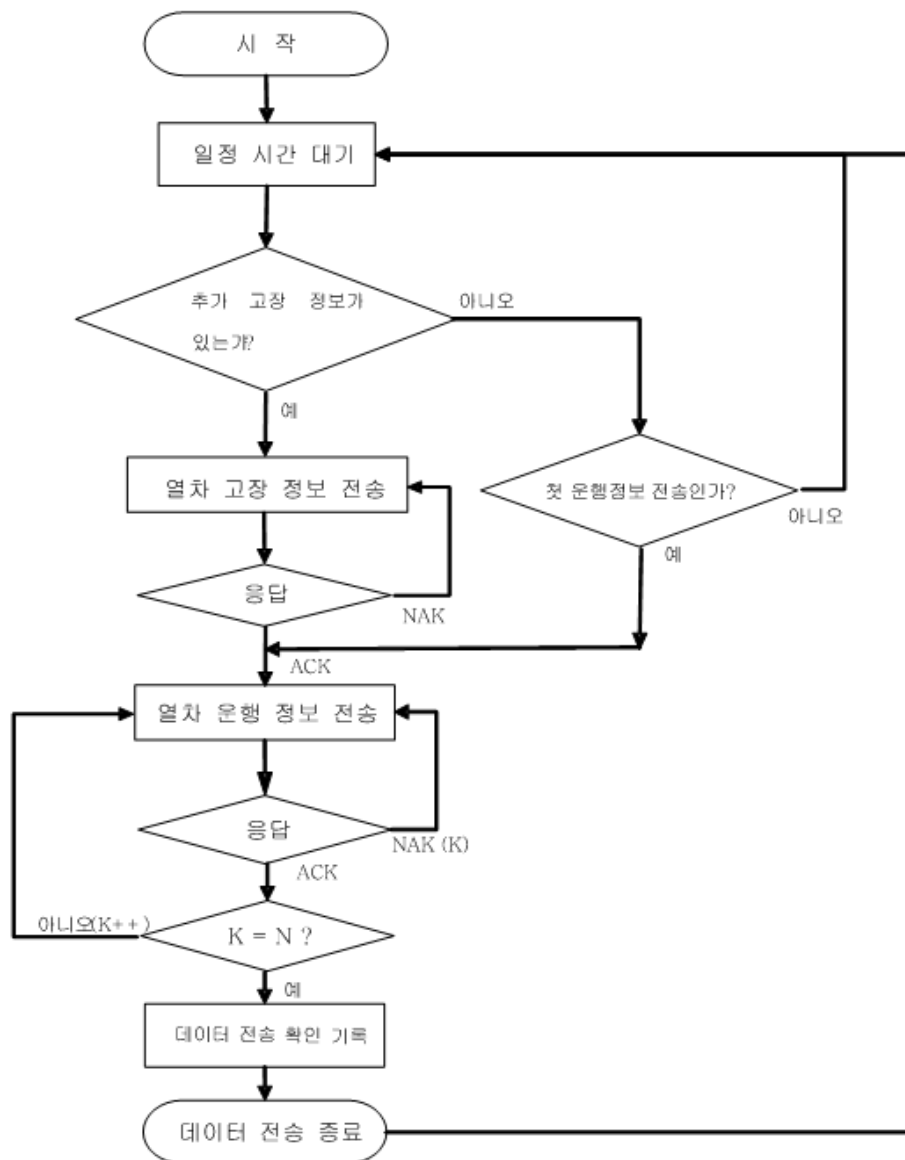
버에 접속하여 저장된 데이터를 열람 및 분석할 수 있다. 이것은 다수의 사용자가 동시에 접속하여 사용할 수 있는 장점이 있다.

2.1.2 TCMS 무선지상장치의 동작

RTD의 차량기지 도착여부 확인하기 위해서는 주기적으로 지상서버 장비에게 ping 요구를 실행한다. 지상서버로부터 ping 요구에 대한 ping 응답이 수신되면 차량 기지(Depot)에 도착한 것으로 간주한다. [그림 2]는 차상 무선 전송 장치(RTD)가 차량 기지(Depot) 도착 여부를 주기적으로 감시하고, 차량 기지(Depot) 도착 감지시 TCMS로부터 수신하여 자체 영구 저장 장치(NVRAM)에 누적 기록한 주요 고장 정보와 열차 운행 정보를 IEEE802.11b 무선랜을 통해 지상서버로 전송하는 절차이다.



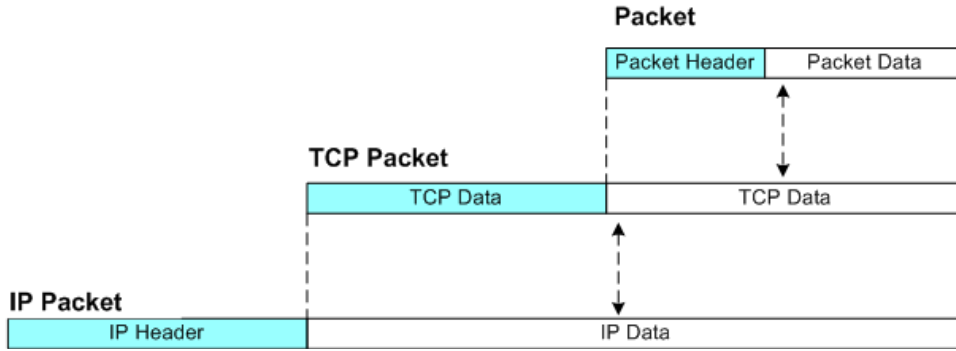
[그림 2] 차상 무선장치 동작 순서도



[그림 3] 지상서버와 RTD간의 전송방식 순서도

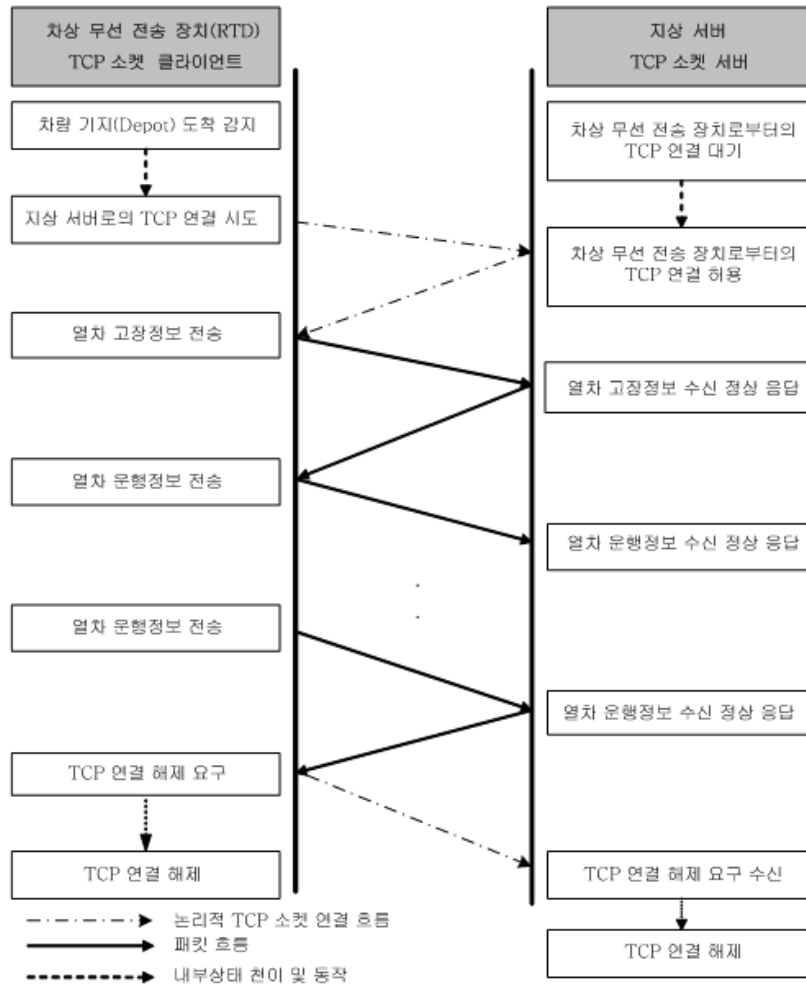
[그림 3]은 지상서버와 RTD간의 열차운행정보 및 고장정보를 전송방식을 보여주는 그림이다. 열차운행정보는 패킷의 크기가 100Kbyte로 제한되므로, n개로 분할하여 지상서버로 전송한다. 만약 k번째 전송에서 지상서버로부터의 응답이 부정 응답이었을 경우 k번째에 해당하는 데이터만을 재전송한다. 이는 약 2Mbyte의 데이터를 재전송하는데 소요되는 시간을 단축하기 위함이다.

[그림 4]는 지상용 컴퓨터의 응용 프로그램에서 차상 무선장치와 지상용 컴퓨터간의 통신은 Packet의 송수신을 통해 수행된다. 이 Packet은 다음과 같이 TCP/IP 통신 Packet에 실려 차상 무선장치와 지상용 컴퓨터간에 데이터 통신에 사용된다.



[그림 4] 통신 패킷 구조

[그림 5]는 차상 무선 전송 장치(RTD)와 지상서버간에 Transport 계층으로 TCP 프로토콜을 사용하고, 응용 프로그램 간에 패킷을 기반으로 하여 열차 고장 정보와 열차 운행 정보를 송수신하기 위한 절차에 대한 설명이다



[그림 5] 데이터 전송 상태 천이도

[그림 5]에서 고장 정보의 전송은 열차가 차량 기지에 도착했음을 감지한 후 추가 고장 정보가 있을 경우에만 지상서버로 고장 정보를 전송한다. 하지만 열차 운행 정보는 고장 정보가 없더라도 차량 기지에 도착했음을 감지하게 되면 고장 정보와 상관없이 지상서버로 해당 정보를 전송한다. 데이터 전송

은 지상서버와의 통신이 감지된 시점에서부터 최초 1회만 지상서버로 열차 운행 정보를 전송하며, 통신이 연결되어 있는 상태에서는 추가 열차 운행 정보를 전송하지 않는다. 단, 추가 고장 정보 전송이 이루어질 경우에는 재전송이 가능하다.

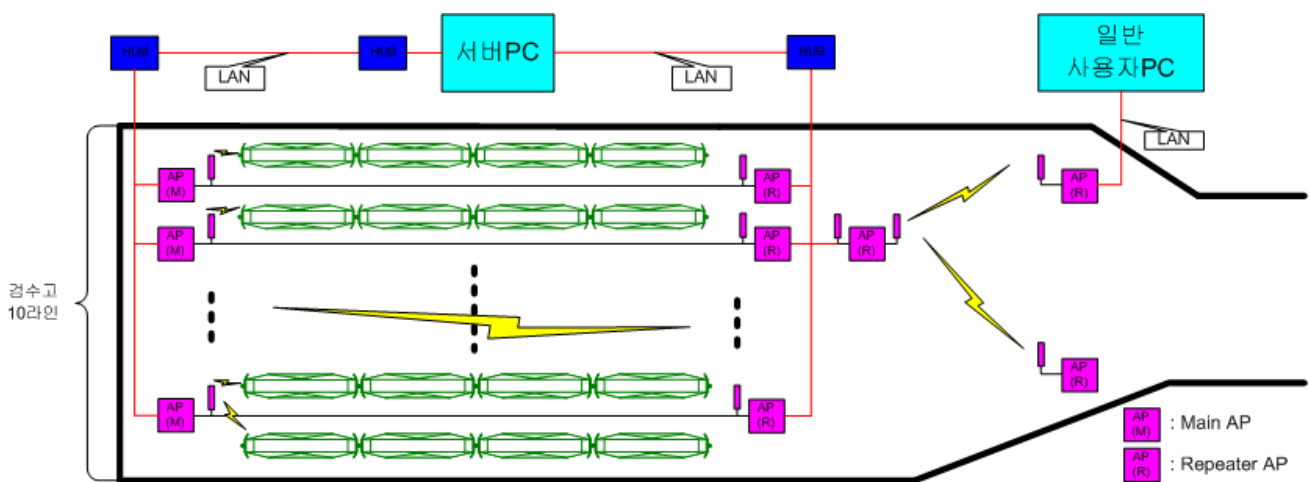
2.2 TCMS 무선지상장치의 운영

수요처에서는 열차운행기록, 고장기록을 메모리카드를 사용하여 다운받아 지상분석장치에서 분석하며 사용한다. 각 검수원들은 입고되는 차량마다 TCMS 양쪽 모든 기록을 다운받아야 되기 때문에 차량 수량이 상당히 많은 서울메트로 경우는 많은시간과 인력이 소비되는 부분이다. 이런 부분을 무선통신을 이용하여 검수고 입고고 할때 마다 기록데이터를 전송하기 때문에 많은 비용과 시간이 절약된다.

각 차량마다 독립 IP주소를 부여하여 차량기지 입고 시 또는 검수고에 있을 때 차량의 IP주소로 의해서 차량의 입고고를 인지 할 수 있으며, AP에 접속되면, 데이터를 전송한다. IP주소는 차량용은 XXX.XXX.0.1~255까지 사용하였다. 또한 AP 및 지상서버를 통한 방송, 표시기장치의 문안과 승객안내 표시기에 표출되는 행선안내 자막과 광고영상 콘텐츠 등을 무선네트워크를 통해서 효율적으로 업데이트 할 수 있도록 광고용 IP주소, 동영상용 IP주소도 부여하여 서로 충돌이 일어나지 않도록 구분하여 운영 중에 있다. 광고용 IP는 XXX.XXX.1.1 ~ 255 , 동영상 IP는 XXX.XXX.2.1 ~ 255로 구분하였다.

현재 서울메트로 2호선 신정차량기지 및 군자차량기지의 지상서버는 TCMS에 기록된 데이터 중 열차운행기록과 고장기록을 무선전송장치를 통해서 수신된다. 열차운행기록은 TCMS에 기록된 열차운행기록 24시간분을 RTD로 전송받아 지상서버에서 03시부터 다음 날 02시 59분의 형태로 분류하여 저장한다. 열차고장기록은 TC고장 20Byte 와 CC고장 360Byte(1량 기준 : 36Byte)를 RTD로 전송받아 열차편성별, 장치별로 분류하여 저장한다. 전체 전송 데이터는 열차운행기록, 고장기록은 404Byte이다. 저장 데이터 전송은 차량이 검수고 입고 중 일 때 또는 입고고 시에 전송된다.

지상서버에서 저장데이터의 안전성 및 효율적인 운영을 위해서는 저장데이터의 저장위치의 접근은 아이디와 패스워드를 알아야 접근이 가능하며, 관리는 자동으로 차량별, 데이터별, 폴더로 분류되어 관리된다. 효율적인 지상장치 운영을 위해서 검수고 지상서버 뿐만 아니라 검수사무실의 일반사용자PC에서도 유선LAN과 무선통신을 통해서 지상서버에 접속하여 저장된 데이터를 분석할 수 있으므로 운영에 효율성이 있다.

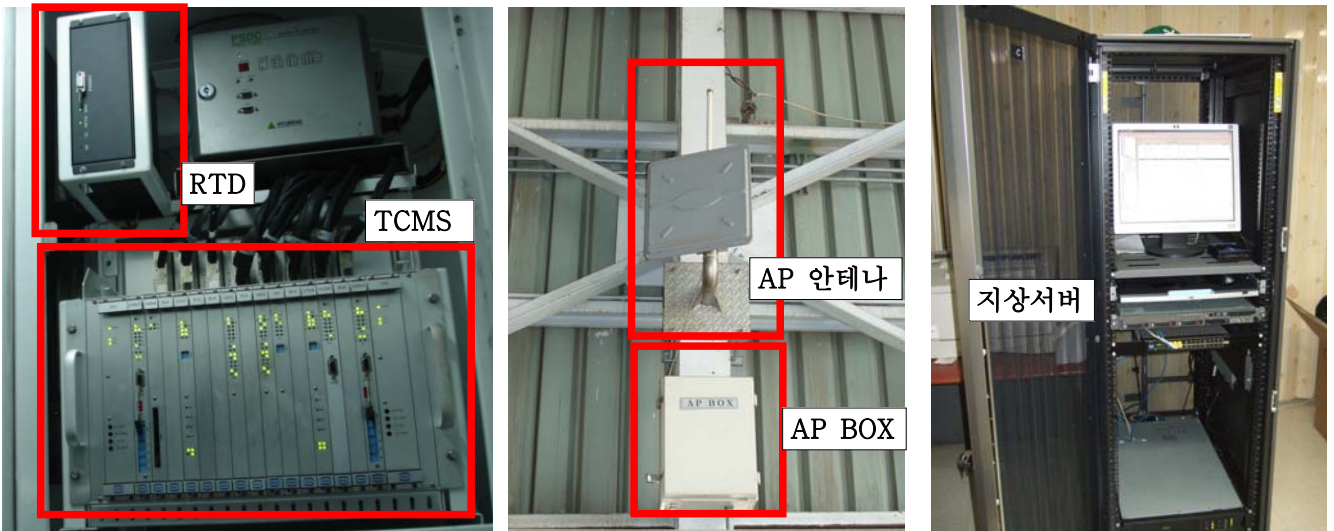


[그림 6] 신정차량기지의 무선지상장치 전체 설치도

2.3 TCMS 무선지상장치들의 시험

TCMS 무선지상장치를 신정차량기지에 설치하기 위하여 먼저 신정기지의 차량이 입고하는 선로 및 검수고 내부 구조를 파악하였다. 차량이 입고하는 선로의 경우는 차량이 차량기지에 입고 시 반드시 통과하는 부분에 설치하여 AP에 접속율을 높였으며, 일반사용자PC로도 사용가능하게 하기 위해 검수 사무실 부근에 Repeater AP를 설치하였다. 검수고 내부 구조의 경우 각 라인마다 기둥이 있기 때문에 기둥에 안테나를 설치하여 양쪽 모두 커버하게 하였으며, 검수고 입구와 끝의 거리는 200M정도 이기 때문에 Main AP와 Repeater AP의 전송거리 300M에 충분히 커버되었다.

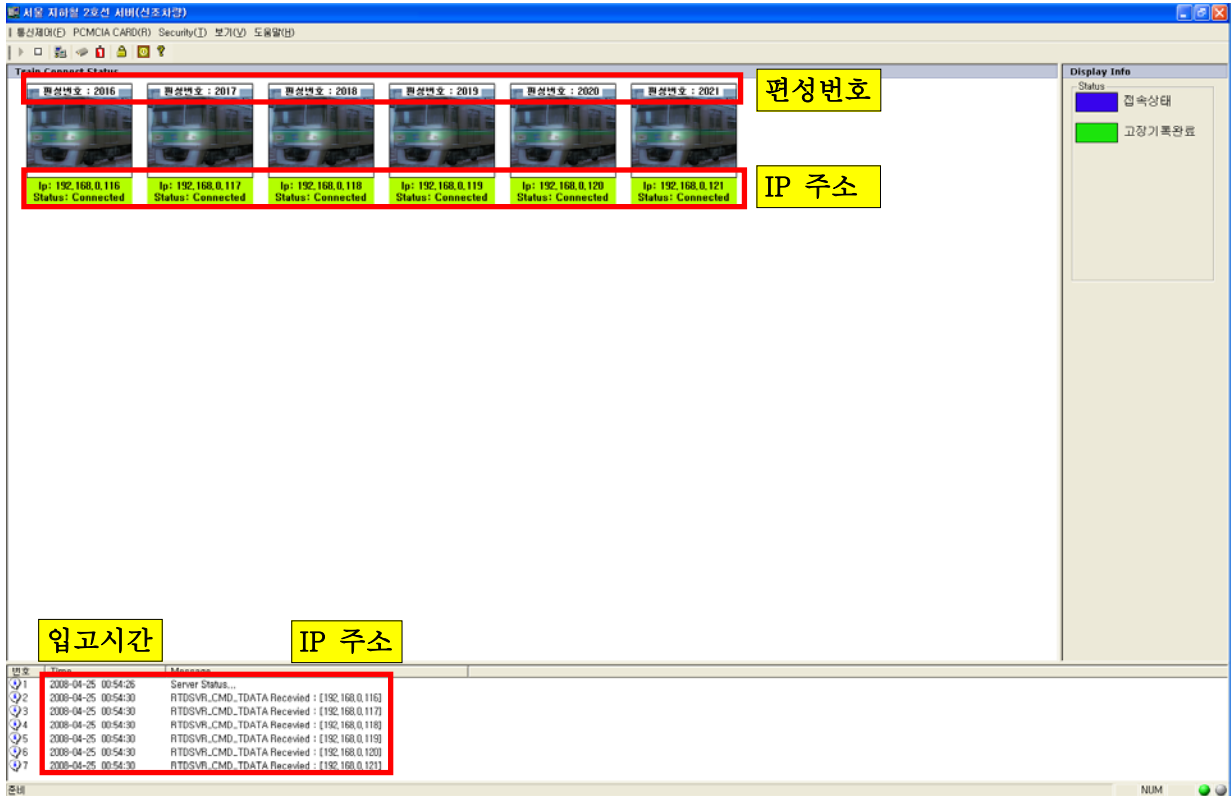
[그림 7]의 사진처럼 차량에 설치된 RTD는 Tc1 차량에만 장착되며, TC(Train Computer) 상단에 장착하였으며, 안테나는 차량 루프에 장착했다. 신정차량기지에 설치된 AP는 [그림 6]의 위치에 AP안테나와 AP BOX를 설치하였다. 지상서버컴퓨터는 검수고 사무실내 설치하였다.



[그림 7] TCMS 무선지상장치들의 사진

시험은 차량을 검수고로 입고 시켰을 때, 입고된 편성번호와 서버에 표시되는 편성번호가 일치하는 시험, 해당 차량 IP주소와 일치 시험, 차량에 저장된 열차운행기록, 고장기록이 전송 시험, 메모리카드로 받은 기록과 비교시험을 했다.

[그림 8]은 지상서버 화면이다. 실제 편성번호와 지상서버화면에 나타난 편성번호는 일치했으며, 또한 IP주소도 IP주소 체계에 따라 일치했다. 예를 들어 2017편성은 IP주소는 192.168.0.017로 표시함으로써 일치함을 보였다. 화면 하단부에 차량 입고 시간을 확인함으로써 해당 차량이 검수고 입고 시간 등을 확인 가능하였다.



[그림 8] 지상서버 화면

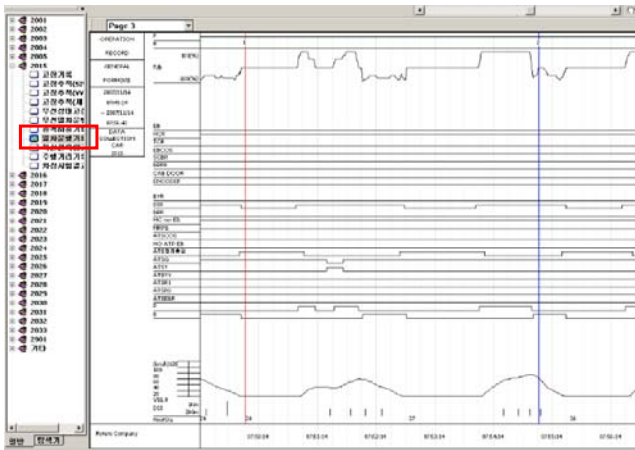
[그림 9]~[그림 12]은 메모리카드를 통해서 받은 기록과 무선통신으로 받은 데이터가 동일한 데이터에 대한 확인 시험자료 그림이다. 편성번호 215편성으로 시험을 진행하였으며, [그림 9], [그림 10]은 고장기록이 동일시간 때 고장명이 동일하게 저장된 것을 보여준다. 그림 좌측에 열차번호와 기록명은 고장기록과 무선상태고장을 확인하면 되고, 그림중간에 [구분]을 확인 하면 [상태] 또는 [무선상태]로 구분된다. [그림 11], [그림 12]는 열차운행기록을 비교한 그림이며, 그림 좌측에 열차운행기록과 무선열차운행기록으로 구분된다.

| 순번 | 기록일자 | 편성번호 | 검지일자 | 구분 | 차량번호 | 고장 코드 | 고장 내용 |
|-----|---------------------|------|---------------------|----|---------|-------|-------------------|
| 150 | 2007/11/14 13:45:16 | 2015 | 2007/11/13 05:45:13 | 상대 | 2015-TC | 101 | ATS 비상제동(ATS EBR) |
| 151 | 2007/11/14 13:45:16 | 2015 | 2007/11/13 05:46:57 | 상대 | 2915-TC | 61 | 비상제동 동작(BPR) |
| 152 | 2007/11/14 13:45:16 | 2015 | 2007/11/13 05:46:57 | 상대 | 2015-TC | 61 | 비상제동 동작(BPR) |
| 153 | 2007/11/14 13:45:16 | 2015 | 2007/11/13 05:50:52 | 상대 | 2015-TC | 101 | ATS 비상제동(ATS EBR) |
| 154 | 2007/11/14 13:45:16 | 2015 | 2007/11/13 06:03:44 | 상대 | 2915-TC | 61 | 비상제동 동작(BPR) |
| 155 | 2007/11/14 13:45:16 | 2015 | 2007/11/13 06:03:45 | 상대 | 2015-TC | 61 | 비상제동 동작(BPR) |
| 156 | 2007/11/14 13:45:16 | 2015 | 2007/11/13 06:24:42 | 상대 | 2915-TC | 61 | 비상제동 동작(BPR) |
| 157 | 2007/11/14 13:45:16 | 2015 | 2007/11/13 06:24:42 | 상대 | 2015-TC | 61 | 비상제동 동작(BPR) |
| 158 | 2007/11/14 13:45:16 | 2015 | 2007/11/13 06:27:01 | 상대 | 2615-TC | 907 | END DOOR 1 FAULT |
| 159 | 2007/11/14 13:45:16 | 2015 | 2007/11/13 06:28:02 | 상대 | 2615-TC | 907 | END DOOR 1 FAULT |
| 160 | 2007/11/14 13:45:16 | 2015 | 2007/11/13 06:30:09 | 상대 | 2015-TC | 101 | ATS 비상제동(ATS EBR) |
| 161 | 2007/11/14 13:45:16 | 2015 | 2007/11/13 06:36:47 | 상대 | 2715-TC | 907 | END DOOR 1 FAULT |
| 162 | 2007/11/14 13:45:16 | 2015 | 2007/11/13 06:38:40 | 상대 | 2115-TC | 908 | END DOOR 2 FAULT |
| 163 | 2007/11/14 13:45:16 | 2015 | 2007/11/13 06:40:43 | 상대 | 2715-TC | 907 | END DOOR 1 FAULT |
| 164 | 2007/11/14 13:45:16 | 2015 | 2007/11/13 06:43:08 | 상대 | 2715-TC | 907 | END DOOR 1 FAULT |
| 165 | 2007/11/14 13:45:16 | 2015 | 2007/11/13 06:47:10 | 상대 | 2715-TC | 907 | END DOOR 1 FAULT |

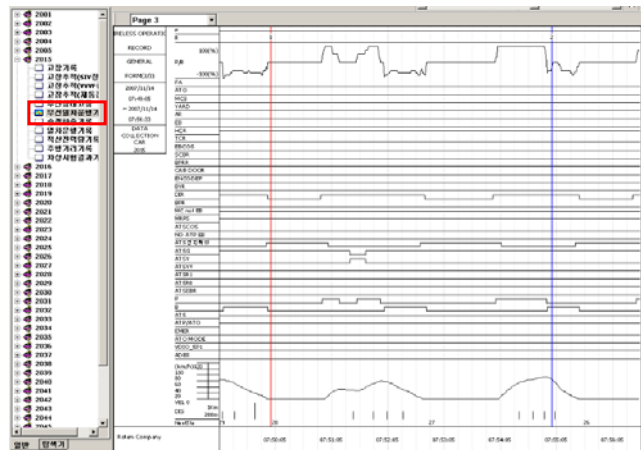
[그림 9]. 메모리카드로 받은 고장기록

| 순번 | 기록일자 | 편성번호 | 검지일자 | 구분 | 차량번호 | 고장 코드 | 고장 내용 |
|----|---------------------|------|---------------------|------|------|-------|-------------------|
| 1 | 2007/11/13 22:58:45 | 2015 | 2007/11/13 05:45:14 | 무선상태 | 2015 | 101 | ATS 비상제동(ATS FBR) |
| 2 | 2007/11/13 22:58:45 | 2015 | 2007/11/13 05:46:57 | 무선상태 | 2015 | 61 | 비상제동 동작(BPR) |
| 3 | 2007/11/13 22:58:45 | 2015 | 2007/11/13 05:46:57 | 무선상태 | 2915 | 61 | 비상제동 동작(BPR) |
| 4 | 2007/11/13 22:58:45 | 2015 | 2007/11/13 05:50:53 | 무선상태 | 2015 | 101 | ATS 비상제동(ATS EBR) |
| 5 | 2007/11/13 22:58:45 | 2015 | 2007/11/13 06:03:45 | 무선상태 | 2015 | 61 | 비상제동 동작(BPR) |
| 6 | 2007/11/13 22:58:45 | 2015 | 2007/11/13 06:03:45 | 무선상태 | 2915 | 61 | 비상제동 동작(BPR) |
| 7 | 2007/11/13 22:58:45 | 2015 | 2007/11/13 06:24:43 | 무선상태 | 2015 | 61 | 비상제동 동작(BPR) |
| 8 | 2007/11/13 22:58:45 | 2015 | 2007/11/13 06:24:43 | 무선상태 | 2915 | 61 | 비상제동 동작(BPR) |
| 9 | 2007/11/13 22:58:45 | 2015 | 2007/11/13 06:27:01 | 무선상태 | 2615 | 907 | END DOOR 1 FAULT |
| 10 | 2007/11/13 22:58:45 | 2015 | 2007/11/13 06:28:03 | 무선상태 | 2615 | 907 | END DOOR 1 FAULT |
| 11 | 2007/11/13 22:58:45 | 2015 | 2007/11/13 06:30:10 | 무선상태 | 2015 | 101 | ATS 비상제동(ATS EBR) |
| 12 | 2007/11/13 22:58:45 | 2015 | 2007/11/13 06:36:47 | 무선상태 | 2715 | 907 | END DOOR 1 FAULT |
| 13 | 2007/11/13 22:58:45 | 2015 | 2007/11/13 06:38:40 | 무선상태 | 2115 | 908 | END DOOR 2 FAULT |
| 14 | 2007/11/13 22:58:45 | 2015 | 2007/11/13 06:40:44 | 무선상태 | 2715 | 907 | END DOOR 1 FAULT |
| 15 | 2007/11/13 22:58:45 | 2015 | 2007/11/13 06:43:08 | 무선상태 | 2715 | 907 | END DOOR 1 FAULT |
| 16 | 2007/11/13 22:58:45 | 2015 | 2007/11/13 06:47:11 | 무선상태 | 2715 | 907 | END DOOR 1 FAULT |

[그림 10]. 무선통신으로 받은 고장기록



[그림 11]. 메모리카드로 받은 열차운행기록



[그림 12]. 무선통신으로 받은 열차운행기록

3. 결론

현재 국내 전동차 차량기지에서 무선통신을 사용하여 차량의 기록데이터를 전송 받는 장치를 구축된 곳은 많지 않다. 그 중에서 현대로템이 구축한 서울메트로 2호선은 차상장치는 신조 280량과 기존 54량에 적용하였으며, 무선지상장치는 신정차량기지 및 군자차량기지에 AP 및 지상서버등을 추가로 구축하여, 안정된 데이터 송수신율과 데이터 전송시간 단축, 데이터종류 증가, 편리한 검수 등의 많은 이점이 있음을 입증하였다.

또한 지상서버를 공용으로 사용하여, 방송, 표시기의 광고 콘텐츠 및 동영상 정보들을 제공하는 기능 등 사용자측면에서 시간과 인력의 효율성을 극대화 시키는데 많은 도움이 될 것으로 판단된다.

무선지상장치를 차량기지에 구축하는데 있어서 초기 비용이 많이드는 단점은 있지만, 구축 후 사용상의 편리성, 차량검수의 효율성 등 많은 이점이 있으며, 서울메트로와 같은 차량수량이 많은 곳은 더욱 더 유용한 장치라고 사료된다.

향후 국내에는 서울 3,4호선에 채택하여 개발 중에 있으며, 해외에는 상파울루 4호선 전동차에 적용 예정이다. TCMS는 RTD를 TCMS 보드와 일원화 하여 보다 간략하고 미려한 TCMS로 개발 중에 있다.

참고문헌

1. 주해진 외 3명(2002년), “철도차량의 모니터 장치의 지상장치 최적화 기법에 관한 연구”.
2. (주)현대로템(2006년), “TCMS RF 지상장치 검토서”.
3. (주)현대로템(2007년), “TCMS 무선전송장치(RTD) 규격서”.
4. (주)현대로템(2007년), “TCMS RT 지상장치 완료보고서”.