

# TCMS 기능시험을 위한 실시간 시뮬레이터 구성에 관한 연구

## Study on the Configuration of Real Time Simulator for TCMS Functional Test

홍구선\*\*  
Hong, Goo-Sun

정원홍\*\*  
Jeong, Won-Hong

박계서\*\*\*  
Park, Gye-Seo

---

### ABSTRACT

This paper presents the configuration of simulator for the functional test of TCMS on developing. This simulator is composed of three cabinets. There is equipped the TCMS system which have the same configuration of 1 train(SMG Line 7&8) on the two cabinets. And there are equipped VME PC, VME CPU Board and I/F modules on the rest cabinet. This simulator has tow parts, which are user I/F part and Real-time signal processing part. We programed user I/F part with Visual C++ to support GUI function, and signal processing part with RTOS to support Real-Time signal processing. This simulator can produce all the signal and data for the TCMS functional testing.

---

### 1. 서론

오늘날의 전동차에는 고신뢰성, 안정성 및 비용적 측면을 만족하는 많은 전장품이 사용되고 있다. 대표적인 전장품으로는 열차의 추진/제동제어를 위한 VVVF/BRAKE, 자동운전제어를 위한 ATC/ATO/TWC/TRA등을 들 수 있으며, 이러한 전장품 및 열차 전체의 상태를 모니터링하고 제어를 수행하는 TCMS(Train Control & Monitoring System)가 사용되고 있다. 현재의 추세는 이러한 TCMS의 역할이 점진적으로 중요시되고 있으며, 이로 인해 세계의 각 철도차량 분야의 제조 회사들은 TCMS의 고 기능화, 신뢰성 향상에 커다란 노력을 기울이고 있다.

TCMS의 개발과 관련하여 시험용 차량을 따로 준비하는 것은 국내의 실정상 현실적으로 어려움이 매우 많으며, 실 선로상의 시험 또한 허가를 득 한다 하더라도 일반적으로 기간이 짧고 제약조건도 많다. 이러한 이유로 개발초기부터 실제상황과 유사한 환경을 시험실내에 조성하고 이를 이용하여 개발의 용이성을 확보할 필요성이 증대된다.

본 연구에서는 상기와 같은 문제점을 해결하고, TCMS의 개발 초기부터 현차시험 이전까지 개발품의 충분한 신뢰성 확보를 위한 성능과 기능시험을 모의상황을 통해 수행할 수 있는 시뮬레이터를 구현하였다. 이 시뮬레이터는 차량에서 제공되는 모든 신호 및 각 하부장치(VVVF, SIV, BRAKE, ATC/ATO, TWC 등)와 TCMS간의 인터페이스를 열차 1편성(SMG Line 7&8)을 기준으로 완벽하게 지원하며, 실시간 운영 소프트웨어를 이용하여 열차의 운전 시 발생할 수 있는 각종 상황을 사용자가 편리하게 선택 가능하도록 고안되었다. 본 연구에서는 구현된 시뮬레이터의 구성과 기능 및 향후 시뮬레이터의 방향에 대하여 제안 하고자 한다.

---

- \* 한국철도차량 주식회사 연구원, 비회원
- \*\* 한국철도차량 주식회사 선임연구원, 비회원
- \*\*\* 한국철도차량 주식회사 수석연구원, 비회원

## 2. 열차 시스템 구성 및 TCMS의 주요기능

일반적인 열차 시스템 구성은 그림 1에서 보는바와 같으며, 노선별로 약간의 차이는 있으나 구성품의 종류 측면에서 보면 거의 차이점이 없다. 다만 각 노선에 열차의 시스템을 납품한 제조회사에 따라 시스템 구성에 약간의 차이점이 있을 뿐이다. 주요 구성품에는 차량의 추진/제동을 담당하는 PE(Propulsion Equipment, VVVF)와 BRAKE 장치가 있으며, 열차의 자동운전제어와 트랙의 조건에 따라 열차의 속도를 제어하는 ATO, ATC등의 장치가 있고, 차상과 지상과의 I/F 기능을 담당하는 TWC, TRCP가 있다. 또한 차량내의 직류전원 공급장치인 SIV, 승객 안내장치인 PIS, PA등이 있다.

TCMS장치는 각 차량에 탑재된 정보단말장치와 직렬전송 매체인 Train Bus를 통해 열차 내 주요장치의 감시대상 정보를 집중시키고, 열차 내 연계된 시스템을 제어하며, 기기의 보수 및 승무원의 운전업무를 지원하는 것을 목적으로 하는 종합제어장치(Train Control & Monitoring System)이다.

TCMS는 열차내 주요장치의 동작 데이터를 수집하여 항상 운전대의 표시장치에 전송하고 승무원이 운전 중 주요장치의 동작상태를 용이하게 파악할 수 있도록 한다. 만약 감시되고 있는 어떤 장치에서 이상이 발생하면 TCMS는 표시장치에 문자를 이용하여 고장 부위의 위치와 내용을 승무원에게 전달해준다. 결과적으로 승무원에게 신속하고 정확한 처치 및 고장원인의 조기 규명을 지원한다.

TCMS는 유지보수요원들에게 보다 간편한 방법으로 차량을 점검할 수 있도록 고장을 기록, 저장하고 있으며 이러한 고장 기록과 운행정보들은 TCMS 기지 컴퓨터 시스템에 의해 분석할 수 있도록 메모리 카드를 통해 다운로드 될 수 있다.

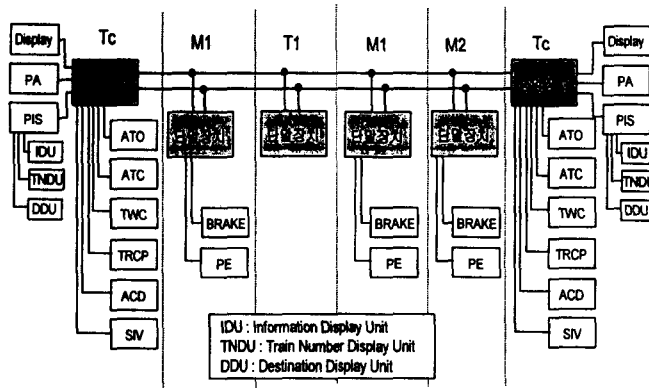


그림 1 열차 시스템 구성도(7&8호선 1차)

## 3. 시뮬레이터의 구성 및 기능

### 3.1 개요

본 논문에서 제안하는 시뮬레이터는 그림 2와 그림 3에서 보는바와 같이 세 개의 캐비닛으로 구성되어 있다. 캐비닛 1과 3에는 TCMS장치가 장착되어 있으며, 캐비닛 2에서 차량에서 발생시킬 수 있는 모든 신호를 입·출력하도록 고안되었다. 캐비닛 1과 3의 TCMS장치는 서울시 지하철 7&8호선(1차)에서 사용되고 있는 것과 동일한 장치이며, 실제 차량 1편성과 동일한 구성을 위해

캐비넷 1에는 TC, M1, T1차량, 캐비넷 3에는 M1, M2, TC차량의 TCMS가 장착되어 있다. 캐비넷 3은 사용자 GUI를 위해 모니터, 마우스 및 키보드를 설치하였다. 그밖에 캐비넷 2에는 2개의 24 inch의 VME Standard RACK이 설치되어 있으며, 상위의 VME RACK에는 통신보드, 신호입·출력용 VMIO보드 및 사용자 인터페이스 및 데이터 가공처리를 수행하는 VME PC가 VMEbus를 통해 상호 연결되도록 하였다. 하위의 VME RACK에는 20mA Current Loop 통신 인터페이스를 위한 인터페이스 카드(CLB : Current Loop Board) 및, 24V/100V의 디지털 신호 출력을 위한 Relay보드(RLB : Relay Board)를 장착하였다. VME PC에는 Win95 OS를 설치하였으며, 통신용 보드에는 RTOS를 설치하였다. 또한 S/W Upgrade 용이성 및 Stand-alone 동작을 위해 통신용 보드에서 동작하는 응용프로그램을 통신용 보드의 플래쉬 메모리에 저장하였으며, 통신용 보드의 응용프로그램의 개발, 변경 등을 위하여 Ethernet으로 Host 컴퓨터와 연결하여 쉽게 프로그램 변경 및 시험을 할 수 있도록 하였다. 본 시뮬레이터의 가장 큰 특징은 시뮬레이터에서 전송한 모든 데이터를 TCMS가 정상적으로 처리하는가를 실시간으로 모니터링 할 수 있다는데 있다.

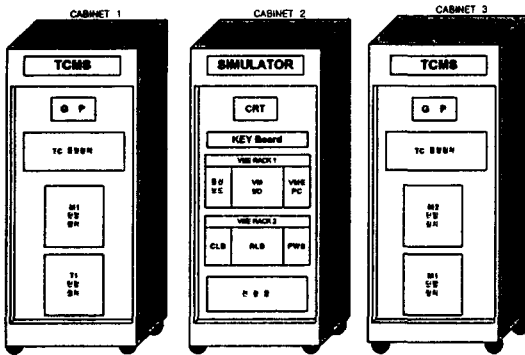


그림 2 시뮬레이터 구성

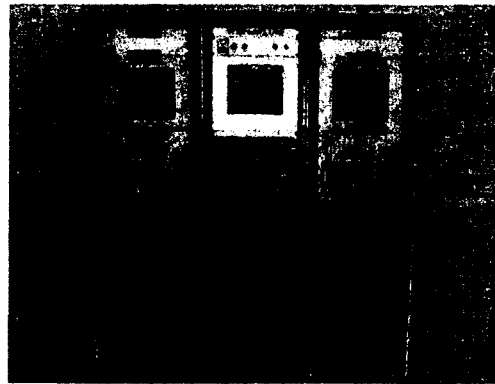


그림 3 시뮬레이터 사진

### 3.2 사용자 인터페이스 부

사용자 인터페이스부는 모의시험의 내용에 의거하여 시험 대상으로부터 요구되는 신호 및 데이터를 사용자가 선택함으로써 개별적 혹은 조합에 의한 형태로 처리하여 통신용 보드로 전송한다. 전송 매개는 VMEbus를 이용하며, 통신보드의 일정 영역의 메모리를 공통메모리로 정의하였다.

사용자가 그림 4와 그림 5 같은 윈도우즈 GUI I/F를 통해 수행하고자 하는 모의시험을 쉽게 할 수 있도록 하였다. 그림 4에서 보는 바와 같이 운전자 데스크를 화면에 묘사하여 사용자로 하여금 편리하게 모의시험을 진행 할 수 있도록 하였으며, 그림 5와 같이 각 차량에 장착되어 있는 하부장치 종류별로 윈도우를 Open할 수 있도록 하여 사용자가 개별 신호 및 데이터를 선택할 수 있도록 하였다. 그림 4에서 하단부의 Text 출력 창에는 시뮬레이터에서 모의로 데이터를 TCMS로 전송한 후 TCMS에 의해 정상적으로 데이터가 처리되고 있는가를 확인 가능하도록 각 차량에 장착되어 있는 TCMS의 메모리를 Dump하여 출력되도록 하였다. 이때 사용자는 원하는 차량 및 하부장치를 선택적으로 선정하여 메모리 내용을 육안 및 추후 파일로 저장하여 프린트 출력물로 확인 가능하다. 이 기능에 의해 사용자는 TCMS의 동작에 에러가 발생했을 경우 쉽게 범위를 좁힐 수 있다.

사용자 인터페이스부는 MS Visual C++과 NI(National Instrument)사의 CW(Component

Works)를 이용하여 프로그램 되었다. NI사의 CW는 Visual C++를 위한 COM으로써 여러 산업 분야에서 이용되고 있으며, 특히 시험 대상의 장치에 대해 데이터의 획득, 해석 및 제공을 수행하는 test 프로그램 작성에 매우 유용하다.

사용자 인터페이스부의 내부 구조는 그림 6과 같이 크게 4부분의 모듈로 구성된다. 사용자가 쉽게 데이터 입력을 할 수 있도록 하는 GUI모듈, 사용자 혹은 통신보드에서 전송된 데이터를 가공 처리 하는 데이터 처리 모듈, 처리된 데이터를 임의의 장소에 저장 혹은 파일 저장하는 저장모듈 그리고 VMEbus로 데이터를 입·출력하는 VMEbus I/F 모듈 등으로 구성되었다.

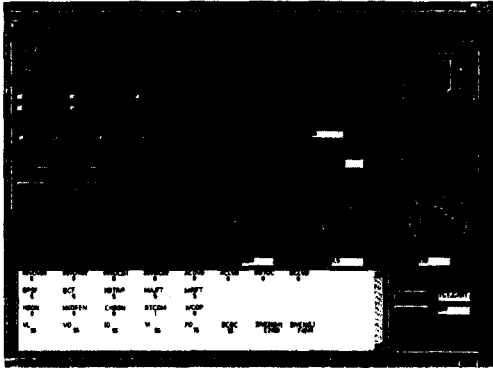


그림 4 사용자 I/F 화면

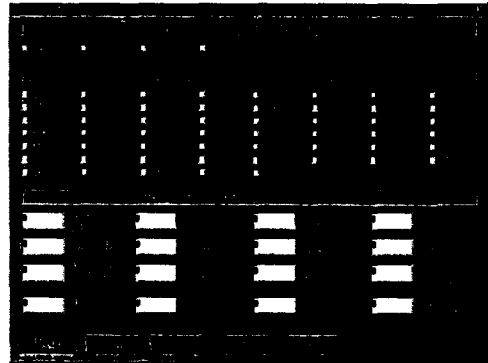


그림 5 주변장치 신호선택 화면

### 3.3 실시간 신호처리 부

실시간 신호처리 부의 주요 기능은 실시간으로 사용자 인터페이스부와 TCMS간의 데이터 교환을 지원하는 데 있다. 사용자가 의도하는 모의시험에 의해 데이터가 VMEbus를 경유하여 통신보드상의 공통 메모리에 쓰여지고, 실시간 신호처리 부의 각 모듈은 실시간으로 모듈마다 이미 정해져 있는 메모리를 읽어들이어 메모리상의 데이터를 해당 차량/하부장치로 전송한다. 이와 반대방향으로 TCMS에서 송신되어 실시간 신호처리 부로 인가된 데이터를 실시간으로 공통메모리에 저장한다.

실시간 신호처리 부의 소프트웨어는 그림 6과 같이 하부구조에 RTOS(Real Time Operating System)가 있으며, 상위구조에 응용 프로그램이 위치하고 있다. 응용 프로그램은 열차의 각 차량에 장착되어 있는 하부장치별로 모듈이 구성되어 있으며, 그 외의 Digital신호에 대한 모듈이 구성되어 있다. 이러한 모듈들은 RTOS가 지원하는 멀티태스킹 기능에 의해 동작하도록 되어 있으며, 각 모듈은 중요도에 따라 우선 순위가 정해져 있고, 이러한 설정에 의해 RTOS는 모듈별 동작에 대한 스케줄링을 수행한다. 응용 소프트웨어와 시스템 소프트웨어를 통신보드의 플래쉬 메모리에 저장하여 사용자로 하여금 쉽게 사용할 수 있도록 구성하였다.

실시간 신호처리 부의 하드웨어는 그림 6과 같이 구성하였다. 2장의 통신보드와 6장의 VMIO보드가 VMEbus로 연결되어 있으며, 또한 2장의 CLB(Current Loop Board)와 12장의 RLB(Relay Board)를 추가로 구성하였다. 하부장치와 TCMS의 통신은 20mA Current Loop 방식이므로 통신보드의 시리얼 통신포트와 TCMS 하부장치 포트간의 연결을 위해 시리얼 통신 방식을 20mA Current Loop 방식으로 변경하는 인터페이스 보드(CLB 보드)를 구성하였다. 두 장의 통신보드

에서 총 24채널의 통신 포트를 지원한다. RLB보드는 VMIO보드로부터 5V의 신호를 받아 릴레이 구동에 의해 DC24V 또는 DC100V의 디지털 신호를 제공하도록 구성하였다.

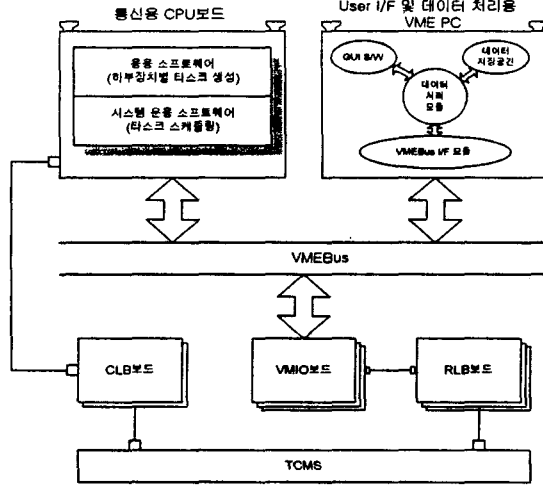


그림 6 실시간 신호처리 부 구성

### 3.4 주요 시뮬레이션 및 결과확인

#### 1) 개별 신호 및 데이터 전송에 의한 동작상태 확인

시뮬레이터의 GUI화면에서 모의시험 하고자 하는 신호를 개별적으로 선택하여 TCMS로 전송한 후 시험대상 TCMS의 메모리를 Dump하여 Display하는 GUI 윈도우에서 데이터 상태 육안 확인 및 GP(Graphic Panel : 운전자 화면)의 동작상태를 육안 확인하였다. 이 시험은 TCMS의 신호 상태 표시기능과 개별 신호 단독의 상태에 의해 TCMS의 동작이 영향을 받는 기능 시험에 사용하였다. 예를 들어 그림 8에서 DS1, DS2 등의 출입문 신호 상태에 따라서 그림 7의 출입문 상태 현시가 변경되는가를 확인하였다.

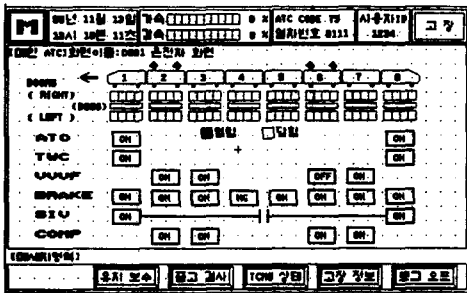


그림 7 운전자 화면

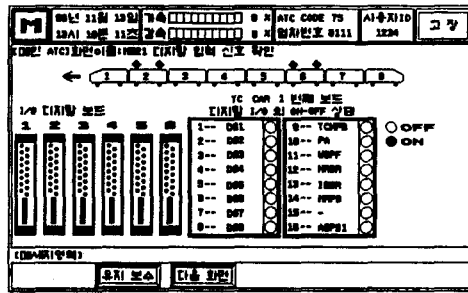


그림 8 신호 입·출력 상태화면

#### 2) 조합 신호 및 데이터 전송에 의한 동작상태 확인

입력된 개별신호의 조합에 의해 동작 및 상태 현시를 하는 경우 사용자 I/F 부에서 이미 신호의 조합을 형성하고 이를 TCMS로 전송하여 1)과 같은 방법으로 결과를 확인하였다. 예를 들면, 그림 7에서 SIV 상태현시 조건은 아래와 같이 입력하고, GP에서의 상태현시를 확인하였다.

ON SIVCOM=0 and SIVFR=0 and ACON=1  
 OFF SIVCOM=0 and SIVFR=0 and ACON=0  
 "NG" SIVFR = 1  
 "--" (SIVCOM=1 and SIVFR=0) OR TCOM=1

3) 임의 고장신호 전송에 의한 동작상태 확인

임의의 고장신호를 전송한 후 TCMS의 고장상태 현시 및 고장처리 화면전환 및 고장기록 화면 내용갱신 등의 기능을 육안 확인하였으며, 그림 9는 고장 신호 검지시 TCMS의 동작 흐름도 이다.

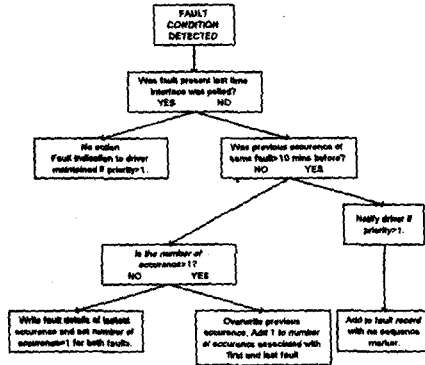


그림 9 고장 핸들링 플로우차트

4) TCMS 시험기능 TEST

TCMS의 시험기능에는 출발전시험, 일상 및 월상검사등이 있다. 이들 시험은 정해진 순서대로 운전자 화면(GP)을 통해 시험방법이 현시되고 시험자가 순서에 따라 열차를 작동하는 것이다. 이때 시험의 결과는 GP상에 시험단계별로 현시된다. 시험기능 Test를 위하여 시험의 조건을 정상 및 비정상 조건으로 인가하였으며, 시험 단계별 결과를 정상 및 비정상으로 인가하여 TCMS의 동작상태를 육안 확인하였으며, 그림 10은 출발 전 시험의 초기 조건을 나타내는 화면이고, 아래의 조건은 관련 조건의 예를 나타낸다.

- |  |                          |
|--|--------------------------|
| - 열차는 정지 했는가?                          | CSPD < 0.5(km/h)         |
| - 모든 출입문은 닫혔는가?                        | DIR = 1 and HCR = 1      |
| - 주공기 압력이 6.0 kg/cm <sup>2</sup> 이상인가? | MRPS = 0                 |
| - 구원운전 스위치가 "정상" 위치인가?                 | ROS = 0                  |
| - 보완제동이 완해 되었는가?                       | SBS = 0                  |
| - 운전모드 선택 스위치가 "수동" 인가?                | ATCMAN = 1 or ATCSAP = 0 |
| - 역전기가 "F" 위치인가?                       | HCR = 1                  |
| - 주간제어기가 "B7" 위치인가?                    | ISBC = 1 and AFBR = 0    |
| - 출입문 선택 스위치가 "자동개, 자동폐" 위치인가?         | DAA = 1                  |
| - 열차정지 스위치가 "OFF" 되어 있는가?              | ZVS = 0                  |
| - 주차제동이 완해 되었는가?                       | PBPS = 0                 |



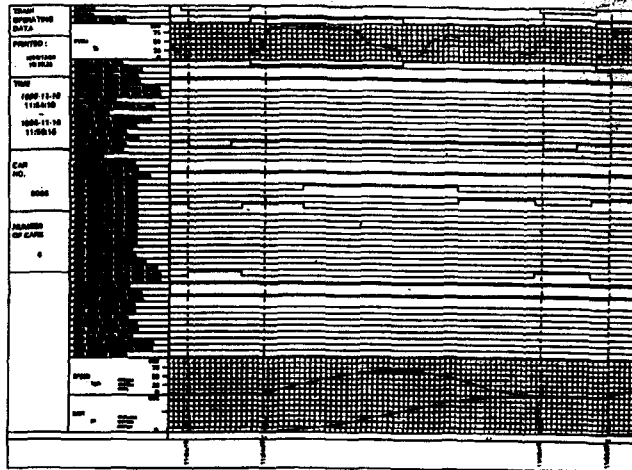


그림 12 모의주행 결과 그래프

#### 4. 결론

본 논문에서는 TCMS의 개발초기 단계에서부터 현차 시험단계까지 시험실 내에서 TCMS의 성능시험을 위한 시뮬레이터 구성에 관하여 논하였다. 차상에서 TCMS가 수행하는 주요 기능에는 상태표시기능, 하부장치 제어기능, 열차상태 검사기능, 정보기록기능, 고장정보 처리기능 및 자동 운전 제어기능 등이 있다. TCMS의 각 기능에서 요구되는 데이터 및 신호를 정해진 순서에 따라 처리하고, 예상되는 TCMS의 동작을 육안 및 형식화된 자료로 출력하여 확인 하므로써 개발 과정에서 예상되는 문제점 및 지연요소를 최소화하였다. 향후에는 시뮬레이터가 제품 개발자 뿐만 아니라 제품 운용자 측면에서의 사용가치를 높이며, 기지 시스템의 기능을 흡수하는 방향으로 설계 되어야 한다.

#### 참고문헌

1. Requirements Specification, "Seoul Subway TCMS Functional Specification - Line 7/8", 1996, GEC ALSTHOM Traction Ltd.
2. 서울특별시 지하철 7&8호선 국산 TCMS 개발 완료보고서, 1997, 대우중공업(주)
3. KNR 1호선 국산 모니터링장치 개발 완료보고서, 1999, 대우중공업(주)