

동력차용 차량 시뮬레이터

이 주 훈
한국전기연구소 발전제어사업팀

A Vehicle Simulator for a Power Car

Joo-Hoon Lee
Power Plant Project Team, Korea Electrotechnology Research Institute

Abstract - The OBCS(On-Board Computer System) achieves train system diagnosis and control. For commercial train operation, it must guarantee the reliability for safe and have low cost operational algorithm. To guarantee the diagnosis function and the control ability of OBCS, sufficient actual railway running test under severe conditions is required. But, running test has some limitations for making severe conditions because of safety and it demands quite long time and a lot of costs. So simulator is required and is utilized in many countries. We designed a simulator to test various functions and performance of controllers for high speed train's power car under various conditions and it is represented briefly.

1. 서 론

열차의 주요장치 및 주행상태를 모니터링하고, 이러한 상태정보를 바탕으로, ATC/ATS등 지상정보와 운전자에 의한 운전조작으로부터 추진력과 제동력을 제어하는 등 열차의 진단 및 제어를 수행하는 시스템을 차상컴퓨터시스템(OBCS-On Board Computer System)이라 한다. 차상컴퓨터시스템은 열차의 안전한 운전을 위해 그 신뢰도를 충분히 확보하여야 하며, 어떠한 상황에서도 승객의 안전을 보장할 수 있도록 설계되어야 한다. 그러므로 차상컴퓨터시스템의 모든 기능 및 성능은 테스트를 통하여 검증되어야 하는데, 실차 적용을 통한 검증은 여러 가지로 한계가 있다. 또한 차상컴퓨터시스템은 열차의 경제적인 운영을 위해서 다양한 운영 알고리즘을 보유하고 있어야 하는데 이 역시 실차테스트 이전에 취득하는 것이 효율적이다.

이에, 실차테스트 이전에 차상컴퓨터시스템의 진단기능 및 제어성능을 테스트하고, 운영알고리즘을 확립할 수 있는 차량 시뮬레이터 시스템을 설계하였다.

2. 동력차 차상컴퓨터시스템 및 차량시뮬레이터의 시뮬레이션 범위

동력차 차량시스템은 차상컴퓨터시스템, 차상전력시스템, 대차시스템, 추진 및 제동시스템, 각종 센서 및 액츄에이터 등으로 구성된다.

차상컴퓨터시스템은 마이크로프로세서를 갖고 특정 알고리즘화된 기능을 수행하는 시스템들을 지칭하며, 이들은 진단 및 제어를 위한 통신네트워크에 인터페이스 된다.

본 동력차 시뮬레이터 설계에서 이용한 차량네트워크는 TCN(Train Communication Network)의 차량네트워크인 MVB(Multi-function Vehicle Bus)네트워크이다.

MVB에 인터페이스 되는 차상컴퓨터시스템은 수행 기능에 따라 다음과 같이 2종류로 구분할 수 있다.

- Control Unit

좁은 의미에서의 차상컴퓨터시스템으로 각종 데이터를 네트워크나 i/o port를 통해 입력받아 시스템 및 장치의 진단·추진·제동 등 자체 알고리즘을 수행하고, 진단 정보나 제어신호를 네트워크를 통해 다른 control unit이나 control device로 보내거나, output port를 통해 액츄에이터를 제어하기도 한다.

(예: 열차제어 unit, 추진제어 unit, 제동제어 unit등)

- Control Device

넓은 의미의 차상컴퓨터시스템에 포함되며, 네트워크를 통해 control unit으로부터 제어명령을 받아 액츄에이터 구동 신호를 output port로 출력하고, 센서 신호를 input port로 입력받아 이를 네트워크 신호로 control unit에 보내주는 sub-controller의 기능을 수행하는 장치로, 자체 진단 및 제어기능은 수행하지 않는다.

(예: 출입문제어장치, 에어컨제어장치 등)

앞의 두 가지 분류 중에서 차량시뮬레이터에 의한 기능 및 성능 테스트의 대상이 되는 시스템은 열차의 진단 및 제어 알고리즘을 총괄하고, 추진 및 제동제어를 수행하는 control unit들이며, 동력차 차량시뮬레이터는 동력차의 control unit들과 네트워크 및 i/o 인터페이스 되어, 동력차의 control device들을 비롯한 주요 장치들의 기능을 모의한다.

아래에서는 control unit을 차상컴퓨터시스템으로 지칭한다.

3. 동력차용 차량 시뮬레이터

차량시뮬레이터의 설계 개념도는 그림 1과 같다.

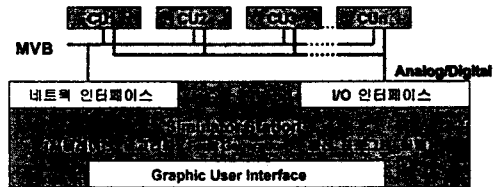


그림 1. 동력차 차량시뮬레이터 개념도

차량시뮬레이터는 차상컴퓨터시스템과의 차량네트워크 인터페이스를 위한 네트워크인터페이스, 아날로그 및 디지털 i/o 인터페이스를 위한 i/o 인터페이스, 시뮬레이터 및 차상컴퓨터시스템의 운영상태를 현시하고 조작할 수 있도록 하는 사용자인터페이스, 시뮬레이션 알고리즘이 수행되는 시뮬레이터 station등 크게 네 부분으로 구성된다.

3.1 시뮬레이터 구축

시뮬레이터는 그림 2와 같이 구축하였다. 각 구성요소별 개략적인 사양은 다음과 같다.

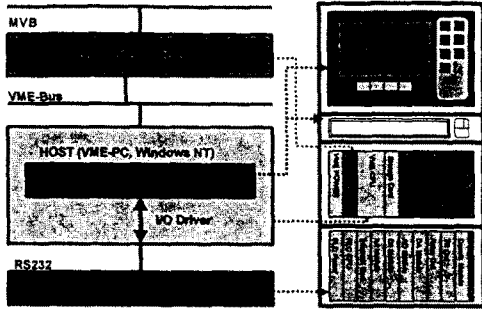


그림 2. 차량시뮬레이터 구성

- 시뮬레이터 Station

VME base pentium 시스템으로, Windows/NT를 OS로 사용한다. 차상컴퓨터시스템과의 인터페이스를 총괄하고, 동력차 control device, 차량시스템 및 장치들의 시뮬레이션 알고리즘을 수행한다. 사용자인터페이스 프로그램 실행 및 열차운행정보에 관한 데이터베이스를 관장한다.

- 네트워크 인터페이스

VME base MVB 인터페이스 모듈로, 시뮬레이터 station의 backplane에 장착하여 시뮬레이터 station의 MVB 네트워크인터페이스를 지원한다. 시뮬레이터 station에서 네트워크 데이터를 읽어올 때에는 MVB 프로세서의 DPRAM으로부터 읽어오고, 반대로 데이터를 쓸 때에는 DPRAM에 데이터를 써주는 방식으로 통신이 이루어진다. MVB 인터페이스는 네트워크 인터페이스에 장착된 MVBC(MVB Controller)가 총괄한다.

- I/O 인터페이스

Control Device의 입·출력 기능을 시뮬레이션하며, 각종 센서 및 액추에이터 기능을 수행한다. 차상컴퓨터 시스템으로 보내는 센서신호 및 동작신호를 출력하고, 차상컴퓨터시스템의 액추에이터 제어신호를 입력받는 것이다. 이러한 용도로 비교적 응답특성이 빠른 PLC를 채택하였으며, 시뮬레이터 station과의 인터페이스는 RS-232 serial port를 사용한다.

- 사용자인터페이스

사용자에 의한 각종 장치의 조작을 할 수 있으며, 열차 시스템 및 세부 장치들의 상태와 주행 상태를 모니터링하고, 기록한다.

운전자터미널, Mascon등 운전반 장치들도 모의하여, 차상컴퓨터시스템이 장착된 cab-cubicle 만으로도 시뮬레이션이 가능하도록 설계하였다.

본 시뮬레이터에서는 NT전용 32bit SCADA인 FIX-Dynamics를 사용하여 GUI를 구축하였다. 기존의 SCADA시스템의 경우 주기가 짧은 데이터 취급시 디스플레이 수행 부담 때문에 손실되는 데이터가 생기는 등의 문제가 있었지만, FIX-Dynamics에서는 화면디스플레이에 우선하여 데이터를 처리하는 특징이 있어 데이터의 손실이 발생하지 않으며, 데이터 처리시 주 메모리만을 사용하기 때문에 데이터 처리속도가 월등히 향상되어 빠른 주기 데이터의 실시간 처리에 상당히 접근해있는 시스템이므로, 실시간 시뮬레이션을 목표로 하는 본 시스템에 적용하였다.

그림 3은 네트워크 프로세서가 장착되어있는 시뮬레이터 station의 사진이다. 화면에는 사용자인터페이스 주 화면이 디스플레이 되어있다.

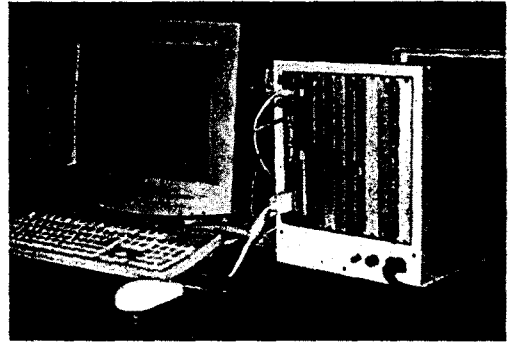


그림 3. 시뮬레이터 Station

3.2 MVB 네트워크 인터페이스

시뮬레이터 station과 차상컴퓨터시스템과의 MVB 네트워크 인터페이스 개념도는 그림 4와 같다.

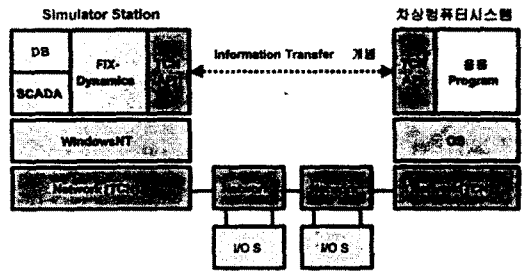


그림 4. MVB 네트워크 인터페이스 개념도

시뮬레이터 station의 네트워크프로세서와 차상컴퓨터 시스템의 네트워크프로세서들간의 인터페이스는 각 네트워크 프로세서의 API에 의해 운영된다.

3.3 I/O 인터페이스

그림 5는 i/o인터페이스로 사용하는 PLC와 사용자인터페이스를 수행하는 시뮬레이터 station간에 구축된 직렬 통신개념을 보여준다.

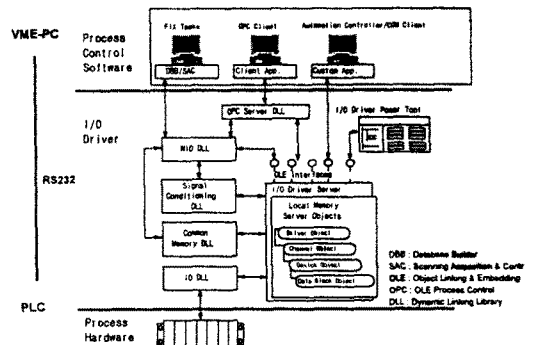


그림 5. 시뮬레이터 station과 i/o인터페이스간의 통신 개념

3.4 사용자 인터페이스

시뮬레이터의 사용자에게 시뮬레이션 전반에 걸친 인터페이스를 제공하며, 차상컴퓨터시스템의 동작 상태도 모니터링 가능하도록 한다.

사용자 인터페이스는 다음과 같이 4개의 주요 윈도우 화면으로 구성되며, 특정상태 발생 시 자동으로 상호 전환이 이루어진다.

- 초기화 윈도우 화면
 - 시뮬레이터 초기화 및 인터페이스 테스트
 - 열차변수 초기화
 - ATC/ATS 정보 초기화
- 주 윈도우 화면
 - 열차 주행상태 현시
 - 열차 시스템상태 현시
 - 무선전송장치 및 ATC/ATS 정보 현시
 - 차상전력시스템 상태 현시
- 장치상태 모니터링 윈도우 화면
 - 차량별 장치상태 현시
- 가상고장발생 윈도우 화면
 - 차량별 장치 및 시스템의 가상고장발생

그림 6은 주 윈도우 화면의 구성 예이다.

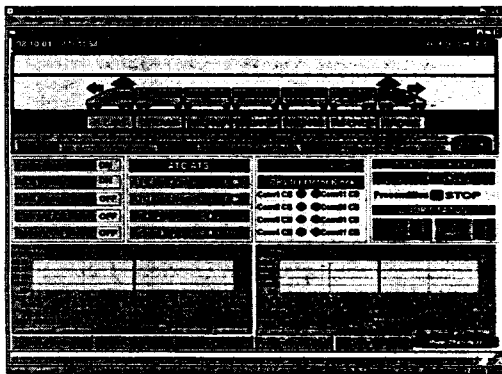


그림 6. 사용자인터페이스 주 윈도우 화면

4. 시뮬레이션 알고리즘

고속전철의 운전알고리즘을 토대로 동력차 차량시뮬레이터의 시뮬레이션 알고리즘을 설계하였다.

차상컴퓨터시스템의 기능 및 성능을 검증하기 위한 시뮬레이션은 다음과 같이 두 가지로 분류할 수 있다.

- 가상 운전 시뮬레이션

열차의 운행 알고리즘에 따라 가상의 운행상황을 모의하여 차상컴퓨터시스템의 기능을 테스트하는 시뮬레이션이다. 실차 테스트 이전에 차상 컴퓨터시스템 개발단계에서 이용한다.

- 가상 고장발생 시뮬레이션

열차에서 발생하는 이상상태를 정확히 진단하고 이에 대응하는 제어를 수행하는 것은 차상컴퓨터시스템의 성능을 좌우하는 것이다. 실차 테스트 과정에서 고장상황을 모의하기는 매우 어려우며 모의 가능한 고장도 한정되어 있는 것이 사실이다.

시뮬레이터에 의한 테스트 과정에서는 대부분의 고장 상황을 모의 할 수 있으며, 이러한 용도로 선진외국에서는 우주·항공과 같은 분야 뿐 아니라 고속전철 개발에

도 적용하고 있다.

열차 시스템에서 발생할 수 있는 고장은 단일고장과 연쇄고장으로 구분할 수 있는데, 단일 고장은 특정 시스템 혹은 장치의 고장이 다른 시스템에는 영향을 주지 않는다. 한편, 열차는 많은 시스템과 장치들로 상호 연관되어 구성되므로, 특정부분의 고장이 다른 시스템 혹은 장치로 파급될 수 있는데 이를 연쇄 고장이라 한다.

현재 동력차용 차량시뮬레이터에서 발생시킬 수 있는 가상고장은 다음의 표 1과 같다.

표 1. 차량 시뮬레이터에서 모의하는 가상고장

시스템 및 장치	모의 고장
차상전력시스템	판트그래프 MCB 및 주전력장치 ACB 및 보조전원장치 Battery 및 Charger
Compressor	Main Compressor 보조 Compressor
Control Device	출입문 제어장치 에어컨 제어장치 냉각시스템 제어장치등
센서	속도, 온도, 진동, 압력등
역휴에이터	판트그래프 제어밸브 제동제어밸브 출입문밸브 에어컨밸브등

5. 결 론

본고에서는 고속전철의 동력차용 차상컴퓨터시스템의 기능 및 성능 테스트를 위한 차량시뮬레이터 개발에 대해 소개하였다.

고속전철시스템의 개발 및 운영에 있어서 가장 중요한 요소는 승객의 안전과 경제적 운영을 들 수 있을 것이다. 안전성의 경우 차상컴퓨터시스템의 신뢰성 있는 진단기능 및 제어성능 확보가 무엇보다 중요하다. 이를 위해서는 열차의 상태를 다양하게 설정하고, 가상 고장을 발생시킬 수 있는 시뮬레이터가 필요한 것이다. 한편, 열차 운행의 경제성을 높이기 위해서는 무엇보다 많은 운행 경험이 요구되는데, 시뮬레이터의 가상 주행 기능을 통해 이러한 경제적 운행 알고리즘을 효율적으로 얻을 수 있는 것이다.

현재 동력차 한 대를 모의하여 logical 및 sequential 알고리즘에 의한 차상컴퓨터시스템의 진단 및 제어기능 테스트 기능을 구현하였으며, 일부 장치의 가상고장 발생기능도 구현되어있다. 향후 열차 한 편성에 대한 시뮬레이터로 확장할 것이며, 동역학적 알고리즘을 추가할 경우 다양한 목적으로 확대 활용될 수 있을 것이다. 고속전철용 차량시뮬레이터는 일반전동차용으로도 사용될 수 있을 것이며, 시스템 개선을 위한 모의시험 및 운전자 교육용 시뮬레이터 등으로도 활용될 수 있을 것이다.

※ 본 논문의 내용은 건설교통부와 산업자원부 및 과학기술부에서 시행한 고속전철기술개발사업의 일환으로 수행하고있는 차량시뮬레이터개발 결과임.

(참 고 문 헌)

- (1) 한국전기연구소, "차량시뮬레이터 개발", 1차년도 연차보고서, 1997
- (2) 한국전기연구소, "차량시뮬레이터 개발", 2차년도 연차보고서, 1998
- (3) 인하대학교, "진단용 전문가시스템 개발", 1차년도 연차보고서, 1997
- (4) ROSIN, "TCN Specification", ROSIN web site
- (5) H.Herrmann, W.D.Henn, H.Hochbruck, "ICE High-tech on rails", 1996