

차상 제어 시스템의 알고리즘 검증 (I)

Verification of the On-Board Control Algorithm (I)

전정우*

이재덕**

이주훈**

박도영**

김용주***

Jeon, Jeong-Woo

Lee, Jae-Duck

Lee, Joo-Hoon

Park, Do-Young

Kim, Yong-Joo

ABSTRACT

An OBSCS(on-board control system) which controls an operation of high speed train is a distributed control system which centrally supervises and controls a distributed system of independent units. A complicated process of design, implementation and test is needed to develop this system. The OBSCS and its control algorithm are designed and verified by using the CASE Tool before it is implemented. Its functions are verified by the OBSCS simulator. Hereafter, this verification process for Korean high-speed train being developed is presented.

1. 서 론

고속전철의 운영을 제어하는 차상제어시스템은 중앙제어시스템, 추진시스템, 제동시스템, 주 전원시스템, 보조전원시스템, 신호시스템 등의 분산된 독립적인 시스템의 조합으로 구성된다. 전체 시스템의 제어를 위해서는 많은 시행착오가 발생하게 된다. 그러므로 이러한 시행착오를 최소화하기 위해서는 설계된 제어 알고리즘이 원하는 시나리오에 맞게 적절히 동작하는지를 검증할 필요가 있다. 이상과 같이 분산제어시스템 설계 및 검증에 대한 일련의 체계를 구축하는 것은 다음과 같은 이점을 갖는다. 첫째 시스템 설계에서 제작 및 적용까지 발생할 수 있는 시행착오를 최소화 할 수 있다. 둘째 시스템의 설계변경 또는 기능 추가에 따른 소요경비가 최소화된다. 본 실험실에서는 CASE tool[1]을 이용하여 고속전철 차상제어시스템을 설계하고 그 기능을 검증하였다. 그리고 실험실적인 Simulator 를 구성하여 고속전철 시스템의 제어알고리즘을 구현하고 그 기능을 시험하였다.

2. 고속전철 제어시스템의 Simulator 구성 개요

본 실험실에서 계획한 Simulator 구성을 그림 1 에 나타낸다. 각 독립제어시스템은 Driver's

* 한국전기연구소 연구원, 정회원
** 한국전기연구소 선임연구원
*** 한국전기연구소 책임연구원

Desk 와 Network 의 Interface 를 담당하는 Compact I/O, 전체 시스템을 관리 및 제어하는 중앙제어시스템(Supervisory Control Unit, 이하 SCU), 전력장치를 제어하는 전력제어시스템(SIMulator, 이하 SIM), 전기 추진 및 제동을 제어하는 추진제어시스템(Traction Control Unit, 이하 TCU), 객차시스템 및 기계 제동을 제어하는 제동제어시스템(Vehicle Control Unit/Brake Control Unit 이하 VCU/BCU) 등으로 구성된다. 각 독립제어시스템 간의 데이터 통신은 IEC 규격인 Train Communication Network(이하 TCN)을 사용한다. 그림에서 TCN 장치는 PC104-C1, VME-C4, VME-C2 이다. 그 외의 장치는 운전자를 위한 Driver's Desk, SIM 과 Power System Simulator 의 Interface 를 위한 PLC, 고속전철의 추진 및 제동을 모의하기 위한 Motor Block, 변압기 및 고압스위치 등을 모의하기 위한 Power System Simulator, 시스템의 상태를 monitoring 하기 위한 Display 로 구성된다.

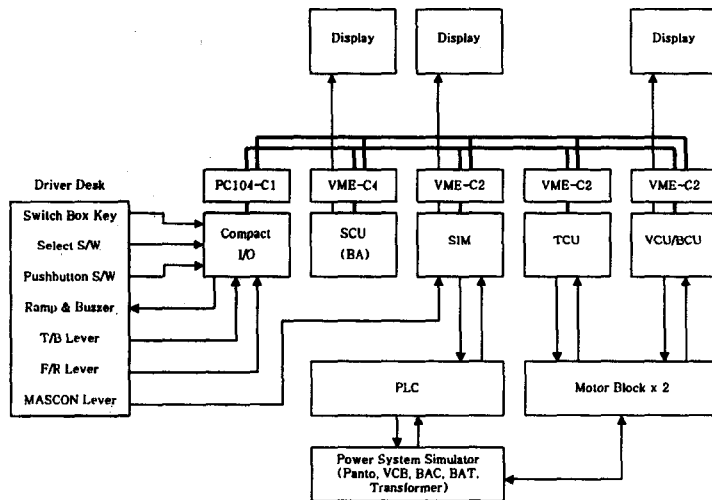


그림 1. Simulator 구성

3. SDL 을 이용한 OBCS simulator 설계

시스템의 설계 및 기능검증을 위해 사용된 CASE tool 은 ITU-T(International Telecommunication Union)에서 표준화한 SDL(Specification and Description Language) 형식을 이용하여 시스템을 표현한다[2-5]. SDL 은 크게 시스템의 구성을 표현하는 static structure 와 시스템의 기능을 표현하는 dynamic structure 로 구성된다. 그리고 static structure 는 시스템 전체를 표현하는 system level 과 시스템 내부기능의 구성을 나타내는 block level 로 나뉜다. dynamic structure 는 process 및 procedure leve 로 나뉜다. 그림 2 는 Simulator 시스템의 내부 구성 Unit 의 계층을 나타낸다. KHSR_SIM(Simulator)의 각 독립시스템의 하부는 BCU_VCU Block 은 3 개, TCU block 은 2 개, PLC block 은 2 개, SIM block 은 2 개, SCU block 은 13 개,

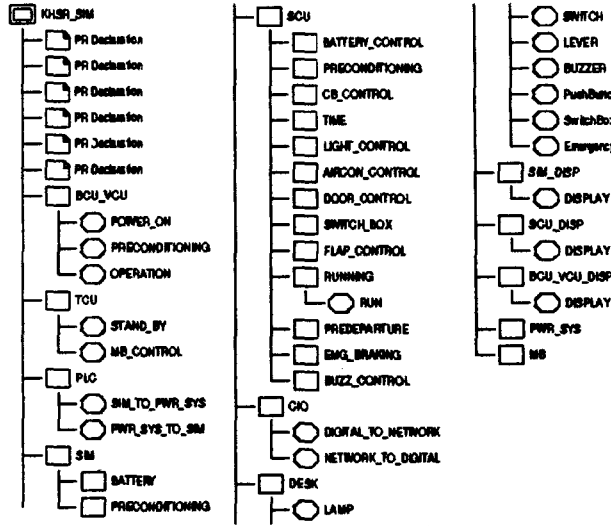


그림 2. Simulator 시스템 구성 Unit 계층

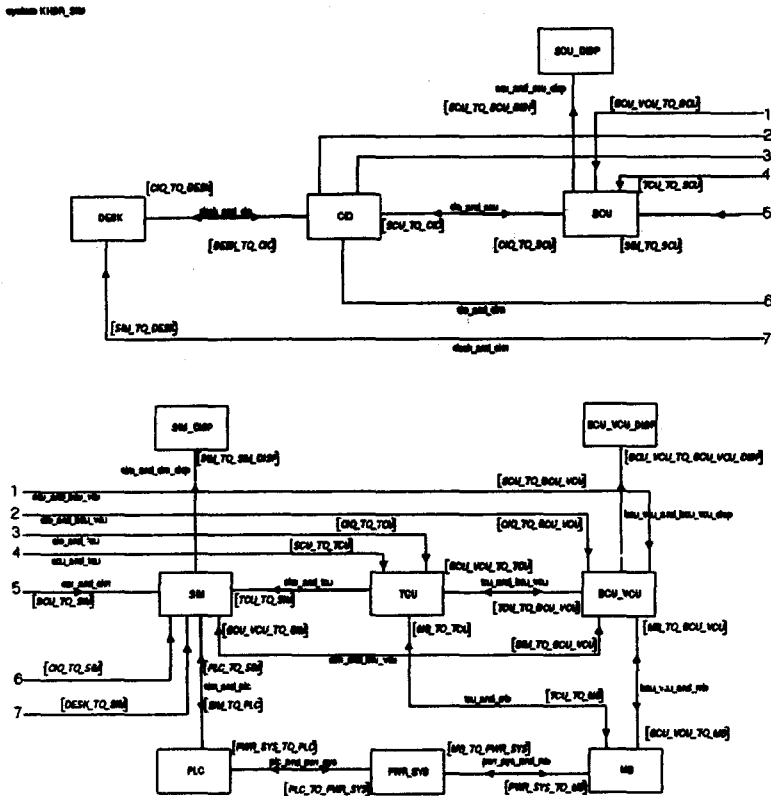


그림 3. System Level 에서의 Simulator 구성(KHSR_SIM)

CIO block 은 2 개, Desk block 은 7 개 등의 기능 block 및 process 로 구성된다. 그림3은 Simulator 시스템의 전체구성을 SDL 의 system level 로 표현한 것이다. system level 표현은 각 세부시스템 간의 신호들을 체계적으로 표현할 수 있으므로 Interface 의 오류를 최소화할 수 있다.

수많은 신호들을 체계적으로 표현하기 위해 두 가지 작업기준을 설정한다. 첫째 각 세부시스템 (block) 간의 Interface는 1 개의 channel 만을 가진다. 둘째 Interface의 종류는 크게 Hardwire와 Network로 나눌 수 있지만 1 개의 channel를 공유한다. 여기서 Channel은 SCU와 SIM사이의 경우 'scu_and_sim'으로 정의한다. Channel상의 신호들은 SCU에서 SIM으로 전송하는 경우 [SCU_TO_SIM]으로 정의한다. Display 및 Desk 등의 사용자 Interface 장치들은 신호들의 입출력만을 사용하지 않고 이를 직접 표현하여 실제 구현하는 Simulator와 동일하게 구성한다. System level의 하부인 block level은 block이 가진 기능들간의 Interface를 표현한다. 그림 4는 SCU의 여러 기능 중 Running block의 Interface를 나타낸다. SCU는 사용자와의 Interface와 그에 따른 운행 전 점검 및 고속전철 Simulator의 운행제어 등의 기능을 제어하는 매우 중요한 시스템이다. 여기서 Running block은 simulator의 운행제어 부분이다. 그림에서 'N_SCU_TCU_TRA_CMD'는 traction control 신호를 가리키며, N은 Network, SCU는 signal

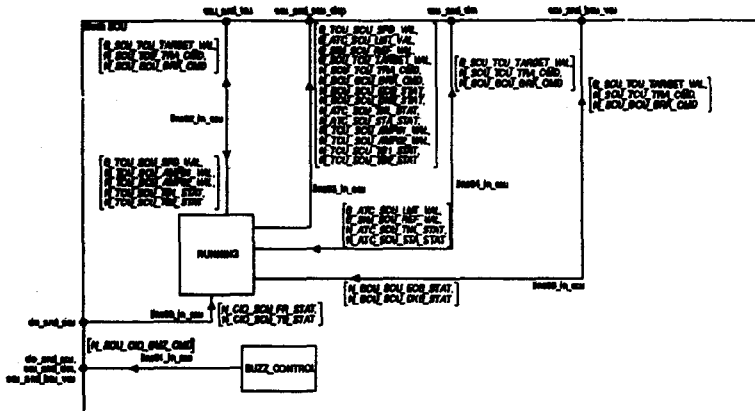


그림 4. Block Level에서의 SCU Running Block

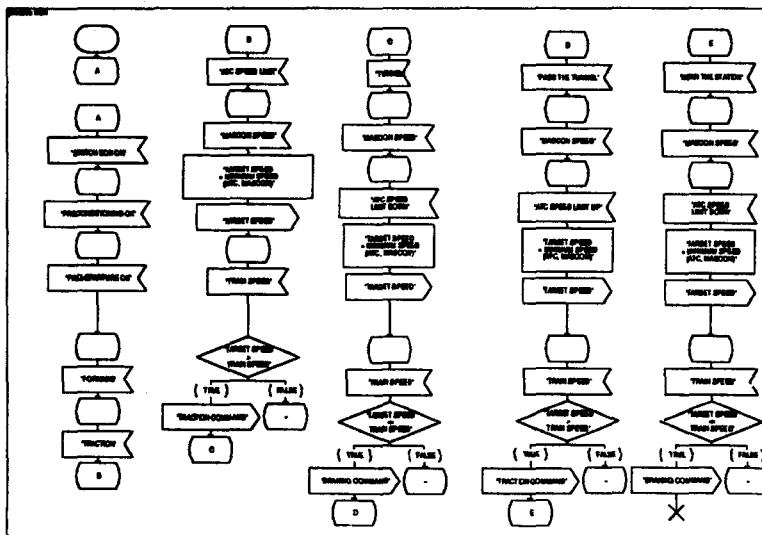


그림 5. Process Level에서의 SCU RUN Process

source, TCU 는 signal sink, TRA 는 Traction , CMD 는 command 를 의미한다. system 과 block level 을 이용하여 Simulator 의 static structure 를 표현하였다. Simulator 각 세부기능의 실질적인 동작을 표현하는 dynamic structure 는 process level 에 나타낸다. 그림 5 는 Running block 내의 RUN process 를 나타낸다. 바로 이 부분이 운행제어에 관한 알고리즘을 표현한다. 이상과 같이 SDL 을 이용하여 체계적인 시스템 설계가 가능하였다. 다음으로 설계된 각 세부시스템의 기능은 물론 전체시스템의 기능이 제대로 수행되는지를 검증하여야 한다. 이를 위해 신호의 입출력에 따른 시스템의 동작 시나리오가 필요하다.

4. OBCS simulator algorithm의 static structure를 위한 검증

동작 시나리오는 CASE tool 의 MSC(Message Sequence Chart)를 이용하여 작성한다. MSC

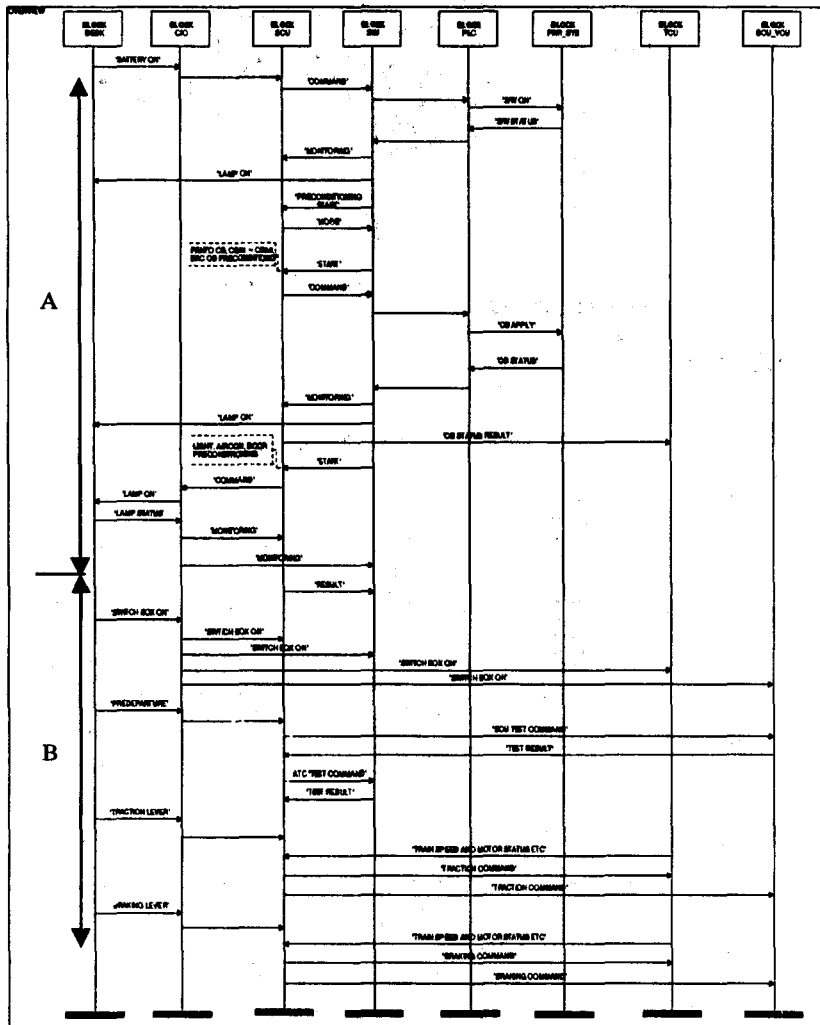


그림 6. Simulator 전체 시나리오

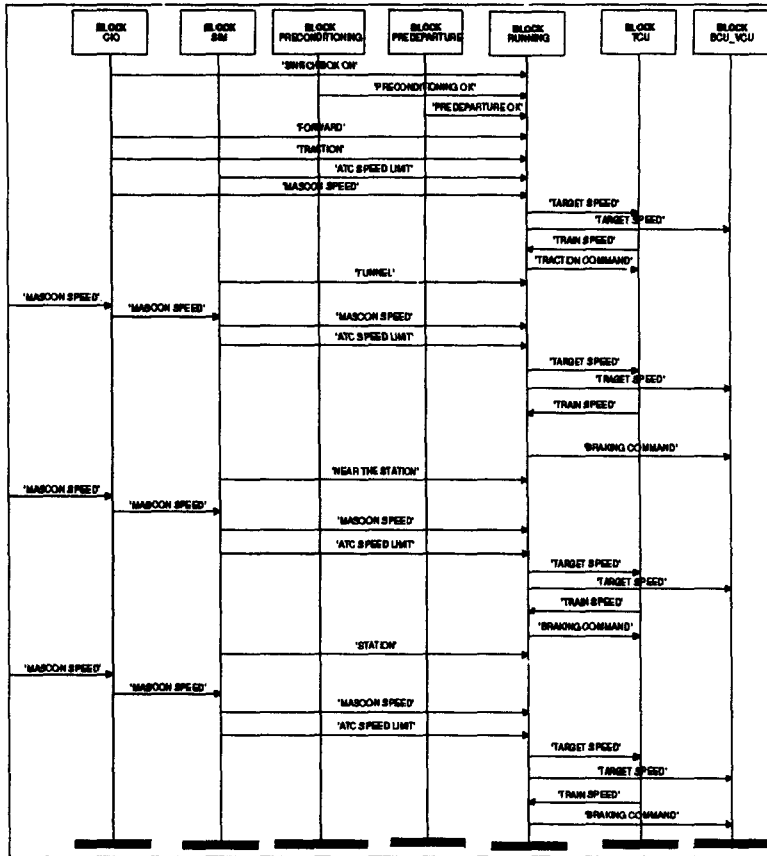


그림 7. SCU의 RUNNING block 시나리오

는 ITU-T에서 표준화 하였다[6-8]. 그림 6은 Simulator 전체 시나리오를 나타낸다. Simulator의 시나리오는 크게 운행전 점검(A구역)과 운행제어(B구역)로 나뉜다. 운행전 점검은 각 세부시스템으로부터 담당기기의 상태정보를 입력받아 각 장치의 정상동작 여부를 판단하고 이를 바탕으로 운행가능 여부를 판단한다. 운행제어는 운전자의 요구에 따라서 추진, 타행, 제동 등 실제 열차의 주행을 제어한다. 전체 시나리오는 다시 block 및 process 별 시나리오로 세분화될 수 있다. 운행제어 시나리오는 그림 7과 같이 SCU의 Running block 시나리오와 그림 8과 같이 SCU의 RUN process 시나리오로 각각 나타낸다.

5. OBCS simulator algorithm의 dynamic structure를 위한 검증

운행제어 시나리오는 다음과 같다. 먼저 운전자의 Switch Box를 ON하고, 운전자의 Lever 조작(Forward and Traction)에 따라 속도가 상승하고 일정속도를 유지한다. ATC로부터 Tunnel 진입 정보와 속도제한 정보가 전달되면 제한속도에 따라 속도를 낮추고 Tunnel을 통과한다. 일정속도로 Tunnel을 통과한 후 ATC로부터 역 신호와 속도제한 신호를 받아 1차로 속도를 낮추고 일정속도를 유지한다. 역이 가까워지면 2차로 속도를 낮추어서 최종적으로 역에 정차한다.

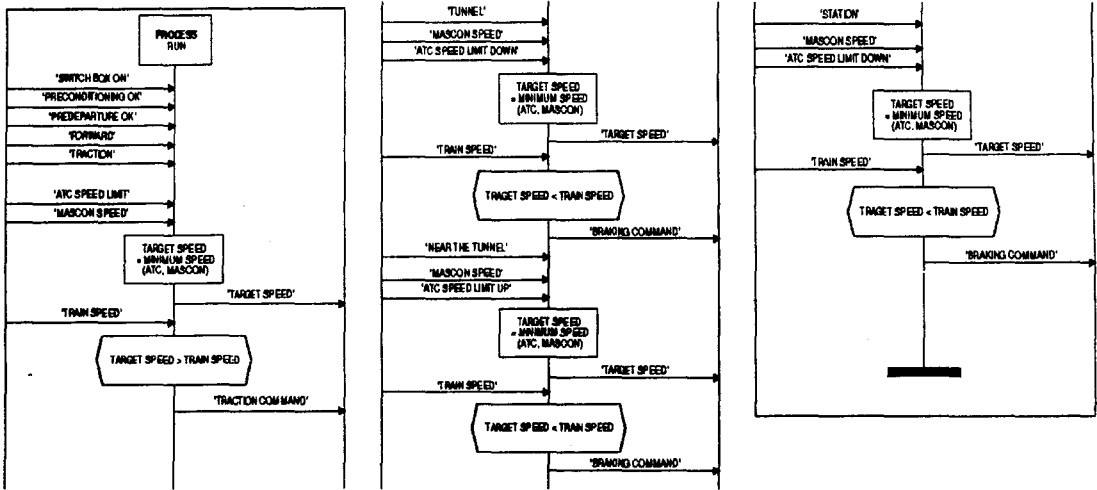


그림 8. SCU의 RUN process 시나리오

6. OBCS Simulator의 시험결과

본 실험실에서 구현한 고속전철 Simulator H/W 사양을 표 1에, 그 시스템을 그림 9에 각각 나타낸다. 그림 10은 시나리오에 따른 Simulator 시스템의 운행결과를 나타낸다. Top 속도는

표 1. 고속전철 Simulator의 H/W 사양

Sub System	H/W Spec.	Function
SCU (Supervisory Control Unit)	VME PC / Win NT TCN(MVB-C4) Board	Status Monitoring Operation Control Fault & Diagnosis Control
SIM (Simulator)	VME PC / Win NT PLC (DI:32, DO:32) TCN(MVB-C2) Board	ATC & Data Radio Function simulation Power System Monitoring Ramp Interfacing on Desk
TCU (Traction Control Unit)	VME DSP VME DIO / AIO TCN(MVB-C2) Board	Traction Control Speed Monitoring
VCU/BCU (Vehicle Control Unit /Brake Control Unit)	VME PC / Win NT VME DIO / AIO TCN(MVB-C2) Board	Vehicle Device Control Brake Unit Control
Compact I/O	TCN(MVB-C1) Device	Interface between Hardwire and Network
Driver's Desk	Lever, Switch, Ramp, Buzzer	User Interface
Power System	Pantograph, VCB, Battery etc	Power System Simulation
Motor Block	Induction Motor Flywheel Gear Box	Train and Rail Simulation
Network	TCN(MVB-C4,C2,C1) Board	Control & Monitoring Data Communication

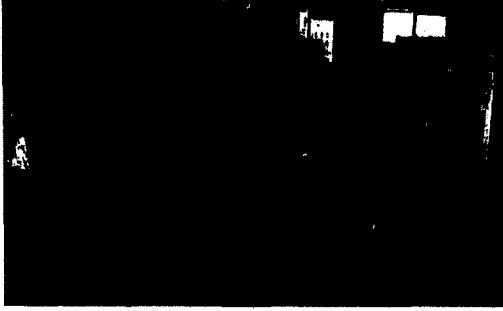


그림 9. 고속전철 Simulator 시스템

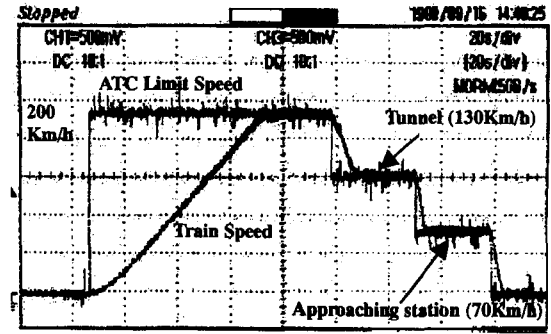


그림 10. 고속전철 Simulator 시스템의 운행결과

200 Km/h 이고, 터널통과를 위해 160 Km/h 의 속도로 감속한다. 터널통과 후 역에 가까워지면 70 Km/h 의 속도로 감속한다. 주행거리는 약 15 Km 이다. 제어알고리즘이 시나리오에 따라 적절히 운행되었음을 알 수 있다.

7. 결 론

고속전철 차상제어시스템과 같이 복잡한 분산제어시스템 개발의 경우 많은 문제점들이 발생된다. 그러므로 시스템 설계 과정에서 제어 알고리즘의 검증은 많은 시행착오를 줄여준다. 본 실험실에서는 SDL 을 이용하여 고속전철 Simulator 시스템을 설계하고, MSC 를 이용하여 시나리오를 작성한 후 설계된 시스템과 비교하여 시스템의 제어 알고리즘을 검증하였다. 그리고 검증된 시스템을 실제로 제작하여 시험하였다. 본 실험실에서 수행한 일련의 작업은 현재 개발중인 한국형 고속전철 차상제어시스템 개발에 적용할 예정이다.

참고문헌

1. P. Leblanc(1998), "The ObjectGEODE Engineering Process", Verilog White Paper.
2. F. Belina, D. Hogrefe and A. Sarma(1991), "SDL with APPLICATIONS from PROTOCOL SPECIFICATION", Prentice Hall.
3. ITU-T, Recommendation Z.100(1996), "Specification and Description Language (SDL)", <http://www.itu.ch> - Electronic Bookshop, Geneva.
4. R. Braek(1996), "SDL Basics", Computer Networks and ISDN Systems, Volume 28, pp.1585-1602.
5. A. R. Cavalli, B. M. Choi and C. Kilnam(1996), "Testing methods for SDL systems", Computer Networks and ISDN Systems, Volume 28, pp.1669-1683.
6. E. Rudolph, J. Grabowski and P. Graubmann(1996), "Tutorial on Message Sequence Charts (MSC'96)", Tutorial of the FORTE/PSTV'96 conference in Kaiserslautern, Germany.
7. ITU-T, Recommendation Z.120(1996), "Message Sequence Chart (MSC)", <http://www.itu.ch> - Electronic Bookshop, Geneva.
8. B. A. Hanene and S. Leue(1996), "Architecture of Requirements and Design Tool Based on Message Sequence Charts", Technical Report 96-13.