

MATLAB을 이용한 전동차용 제어 S/W 모듈화 설계 연구

한 성호, 이 수길, 김 수곤, 안 태기, 이 우동
 한국철도기술연구원 차량연구본부/도시철도기술개발사업단

Modularization Design of On-board Train control Software for EMU using MATLAB

Seong-Ho Han, Su-Gil Lee, Su-Gon Kim, Tae-Ki Ahn, Woo-Dong Lee
 Korea Railroad Research Institute, Urban Transit Engineering Department

Abstract - We proposed a modularization design technique for implementing software of on-board train control system. We already proved the efficiency of CASE Tool(SCADE) for safety critical software design. The several functions of train are implemented on CASE tool each modules. We divided functions of train into modules based on the modularization design. We used MATLAB for design of on-board train control software. We proved that this technique is more useful for the software design of on-board train control for EMU.

1. 서 론

전동차의 표준화연구는 기술의 발전에 따른 새로운 시 장수요의 창출과 실제 기술의 적용 과정에서 요구되는 사양에 대한 조정자 역할을 수행함으로써 차량분야의 핵심 기술 발전 및 시장의 활성화를 기대할 수 있다. 특히, 최신 관련기술의 눈부신 발전과 관심의 고조에 따라 다양한 시스템이 개발되고 있어 시스템간 상호운용성 (compatibility)의 확보가 절실히 요구된다.

그러나 최신응용기술의 복잡 다양화 및 표준화 대상의 기술변화율이 빠른 속도로 이루어지고 있는 실정을 감안할 때 이에 대한 효율적인 대처가 시급한 실정이다. 따라서 표준기술의 체계적인 분류와 생명주기(life cycle)를 고려한 체계적인 표준화 관리체계를 구축함으로써 국내시장의 보호뿐만 아니라 국제표준규격과의 원활한 조화를 이루는 것이 필요하다[1,2].

본 논문에서는 이러한 국내·외의 현실적인 표준화 실 정을 반영하고, 또한 실질적인 표준화 기술의 현장 실용 화를 유도하고자 차량시스템에 모듈화 개념을 도입하였 다. 모듈화는 유사한 기능이나 특성을 갖는 개체를 하나 의 독립적인 모듈로 구분하고 이들을 계층적인 구조로 구 성하는 설계방법을 말한다. 모듈화의 장점은 주로 완성차 단계에서 나타나게 되며 핵심부품의 설계기술 향상, 투자 비용의 절약, 차량부품의 원활한 조달 등을 들 수 있다. 또한 모듈화 형태는 크게 조립모듈(assembly modules) 과 설계모듈(design modules)로 나누어 볼 수 있다. 조립모듈은 제작단계에서의 생산조립의 효율성을 얻을 수 있어 투자비용을 절약할 수 있으며, 설계모듈은 핵심차량 부품의 독자적인 설계기술을 확보하게 된다[1~3].

본 논문은 전동차에 있어서 핵심적인 기능을 수행하는 차상제어장치를 대상으로 설계모듈의 관점에서 모듈화 개 념을 적용하였다. 차상제어장치의 시스템간 상호운용성 확보와 유지보수 용이성 및 확장성을 반영한 표준기술의 방향을 제시하고 이와 관련한 소프트웨어 설계기술을 제 시하였다. 특히, 해외의 값비싼 CASE Tool을 적용하기 보다는 국내에서 쉽게 접할 수 있고, 산업응용분야에서 폭 넓게 사용하고 있는 MATLAB Simulink를 이용하여 모듈 설계에 따른 표준라이브러리를 제작함으로써 실질적 인 표준화 기술의 실용화와 핵심기술의 기술공유를 유도

하고자 한다.

본 논문의 사례연구로는 차상제어장치의 기능가운데 중 요한 핵심기능인 전동차 출입문제어기능을 대상으로 선 정하여 모듈화 설계를 구현하였으며, 테스트 결과 제안된 방법의 효율성과 용이성을 입증할 수 있었다.

2. 전동차 차상제어장치의 기능별 모듈화

2.1 기능별 모듈 분류

차상제어장치는 열차시스템에서 요구하는 성능과 기능 을 구현하기 위해 장치 단위별로 차량에 탑재되어 해당기 능을 수행하는 제어 장치들을 말한다. 전동차의 경우 시 스템에 따라 다소 차이가 있을 수 있지만 일반적으로 중 합제어장치, 추진제어장치, 제동장치, 출입문장치, 보조전 원장치, 신호보안장치 등을 말한다. 이들 장치들은 각각 의 기능을 수행하기 위하여 통신 또는 입·출력 신호를 통해 타 장치와 서로 인터페이스하고 있으며 이들의 성능 이 곧 최종 차량의 성능으로 나타나게 된다. 그림 1은 이 러한 장치간 상호연계 개념을 블록도로 나타낸 것이며 고 전압장치, 추진제어장치, 제동장치, 보조전원장치 등이 입·출력신호 및 통신프로토콜을 통해 연계되고 있음을 잘 보여 주고 있다[4, 5].

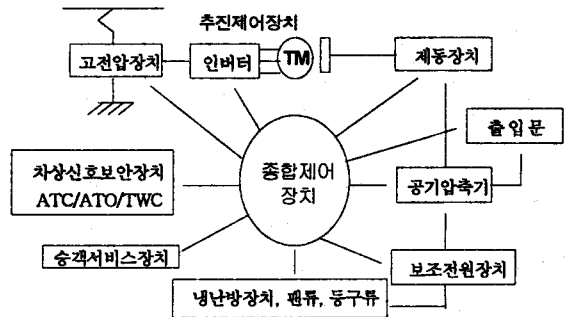


그림 1. 전동차 차상제어장치 인터페이스 개념도

특히, 이들 차상제어장치가운데 종합제어장치는 열차의 편성단위와 각 차량에 탑재되어 있어 하부 제어장치들의 제어 및 감시기능을 종합적으로 수행하고 있다. 종합제어 장치의 각 컴퓨터가 수행하는 주요기능들은 제어 및 감시 대상 기기의 종류에 따라 각각의 소프트웨어 모듈로 구분 된다. 판토티그래프, 소비전력량 등의 제어·감시기능을 처리하는 고전압제어모듈, 제동장치의 제동지령 및 감시기 능용 제동제어모듈, 추진제어장치의 역행제어 및 감시용 견인제어모듈, 보조전원장치 및 배터리의 제어·감시용 보조전원제어모듈, 주·보조 공기압축기장치의 기동제어 및 감시기능을 처리하는 공기압축기제어모듈 등 세부기능 별로 20개의 각 모듈로 구성된다[6]. 각 기능별 주요모 들과 세부모듈을 표 1에 정리하였다.

표 1 전동차 차상제어장치 모듈화 구분

기능구분	주요 모듈 명	세부 모듈 명
운전명령제어	운전모드제어	DRC, DRM
	HCR제어	HCC, HCM
	데드맨제어	DMC, DMM
	속도계산	VEC
출입문제어	출입문제어	DCCONTROL, DCCM, DCCC
	출입문안내	DIC
고 전 압	판토타그래프 상승/하강	ESPD, ESPU, ESEP
	보조공기압축기	ESAC
추진	VVVV제어/감시	VFCC, VVVFM
보조전원	보조전원장치(SIV)	SIVM
	배터리제어감시	BACC, BACM
공기압축기	공기압축기제어	COC, COM
신호보안장치	ATC지원	ACC
	ATO지원	AOC, AOM
지원기능	TWC열번지원	TNC, TWCM, TWM
	제동	제동제어/감시
냉난방	HVAC제어	HVC, HVCM
	승객서비스 장치	방송장치
표시기장치		PIC, PISCN
무선장치		TRCPM
승객경보		PMCC, PMCM
기타기능	승객하중	OLC, OLM
	마스터클럭	MK
	차륜경보경	WDC, WDM
	정지속도검지	ZVR
검수지원	조명제어	LCCC, LCCM
	차상검수	PDT, INSPEC

2.2 출입문 제어 기능의 정의

서울시 2기 지하철 이상 전동차의 경우 출입문제어는 종합제어장치가 인통선을 통하여 출입문의 개폐지령 및 상태표시를 전달하는 기능을 가지며, 릴레이 로직에 의해 조합된 논리의 대부분을 종합제어장치 상에서 소프트웨어 로직으로 구현하였다. 출입문 제어는 승객의 안전과 직결되므로 자동열차제어장치(ATC:automatic train control)와 출입문 감시를 통해 철저히 통제되고 있으며 출입문에 관한 운전대장치로부터의 모든 지시는 선두 제어릴레이(HCR:head control relay)이 여차된 운전실 측에서만 유효하도록 제한되고 있다.

출입문제어는 출입문 모드제어에 의해 기능이 구분되어 있는데 자동열림/자동닫힘 모드일 경우 자동열차제어장치에서 지상(ground) 사령실로부터의 지시에 의하여 출입문 열림/닫힘이 실행하게 된다. 자동열림/수동닫힘 모드에서는 출입문의 열림은 자동열차제어장치로부터의 지시에 의하여 처리되나 출입문 닫힘은 기관사의 운전대장치의 버튼 조작에 의해 처리된다. 또한 수동열림/수동닫힘 모드일 경우는 출입문의 열림/닫힘이 모두 기관사의 수동 조작에 의하여 실시되며 열차의 운전모드가 기지모드(yard mode)일 때와 비상모드(emergency mode)일 경우에는 기관사가 다른 모드를 선택하여도 이를 무시하고 수동열림/수동닫힘 모드를 고정 유지한다.

출입문 제어모듈은 그 기능에 따라 표 2와 같이 9개의 상세모듈로 구성되며 3개의 출입문 모드를 설정하는 모듈과 열차의 5가지 운전모드 즉, 무인운전모드, 자동운전모드, 수동운전모드, 기지운전모드, 비상운전모드에 따라 출입문 열림/닫힘을 명령하는 운전모드 모듈과 출입문 제어

를 담당하는 해당차량제어 컴퓨터의 고장시 인근 차량제어 컴퓨터에서 이를 백업하도록 하는 출입문 백업모듈, 출입문의 개폐여부를 감시하는 로직검사모듈로 구분된다.

표 2 출입문제어 상세 모듈구분

상세모듈	모듈명	모듈내용
출입문 모드 설정	DCMODC	자동열림/닫힘, 자동열림/수동닫힘, 수동열림/닫힘 모드 설정
출입문명령 (비상운전)	DCEMOD	열차운전모드가 비상일 때 출입문제어
출입문명령 (기지운전)	DCYMOD	열차운전모드가 기지일 때 출입문제어
출입문명령 (수동운전)	DCMMOD	열차운전모드가 수동일 때 출입문제어
출입문명령 (자동운전)	DCAMOD	열차운전모드가 자동일 때 출입문제어
출입문명령 (무인운전)	DCCMOD	열차운전모드가 무인일 때 출입문제어
출입문 제어처리	DCCONTROL	출입문 명령에 대한 출입문 제어 처리
출입문 백업제어	DCEMC	인접차량의 차량제어컴퓨터가 고장일 때 출입문제어
출입문 상태검사	DCLC	출입문 감시 및 상태검사

3. 사례 연구

모듈화 설계는 필요한 시스템 요구사항 분석에 따라 설정된 기능을 토대로 시스템의 기본설계 단계에서 모듈 분류를 한다. 또한 모듈간 필요한 입·출력신호와 통신프로토콜 사양에 따라 모듈의 구조적 설계가 가능해진다. 본 연구에서는 산업현장에서 널리 사용되고 있는 MATLAB SIMULINK를 이용하여 모듈별로 필요한 제어로직을 구현하였다. 이들 모듈들은 상호 연관성에 따라 계층적 구조를 갖고 있으며 자주 사용되는 특수 기능들을 불복합수 단위로 심벌화하여 라이브러리를 제작하여 사용하였다.

그림 2는 전동차 출입문제어 모듈의 세부기능별 구현된 상세모듈을 SIMULINK환경상에서 전체적으로 보여주고 있다. 각 상세모듈은 하나의 독자적인 블록으로 구성되며 이들간의 상호연관성에 따라 인터페이스가 구성된다.

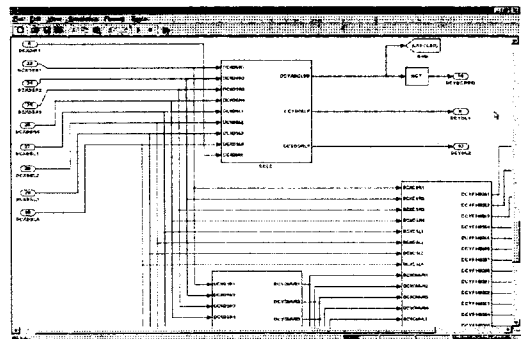


그림 2 전동차 출입문제어 모듈의 전체 모듈설계도

상세모듈의 블록은 하부 구조를 갖고 있으며 하부모듈들은 기초 단계의 기능 모듈들의 제어 로직 시퀀스로써 구성된다. 그림 3은 전동차가 자동운전 모드에서 출입문

제어 명령을 수행하는 DCAMOD모듈에 대한 상세 설계 내용을 보여주고 있다.

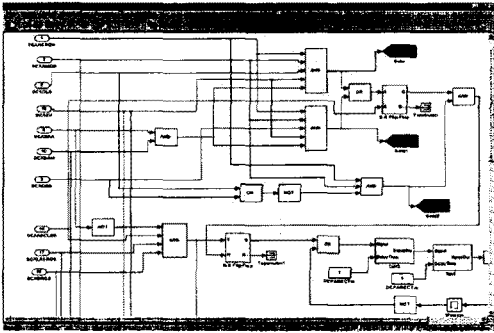


그림 3 열차자동운전시 출입문제어(DCAMOD) 상세 모듈 설계도

작성된 각 모듈에 대한 기능 분석 및 설계검증을 위하여 시뮬레이션이 반드시 필요하며 입출력 조건을 토대로 출력신호의 상태를 디버깅하게 된다. 그림 4는 출입문 모드설정에 관련한 DCMODC 상세모듈을 대상으로 시뮬레이션을 실시한 것으로 SIMULINK상에서 쉽게 검증이 가능함을 볼 수 있다. 이러한 방법은 모듈의 로직 구현과 디버깅을 동일 환경내에서 처리하게 되므로 개발기간의 단축과 기능의 정확성을 향상시킬 수 있다.

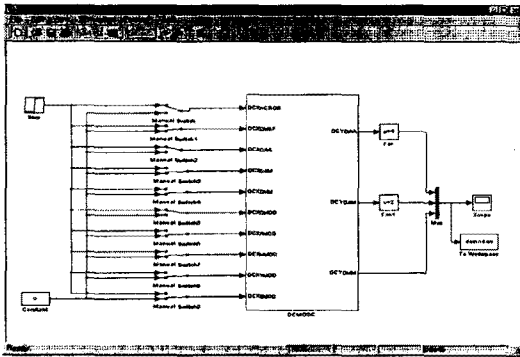


그림 4 전동차 출입문제어 모드인 DCMODC 상세모듈의 시뮬레이션 수행

시뮬레이션을 위한 입력변수는 HCR에 관한 DCXHCRON과 모드스위치고장신호(DCXDMSF), 출입문모드관련 DCXDAA, DCXDAM, DCXDMM와 운전모드관련 DCXDMOD, DCXAMOD, DCXMMOD, DCXYMOD, DCXEMOD이 설정되었다. 출력변수 출입문모드에 따라 모드설정램프를 제어하는 DCYDAA, DCYDAM, DCYDMM가 설정된다. 그 중 그림 5와 그림 6은 전동차의 운전모드가 무인운전모드이고, 출입문 모드스위치는 자동열림/닫힘으로 설정되었을 때 출입문 모드 제어램프의 출력변수인 DCYDAA가 출력되는 것을 타임차트로 나타낸 것이다.

4. 결 론

본 논문은 전동차시스템의 표준기술 실용화와 유지관리 체계구축을 위하여 모듈화 설계개념을 도입하였다. 특히 전동차의 안전운행 및 주행성능을 위하여 핵심적인 기능을 수행하는 차상제어장치들을 대상으로 설계모듈의 관점에서 모듈화 설계기술을 제안하였다. 이러한 모듈설계

기법은 복잡하고 여러 가지 다양한 기능을 갖고 있는 차상제어장치들의 기능들을 체계적으로 관리할 수 있게 되며, 이들을 기능별 모듈함수로 분류하여 표준라이브러리로 구축함으로써 이 분야 표준기술의 현장 활용에 따른 실용화를 용이하게 적용할 수 있다.

최근 국내외적으로 활발하게 적용되고 있는 CASE Tool을 이용한 시스템 설계 및 엔지니어링기술을 활용하는 견지에서, 국내 실정에서 보다 쉽게 접할 수 있는 MATLAB Simulink를 이용하여 라이브러리를 제작하였으며, 시뮬레이션과 문서화 기능 등을 적용한 결과 효용성을 입증할 수 있었다. 향후 제안된 개발방법을 국내 철도시스템 설계분야에 확대 적용함으로써 해외 기술에 의존하고 있는 실정을 벗어나 핵심부품의 독자적인 설계기술을 확보할 수 있는 계기가 될 것으로 기대한다.

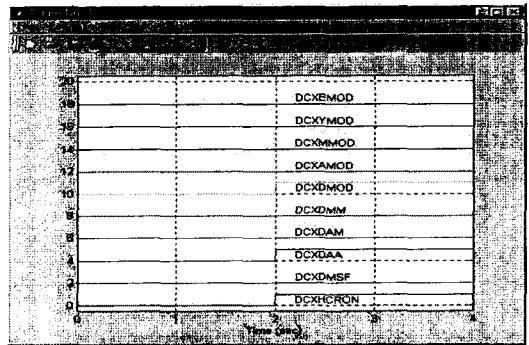


그림 5 DCMODC상세모듈 시뮬레이션을 위한 입력신호의 타임차트

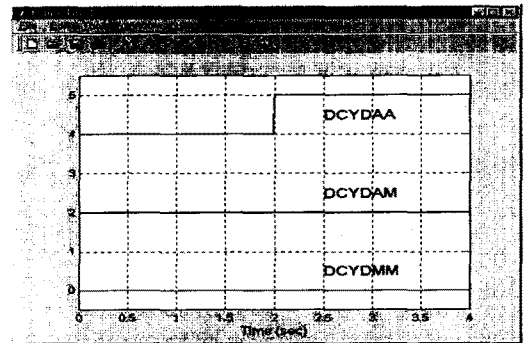


그림 6 DCMODC 상세모듈의 시뮬레이션 결과

[참 고 문 헌]

- [1] K.J. Gemmeke, "Experiences with the implementation of the train communication network", Computers in Railways IV, Vol.1, pp253~267, 1994.
- [2] Motoo Kusakari, Masaharu Sakuma, Eisuke Isobe, Tadashi Takaoka, "On-Board Train Information Control Network Systems", Hitachi Review Vol.40, No.4 pp303~308, 1991.
- [3] G. Legoff, P.Sainton, "Using Synchronous Language for Signalling".
- [4] 서울특별시 도시철도공사, "서울시 지하철 5호선(336량) 전차정비지침서", 제4권-VII장, 1995.
- [5] 서울특별시 도시철도공사, "서울시 지하철 7, 8호선(226량) 전차정비지침서", 제3권-VII, 1996.
- [6] 한성호, "한국형 표준전동차 종합제어장치(TCMS)의 신뢰성 소프트웨어 개발 기술, 2000년 9월, 한국철도학회지, 한국철도학회