

SCADE 를 이용한 CBTC 지상장치 소프트웨어 ATO 기능 모델링 기법

박채정*, 이덕희*, 유성호*, 최선아*, 조동래*
*POSCO ICT 정보제어기술연구소
e-mail : cjp05@poscoict.com

ATO modeling method of a CBTC Wayside Controller Software with SCADE

Chae-Jung Park*, Duk-Hee Lee*, Sung-Ho Yoo*, Sun-Ah Choi*, Dong-Rae Cho*

*POSCO ICT, Technical Research Laboratory

요 약

본 논문은 통신기반 열차제어방식으로 주목 받고 있는 CBTC 시스템의 지상장치 소프트웨어 기능을 모델기반 개발도구인 SCADE 를 이용하여 설계하는 기법을 제시한다. CBTC 지상장치의 ATO 기능은 모델링 후 다양한 테스트 케이스를 통해서 기능을 검증하였다. 수행된 모델링을 통해서 SCADE 가 CBTC 소프트웨어 시스템을 개발하는데 효과적으로 사용될 수 있음을 제시한다.

1. 서론

CBTC(Communications-Based Train Control)는 통신기반의 열차제어기술로서 궤도회로 방식의 기존 신호시스템 대비 열차의 속도향상 및 운전 시격 단축, 설치 비용 및 유지보수 비용절감 등의 많은 장점을 가지고 있다[3]. 본 논문에서는 개발하고자 하는 CBTC 소프트웨어 시스템의 기능과 실제 구현된 시스템의 기능간에 차이가 존재할 확률을 줄이고[5], 보다 쉽고 빠르면서도 철도시스템 분야에서 요구하는 안전에 대한 조건을 충족시키기 위해 SCADE 를 이용하여 시스템 레벨에서 모델링을 수행하고 그 기능을 확인하였다.

2. CBTC 지상장치 개요

철도 선로변 기기실에 설치하는 CBTC 지상장치는 열차에 장착하는 CBTC 차상장치와 무선통신 하여 열차위치를 실시간으로 검지하며 이를 기반으로 선후 열차 간 안전범위 내 간격제어를 수행한다. CBTC 지상장치의 기능은 크게 ATP(Automatic Train Protection) 및 ATO(Automatic Train Protection) 기능으로 분류할 수 있다. ATP 는 열차 자동방호를 위한 열차위치 검지 및 추적, 열차간 간격제어, 이동권한 및 제한속도 설정 등의 기능을 수행하고, ATO 는 열차출입문 및 PSD(Platform Screen Door) 제어, 주행제어 등을 포함한 자동운행 기능을 수행한다[1,2].

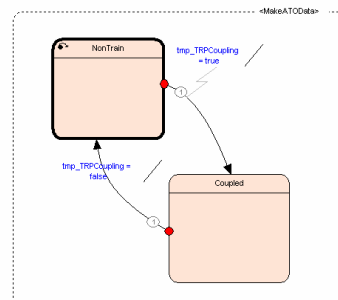
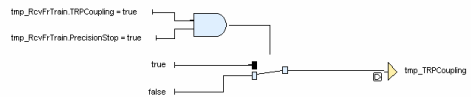
3. SCADE 를 이용한 CBTC 소프트웨어 설계

SCADE 는 안전결정적 소프트웨어의 개발 환경을 제공하는 도구로서 모델기반의 개발양식을 지원하며 Esterel Technologies 사에 의해 제작되었다. SCADE 기

반으로 설계된 모델은 도구상에서 그 기능검증이 가능하며 설계 된 모델을 토대로 시뮬레이션을 시행할 수 있다. 또한 KCG(Qualifiable Code Generator)에 의해 모델에 대한 코드를 자동으로 생성시킬 수 있고 MTC(Model Test Coverage)를 통해 설계된 디자인이 시스템 요구사항을 충족하는지를 테스트 할 수 있다[4].

CBTC 시스템에서는 RAMS 표준인 EN50126 및 철도제어 및 방호시스템을 위한 소프트웨어의 기능 안전성 표준인 EN50128 를 준수하여 설계할 것을 권장한다. SCADE Suite KCG 의 경우 EN50128 가이드라인에 따라 개발되었고 인증기관인 TÜV 에 의해 소프트웨어 SIL4 인증을 받았기 때문에 구현된 CBTC 시스템의 신뢰성 및 안전성을 확보하는 절차적 복잡함을 간소화 시켜준다.

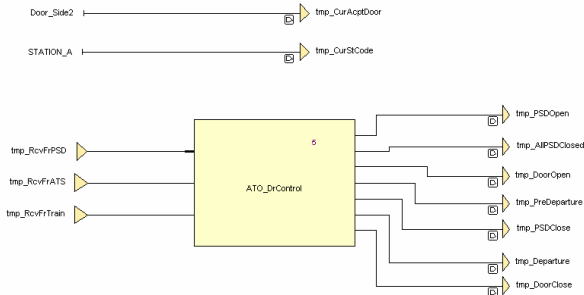
4. ATO 기능 모델링



(그림 1) 지상자 결합여부에 따른 상태 천이

지상장치 ATO에서는 ATS, CBTC 차상장치, PSD로부터 데이터를 수신하여 ATO 기능을 처리한 후 다시 송신데이터를 만들어 해당 장치로 전송한다. 본 지상장치는 선로 상의 RF-ID 태그를 이용해 열차위치를 검출하는 방식을 따랐다. ATO 기능을 수행하기 위해서 우선적으로 역에 설치된 RF-ID 태그 형태의 지상자와 결합하여 정위치 정차를 판단을 결정하도록 설계하였다. 그림 1은 차상장치로부터 수신된 데이터를 토대로 지상자 결합에 따른 상태(state) 결정을 판단하는 기능을 수행한다.

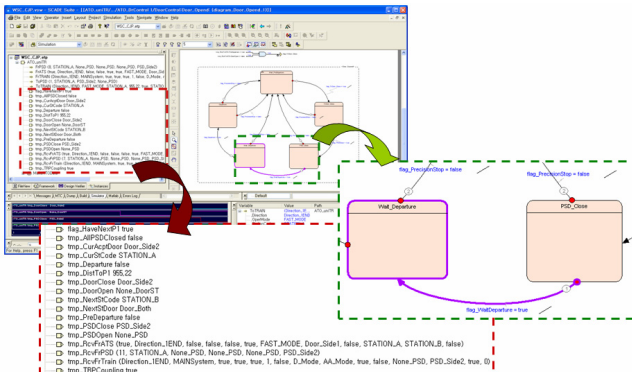
SCADE 모델링은 기능을 모듈화 할 수 있고 각각의 모듈은 재사용 가능하기 때문에 시각적으로 기능구분이 명확할 뿐만 아니라 설계과정을 간소화시켜 준다. 그림 2에서 노란색 상자가 하나의 모듈을 나타내는 것이며 해당 모듈은 열차의 역 정차상태에서 출입문 및 PSD 열림 제어를 수행하고 있다. 출입문제어 모듈은 지상장치가 관리하는 여러 역에서 동일기능을 수행할 수 있도록 재사용하였다.



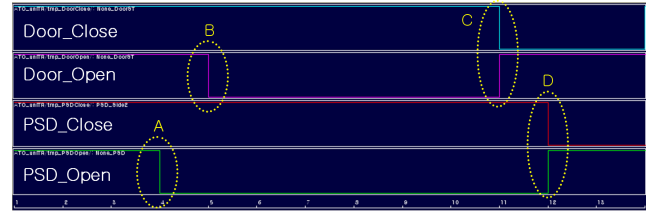
(그림 2) 출입문제어 모듈의 이용

5. 시뮬레이션 결과

지상장치의 ATO 기능 모델링 후 검증도구로 모듈별 오류를 확인 및 디버깅 한 후 C 코드를 자동으로 생성시켰으며, 이를 기반으로 시뮬레이션을 수행하였다. SCADE에서는 입력데이터의 사이클 증가에 따른 상태 천이 및 출력 값을 확인할 수 있으며 원하는 데이터에 대한 사이클 별 값 변화를 그래프 창을 통해 볼 수 있다. 본 모델링에서는 다양한 테스트를 통해서 ATO 기능에 따른 동작결과를 확인하였다. 그림 3은 ATO 기능 시뮬레이션 수행과정으로 출입문 열림 상태에서 출발 커맨드를 ATS로부터 수신했을 시의 출력 값 및 상태천이를 보여주고 있다.



(그림 3) ATO 기능 시뮬레이션 수행과정



A: PSD 열림 B: 차량출입문 열림 C: 차량출입문 닫힘 D: PSD 닫힘

(그림 4) 출입문제어 시뮬레이션 결과 그래프

그림 4는 입력 시나리오에 따른 출입문제어 시뮬레이션 결과 그래프를 나타낸 것이다. 본 모델링에서는 PSD 열림, 차량출입문 열림, 차량출입문 닫힘, PSD 닫힘 순으로 동작하도록 설계하였다. 해당동작 수행 시 그래프에서 Low 값을 갖게 되는데 위 결과를 보면 설계에 부합하는 동작 커맨드가 발생됨을 확인할 수 있다.

6. 결론

본 논문에서는 차세대 열차제어방식으로 주목 받고 있는 CBTC 시스템의 지상장치 소프트웨어 ATO 기능을 모델기반 개발도구인 SCADE를 이용하여 시스템 레벨에서 하향식 설계를 하였고 시뮬레이션을 통해서 그 동작결과를 확인하였다. 모델링 도구를 이용한 설계는 기능 모듈화가 가능하며 재사용 할 수 있기 때문에 평균적인 소프트웨어 개발주기를 줄일 수 있을 뿐만 아니라 그 모델은 시각적이고 직관적이어서 가독성을 높여주었다. SCADE에서 지원해주는 KCG는 검증된 C 코드를 자동으로 생성시켜주어 소프트웨어 신뢰성을 높여주었다.

향후 CBTC 시스템의 ATP/ATO 기능을 완성하여 하드웨어 통합 후 시뮬레이터를 이용한 동작검증 및 시험선에서의 현지시험을 수행할 예정이다. 또한 완성된 소프트웨어는 제 3 검증기관을 통하여 SIL4 인증을 받을 계획이다.

참고문헌

- [1] IEEE Std 1474.1-2004, "IEEE Standard for Communications-Based Train Control (CBTC) Performance and Functional Requirements", Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 2005.
- [2] IEEE Std 1474.3-2008, "IEEE Recommended Practice for Communications-Based Train Control (CBTC) System Design and Functional Allocations", Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 2008.
- [3] 유성호, 류명선, 박기수, 조동래, 최혜림, 김자영, "CBTC 지상장치 구조 설계에 관한 연구", 대한전기학회, 2009.
- [4] Jean-Louis Camus, Bernard Dion, "Efficient Development of Airborne Software with SCADE Suite", Esterel Technologies, 2003.
- [5] J.P.M. Voeten, P.H.A. van der Putten, M.C.W. Geilen and M.P.J. Stevens, "System Level Modeling for Hardware/Software Systems", IEEE, 1998.