

ERTMS/ETCS 기반의 CBTC 시스템 기본설계

Basic Design of CBTC System Based on ERTMS/ETCS

양찬석* 임재식** 엄정규** 한재문** 방용** 김형훈**
Yang, Chan-Seok Lim, Jae-Shik Um, Jung-Kyou Han, Jae-Mun Bang, Yung Kim, Hyoung-Hoon

ABSTRACT

Communications Based Train Control(CBTC) is a continuous, automatic train control system utilizing high-resolution, train location determination independent of track circuits; continuous, high capacity, bi-directional train-to-wayside data communications; and trainborne and wayside processors capable of implementing vital functions. In this paper, we present a basic design of CBTC system based on ERTMS/ETCS specifications. The basic design is composed of system requirements analysis, system functional analysis, system architectural design, sub-system requirements analysis, sub-system functional analysis. Each deliverable has been produced according to a development process based on UML/SysML.

1. 서 론

통신 기반 열차 제어(CBTC)는 궤도 회로에 독립적인 고정밀도 열차 위치 결정, 연속적이고 대용량의 양방향 열차-지상 데이터 통신, 그리고 바이탈 기능들을 수행할 수 있는 차상 및 지상 프로세서들을 이용한 연속 방식의 자동 열차 제어 시스템이다.

다양한 연구들과 실제 운영 경험들로부터, CBTC 시스템은 기존 신호 시스템들과 비교하여 더 적은 초기 및 운영 비용, 운영 속도를 저하시키지 않으면서 더 높은 수송 능력과 더 짧은 시격, 그리고 향상된 원격 감시 및 열차 운행 제어라는 특성을 보여주고 있다.

본 논문에서는 ERTMS/ETCS 규격을 기반으로 CBTC 시스템의 기본 설계를 제시한다. 기본 설계는 시스템 요구분석, 시스템 기능분석, 시스템 구조설계, 서브시스템 요구분석, 서브시스템 기능분석으로 구성되어 있으며, 각각의 산출물은 UML/SysML 기반의 개발 프로세스에 따라 생성되었다.

2. 본 문

2.1 ERTMS/ETCS와 CBTC표준

ERTMS(European Rail Traffic Management System)는 유럽 철도의 미래 요구사항을 만족시키기 위해 유럽 위원회의 지원 하에 유럽의 철도 산업계에 의해 설계된 사양이다. ERTMS는 ETCS(European Train Control System)와 GSM-R을 기본 구성요소로 하여, 상호운용성, 500km/h 이상의 속도, 자동열차방호(ATP), 더 작은 운전시격, 이동폐색 등의 특징을 갖는다.

* LS산전(주), 중앙연구소, 비회원

E-mail : csyang@lisis.biz

TEL : (031)450-7525 FAX : (031)450-7518

** LS산전(주)

한편, CBTC에 대한 표준문서인 IEEE 1474.1에 따르면 CBTC 시스템은 다음과 같은 특징을 갖는다. 첫째, 궤도회로를 사용하지 않으면서 열차위치를 높은 정밀도로 검지. 둘째, 높은 신뢰성을 확보한 연속적이고 양방향의 차상-지상간 무선 데이터 통신. 셋째, vital기능을 처리하는 차상장치 및 지상장치. 또한, CBTC시스템은 ATP, ATO, ATS 기능의 지원여부에 따라 여러 범주로 나눌 수 있다.

ERTMS/ETCS 사양과 IEEE 1474.1의 내용으로부터, 무선 통신을 기반으로 ATP, ATO, ATS 기능을 수행하고 더 나아가 이동폐색을 이용하여 운전시격을 줄일 수 있는 고신뢰도의 열차제어시스템이라는 틀을 만들어 낼 수 있다.

2.2 CBTC 시스템 기본설계

ERTMS/ETCS 사양과 IEEE 1474.1 표준으로부터 추출된 개발목표 CBTC 시스템에 대하여, 다음과 같은 내용으로 기본설계를 수행하였다.

2.2.1 개발 프로세스

시스템 개발 프로세스는 Telelogic의 Harmony 프로세스를 채용하였다. Harmony 프로세스는 V-모델 기반의 시스템/소프트웨어 통합 개발 프로세스로서, 하향식(top-down) 시스템 엔지니어링 프로세스와 점증적(incremental) 나선형(spiral) 소프트웨어 엔지니어링 프로세스를 결합한 형태이다. Harmony 프로세스에서 시스템 엔지니어링 과정은 시스템 요구분석(requirements analysis), 시스템 기능분석(functional analysis), 시스템 구조설계(architectural design) 단계로 구성된다.

2.2.2 시스템 요구분석

시스템 요구분석 단계에서는 시스템의 요구사항을 식별하고 이를 유스케이스(use case)로 도출한다.

시스템의 요구사항은 이해당사자(stakeholder) 요구사항과 시스템 요구사항의 두 단계로 정리하였다. 이해당사자 요구사항은 관련된 이해당사자들이 목표 시스템에 대하여 기대하는 기능 및 성능 요구사항을 정리한 것이다. 시스템 요구사항은 이해당사자 요구사항을 만족하기 위하여 각각의 기능 및 성능에 대한 구체적인 요구사항을 정리한 것이다. [그림 1]은 이해당사자 요구사항을 관리도구를 이용하여 정리한 모습을 보여준다.

ID	이해당사자 요구사항 Rev.C (2007-06-21)
SHR-48	3.1 ATP 기능
SHR-49	3.1.1 운영 기능
SHR-50	3.1.1.1 차상설비 시작과 시험
SHR-51	이 기능은 동력차가 운행을 시작하기 전에 차상설비의 장애를 검지하기 위한 것이다.
SHR-52	3.1.1.1.1 -
SHR-53	차상설비는 운전자가 동력차를 전원 투입할 때에 함께 전원 투입되어야 한다.
SHR-54	3.1.1.1.2 -
SHR-55	(시험 1, 자동 자가 시험) a) 차상설비는 전원 투입되었을 때에 자동 자가시험을 수행하여야 한다. b) 자동 자가 진단은 안전성과 열차 동작에 영향을 미치는 요소들을 시험하여야 한다.

그림 1. 이해당사자 요구사항

그 다음에는 정리된 시스템 요구사항으로부터 유스케이스를 추출하였다. 유스케이스는 시스템의 특정한 동작 측면을 기술한 것으로서, 시스템 외부의 액터(actor)와의 상호작용을 통해 시스템이 어떠한 기

능을 수행하는지를 나타낸다. 유스케이스는 이후 계속되는 분석/설계/구현 작업에 있어서 하나의 작업단위의 역할을 하게 된다. [그림 2]는 유스케이스 다이어그램의 예를 보여준다.

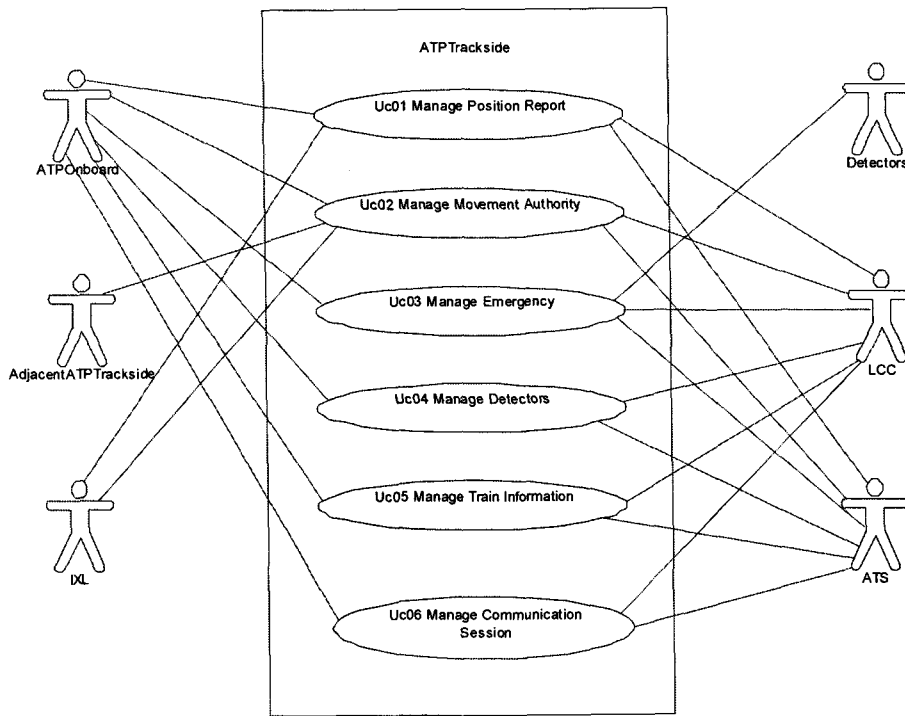


그림 2. 유스케이스 다이어그램

2.2.3 시스템 기능분석

시스템 기능분석 단계에서는 도출된 유스케이스를 기반으로 시스템이 수행해야 할 시스템 오퍼레이션(operational contracts)들을 식별하고 이를 확인/검증한다.

시스템을 블랙박스(Black Box)로 놓고, 시스템과 외부 액터(actor)들 사이의 상호작용을 시퀀스 다이어그램으로 표현함으로써, 시스템이 수행해야 하는 오퍼레이션들을 분석하였다. [그림 3]은 시퀀스 다이어그램의 예를 보여준다.

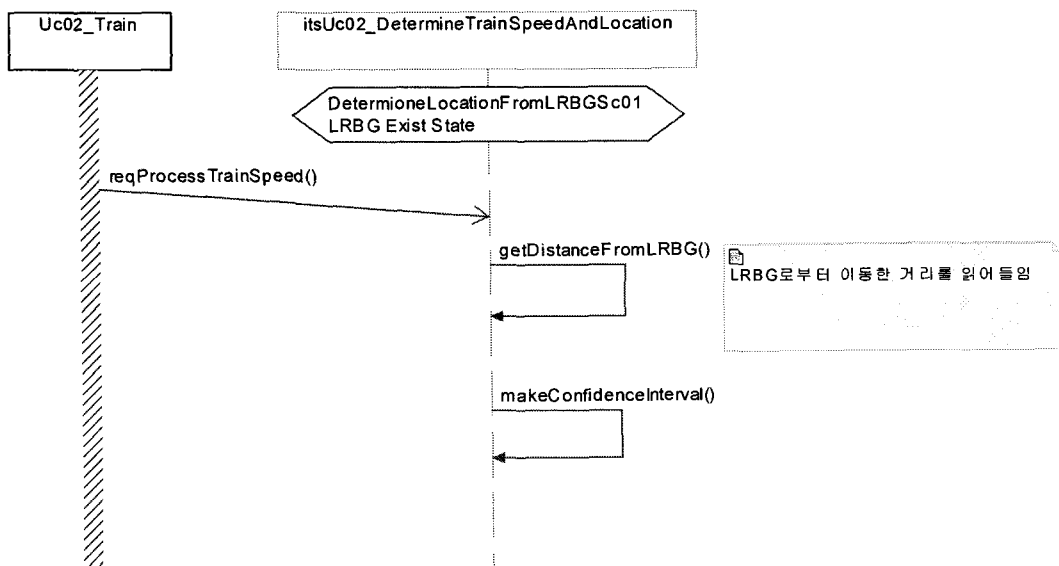


그림 3. 시퀀스 다이어그램

2.2.4 시스템 구조설계

시스템 구조설계 단계에서는 식별된 시스템 오퍼레이션들을 서브시스템에 할당하고, 서브시스템 인터페이스를 정의한다.

시스템을 구성하는 서브시스템들을 드러냄으로써, 시스템 기능분석 단계에서 블랙박스로 처리하였던 부분을 화이트박스(white box)로 변환시킨다. 그리고, 기존에 블랙박스 상태에서 식별되었던 시스템 오퍼레이션들 각각에 대하여, 해당 오퍼레이션을 실제로 수행하는 서브시스템에 할당을 하게 된다. 오퍼레이션 할당이 완료되면, 각 서브시스템이 수행해야 할 오퍼레이션들이 취합되며, 이 결과로부터 서브시스템 사이의 인터페이스가 자연스럽게 도출된다.

3. 결 론

ERTMS/ETCS의 사양과 IEEE 1474.1 표준의 내용을 융합하여 목표 시스템의 기능 및 성능 요구 사항을 정하고, UML/SysML기반의 개발 프로세스에 따라 CBTC 시스템을 분석/설계하였다. ERTMS/ETCS의 경우, 유럽에서의 상호운용성에 많은 비중을 둔 사양이지만 IEEE 1474.1 표준의 틀 안에 융합시키는데 큰 무리는 없었다. 또한, UML/SysML기반의 개발 프로세스의 적용에 있어서도 설계 내용의 가독성 및 검증용이성에 있어서 현재까지는 만족스러운 결과를 보여주고 있다. 향후, 서브시스템 개발 과정 및 소프트웨어 개발 과정에 대한 적용 및 결과분석이 뒤따라야 할 것이다.

참고문헌

1. "IEEE Standard for CBTC Performance and Functional Requirements", (IEEE Std 1474.1-2004)
2. "ERTMS/ETCS System Requirements Specification 2.2.2" (2002)
3. Hans-Peter Hoffmann(2006), "HARMONY-SE / SysML Deskbook", Telelogic