HARMONY 프로세스를 이용한 ERTMS/ETCS 지상 시스템의 요구 및 기능 분석

Requirements and Functional Analysis of the ERTMS/ETCS Trackside System using HARMONY Process

엄정규* 양찬석** 김형훈*** 조용기**** 김치조****

Um, Jung-Kyou Yang, Chan-Seok Kim, Hyoung-Hoon Cho, Yong-Gi Kim, Chi-Jo

ABSTRACT

ERTMS/ETCS is a signalling and control system designed for interoperability between railway networks. In this paper, SysML was used for modeling of the ERTMS/ETCS trackside system. We used use case diagrams and sequence diagrams for requirements analysis and functional analysis. By doing this, we could show that main functions of the ERTMS/ETCS trackside can be described and verified based on scenarios.

1. 서론

European Rail Traffic Management System/European Train Control System(이하 ERTMS/ETCS)는 점점 증가하는 고밀도의 열차 트래픽 제어와 서로 다른 열차 제어 시스템 간의 상호 운영을 위하여 제정된 국제 표준 ATC(Automatic Train Control) 시스템이다. 현재 유럽 내의 열차 신호 업체들을 중심으로 표준화 작업이 진행 중이며, 유럽 내 뿐만 아니라 아시아, 최근에는 한국에서도 ERTMS/ETCS 규격의 제품들이 운영되고 있는 실정이다. ERTMS/ETCS는 기능과 운영 요구사항에 따라서 레벨1, 레벨2, 레벨3 으로 나뉘며 기존 신호 시스템과의 호환성을 위하여 레벨 STM 도 운영 가능하다. 레벨1은 발리스와 기존 신호기를 사용하여 열차로 이동 허가를 전송한다. 반면에 레벨2와 레벨3는 GSM-R을 이용하여 이동 허가를 전송하며, 레벨3는 궤도회로 없이 열차가 위치를 결정하여 지상으로 전송하므로 이동 폐색 시스템 구현이 가능하다.

본 논문에서는 SysML/UML을 기반으로 한 개발 프로세스인 HARMONY 프로세스를 이용하여 ERTMS/ETCS 지상 시스템의 요구 및 기능을 분석하였다. 이로써 고도의 신뢰성과 복잡한 행위 특성을 갖는 시스템의 모델링, 설계, 검증을 일관된 프로세스를 통하여 수행 가능함을 보인다.

* LS산전, 중앙연구소, 주임연구원, 정회원
E-mail : jkum@lsis.biz
TEL : (031)450-7561
** LS산전, 중앙연구소, 책임연구원
*** LS산전, 철도시스템기술팀, 대리
**** LS산전, 중앙연구소, 수석연구원

2. 본문

본 논문에서는 Telelogic 社의 HARMONY 프로세스 기반의 개발 과정 중 요구 분석 및 시스템 기능 분석 단계에서의 일부 결과물을 소개하고, 개발 과정 전체에 걸쳐 HARMONY 프로세스의 적용 가능성과 그 효용성을 타진한다.

2.1 SysML 소개

SysML(Systems Modeling Language)은 시스템 엔지니어링 응용을 위한 범용 모델링 언어이다. SysML은 광범위한 복합 시스템(complex system)의 명세, 분석, 설계, 확인(verification) 및 검증(validation)을 지원한다. 이러한 시스템은 하드웨어, 소프트웨어, 정보, 프로세스, 사람 및 설비를 포함할 수 있다.

현재 시스템 엔지니어들은 다양한 모델링 언어, 도구 및 기법들을 사용한다. UML이 소프트웨어 산업에서 모델링 언어들을 통합한 것과 유사하게, SysML은 현재 시스템 엔지니어들에 의해 사용되고 있는 다양한 모델링 언어들을 통합하고자 한다.

SysML은 UML 2.1의 부분집합을 재사용하며 부가적인 확장을 제공한다. SysML이 UML 2.1을 기반으로 하기 때문에, SysML로 모델링하는 시스템 엔지니어들과 UML 2.1로 모델링하는 소프트웨어 엔지니어들은 소프트웨어-집약적인 시스템의 모델에 대하여 공동으로 작업할 수 있다. 이는 시스템 개발 프로세스에 참여하는 다양한 이해당사자들 사이의 의사소통을 향상시키며, 모델링 도구들 사이의 상호운용성을 증진시킨다.

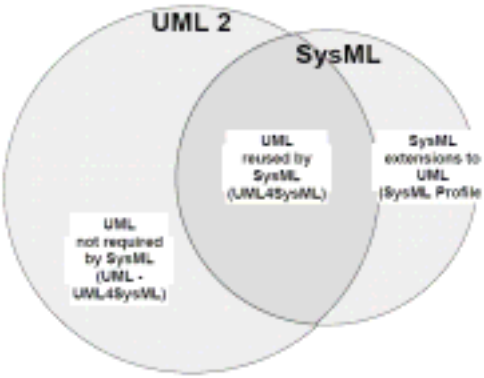

그림1. SysML과 UML간의 상호관계

2.2 HARMONY 프로세스

Telelogic 社에서 내놓은 HARMONY는, 점증적인(나선형) 소프트웨어 엔지니어링[HARMONY-SWE] 뿐만 아니라 하향식 시스템 엔지니어링[HARMONY-SE]을 지원하는, 모델-기반의 하이브리드 반복적 프로세스이다. HARMONY는 패러다임 독립적인 모델링 언어로서 SysML과 UML을 사용함으로써, 시스템 엔지니어링으로부터 소프트웨어 엔지니어링으로의 자연스러운 전이(transition)를 가능하게 한다. HARMONY는 시나리오 기반이며, 테스트 시나리오들은 개발과정 전체에 걸쳐 재사용된다.

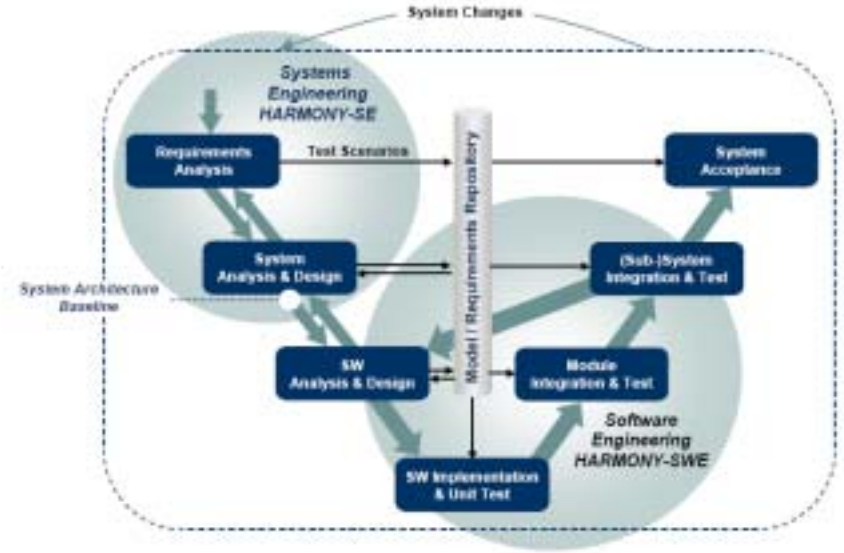

그림2. 통합 시스템/소프트웨어 개발 프로세스 HARMONY

하향식 시스템 엔지니어링 과정인 HARMONY-SE 프로세스에서는 첫째, 요구되는 시스템 기능을 식별/도출하고, 둘째, 관련된 시스템 상태 및 모드(mode)를 식별하고, 셋째, 시스템 기능/모드를 물리적인 아키텍처에 할당하는 작업을 하게 된다. HARMONY-SE 프로세스를 구성하는 하위단계들은 다음과 같다.

- 요구 분석(requirements analysis) : 요구사항들을 유스케이스들로 분류.
- 시스템 기능 분석(system functional analysis) : 유스케이스를 기반으로 기능적인 요구사항들의 집합들을 식별하고 확인/검증.
- 시스템 구조 설계(system architectural design) : 식별된 기능적인 요구사항들을 서브시스템에 할당. 서브시스템 인터페이스 정의.

2.3 시스템 요구 분석

시스템 요구 분석은 시스템의 기능 요구사항, 성능 요구사항, 환경 요구사항, 인터페이스 요구사항등을 도출하고, 이를 유스 케이스를 이용하여 모델링하는 과정이다.

본 논문에서는 ERTMS/ETCS 지상 시스템의 요구사항들로부터 유스 케이스들을 추출하여 유스 케이스 다이어그램을 통하여 명시하였으며 아래 그림과 같다. 유스 케이스 다이어그램은 액터와 시스템, 그리고 유스 케이스간의 관계를 표현한 다이어그램이다. 본 논문에서는 열차 이동 관리, 입환 관리, 역전 관리, 비상 관리, 임무 시작/종료 관리, 핸드오버 관리, 열차 정보 관리를 유스 케이스로 추출하였다. 액터는 ATP 차상 장치, 연동 장치(IXL), 검지기들(Detectors), ATS(Automatic Train Supervision)가 있다.

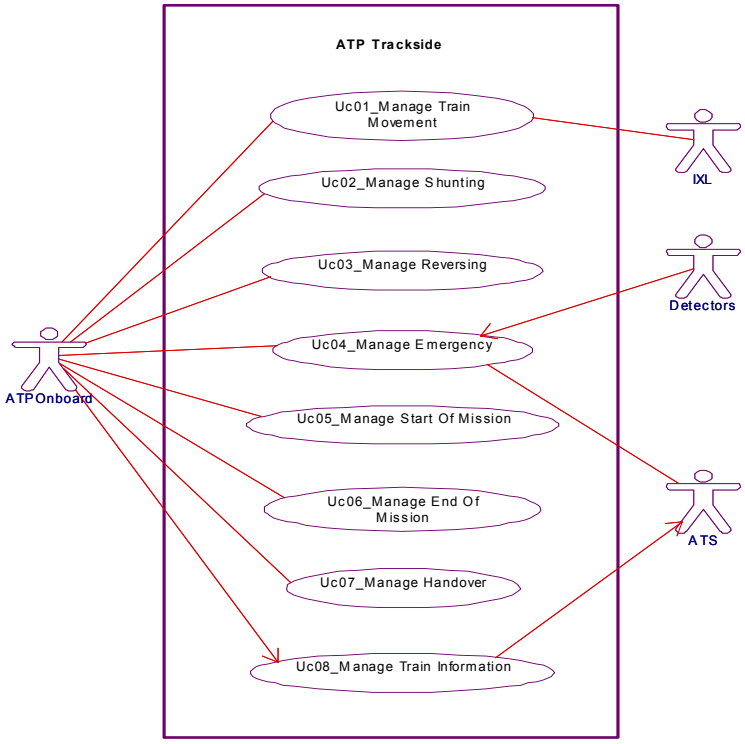

그림3. 유스 케이스 다이어그램

2.4 시스템 기능 분석

시퀀스 다이어그램은 객체들 사이에 교환되는 메시지들의 순서를 시간에 따라 표현하는 다이어그램으로써 시스템 구성 요소들간의 상호 작용을 명세할 때 유용하다. 본 논문에서 도출한 각 유스 케이스의 시퀀스 다이어그램 일부를 아래에서 설명한다. 그림4. 는 지상과 차상간의 협력적인 이동 허가(MA) 단축에 대한 하나의 시나리오를 시퀀스 다이어그램으로 나타내었다. 지상 시스템의 MA 관리 유스 케이스에서 이동허가 단축 요청을 ATP 차상 장치로 전송한다(reqMAShortening()). ATP 차상 장치는 단축된 이동 허가의 끝에서 정지할 수 있다고 판단하면 이동 허가 단축을 받아들이고(acceptShortening()), 정지할 수 없다면 이동 허가 단축을 거절한다(rejectShortening()). 차상 장치에서 이동 허가 단축을 받아들였다면 지상 시스템에서는 관리중인 이동 허가를 새로이 업데이트한다(updateMA()).

그림5. 는 또 다른 예로써 비상 관리에 대한 시퀀스 다이어그램을 보인다. 레일 결손 검지 장치가 레일의 결손을 검지하여 지상 시스템의 비상 관리 유스 케이스로 이벤트를 발생한다(evBrokenRailDetection()). 지상 시스템은 레일 결손 위치를 결정하고(determineBrokenPosition()) 해당 결손 위치의 반경 1Km 이내로 접근 중인 열차의 존재 유무를 검사한다(checkPresenceOfTrain()). 만약 반경 1Km 이내로 접근 중인 열차가 존재한다면 해당 열차로 비상 정지 명령을 전송하고(reqEmergencyBrake()), 반경 1Km 이내로 접근 중인 열차가 없다면 가장 접근해 있는 열차에게 무조건적인 이동 허가 단축 명령을 전송한다(reqUnconditionalMAShortening()).

이와 같이 시퀀스 다이어그램을 통하여 액터와 지상 시스템간의 상세한 상호 작

용을 표현하고 검증할 수 있다.

그림4. 이동허가 관리의 시퀀스 다이어그램

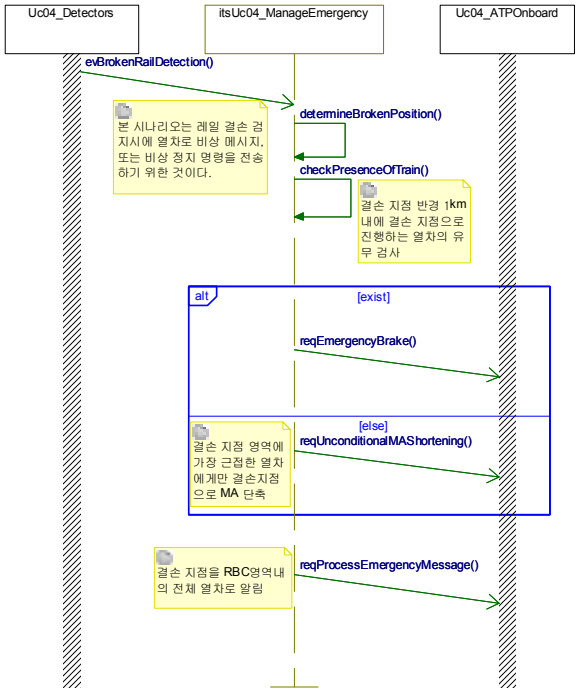

그림5. 비상관리의 시퀀스 다이어그램

3. 결론

텍스트(text) 기반의 요구사항을 바탕으로 시스템의 행위 특성을 분석하기 위해서는 SysML/UML과 같은 모델링 언어를 이용한 정형적 명세가 필수적이다. 또한, 복잡한 시스템을 개발하기 위해서는 초기의 요구분석 과정으로부터 설계, 구현, 테스트, 검증에 이르는 개발 전과정에 걸친 일관된 개발 프로세스가 필요하다.

본 논문에서는 SysML 기반의 CASE 도구인 Rhapsody를 이용하여 HARMONY 프로세스에 따라 ERTMS/ETCS 지상 시스템의 요구 분석 및 기능 분석을 수행하였고 그 결과의 일부를 소개하였다. 이로써 향후에 이어질 설계, 구현, 테스트 및 검증 등 시스템 개발 전 과정에 걸쳐서 HARMONY 프로세스를 따를 수 있는 기반을 마련하였다.

참고 문헌

1. UIC(2002년), “ERTMS/ETCS-Class 1 System Requirements Specification Version 2.2.2", ERTMS User Group.
2. UIC(1999년), “ERTMS/ETCS Functional Requirements Specification Version 4.29", ERTMS User Group.
3. Hans-Peter Hoffmann(2006년), “HARMONY-SE/SysML Deskbook”, Telelogic.
4. Hans-Peter Hoffmann(2005년), “UML 2.0/SysML -Based Systems Engineering Using a Model-Driven Development Approach", I-Logix.
5. OMG(2004년), "OMG Systems Modeling Language(OMG SysML) Specification", OMG.
6. IEC(2002년), “IEC 62279 - Software for railway control and protection systems", IEC.