

Use Case를 활용한 열차제어시스템 기능요구사항서 개발

윤용기*, 홍진기*, 김윤규*
한국철도기술연구원*

Development of the Train Control System Functional Requirements Specification using Use Case

Yong-Ki Yoon, Jin-Ki Hong, Yong-Kyu Kim*
Korea Railroad Research Institute

Abstract - A train control system(TCS) becomes a large scale and complex as other computer based control systems. So, it is necessary to manage rigorously system requirements specification of the train control system at the early phase. This paper describes Use Cases and activity diagrams of the TCS functions requirements of TCS. Basic functions of the train control system suggested refer to IEC 62290-1. And the basic functions includes train operation without a driver.

1. 서 론

열차제어시스템(철도신호시스템)은 철도운영의 안전과 효율성을 보장하는 마이탈 시스템으로서 ATS(Automatic Train Supervision), ATP(Automatic Train Protection) 및 EI(Electronic Interlocking) 기능을 수행하는 장치로 구성된다. 최근 경량전철 건설사업에 도입되고 있는 열차제어시스템은 무선통신기반의 컴퓨터시스템으로 구축되며, 무인(driverless)자동운전을 지원하고 있다. 이에 따라 열차제어시스템의 복잡도는 기존 시스템과 비교해서 매우 높아졌으며, 열차제어시스템에서 소프트웨어가 차지하는 비중도 매우 커졌다.

따라서 열차제어시스템을 개발하기 위해서는 소프트웨어를 중심으로 한 시스템의 신뢰성과 안전성을 높이는 것이 매우 중요한 요소가 되었다. 이 같은 요구사항에 대처하기 위해서 IEEE Std 1474.1, IEC 622267, IEC 62290 및 IEC 61508 등 열차제어시스템의 기능, 안전요구사항 및 RAMS을 대상으로 한 국제적인 표준화 작업이 진행되고 있다. 이 같은 국제표준을 적용하여 열차제어시스템의 소프트웨어 안전성을 확인하기 자동화도구개발이 진행되고 있다.[1].

열차제어시스템과 같이 규모가 크고 복잡한 시스템 소프트웨어의 안전성을 확인하는 것도 중요하지만, 소프트웨어를 개발하기에 앞서 시스템개발에 관련한 모든 이해관계자가 동의할 수 있는 방법으로 개발과정을 조직화하는 것이 보다 중요하다. IEC 62278은 시스템을 설계하고 제작하기 전에 시스템개념, 시스템정의·적용조건, 리스크분석, 시스템요구사항 및 시스템요구사항의 배치 등 시스템 개발의 전주기(Life Cycle)을 14개 과정으로 구분하고 있으며, 이를 적용하는데 필요한 상세한 지침을 기술하고 있다[2]. 4번째 과정인 시스템 요구사항에서 수행할 사항은 시스템의 기능, 시스템의 성능 및 인터페이스 등을 작성하는 것이다. 4단계에서 작성된 시스템요구사항을 토대로 시스템설계 및 제작단계를 수행하기 전에 본 요구사항을 분석하여 이해관계자가 모두 동의하는 것이 매우 중요하다. 이해당사자는 의뢰인(사용자), 분석자, 프로그래머 등 다양하지만 이들이 모두 이해할 수 있는 방법을 적용하는 것이 필요하다. 열차제어시스템의 소프트웨어요구사항을 작성하는 방법으로 정형기법, semi정형기법 및 구조체적인 기법 등을 요구하고 있다[3].

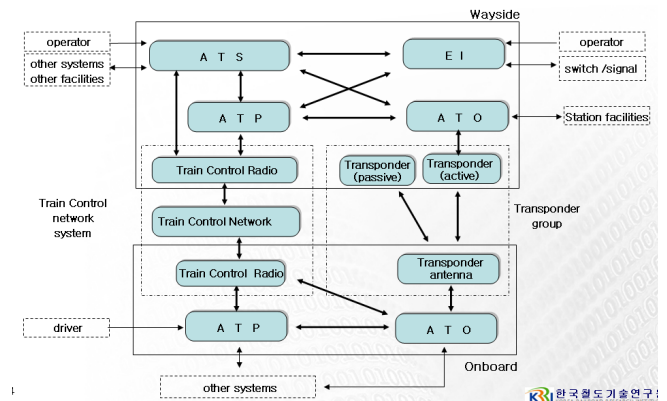
본 연구는 semi정형기법에 준하는 소프트웨어개발 틀에서 지원하는 Use Case를 적용하여 무인자동운전을 목표로 하는 열차제어시스템의 기능요구사항을 분석하여 시스템기능의 적절성을 확인하고, 본 연구결과를 향 후 안전성이 향상된 열차제어시스템 개발에 활용할 것이다.

2. 열차제어시스템

2.1 열차제어시스템 구성

본 연구에서 대상으로 하고 있는 열차제어시스템은 무선통신기술을 활용한 무인(driverless)자동운전을 구현하는 것을 목적으로 한다. 열차제어시스템은 <그림 1>과 같이 지상설비와 차상설비로 구성되며, 지상-차상간 양방향통신을 지원하는 열차제어용 통신망을 사용한다. 지상설비는 ATS, ATP, ATO 및 트랜스폰더(수동, 능동)로 구성되며, 차상설비는 ATP 및 ATO로 구성된다. 지상ATP는 이동폐색(moving block)기술을 적용하여 최대 40편성의 열차를 제어하며, 열차의 성능최대속도는 150 [km/h]이며, 열차최소운행시격은 90[sec]이다. 열차제어용 통신망은 실시간으로 열차위치를 추적하고 열차상태를 감시할 수 있는 성능을 확

보하여야 한다.



<그림 1> 열차제어시스템 구조

2.2 열차제어시스템의 기능

<그림 1>의 열차제어시스템을 구성하는 각 장치에서 수행할 기능을 <표 1>과 같이 정의하였다[4].

<표 1> 무인자동운전을 위한 열차제어시스템의 기본기능

구분	기본기능
Ensuring safe movement of trains	Ensure safe route
	Ensure safe separation of trains
	Ensure safe speed
Driving	Control acceleration and braking
Supervising guideway	Prevent collision with obstacles
	Prevent collision with persons

<표 1>의 요구사항에 맞추어 열차제어시스템을 구성하는 하부장치가 수행할 기본기능을 <표 2>와 같이 설정하였다.

<표 2> 무인자동운전을 위한 열차제어시스템의 기본기능

구분	기본기능
ATS	Manage the timetable
	Manage the train service
	Supervise train tracking
	Supervise the status of the TCS equipments, trains and other systems
	Monitor traction power
	Process command
	Provide the operator interface
	Provide interface with the communication system for passenger and staff
	Provide interface with the passenger information system
	Manage rolling stock and staff resources
ATP/ATO	Control passengers doors
	Ensure safe starting conditions

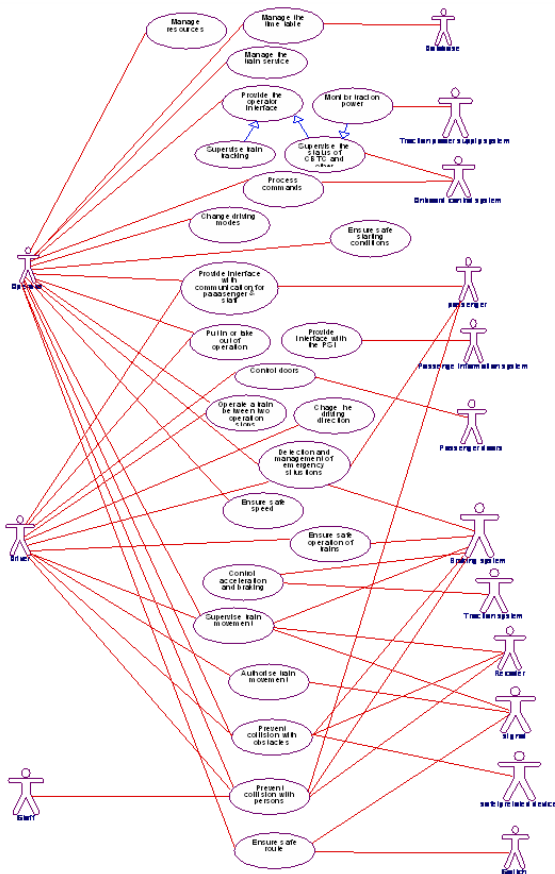
구분	기본기능
ATP/ATO	Put in or take out of operation
	Changing driving modes
	Operate a train between two operational stops
	Change the driving direction
	Ensure detection and management of emergency situations
	Ensure safe separation of trains
	Ensure safe speed
	Authorise train movement
	Supervise train movement
	Control acceleration and braking
	Prevent collision with obstacles
	Prevent collision with persons
	EI

2.3 열차제어시스템 기능요구사항 분석

2.3.1 Actors 및 Use Cases 설정

본 연구는 열차제어시스템을 대상으로 한 기능요구사항을 분석하였다. 그러나 열차제어시스템을 구성하는 ATS, ATP, ATO 및 EI도를 개별적으로 분석하는 것이 필요하다. 따라서 ATS, ATP, ATO 및 EI를 각각의 actors로 설정하였다.

열차제어시스템의 기능요구사항에 대한 Use Case분석은 <그림 2>와 같다. <그림 2>의 Use Case분석에서 알 수 있듯이 <표 2>의 기본기능을 적용하면 상호작용이 없는 여러 종류의 Use Case가 있음을 알 수 있다. 따라서 Use Case를 보다 단순화하거나 열차제어시스템을 구성하는 장치단위로 Use Case작성하는 방법을 적용하는 것이 적절하다.

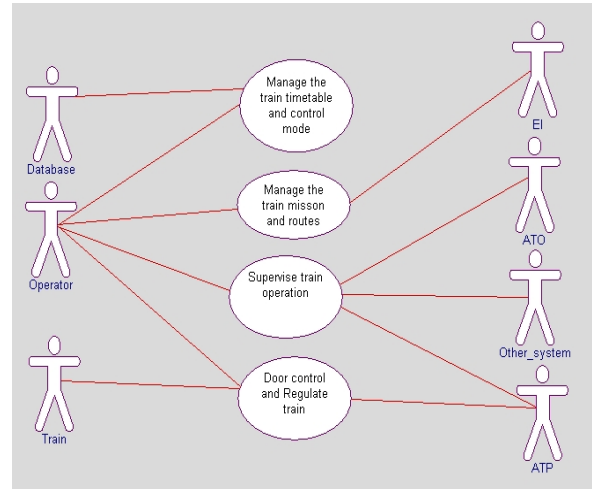


<그림 2> 열차제어시스템의 Use Case

본 논문에서는 장치단위로 구분하여 Use Case를 작성하였다. 본 논문에서는 ATS와 ATP에 대한 분석결과를 기술하고 있으며, ATS에 대한 Use Case구성은 <그림 3>과 같이 설정하였다[5]. ATS기능에 대한 Use Case를 작성하기 위해서 열차영업운전준비단계, 열차영업단계 및 열차영업종료단계로 구분하였으며, 열차영업단계의 경우 열차출발전, 열

차주행중 및 열차정차중으로 상세구분하였다.

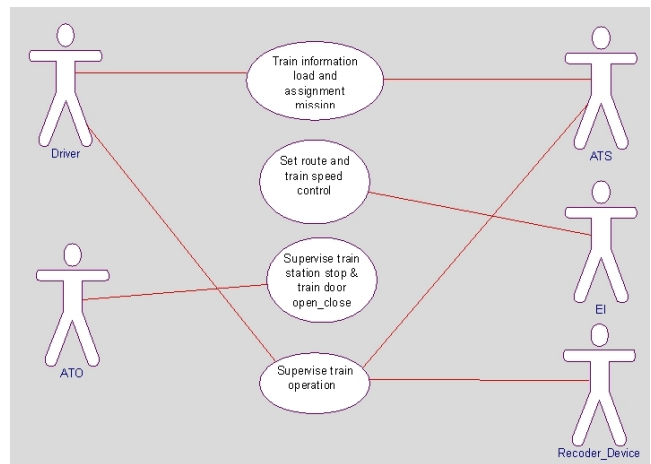
- Use Case A : Manage the train timetable & control mode
- Use Case B : Manage the train mission and routes
- Use Case C : Supervise train operation
- Use Case D : Door control and regulate train



<그림 3> Use Case analysis of ATS

ATP에 대한 Use Case분석은 <그림 4>와 같이 설정하였으며, Use Case의 작성은 연속·반복적으로 발생하는 열차의 안전간격확보와 불특정 시간에 발생하는 사고에 대한 취급으로 분류하여 4가지로 이루어졌다.

- Use Case A : Train information load and assignments mission
- Use Case B : Set routes and train speed control
- Use Case C : Supervise train station stop & train door
- Use Case D : Supervise train operation



<그림 4> Use Case analysis of ATP

2.3.2 Activity 다이어그램

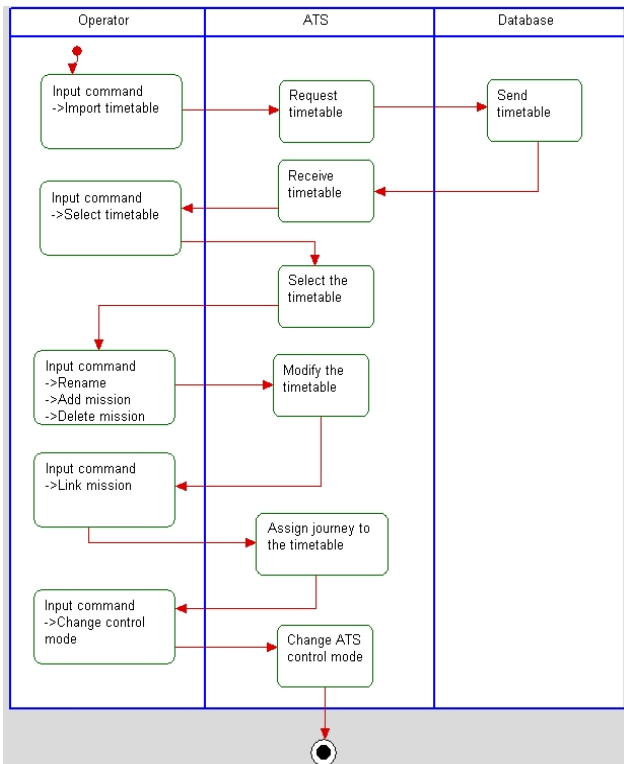
ATS, ATP 및 EI에 대한 Use Cases를 각각 작성하였으며, 각각의 Use Case 내부에서 이루어지는 활동사항을 다이어그램으로 작성하였으며, 이를 이용하여 열차제어시스템의 기능요구사항을 분석하였다. 본 논문에서는 ATS의 Use Case "Manage the train timetable & control mode"와 ATP의 Use Case "Set routes and train speed control"에 대한 activity 다이어그램을 기술하였다.

- 1) Activity diagram "Manage the train timetable & control mode"

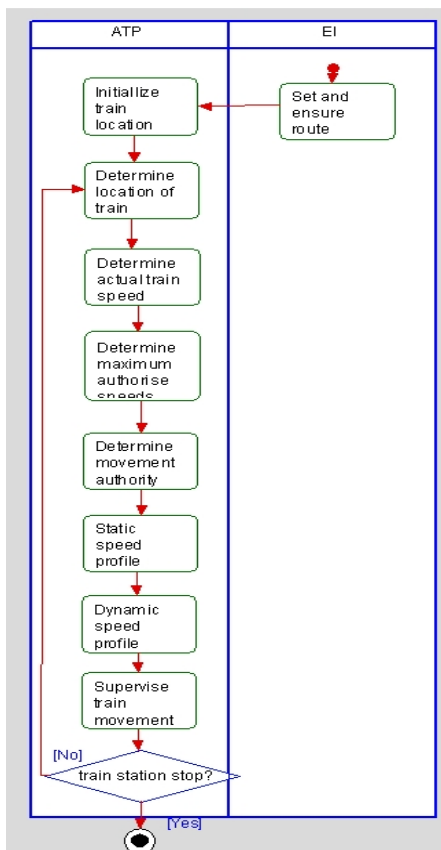
본 다이어그램에서 actors는 운영자인 Operator와 타임테이블을 저장하고 있는 Database가 있다<그림 5>. 본 Use Case는 열차영업운전을 준비하기 위한 것으로서 timetable의 관리 및 ATS운전모드설정 등의 활동을 필요로 한다. 특히 운영자와 ATS간에 많은 상호작용을 필요로 한다.
- 2) Activity diagram "Set routes and train speed control"

ATP의 기능은 크게 2가지로 나눌 수 있다. 첫 번째는 선행열차와 후속열차간 충돌사고를 방지하기 위해서 열차간 안전간격을 제어하는 것

이며, 두 번째는 불특정하게 발생하는 이벤트에 대하여 승객과 열차의 안전을 보장하는 것이다.



〈그림 5〉 Activity diagram “Manage the train timetable & control mode”



〈그림 7〉 Activity diagram "Set routes and train speed control"

여기서 기술된 다이어그램은 열차간 안전간격을 확보하기 위해서 속도를 제어하는 것이다. 본 다이어그램의 actors는 열차간 안전간격을 제어하는 ATP와 열차가 주행할 수 있는 안전한 진로를 설정하는 EI가 있다 <그림 6>.

3. 결 론

본 논문은 무선통신기술, 컴퓨터기술 및 소프트웨어기술을 적용하여 무인자동운전이 가능한 열차제어시스템의 기능요구사항서를 분석하였다. 열차제어시스템이 복잡하고, 다양한 관련 이해당사자 참여하고 있기 때문에 열차제어시스템 개발 단계에서 이해당사자가 열차제어시스템의 기능요구사항을 충분히 이해하는 것이 필요하다. 따라서 본 논문은 Use Case와 activity diagram을 사용하여 열차제어시스템의 기능요구사항을 분석한 것을 기술하고 있다. 열차제어시스템에 대한 Use Case를 설정하고 activity diagram을 작성하기 위해서 많은 분석과 토론을 하였고, 그 결과를 기술하고 있으나 열차제어시스템개발이 완료될 때까지 수많은 수정작업이 이루어 질것이다.

본 논문에서 기술하고 있는 연구내용은 높은 신뢰성과 안전성을 갖는 ATS, ATP, ATO 및 EI의 설계 및 개발에 활용될 것이며, 이를 통해서 보다 높은 신뢰성과 안전성을 갖는 열차제어시스템을 확보할 수 있을 것으로 기대된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 황종규, 조현경, “열차제어시스템 소프트웨어 안전성 확인을 위한 코딩규칙 테스트 자동화 도구의 개발”, 한국철도학회논문집, 제12권 제1호, pp. 81-87, 2009
- [2] IEC, “Railway applications-Specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety(RAMS)”, IEC 62278, 2002
- [3] European Committee, “Railway applications-Software for railway control and protection systems”, EN50128, 2001
- [4] IEC, “Railway applications-Urban Guided Transport Management and Command/Control Systems-Part1: System principles and fundamental concepts”, IEC 62290-1
- [5] 윤용기, 홍진기, 김용규, “Use Case를 활용한 열차제어시스템의 ATS기능 분석”, 대한전기학회 전기기기 및 에너지변환시스템부분회 춘계학술대회 논문집, pp180-182, 2009