

객체지향을 이용한 시스템엔지니어링에 관한 연구

A Study on System Engineering Using Objected Oriented Approach

이종우¹⁾ 신덕호²⁾
LEE Jongwoo SHIN Ducko

ABSTRACT

System engineering is one of the most important research topics in railway system for developing new railway system or improving existed system. The system engineering methods have been applied to innovate railway system. The system engineering activities, which are requirement analysis, functional analysis, system synthesis and analysis, sometimes requires longtime and tiresome works to fix some ideas level into some concrete forms. The system engineering using objected oriented method relieves the hard works of system engineering and clarifies the system engineering objects from its ambiguities. In this paper, we presented requirement model, analysis model and design model using objected oriented approach and showed the consistency of the system engineering work with an example of Automatic Train Control System.

1. 서론

시스템 엔지니어링(SE : System Engineering)기술은 대규모 시스템을 개발할 때에 시스템을 성공적으로 개발하기 위해서 적용되던 기술이며, 최근에는 대부분의 분야에서 시스템엔지니어링 기술이 적용되고 있다. 시스템 엔지니어링 활동은 대상 시스템을 생산하기 전에 대상시스템이 일생동안에 적절하게 주어진 임무를 달성할 수 있도록 하고, 비용 및 개발 기간을 최적화할 수 있도록 한다. 항공기, 원자력 발전소 등과 대형 시스템에서 프린터와 같은 소규모 시스템에 이르기까지 시스템의 개발은 대상시스템에 요구사항과 운용 주위환경이 복잡해지고, 여러 분야의 서브시스템으로서 이루어지기 때문에 시스템엔지니어링 활동이 점점 많이 요구되고 있다. 시스템 엔지니어링은 어떻게 구성이 되어 있는가, 각 단위구성이 해야될 일은 무엇인가, 각 단위들이 시스템으로서 어떻게 상호작용을 하는가에 대해서 각각 부분의 추적, 자원 및 프로세스의 제어, 변경제어, 개량, 인터페이스관리 등을 포함해서 수백 가지의 기타 문제들을 관리 해결한다. 시스템엔지니어링은 시스템개발을 실현하기 위해서 여러 분야를 취합하고, 조정하는 작업이다[1][2][3].

시스템엔지니어링활동의 중간결과의 최종결과는 시스템을 제작할 경우에 개념설계(CE : Concept Engineering), 개발계획 및 위험관리(PD&RR : Program Definition and Risk Reduction), 개발 및 제작(EMD : Engineering and Manufacturing Development), 생산 및 설치(PDF : Production, Deployment & Operation & Support), 그리고 폐기(Disposal)에 이르기까지 다양하게 사용을 한다[2]. CE활동에는 시스템분석, 요구사항정의, 개념설계, 기술 및 위험평가, 개념설계안의 비용, 일정 및 성능 등이 포함된다. PD&RR활동에서는 개념설계, 하부시스템 선정, 기본설계, 초도품, 시험 및 평가, 생산 및 지원체계 등을 설계에 고려한다. EMD과정에서는 상세설계, 개발, 위험관리, 개발품의 시험 및 평가, 시스템통합의 대한 시험 및 평가 그리고 생산공정의 확인 등이 포함된다. PDF에서는 생산물의 확인 운용시험 및 평가, 설치, 운용지원 및 개량, 폐기 및 교환계획 등이 포함된다. 시스템엔지니어링활

1) 한국철도기술연구원 책임연구원, 정회원
2) 한국철도기술연구원 주임연구원, 정회원

동 결과는 시스템의 개발절차에 전 과정에 사용이 된다. 개발절차의 초기부분의 상당부분은 시스템엔지니어링의 활동과 일치한다. 따라서 시스템엔지니어링은 시스템을 개발할 때에, CE, PD&DD 및 EMD 활동에 가장 많이 활용이 된다. 시스템엔지니어링의 최종결과는 시스템설계(안)을 제시하는 것이다.

시스템엔지니어링 활동에서 관련된 여러 가지 모델이 많이 제시되어 왔다. 시스템을 설계하기 위해서, 시스템엔지니어는 요구사항(Requirement), 사양(Specification), 블록도, 시나리오, 타이밍도, 기능분해도, 기능흐름도, 시스템상태도 및 확인도표 등을 이용하였다[4]. 여기에서의 결론은 표준방법이 없다는 것이며, 도구들 간에도 상호연결할 수 없다는 것이다.

본 논문에서는 객체지향방법을 이용하여 시스템엔지니어링 방법을 소개하였으며, 자동열차제어장치를 대상으로 하여 객체지향방법을 소개하였다.

2. 시스템엔지니어링 활동

그림 1은 대상 시스템을 개발하기 위해서 일반적으로 사용하고 있는 시스템 엔지니어링 절차이다. 시스템엔지니어링의 첫 번째 단계는 요구사항을 획득하는 것이다. 이 요구사항을 근거로 하여, 요구사항의 분석 및 검증, 기능분석 및 기능확인, 시스템 합성 및 분석의 절차로 이루어져 있다[1].

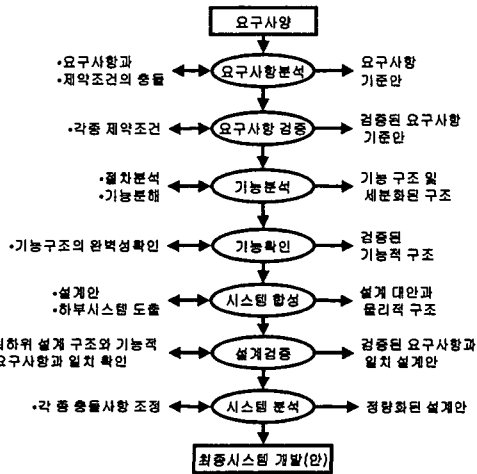


그림1. 시스템엔지니어링 절차

시스템엔지니어링 활동에 의해서 생성된 결과는 여러 가지 형태로 나타나지만 최종적으로 시스템의 개발(안)이다. 최적의 시스템을 얻기 위해서는 SE 활동을 효과적으로 수행을 하여야 하지만, 새로운 시스템의 경우에는 대상 시스템이 없기 때문에 반복적인 작업을 필요로 하여 결과적으로 상당한 노력과 시간을 필요로 한다. 객체지향을 이용한 시스템엔지니어링은 Waterfall 방식을 이용하는 기존의 SE 방법에 대해서 상당한 장점을 가지고 있다.

3. 객체지향방법을 이용한 시스템엔지니어링

객체지향방법은 고전적인 Waterfall 방식대신에 요구사항모델, 분석모델 및 설계모델을 이용한 점진적인 증진 방법을 사용한 수직적인 방법이며, 동작모델과 RAMS와 같은 부가적인 모델은 반복작업 동안에 분석, 삽입한다. 객체지향방법을 이용한 SE는 활동은 요구사항, 구조, 사용 및 재사용 부품, 자주 발생하는 반복작업의 계획 및 위험관리 등 5개 주요부분으로 나누어진다.

본 절에서는 자동열차제어장치 개발을 이용하여 객체지향 방법을 이용한 SE활동을 제시한다.

3.1 자동열차제어장치

자동열차제어장치는 열차가 허용된 속도 이내로 주행하도록 하는 장치로서 기관사가 허용된 속도 이상으로 주행을 할 때에는 열차가 자동적으로 제동을 체결하는 장치이다. 자동열차제어장치는 선행 열차위치에 따라 열차속도를 안전속도를 생성하고, 열차에 전송을 하며, 차상에 열차속도를 현시한다. 열차가 허용속도이상으로 주행을 하면은 열차의 제동장치를 작동하여 제동을 체결한다.

3.2 요구사양모델

요구사양모델은 시스템이 해야하는 임무와 시스템의 경계를 정의한다. 요구사양모델에서는 제안된 시스템에서 가장 큰 위험이 무엇인가를 찾아내는 것으로 시작한다. 가장 큰 위험의 규명은 경우에 따라서는 성능요소에 의해서 제약을 받게되지만 시스템의 동작의 시퀀스를 분석함으로써 규명되며, 그 위험은 고객에 의해서 최우선 순위로 할당이 된다. 시스템의 위험특성과 관련된 요구사양은 반드시 검증이 되어야 한다. 요구사양 모델은 고 위험을 갖는 기능을 중심으로 구성된다. 이 모델의 기본과 객체지향의 기본모델은 객체가 된다.

-자동열차제어장치의 객체모델

제목 : 자동열차제어장치

요약 : 선행열차위치를 검지하여 선행열차와의 거리에 따라 열차의 속도제어

범위 : 300km/h로 주행하는 고속열차의 속도제어

주작동자 : 기관사

주변 작동자 : 열차위치 검지기, 열차허용속도계산기, 열차허용속도전송기, 열차속도제어기

선행조건 : 모든 장치는 정상적으로 작동을 한다.

주요정상동작시나리오 :

1. 기관사는 열차를 기동하고 운전을 한다.
2. 열차위치검지기는 선행열차 위치를 검지하여 열차허용속도계산기에 위치를 전송한다.
3. 열차허용속도전송기는 허용속도를 열차에 전송한다.
4. 열차속도제어기는 열차속도를 검지한다.
5. 열차속도와 열차허용속도를 비교한다.
- 6a. 열차속도가 허용속도이다.
7. 스텝2로 가서 반복을 한다.

분기점1

- 6b. 열차의 속도가 허용속도이상이다.
- 6b1. 경보를 울린다.
- 6b2. 기관사가 제동을 체결하여 속도를 줄인다.
- 6b3. 스텝2에서 다시 시작한다.

분기점2

- 6b21 제동이 작동하지않으면 제동을 인가한다.
- 6b22 기관사 제동을 해제한다.
- 6b23 스텝2로 간다.

분기점3

- 6b221 기관사 제동을 해제하지 않으면 열차는 정지한다.
- 6b222 스텝 1로 간다.

규칙1 : 열차는 허용속도이상으로 주행을 해서는 않된다.

규칙2 : 허용속도이상으로 주행을 할 때는 제동을 체결한다.

작성자 : 신덕호

날짜 : 2003년 10월 15일

위에서 기술된 객체는 시스템의 필요한 기능을 축약해 놓은 것이다. 이 객체는 사용자에게 관측할 수 결과를 제공한다. 각각의 객체는 사용자와 시스템간의 상호작용의 시퀀스를 기술하여 놓은 것이다. 이 객체는 잠재적인 사용자와 설계자에 매우 중요하게된다. 사용자는 이러한 객체를 통하여 시스템의 동작에 대한 제시와 입력 값을 제공하게 된다. 또한 설계자는 시스템의 사용에 근거하여 효과적인 인터페이스를 설계할 수 있는 정보를 획득할 수 있다.

하나의 문제로서 이러한 객체를 기술하는데 표준이 없는 것이다. 따라서 작성자의 주관에 따라서 많이 좌우되게 된다.

3.3 분석모델

분석모델은 모델작업에서 분기점이 되는 모델링이다. 요구사양에 대한 활동은 사용자의 목소리를 고려하는 것이라면, 분석은 설계자의 관점에서 초점을 맞춘 것이 된다. 분석에서, 구조에서의 부품, 그 부품들 간의 관계 등이 분석된다. 분석은 요구사양 모델에서 얻어진 골격으로부터 시작하여, 그 골격에 근육을 붙여, 보다 확장된 골격을 형성한다.

분석모델을 통하여 위험분석과 경제성 분석을 수행한다. 위험분석의 경우에는 열차가 허용속도이상으로 주행할 경우 충돌의 위험이 있다. 따라서 각 기능이 고장이 발생할 경우를 대비해서 fail-safe 기술을 적용해야 한다.

<p>제목 : 열차위치검지장치</p> <p>요약 : 주어진 구간에 열차가 존재하고 있나 없나를 검지한다.</p> <p>범위 : 300km/h로 주행하는 고속열차의 위치검지</p> <p>주작동자 : 열차</p> <p>주변 작동자 : 열차위치검지기</p> <p>작동횟수 : 연속</p> <p>선행조건 : 열차검지장치가 정상적으로 작동을 한다.</p> <p>주요정상동작시나리오 :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 열차가 열차검지구간에 진입을 한다. 2. 열차가 점유하고 있다는 것을 표시한다. 3. 열차가 검지구간을 점유구간을 벗어나면 열차가 없다는 것을 표시한다. <p>규칙1 : 열차가 점유를 하면은 전류가 도통되지 않으며, 열차가 없으면 전류가 도통된다.</p> <p>작성자 : 신덕호</p> <p>날짜 : 2003년 10월 15일</p>	<p>제목 : 열차허용속도계산기</p> <p>요약 : 선행구간의 진입속도를 검지하여 현재 구간의 진입속도를 계산하여 허용속도를 설정한다.</p> <p>범위 : 300km/h로 주행하는 고속열차의 속도제어</p> <p>주작동자 : 자동</p> <p>주변 작동자 : 열차위치검지기</p> <p>작동주기 : 연속</p> <p>선행조건 : 모든 장치는 정상적으로 작동을 한다.</p> <p>주요정상동작시나리오 :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 해당구간의 바로 앞 구간의 진입허용속도를 검지한다. 2. 앞 구간의 진입 허용속도에 따라 해당구간 진입속도를 결정한다. 3. 열차허용진입속도를 속도전송기에 전송한다. <p>작성자 : 신덕호</p> <p>날짜 : 2003년 10월 15일</p>
---	---

<p>제목 : 열차허용속도전송기</p> <p>요약 : 허용속도를 코드화하여 열차에 전송한다.</p> <p>범위 : 300km/h로 주행하는 고속열차의 속도제어</p> <p>주작동자 : 열차허용속도전송기</p> <p>주변 작동자 : 열차위치검지기, 열차허용속도계산기, 열차허용속도전송기, 열차속도제어기</p> <p>작동횟수 : 연속</p> <p>선행조건 : 모든 장치는 정상적으로 작동을 한다.</p> <p>주요정상동작시나리오 :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1a. 일정 주기마다 열차진입허용속도를 수신받는다. 2. 수신받은 정보를 코드화한다 3. 코드화된 정보를 변조하여 궤도에 전송한다. 4. 스텝1로 가서 프로세스를 반복한다. <p>분기점</p> <p>1b1 속도를 전송받지 못하면 약속된코드를 생성하지 않고 이상상태 코드를 생성한다.</p> <p>1b2 약속된 코드를 열차허용속도전송기는 허용속도를 열차에 전송한다.</p> <p>규칙1 : 허용속도전송은 매 400ms 이내로 한다.</p> <p>작성자 : 신덕호</p> <p>날짜 : 2003년 10월 15일</p>	<p>제목 : 차상열차속도제어장치</p> <p>요약 : 선행열차위치를 검지하여 선행열차와의 거리에 따라 열차의 속도제어</p> <p>범위 : 300km/h로 주행하는 고속열차의 속도제어</p> <p>주작동자 : 기관사</p> <p>주변 작동자 : 열차허용속도전송기, 열차속도제어기</p> <p>작동횟수 : 열차주행 시 연속적으로 작동</p> <p>선행조건 : 모든 장치는 정상적으로 작동을 한다.</p> <p>주요정상동작시나리오 :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 기관사는 열차를 기동하고 운전을 한다. 2. 열차는 허용속도를 수신한다. 3. 열차속도제어기는 열차속도를 검지한다. 4. 열차속도와 열차허용속도를 비교한다. 5a. 열차속도가 허용속도이다. 6. 스텝2로 가서 반복을 한다. <p>분기점1</p> <p>5b. 열차의 속도가 허용속도이상이다.</p> <p>5b1. 경보를 울린다.</p> <p>5b2. 기관사가 제동을 체결하여 속도를 줄인다.</p> <p>5b3. 스텝2에서 다시 시작한다.</p> <p>분기점2</p> <p>5b21 제동이 작동하지 않으면 제동을 인가한다.</p> <p>5b22 기관사 제동을 해제한다.</p> <p>5b23 스텝2로 간다.</p> <p>분기점3</p> <p>5b221 기관사 제동을 해제하지 않으면 열차는 정지한다.</p> <p>5b222 스텝 1로 간다.</p> <p>규칙1 : 열차는 허용속도이상으로 주행을 해서는 않된다.</p> <p>규칙2 : 허용속도이상으로 주행을 할 때는 제동을 체결한다.</p> <p>작성자 : 신덕호</p> <p>날짜 : 2003년 10월 15일</p>
--	---

3.4 설계모델

설계모델은 분석모델에서 개발된 골격과 보다 상세화된 구조를 이용해서 보다 자세하게 기술을 한다. 설계 모델링은 특별한 설계를 확정하기 위해서 보다 상세한 입력을 객체에 첨가시킨다. 개발된 객체는 객체를 통하여 다양한 방법으로 설계를 할 수 있도록 보다 간결한 사업성을 적용 시켜야한다. 다음에 오는 객체는 설계를 위해 모델링 한 것의 예를 나타내었다.

<p>제목 : 열차위치검지장치</p> <p>요약 : 주어진 구간에 열차가 존재하고 있나 없나를 검지한다.</p> <p>범위 : 300km/h로 주행하는 고속열차의 위치검지</p> <p>주작동자 : 열차</p> <p>주변 작동자 : 열차위치검지기</p> <p>작동횟수 : 연속</p> <p>선행조건 : 열차검지장치가 정상적으로 작동을 한다.</p> <p>주요정상동작시나리오 :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 열차가 열차검지구간에 진입을 한다. 2. 열차가 점유하고 있다는 것을 표시한다. 3. 열차가 검지구간을 점유구간을 벗어나면 열차가 없다는 것을 표시한다. <p>규칙1 : 열차가 점유를 하면은 전류가 도통되지 않으며, 열차가 없으면 전류가 도통된다.</p> <p>안전성요구사항 : 열차가 점유시 비점유로 나타내는 위험측 고장율이 $10^{-9}/h$ 이어야 한다.</p> <p>작성자 : 신덕호</p> <p>날짜 : 2003년 10월 15일</p>	<p>제목 : 열차허용속도계산기</p> <p>요약 : 선행구간의 진입속도를 검지하여 현재 구간의 진입속도를 계산하여 허용속도를 설정한다.</p> <p>범위 : 300km/h로 주행하는 고속열차의 속도제어</p> <p>주작동자 : 자동</p> <p>주변 작동자 : 열차위치검지기</p> <p>작동주기 : 연속</p> <p>선행조건 : 모든 장치는 정상적으로 작동을 한다.</p> <p>주요정상동작시나리오 :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 해당구간의 바로 앞 구간의 진입허용속도를 검지한다. 2. 앞 구간의 진입 허용속도에 따라 해당구간 진입속도를 결정한다. 3. 열차허용진입속도를 속도전송기에 전송한다. <p>성능요구사항 : 열차속도계산은 매 400ms 이내에 이루어진다.</p> <p>안전성요구사항 : 열차속도계산의 허용속도 이상으로 속도를 나타낼 위험측 고장율이 $10^{-9}/h$ 이어야 한다.</p> <p>작성자 : 신덕호</p> <p>날짜 : 2003년 10월 15일</p>
---	---

<p>제목 : 열차허용속도전송기</p> <p>요약 : 허용속도를 코드화하여 열차에 전송한다.</p> <p>범위 : 300km/h로 주행하는 고속열차의 속도제어</p> <p>주작동자 : 열차허용속도전송기</p> <p>주변 작동자 : 열차위치검지기, 열차허용속도계산기, 열차허용속도전송기, 열차속도제어기</p> <p>작동횟수 : 연속</p> <p>선행조건 : 모든 장치는 정상적으로 작동을 한다.</p> <p>주요정상동작시나리오 :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1a. 일정 주기마다 열차진입허용속도를 수신받는다. 2. 수신받은 정보를 코드화한다 3. 코드화된 정보를 변조하여 궤도에 전송한다. 4. 스텝1로 가서 프로세스를 반복한다. <p>분기점</p> <p>1b1 속도를 전송받지 못하면 약속된코드를 생성하지 않고 이상상태 코드를 생성한다.</p> <p>1b2 약속된 코드를 열차허용속도전송기는 허용속도를 열차에 전송한다.</p> <p>규칙1 : 허용속도전송은 매 400ms 이내로 한다.</p> <p>성능요구사항 : 열차허용속도전송은 400ms 이내에 이루어진다.</p> <p>안전성요구사항 : 열차허용속도전송 위험측 고장율이 $10^{-9}/h$ 이어야 한다.</p> <p>작성자 : 신덕호</p> <p>날짜 : 2003년 10월 15일</p>	<p>제목 : 차상열차속도제어장치</p> <p>요약 : 선행열차위치를 검지하여 선행열차와의 거리에 따라 열차의 속도제어</p> <p>범위 : 300km/h로 주행하는 고속열차의 속도제어</p> <p>주작동자 : 기관사</p> <p>주변 작동자 : 열차허용속도전송기, 열차속도제어기</p> <p>작동횟수 : 열차주행 시 연속적으로 작동</p> <p>선행조건 : 모든 장치는 정상적으로 작동을 한다.</p> <p>주요정상동작시나리오 :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 기관사는 열차를 기동하고 운전을 한다. 2. 열차는 허용속도를 수신한다. 3. 열차속도제어기는 열차속도를 검지한다. 4. 열차속도와 열차허용속도를 비교한다. <p>5a. 열차속도가 허용속도이다.</p> <p>6. 스텝2로 가서 반복을 한다.</p> <p>분기점1</p> <p>5b. 열차의 속도가 허용속도이상이다.</p> <p>5b1. 경보를 울린다.</p> <p>5b2. 기관사가 제동을 체결하여 속도를 줄인다.</p> <p>5b3. 스텝2에서 다시 시작한다.</p> <p>분기점2</p> <p>5b21 제동이 작동하지 않으면 제동을 인가한다.</p> <p>5b22 기관사 제동을 해제한다.</p> <p>5b23 스텝2로 간다.</p> <p style="text-align: right;">- 다음페이지 계속 -</p>
---	---

- 앞페이지 계속 -

분기점3

5b221 기관사 제동을 해제하지 않으면 열차는 정지한다.
5b222 스텝 1로 간다.

규칙1 : 열차는 허용속도이상으로 주행을 해서는 않된다.

규칙2 : 허용속도이상으로 주행을 할 때는 제동을 체결한다.

성능요구사항 : 열차속도제어감시는 매 5s 이내에 이루어져 한다.

안전성요구사항 : 열차속도제어감시의 위험측 고장율이 $10^{-9}/h$ 이어야 한다.

작성자 : 신덕호

날짜 : 2003년 10월 15일

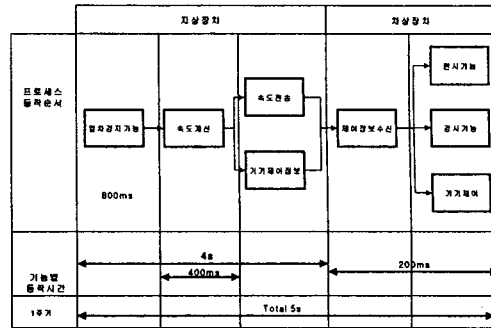


그림2. 자동열차제어장치의 운용 타이밍차트

설계모델에서는 각 기능이 작동되는 타이밍 차트를 그림2와 같이 나타낸다.

3.5 확인모델

시스템의 확인은 시스템이 요구사항에 따라서 정확하게 구성되었으며, 설계가 그대로 시행되었는지를 확인하는 것으로 시스템이 정확하게 구성되었는지를 증명하는 것이다. 시스템의 증명은 검사, 모델링, 시뮬레이션, 분석, 시험 혹은 시연을 통해서 이루어진다. 시험에 대한 계획은 프로젝트 초기부터 고려되어야 한다. 시험은 각 단계의 종료시점에서 수행된다.

3.6 운용모델

운용모델은 설계모델로부터 작성된다. 현재 구성된 시스템 구조를 반영한다. 운용모델은 시스템의 운용을 관리하거나, 개선하기 위해서 사용된다. 운용모델은 운용시스템이 변경이 되면은 언제든지 변경한다.

표.1 자동열차제어장치를 위한 시험 체크리스트

기능	초기상태	입력	다음상태	결과출력
열차검지기	열차없음	열차진입	점유상태	진류차단
	열차있음	열차진출	비점유상태	진류도통
열차허용속도계산기	Don't Care	앞구간의 진입속도	해당구간의 진입속도	해당구간의 진입속도
열차속도전송기	Don't care	허용속도	허용속도코드화 및 변조	변조된 신호
열차속도제어기	열차주행속도	허용주행속도 > 열차주행속도	열차주행	열차주행
		허용주행속도 = 열차주행속도		
		허용주행속도 < 열차주행속도	경고음 및 제동체결	제동체결
		경고음 및 자동제동체결	자동제동체결	자동제동체결

4. 결 론

자동열차제어장치의 개발을 위해서 객체지향 방법을 활용예를 제시하였다. 간략화된 방법으로 제 시를 하였기 때문에 많은 부분을 자세하게 다루지 못하였다. 그러나 본문에서 다른 방법으로 확장해 간다면 커다란 어려움은 없다. 본 문에서는 분석모델과 설계모델을 임의적으로 설정을 해서 모델

을 제시하였으나 관련된 모든 사람들의 합의하에 표준(안) 제시하여 관련 규격을 제정하는 것이 필요하다. 이 규격은 추후에 자세하게 연구해볼 필요가 있다.

기호 및 약어

CE : Concept Engineering(개념설계)

Disposal : 폐기

EMD : Engineering and Manufacturing Development(개발 및 제작)

PD&RR : Program Definition and Risk Reduction(개발계획 및 위험관리)

PDF : Production , Deployment & Operation & Support(생산 및 설치)

SE : System Engineering

참고문헌

- [1] IEEE std 1220-1998, IEEE Standard for Application and Management Engineering
- [2] INCOSE, 'System Engineering Handbook', 1998
- [3] 이종우, et al., '신호제어시스템 엔지니어링 기술개발', 대한전기학회 1999년 하계학술대회 산업체 특별세 1999.
- [4] A.T. Bahill, M. Alford, K. Bharathan, J. Clymer, S. Dahlberg, D.L. Dean, J. Duke, G. Hill, E. LaBudde, E. Taipale, and A.W. Wymore, 'The design methods comparison project', IEEE Trans Syst Man Cybernet Part C Appl Rev 28(1), 1998, 80-103
- [5] T. Bahill, J. Daniels, 'Using Objected-Oriented and UML Tools for Hardware Design : A Case Study', System Engineering, Vol. 6, No. 1, 2003