CBTC와 ATC에서의 시스템 인터페이스 항목 비교분석에 관한 연구
A study on Analysis of Interface System of ATC and CBTC

김광영*　　최규형**
Kim, Kwang-Young,　Choi, Kyu-Hyoung

ABSTRACT

Since railway system has been developed, the interface system which is interfaced with various sub-systems of railway including rolling stock, SIG, COM, catenary system came out more complicated and mixed-up.

For the purpose of improving the management techniques about interface system among the sub-systems of railway, this paper proposes method of management by using of SE(system engineering) that makes structure of data system through describing and separating the user's requirements, functional analysis and interface of the train control system in its degree.

This study is focused on the ATC signaling sub-system, a important part of SE, to analysis of the system.

---

1. 서론

신호시스템은 곧 열차제어시스템의 안전성 강화와 더불어 표정속도 향상, 즉 열차운행간격(Headway)을 줄이는 것에 목적을 두고 발전되고 있다. 서울지하철 3,4 호선에 처음 ATC 시스템이 도입된 이후 신호시스템은 신호기를 이용한 지상신호시스템방식에서 차상신호시스템방식으로 발전되었다.

신호시스템이 지상중심의 제어설비에서 차상중심의 열차제어시스템으로 발전하면서 각 서브시스템들은 그 요구사항, 기능(Function), 컴포넌트 그리고 인터페이스 등이 방대하고 복잡해지고 있다. 또한 철도는 차량, 토목, 궤도, 건축, 전력, 신호, 통신 등 많은 하위 시스템들로 구성된 종합 시스템이기 때문에 신호와 타 시스템 간에 공통된 목표를 가지고 상호 유기적인 연관관계를 유지하여야 하는 것도 중요하다.

본 논문에서는 열차제어시스템과 같이 매우 복잡하고 거대한 시스템에 대하여, 그 요구사항 및 기능, 안전 제약조건 등을 포함한 요구사항 분석(Requirement Analysis), 기능분석 및 체계화를 통한 컴포넌트 할당(Component Allocation), 인터페이스 분석들을 체계적으로 수행할 수 있는 시스템 엔지니어링 기법을 제안함으로써, 열차제어시스템의 개발 및 구축, 시공을 효과적으로 지원할 수 있도록 하고자 한다.

2. 시스템 엔지니어링(SE, System Engineering)

2.1 시스템 엔지니어링의 정의 및 역할

---

* 서울산업대학교 철도전문대학원 석사과정, 비회원
E-mail : idupni@hanmail.net
TEL : (032)569-0462　FAX : (032)569-0469
** 서울산업대학교 철도전문대학원 교수, 정회원

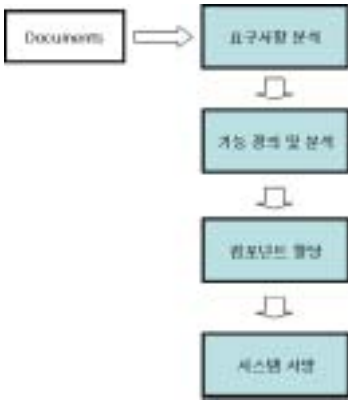
국제시스템엔지니어링협의회 INCOSE(International Counsil on Systems Engineering)에서는 시스템 엔지니어링을 '복잡한 문제를 해결하기 위해 이 문제에 관련된 모든 당사자의 요구사항을 만족시키기 위한 학제간(inter-disciplinary)의 종합적 접근법이다' 라고 정의하고 있다. 이상과 같은 정의에 따라, 시스템 엔지니어링은 결국 복잡한 시스템을 개발하는데 관련된 각 집단 간의 의사소통(communication)을 원활히 하는데 그 목적이 있다. 철도에서 신선건설이나 기존선 개량사업 등 프로젝트를 수행하는데 있어 가장 중요한 부분을 차지하는 것이 각 분야, 즉 차량, 전력, 신호 및 토목, 궤도 등 선로구축물 분야와의 인터페이스이다. 신호시스템 또한 자동운전 또는 무인운전 등 요구사항의 증가 및 시스템의 발전으로 인해 내부 서브시스템 간의 인터페이스 또한 중요해지고 있다. 이들 신호시스템 내부 또는 타분야 간의 연계성이 강조됨에 따라 시스템을 효율적으로 통합하여 최적의 운영효과를 발휘할 수 있도록 하는 기법이 요구되고 있다.

국내에서의 시스템 엔지니어링은 최근에 이르러 국방분야와 국책연구소 등에서 시스템을 우리 기술로 개발하는 것에 관심을 보이면서 그 연구와 적용이 이루어지고 있다. 시스템 엔지니어링을 적용하는 개발 사업으로는 차세대 고속전철 개발 사업, 경량전철 사업 및 방위산업 등이 있다.

2.2 시스템 엔지니어링의 프로세스

시스템 엔지니어링은 개념설계부터 시작하여 그 시스템에 주어지는 요구사항을 파악하고 상세 설계에 이르기까지 반복적으로 부분 시스템을 결합해 가는 과정이며, 이것은 구성부품에 대한 체계적인 품질관리와 목표하는 성능의 종합시스템 기술체계에 대한 요소 및 시스템 해석기술의 결과물을 최대한 활용하여야만 구현될 수 있다. 따라서 전체 시스템의 개념설계로부터 기술체계에 따라 하부시스템의 기본사양을 결정하고 설계·제작과정에서 발생할 수 있는 상호간의 인터페이스 요소를 도출하여 관리하며 문제를 해결하는 역할이 매우 중요하다. 이에 따라, 새로운 시스템의 개발, 구축에 있어서, 시스템 엔지니어링을 적용하는 절차는 다음과 같다.

① 고객으로부터 요구사항을 끌어내어 가능한 수준까지 세분화 한다.
② 요구사항 분석이 끝나고 나면 시스템의 기능을 정의, 분석한다.
③ 기능분석이 마무리 되면 시스템의 구조(architecture)를 설계한 다음 기능을 컴포넌트에 할당하여 기능 수행의 구체적인 대상을 결정한다.



[그림 1] 시스템 엔지니어링의 프로세스

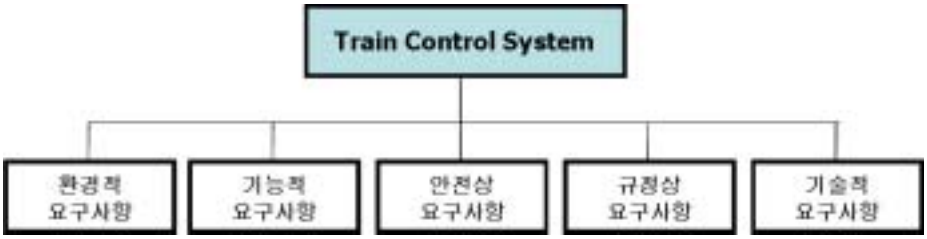
3. 열차제어 시스템 엔지니어링

3.1 열차제어시스템의 요구사항 분석 및 분류

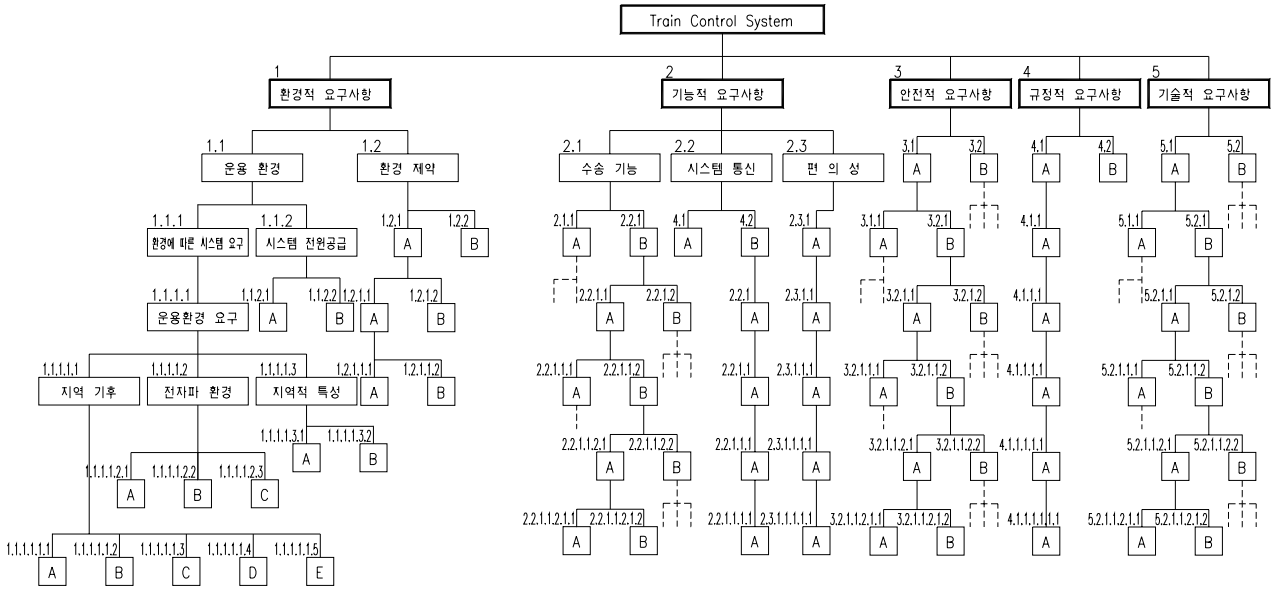
시스템 요구사항은 개발하고자 하는 시스템의 기원이 되는 동시에 개발된 시스템의 검증 기준이 되는 것

이다. 따라서 요구사항을 제대로 분석할 수 있는 능력의 유무가 성공적인 시스템 개발 성패의 가늠자가 될 수 있다. 열차제어시스템과 같은 대형 복합기술 시스템은 구성하고 있는 컴포넌트 및 인터페이스, 시스템의 기능, 그리고 자동화 운영 등의 시스템 요구사항들이 방대하고 복잡하다. 또한 많은 sub-system 들이 있기 때문에 시스템 전체의 개발 목표를 달성하기 위해서는 모든 이해 당사자들이 공통된 목표를 공유해야 한다.

각종 요구사항을 기술한 문서(계약서, 시방서 등)로부터 도출된 최상부 요구사항(root-requirement)은 일반적으로 추상적이어서 명확한 요구사항이 될 조건을 충족시키지 못하고 하나의 기능 또는 컴포넌트와 연결될 수 없으므로 상부 요구사항으로부터 하부 요구사항을 계층적으로 분해하여 최하위의 요구사항을 이끌어 낸다. 이런 계층구조적인 기법으로 요구사항을 상부 레벨에서 하부 레벨까지 적절히 분해해 나감으로써 하나의 요구사항이 여러 개의 기능이나 컴포넌트에 할당되어 최적설계가 이루어지게 할 수 있다. [그림 2]은 열차제어시스템의 최상위 요구사항을 도시한 것이며, 이와 같은 구조를 계층별로 세분화 하면 [그림 3]에서와 같이 하부요구사항을 계속 분류해 갈 수 있다.



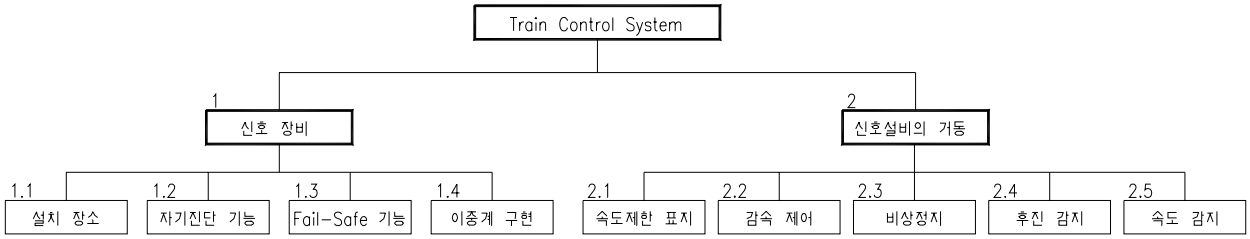
[그림 2] 열차제어시스템의 요구사항 체계 - 최상부 구조에 대한 분류



[그림 3] 열차제어시스템의 요구사항 체계 - 하부요구사항까지 분류

3.2 안전제약 조건 분석

시스템 요구사항을 분석함에 있어 안전기준은 시스템의 구조 및 안전에 필요한 사항을 조사하여 추가하여야 한다. 열차제어시스템에서 고려해야 할 대표적인 것들은 다음 [그림 4]와 같이 분류할 수 있다.



[그림 4] 열차제어설비의 안전제약조건 분류

3.3 기능분석

열차제어시스템이 수행해야 할 기능이 무엇인지 정의한다. 이 단계에서 중요한 것은 무엇을 해야 하는가를 정의하는 것이지 그 기능을 어떻게 수행해야 하는가를 고려하지는 않는다는 것이다.

ATC 방식의 열차제어시스템의 Main 서브시스템인 ATP, ATO, ATS 는 아래와 같은 주요기능들을 제공한다.

3.3.1 ATP(Automatic Train Protection) functions

① 연속적인 열차위치 감지
② 열차의 속도 제한(과속방지 및 제동성능보장)
③ 안전한 열차 이격
④ 열차의 이동권한 부여
⑤ 열차의 후진(rollback) 감시
⑥ 제로속도 검지
⑦ 열차 운행 방향 감시
⑧ 열차출입문 제어 및 출발 인터페이스
⑨ 열차의 무결성 감지

3.3.2 ATO(Automatic Train Operation) functions

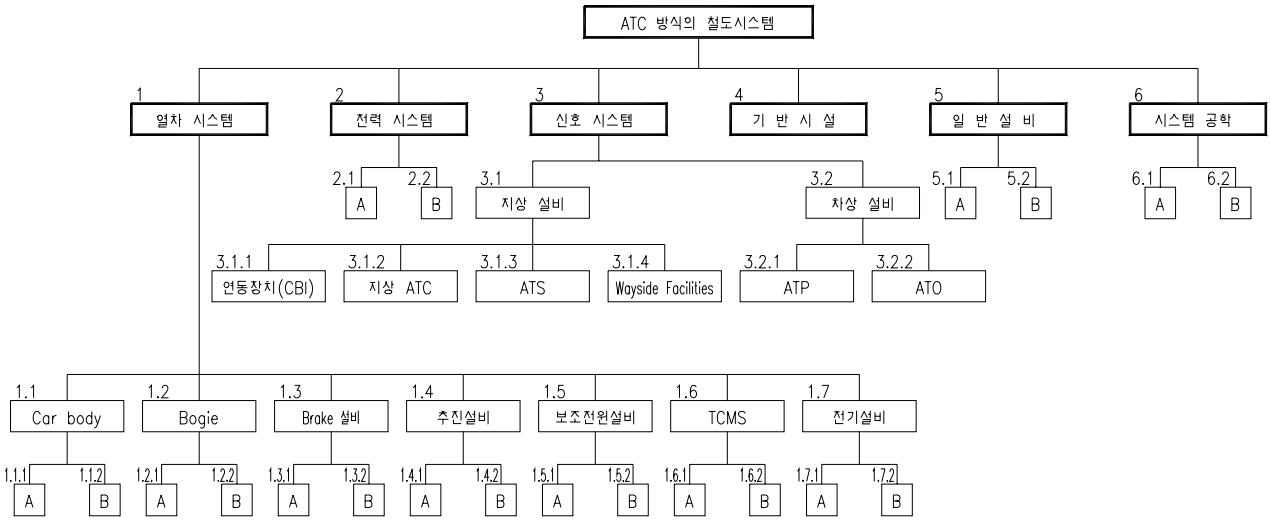
① 자동 속도제어 (Automatic speed regulation)
② 승강장 정차 기능 및 정차시간 관리
③ 열차 출입문 제어

3.3.3 ATS(Automatic Train Supervision) functions

① 열차추적 기능 : 열차 위치와 운용 상태를 감시
② Head way를 관리
③ 자동열차 루팅(Automatic Train Routing)
④ 자동 일정조정
⑤ 메시지 생성
⑥ 통신 및 기타 서브시스템들과 인터페이스 수행

3.4 컴포넌트 할당

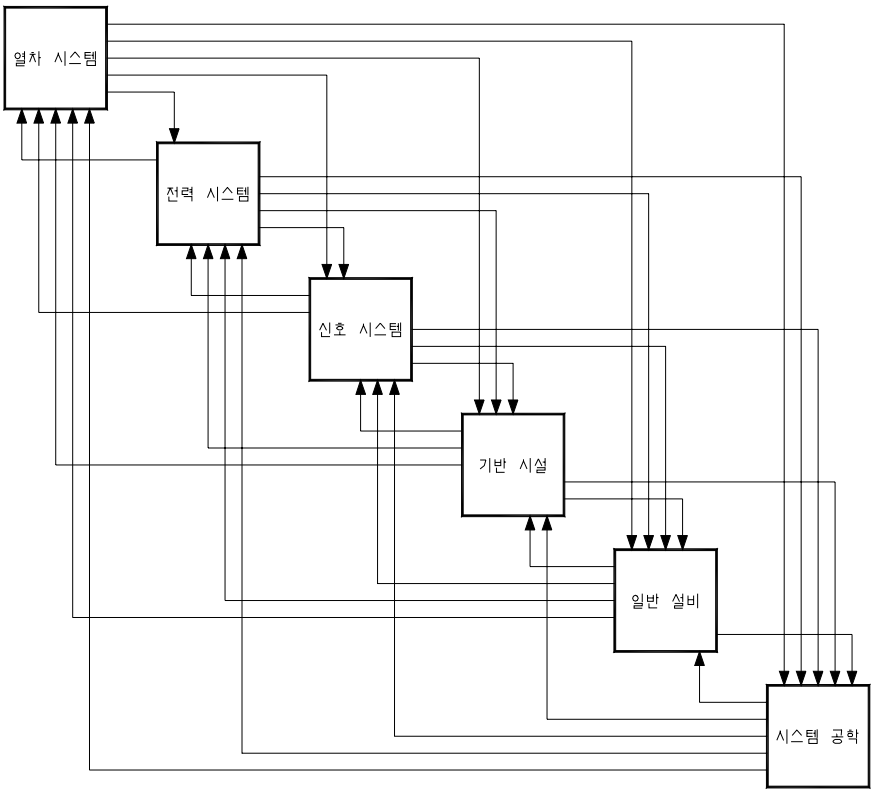
열차제어시스템의 요구사항에 대한 분류와 기능정의가 완료되면 이 기능들을 처리하게 되는 컴포넌트를 할당한다. 시스템의 컴포넌트 모형은 시스템의 개념적인 구조에 관한 것으로 크게 시스템을 구성하는 컴포넌트의 계층구조와, 컴포넌트들 간에 정보를 주고받는 인터페이스 모형으로 이루어져 있다. 이 컴포넌트 모형을 계층구조로 분류하면 [그림 5]와 같이 된다.



[그림 5] 컴포넌트 할당 분류도

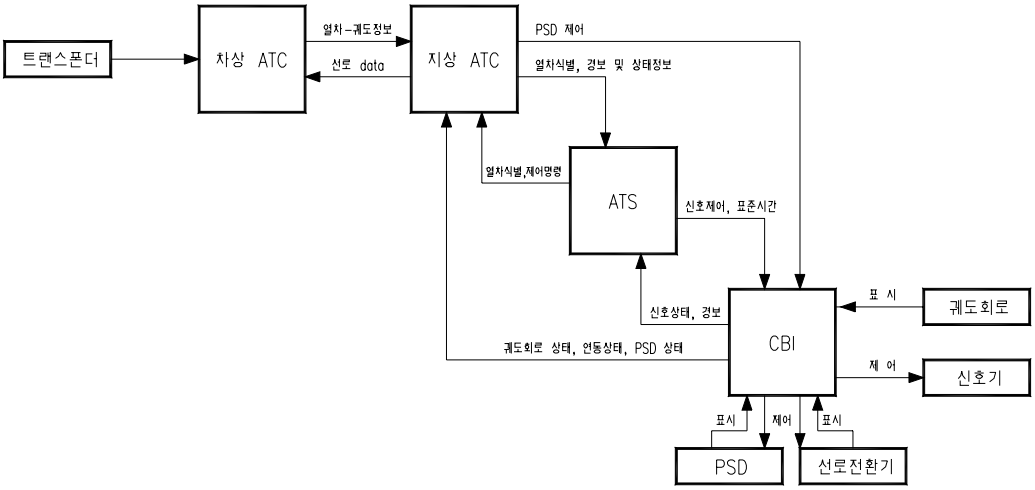
3.5 인터페이스 설정

컴포넌트를 정의하는 과정은 컴포넌트에 기능을 할당하는 과정과 컴포넌트 사이를 지나가는 입출력 신호를 식별하고 할당하는 과정이 있다. 이렇게 입출력 신호를 컴포넌트에 할당함으로써 컴포넌트의 인터페이스에 어떤 데이터가 오가는지를 확인할 수 있다. 이전에 할당되었던 컴포넌트에 대한 인터페이스 설정은 아래와 같다.



[그림 6] 상위 컴포넌트 간 인터페이스 개념도

[그림 5]에서 컴포넌트를 계층구조로 세분화 하였으며, 그 중에서 ATC 방식의 신호 서브시스템 간에 세분화 한 인터페이스로 설정은 아래 [그림 7]과 같이 할 수 있다.



[그림 7] 열차제어시스템 인터페이스 설정

4. 결론

철도는 거대한 하나의 시스템이기 때문에 전체 시스템을 구성함에 있어 그 시스템 요구사항을 조사하고, 각 서브시스템 상호간의 인터페이스 해석과 관리, 시스템 거동해석 등을 통한 신뢰성 있는 시스템 설계와 개발은 대단히 중요하다. 또한 열차제어시스템이 자동운전, 무인운전 등의 새로운 시스템으로 개량, 발전 또는 자동화 되어갈수록 그 시스템이 더욱 대형화되고 복잡해지고 있다. 이런 복잡한 시스템에서 효과적으로 전체 정보를 관리 분류하기 위해서는 체계적으로 데이터를 관리해야 한다.

본 논문에서는 ATC 열차제어시스템을 중심으로 철도시스템을 시스템 엔지니어링적인 관점에서 계층 구조적으로 그 요구사항을 분석하고 각 기능별로 나누어 관련 인터페이스를 조사 분석할 수 있는 기법을 제안하였다. 이상과 같이 체계화된 시스템 엔지니어링 기법을 적용한 결과, 시스템 기술정보의 체계화 및 DB화로 시스템 엔지니어링의 효율성이 크게 증대되는 것을 기대할 수 있다. 향후에는 개발된 시스템 엔지니어링 체계를 활용하여, 시스템 엔지니어링 전산 지원 도구를 이용하여 전산화하는 기법을 적용함으로써, 시스템 엔지니어링 업무를 전산화, 자동화하고 생산성을 크게 향상시키기 위한 연구를 수행할 필요가 있다.

또한 향후 CBTC 등 다른 방식의 열차제어시스템 개발 및 검증에 있어서도 시스템 엔지니어링을 기반으로 한 계층 구조적인 기법으로 시스템을 분석하면 시스템 정보관리의 편의성, 효과성이 증대될 것이다.

참 고 문 헌

1. 인천공항철도 신호분야 실시설계 설계보고서, 2003년
3. ALSTOM ATC functional specification, 2004년
4. ALSTOM ATS functional specification, 2003년
7. 경량전철 종합시스템 엔지니어링 위탁과제 연구결과보고서, 아주대학교, 2000년
8. 철도신호용어편람, 한국철도신호기술협회, 2004년
9. IEEE Standard for Communication Based Train Control(CBTC) Performance and Functional Requirements, IEEE Std 1474.1-1999