

# 아키텍처를 활용한 고속철 운전 기능 분석 연구

## KTX Driving Functions Decomposition using Architecture

노희민\*  
Noh, Hee-Min

홍선호\*  
Hong, Sun-Ho

왕종배\*  
Hwang, Jong-Bea

조연옥\*  
Yon-Ok, Jo

---

### ABSTRACT

In this paper, driving functions of the Korea Train Express (KTX) were decomposed based on systems engineering architecture for a preceding research of hazard identification and scenarios deduction of the KTX. Moreover, interfaces of the decomposed driving functions were analysed to figure out purposes of the driving functions.

---

## 1. 서론

국내 고속철도산업은 원천기술의 대부분을 외국에 의존하였기 때문에 고속철도에 대한 시스템적인 이해가 부족하여 안전성 평가를 기본으로 한 시스템 안전관리가 체계화되어 있지 않고, 시스템 차원의 안전관리체계 구축 및 운영기반이 매우 취약한 상황이다. 특히 현행 국내 고속철도의 사고조사 및 위험분석은 사고 발생에 따른 결과분류와 사고/장애 발생건수만을 통계적으로 관리하는 수준으로서 철저한 고속철도 시스템이해를 바탕으로 하는 위험원 도출 및 사고 시나리오 도출 등 정량적인 위험평가 체계가 구축되지 못한 실정이다.

고속철도의 개통이후 철도교통에 대한 기술적 사회적 문화적 안전위험요소가 날로 증가하는 현 상황에서 철도시스템의 안전성을 확보하기 위해 체계적인 시스템공학 도구들을 이용하여 시스템의 요건, 기능, 거동 및 물리적 아키텍처를 분석하고 연관성을 추적하여 철도 사고의 위험원을 체계적이고 효율적으로 관리하는 것이 중요하다.

본 논문에서는 고속철도의 시스템이해를 통한 사고 위험원 도출 및 사고 시나리오 도출의 선행 연구로써 시스템 엔지니어링의 아키텍처 모델링 기법을 이용하여 고속철의 운전에 대한 기능을 하향 분해하였으며, 하위레벨의 기능들을 그룹핑(Grouping)하고 분석하였다. 또한 분석된 하위레벨기능간의 인터페이스를 분석하여 기능간의 연관성을 도출하였다.

## 2. 본 문

### 2.1 시스템 아키텍처

#### 2.1.1 정의 및 종류

아키텍처는 시스템을 구성하는 있는 세부 사항들의 하향식 관계를 나타내는 분해 조직도이다. 시스템의 중요한 형태를 나타내기 위해 사용되는 아키텍처는 일반적으로 기능, 물리 및 운영 아키텍처 등으로 구분이 된다. 기능 아키텍처(Functional Architecture)는 할당된 기능 및 성능요구사항을 식별하고 이를 구조화한 것이다. 기능 아키텍처는 요구되는 운용 동작을 만들어 내기 위해서 시스템이 무엇을 해야 하는가에 초점을 두고 아키텍처를 전개한다. 물리 아키텍처(Physical Architecture)는 시스템이 어떻게 하부 시스템과 컴포넌트로 분해되어지는지를 보여줌으로써 시스템 제품을 나타낸다. 즉, 시스템이 어떻게

---

\* 한국철도기술연구원, 철도종합안전기술개발사업단, 정희원

E-mail : hmnoh@krri.re.kr

TEL : (031) 460-5564 FAX : (031) 460-5509

구축이 되는가에 초점을 둔 관점으로 운용자와 장비 그리고 기술요구사항 사이의 물리적 인터페이스를 구축하기 위한 중요한 수단인 된다. 그리고 운영 아키텍처(Operational Architecture)는 시스템을 지원하는데 필요한 모든 제품과 생산/건설, 배치, 운용, 폐기, 교육 훈련 및 검증에 필요한 프로세스를 나타낸다. 시스템 아키텍처는 사용자가 시스템을 어떻게 이용할 것인지에 초점을 둔다[1].

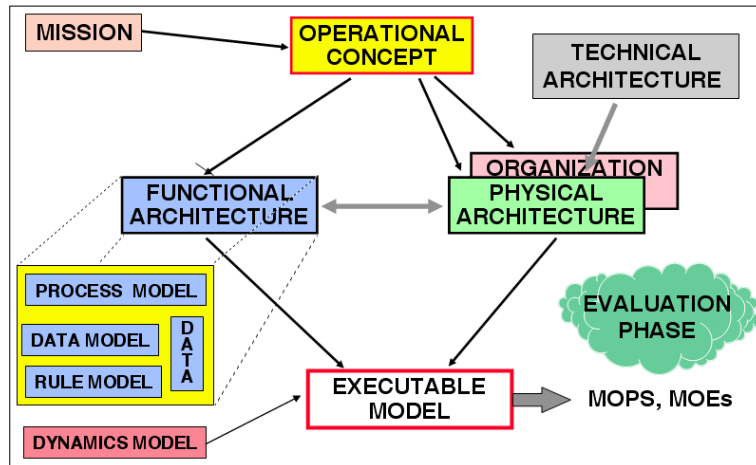


그림1. 아키텍처 관점

### 2.2.1 구성 방안

시스템의 아키텍처를 구성하는 경우에 맨 상위는 시스템 자신이 되며, 하위레벨에서 시스템을 구성하는 주요한 하부시스템들로 나뉘어 지게 되는데, 이러한 전개 방식을 시스템의 Top-down 전개 방식이라고 한다. Top-down 전개 방식에서 하부 시스템은 다시 여러 개의 요소로 나누어지며, 이러한 하향식의 전개는 시스템의 최하위 구성품인 부품에 이르기까지 동일한 구분 기준에 의해서 전개가 된다. 이러한 하향 분해를 통해서 각 레벨에서 어떤 활동을 해야 하는지 식별된다. 새로운 시스템을 개발하는 경우, Top-down 방식으로 시스템 아키텍처의 전개를 원한다면 그 작업은 가장 상위레벨에 있는 시스템 그 자체에서 시작되며, 초기의 개발 단계에서 제작자는 구현하고자 하는 명확한 요구사항에 기초하여 시스템을 하향 분해하여야 한다.

또한 하향 분해에서는 각 분해된 하위 레벨에서 모든 내부 및 외부의 기능 인터페이스를 식별하고 정의하는 것이 필요하다. 명확한 기능 인터페이스 식별을 통해서 기능 분할을 최소화하고 기능적으로 그룹핑(Grouping)하여 시스템의 기능을 최적화시키는 것이 필요하다. 즉, 기능 분석 및 할당의 목적은 기능, 성능, 그리고 인터페이스 설계 기능요구사항을 식별하는 것이다[2,3].

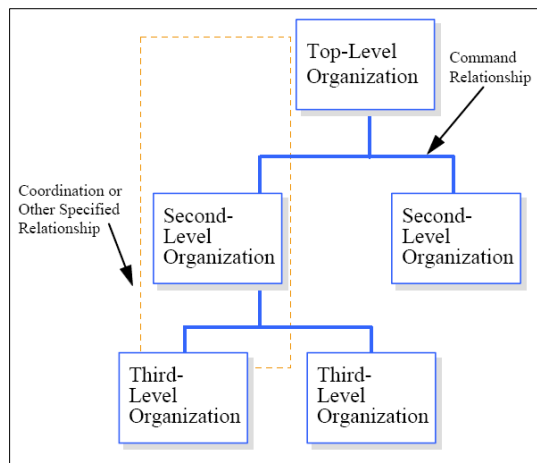


그림2. 시스템 계층 분화도

### 2.1.3 시스템기능과 활동모델(Activity Model)의 관계

활동 모델은 분류된 기능 아키텍처와 관련된 주요 활동을 묘사한다. 활동 모델은 시스템 내부 또는 외부에서 활동영역에서 자료 및 정보 교환을 나타내는 주요한 장치이다. 그림3과 같이 활동 모델은 시스템의 기능 분석을 통해서 얻어 질 수 있다. 기능과 활동과의 관계는 기능의 실제적으로 구현(Implements)하는 활동으로 볼 수 있다. 또한 활동 모델은 운영 아키텍처를 정의하고 이해하는데 유용하다. 그림3에서처럼 활동을 수행(Performs)하는 것을 운영요소(Operational Elements)로 볼 수 있다.

그림4와 같이 활동모델은 기능 분석과 같이 전체 활동을 보여주는 가장 상위수준의 활동에서 세부 활동 사항들로 세분화 되어진다. 따라서 활동 모델의 구현 시 전체 시스템 기능분석을 통해서 세분화 하는 것이 가능하다[4].

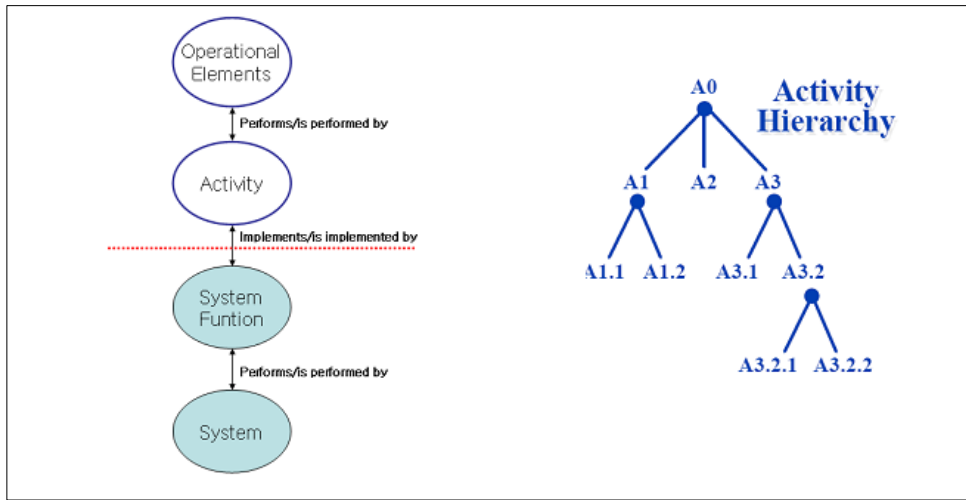


그림3. 기능과 활동 관계도

그림4. 활동 계층 분화도

## 2.2 운전자 활동 분석

### 2.2.1 운전자 활동 상위분석

운전자의 활동 분석은 어떠한 과점에서 시스템을 바라보느냐에 따라서 다양한 분류가 가능하다. 본 논문에서는 열차가 운전되는 사항을 가장 중요하게 보았기 때문에 열차의 속도에 따른 분류를 적용하여 보았다.

운전자가 열차에서 운전을 하는 활동은 크게 열차추진 수행부분, 정속운전 수행부분, 열차제동 수행부분으로 구분하여 보았다. 열차추진 수행부분은 운전자가 기관실에 들어가서 열차가 정상적인 속도가 되기까지 운전을 수행하기 위한 활동으로 볼 수 있다. 정속운전 수행부분은 운전자가 열차의 정상 속도에 이른 후에 수동 모드 또는 자동 모드에서 운전을 수행하는 활동을 말한다. 또한 열차제동 수행부분은 운전자가 제동 명령을 받은 후에 열차의 제동을 수행하여 열차를 정지하는 활동을 말한다[5].

열차추진의 수행부분은 활동 시기에 따라서 사전 준비 활동, 주요 추진 활동, 보조 활동으로 구분이 가능하다. 열차 운전을 수행하는 부분은 고속철의 경우에는 보통 250Km/h 이상의 속도로 운행이 되므로, 운전을 관리하는 부분과 주요 추진 활동 그리고 속도유지 보조 활동을 구분해 볼 수 있다. 열차를 제동하는 부분은 제동을 준비하는 사전 활동 부분과 주요 제동 활동 부분 그리고 제동을 보조하는 활동으로 구분이 가능하다.

도표 1. 운전자 활동 상위분류

Function ID	Name	Definition
F1	열차를 추진	열차의 속도를 증가시키는 활동
F11	열차추진 사전 활동	열차 추진을 위한 사전 준비 활동
F12	열차추진 주요 활동	열차 추진을 담당하는 활동
F13	열차추진 보조 활동	열차 추진과 밀접하게 관련된 보조 활동
F2	속도를 유지	열차가 정상 속도로 운전이 되도록 관리하는 활동
F21	속도유지 관리 활동	열차의 운행을 관리하는 활동
F22	속도유지 주요 활동	열차의 정속 운영을 수행하는 활동
F23	속도유지 보조 활동	열차의 정속 운영을 보조하는 활동
F3	열차를 제동	열차의 속도를 감소시키는 활동
F31	열차제동 사전 활동	열차의 시동을 준비하는 활동
F32	열차제동 주요 활동	열차의 시동을 실시하는 활동
F33	열차제동 보조 활동	열차의 제동을 보조하는 활동

도표 2. 운전자 활동 하위분류

Function ID	Name
F11	열차추진 사전 준비
F111	운전석 고장신호현시 시험 제공 (열차점검)
F112	열차운전모드 선택(Position of the driving mode selector)
F113	운행 명령 수령
F12	열차추진 중요 활동
F121	추진 요구 수행
F122	추진 제어 로직
F123	추진 명령 수행
F13	열차추진 보조 활동
F131	(지속적) 전원 공급 및 관리 부분
F132	정상적인 운행 감시 부분 : 휠 미끄럼 방지와 차축 비회전 감시
F133	열차 속도 감시
F21	속도유지 관리 활동
F211	원격제어명령
F212	외부와 통신
F213	운전자 감시 시스템
F22	속도유지 주요 활동
F221	열차속도 측정과 지시
F222	견인 또는 제동 명령 수행
F223	열차 속도 제한을 관리(Managing the train speed limit)
F23	속도유지 보조 활동
F231	(지속적) 전원 공급 및 관리 부분
F232	자동으로 열차를 제한속도로 유지하도록 하는 시스템
F233	운전기능 모니터링 : 공기현팅을 모니터링 (주행 동적 안전성 평가)
F31	열차제동 사전 활동
F311	제동 명령 수령
F312	제동 거리 및 속도 확인
F313	제동 방식 선택
F32	열차제동 주요 활동
F321	제동 제어 로직
F322	제동 명령 수행
F323	혼합 제동 수행
F33	열차제동 보조 활동
F331	제동 기능 모니터링 : 공기서스펜션 모니터링
F332	제동 선로 상태 점검 : 선로상의 비-제동 완화 감지
F333	제동 활동 점검 : 열차 정지 확인

### 2.2.2 운전활동 하위분류

대부분의 경우, 모든 하위 기능을 포함하는 아키텍처를 구성한다는 것은 시간, 비용, 자원의 부족으로 인해서 불가능한 경우가 많다. 따라서 아키텍처의 구성은 특정한 목적을 두고 구성되어야 한다. 본 운전 활동을 하위분류할 때에는 상위 분류 체계에서 가장 핵심적으로 작용하는 기능을 중점으로 분류하여 보았다.

### 2.2.3 세부항목별 활동 모델도

운전활동의 하위 항목별 내용에 따른 기능별 인터페이스를 확인하기 위해서 각 기능별 인터페이스를 그림5, 그림6, 그림7과 같이 정리하여 보았다. 기능별 인터페이스 분류 내용을 통해서 열차를 추진, 속도를 유지, 열차를 제동하는 단계에서 어떤 기능들이 주요 활동에 해당하는지를 파악할 수 있었다.

열차의 추진 중에는 운전자에 의한 열차 점검 활동과 미끄럼을 방지하는 기능이 중요한 안전운행 활동임을 확인 할 수 있었고, 열차가 고속으로 운행 시에는 보기를 관찰하여 주행안전성을 모니터링하고, 운전자 감시시스템이 작동하여 운전자의 정상적인 운전활동을 감시하는 활동이 안전 운행에 중요한 부분임을 확인하였다. 또한, 열차의 제동 시에는 브레이크 상태 및 서스펜션 압력을 작동하여 제동 기능의 정상적인 수행여부를 확인한다.

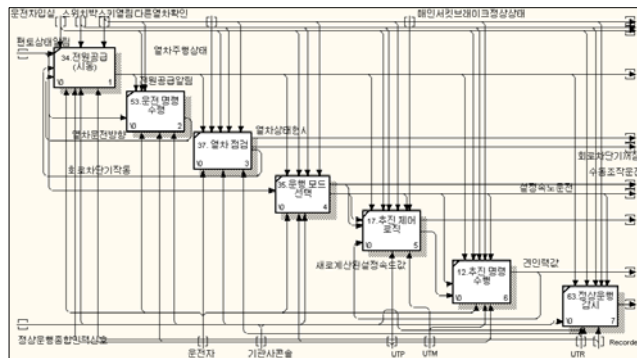


그림5. 열차추진 수행부분 활동모델도

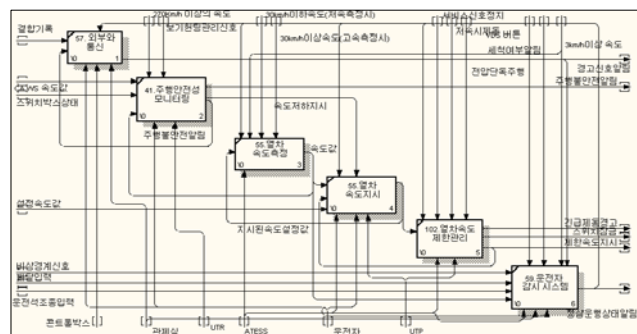


그림6. 정속운전 수행부분 활동모델도

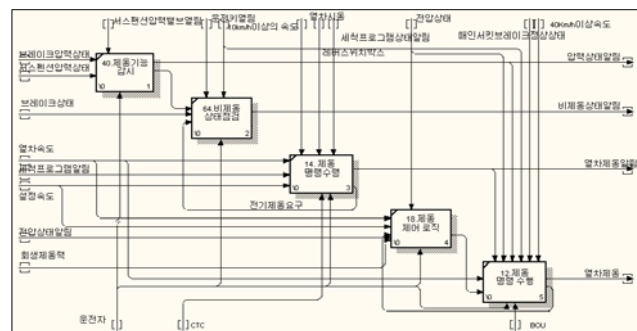


그림7. 열차제동 수행부분 활동모델도

특히 그림6과 같이 인터페이스 분석을 통해서 고속으로의 운전 중에는 운전자의 활동을 감시하는 운전자 감시 시스템에 주행 안전이 집중되어 있음을 확인할 수 있었다. 운전자 감시 시스템은 열차가 운전자의 정상 운전 상태를 확인하기 위해서 운전자의 버튼 조작 활동을 감시하는 기능을 말한다. 또한 외부와의 통신을 통해서 운전자에게 열차 주행 상태를 알려주는 기능과 열차 속도 측정 부분이 열차 주행성 안전에 깊은 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다. 즉, 고속의 열차 주행은 대형 사고로 연결될 수 있으므로 열차의 속도 측정과 주행 안전성 감시 그리고 운전자의 졸음을 방지하고 신변의 안전에 중점을 두고 있음을 알 수 있다.

### 3. 결론

본 논문에서는 시스템 엔지니어링의 아키텍처 개념을 이용하여 열차의 운전에 대한 기능을 분석하여 보았다. 열차의 운전에 대한 기능을 열차를 추진, 정속 운전 수행, 그리고 열차를 제동의 세 부분으로 구분하여, 각각의 기능에 대한 세부 목록을 도출하였으며, 열차의 운전 중에 수행되는 기능들을 열차의 운행 순차별로 체계적으로 정리하였다. 그리고 열차추진 수행부분, 정속운전 수행부분, 열차제동 수행부분에 대한 세부기능별 인터페이스를 분석하여 봄으로서 각 부분에서의 기능별 인터페이스를 확인할 수 있었다. 이러한 열차운전의 기능분석을 통해서 열차 안전과 밀접하게 연관되어 있는 부분을 확인할 수 있었으며, 향후 위험원 식별 및 사고 시나리오 도출 연구의 기반을 마련하였다.

### 참고문헌

1. 민성기, 권용수, 김의환 공역, “시스템엔지니어링 핸드북”, pp.31-33
2. James N. Martin (1997), “Systems Engineering Guidebook”, pp21-22, CRC press
3. Jeffrey O.Grandy, “System Integration”, pp171-174, CRC press.
4. C4ISR Architecture Framework, Ver 2.0, pp4-36~4-38
5. 홍선호 외 (2007), “철도안전성 평가 및 분석 프로그램 연구개발”, 연구보고서