

# 개선된 DSM 기법을 통한 경전철 정거장 기능실의 슬림화에 관한 연구

김주욱<sup>1</sup>, 박기준<sup>1</sup>, 김영민<sup>2</sup>, 이재찬<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>한국철도기술연구원 광역도시교통연구본부, <sup>2</sup>아주대학교 시스템공학과

## On Slimming down the Functions Room of Light Rail Transit Stations by Utilizing an Enhanced DSM Method

Joo-Uk Kim<sup>1</sup>, Kee-Jun Park<sup>1</sup>, Young-Min Kim<sup>2</sup>, Jae-Chon Lee<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Metropolitan Transportation Research Center, Korea Railroad Research Institute

<sup>2</sup>Dept. of Systems Engineering, Ajou University

**요약** 오늘날 산업 기술의 발달에 따른 고도화로 인해, 고속철도로 대변되는 전국망 철도 운영과 함께, 도시 내 또는 교외의 단거리 구간을 운영하는 철도사업에 관심이 증대되고 있다. 특히, 일반철도라 불리는 기존의 중전철에 비해서, 후자의 경우는 단거리 운행에 따른 특성으로 경량전철의 형태로서, 보다 작은 규모의 철도차량 및 역사(정거장)으로 운영이 가능할 것으로 기대되고 있다. 또한 철도차량의 무인화 운행 및 정거장 운영 인력의 감축도 주요 관심사로 부상하고 있다. 하지만, 경량전철 시스템의 기반 시설인 역사의 경우, 시설을 시공하는데 있어서 기존의 중전철의 설계지침 및 관련법에 의해 건설되고 있다. 따라서 이러한 지침에 의해 건설되는 역사는 소형화의 추구 방향과는 거리가 있게 된다. 경량전철 역사의 슬림화 목적을 달성하기 위해서는 단순히 건축학적 의미 이상의 접근이 필요하다. 왜냐하면 경량전철은 다양한 시스템이 내재된 복합구조의 시스템이기 때문이다. 따라서, 역사의 슬림화를 추구하면서 열차무인운행에 대한 안전성까지 확보하기 위해서는 시스템 설계에서 체계적인 접근이 필요하다. 특히, 경전철 역사에 대한 설계지침 및 관련법이 국내에 현재까지는 없는 실정이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 연구에서는 역사 기능실의 소형화에 대한 연구를 수행하였다. 구체적으로 설계구조행렬(DSM)의 개선된 기법을 제안하였으며, 이의 적용을 통해 역사 기능실 구조설계에서 구성품 통합에 의한 소형화 방법을 연구하였다. 본 연구에서 제안하는 기법을 기반으로 경전철 역사의 기능실 통합을 통한 슬림화 설계를 수행한다면, 향후 경전철 역사 건설에서 상당한 시간, 공간, 예산 절감 등의 효과가 기대된다.

**Abstract** It appears that the rapid advance in technology has allowed to broaden the variety of rail systems technology, thereby fostering new business opportunity in rail industry. The direction of rail systems operations is mainly two fold. In one direction, long distance operations between mega cities are pursued with help of high speed trains under development. In the other case, relatively short distance operations for covering intra-city or suburban area are becoming popular. A good example of the latter case is light rail transit (LRT) systems. Due to the short distance operation, it is thus expected that both the development and operation cost for LRT systems be reduced to some extent. The cost reduction desired in there can be gained by scaling down the sizes of both the trains and stations as compared to those of normal rail systems. However, it is not well known how the LRT stations can be scaled down. The objective of this paper is to study on how to slim down the stations (particularly, the functions room) of LRT systems. To achieve the objective, an approach is studied based on a modified method of design structure matrix (DSM). Specifically, using the enhanced DSM method, an integrated architecture is developed for the functions room, in which equipments are housed to perform the functions of electricity, signaling, and communication for LRT stations. The use of the result indicates that the desired reduction can be obtained with the approach taken in the paper.

**Key Words** : Design Structure Matrix, Design Slimness, Light Rail Transit, Design Integration.

본 연구는 국토교통부 철도기술연구사업의 "저심도 도시철도시스템 인터페이스 및 성능검증 연구" 연구비지원(14RTRP-B068762-02)에 의해 수행되었음.

\*Corresponding Author : Jae-Chon Lee(Ajou Univ.)

Tel: +82-31-219-3941 email: jaelee@ajou.ac.kr

Received September 22, 2014

Revised(1st January 6, 2015, 2nd January 19, 2015)

Accepted February 12, 2015

## 1. 서론

최근 국토교통부의 ‘도시철도 정거장 및 환승·편의시설보완 설계지침’에 경전철 편이 추가되었다. 이에 따라, 경전철 구성요소인 승강시설, 여객시설, 기능실에 대하여 일부(승강장시설, 여객시설)에 한하여 새로운 설계 지침이 제정되었다. 국내에서 건설되어 운영 중인 김해, 의정부 및 용인 경전철은 새롭게 시행된 경전철 정거장 설계 지침에 따라 설계 및 시공이 이루어 졌다. 승강장시설과 여객시설을 제외한 전기, 신호 및 통신시설의 제어를 담당하는 기능실의 경우, 경전철 보다 규모가 큰 기존의 중전철 설계지침에 따라 시공이 되었다. 따라서, 시공과정에서 필요 이상의 크기로 설계 및 건설되고 있어 많은 비용과 공사 기간이 소요되고 있는 실정이다.

기능실 크기의 경우, 차량 편수에 따른 정거장 규모와 승강장의 길이에 따라 결정된다. 그러한 이유는 정거장의 크기는 차량의 크기와 편성 당 차량수가 결정되며 또한, 이에 의해 승강장 길이가 결정된다. 경전철의 경우, 승강장의 하부 공간에 기능실을 배치하기 때문에 중전철 기반의 승강장, 여객시설의 시공은 결과론적으로 본래의 경전철 기능실이 요구하는 이상의 불필요 공간을 건설하고 있다.

[Table 1]에서 제시 되듯이 국내 경전철 정거장 기능실은 승강장 하부 공간에 일정 기준 없이 설계한 결과, 각 노선별로 면적이 상이하게 설계되었다. 특히, 기능실의 경우, 역사의 다른 시설보다 상대적으로 많은 면적을 차지하고 있다. 따라서, 경전철 기능실의 설계 슬립화를

반영한 정거장 기능실 설계 기준 마련이 시급한 실정이다.

오늘날 개발되는 철도시스템은 갈수록 개발과정 및 구성품들이 복잡해지고 있다. 또한, 본 연구에서 대상으로 다루는 경전철 체계는 기존의 유인 철도차량과 달리 무인으로 운용되는 체계이기 때문에 보다 체계적인 설계 및 시공이 요구된다. 본 연구에서는 특히, 경전철 시스템 체계의 핵심 구성요소이며 역사에서 상당한 면적을 차지하는 정거장의 기능실에 대한 설계 슬립화에 관한 목표 달성을 위해 본 연구를 수행을 하였다.

연구 목표를 달성하기 위해서 DSM(Design Structure Matrix) 기법을 통해 접근하였다. 기본적으로 DSM 기법은 시스템을 구성하는 요소들 사이의 관계에 관한 정보를 제공한다. 따라서, 다양한 운용분야에서 시스템 모델을 나타내고 분석하기 위한 일반적인 방법으로 활용되고 있다. 이러한 특성은 경전철 정거장의 기능실 구성 요소 간 인터페이스 정보를 바탕으로 기능중심의 인터페이스 기반 통합을 통한 슬립화를 수행하는데 있어서 적합한 접근기법이라고 볼 수 있다.

기존 DSM 기법의 수행은 시스템의 하부 구성요소 사이의 인터페이스 상관관계를 분석해, 상호 관련성이 높은 요소 간에 클러스터링 집합으로 나타내어 설계 통합을 수행하는 설계 기법이다. 따라서, 본 연구에서의 목표로 하는 경전철 정거장 기능실의 통합화를 통한 슬립화에 적합한 기법이라고 볼 수 있다.

본 연구에서 언급한 개선된 DSM 기법이란, 기존의 DSM 수행에 있어서, 대형 복합 시스템 개발에 적합하도록 시스템 구성품이 지닌 기능별 운용 시나리오를 적용

[Table 1] The station area of five domestic LRT systems (m2) [1].

Classification	A LRT	B LRT	C LRT	D LRT	E LRT
Area of Function room floor	1,787.97	3,190.13	4820.56	1262.94	843.66
Area of Function room	766.54	1,771.47	2,671.86	653.29	683.29
Station Office	3508	45.58	82.59	Unmanned station	45.10
Signal communication room	82.15	157.45	89.19	68.91	155.61
Electrical Room	Including Transformer room	Including Transformer room	202.06	Including Transformer room	Including Transformer room
HVAC mechanical room	Ground	118.80	526.08	Ground	95.70
Vending machine room	30.60	40.56	52.22	23.18	19.91
Water tank room	149.65	92.07	73.64	123.00	Direct water supply
Transformer room	247.20	344.51	835.52	275.44	340.05

하였다. 운용상 발생될 수 있는 모든 경우의 시나리오를 생성하여 물리적 구성품의 상호 인터페이스 관계 분석을 통한 연동성 분석을 통해 슬림화를 추구하였다. 이러한 슬림화된 결과에 있어서 물리적 구성품의 필수적 기능의 수행에 문제가 없도록 DSM 수행 절차의 개선을 통해 문제점을 추가 보완하여 연구 수행하였다.

기존의 경전철 시스템 체계의 슬림화를 위한 관련 연구가 국내에서도 최근 초기 수준에서 진행되고 있다. 이와 관련해 선행연구[2]에서는 국내 건설되어 운용중인 경전철 건설에 대해, 중전철에 비해 상대적으로 적은 수요와 보다 소형의 크기가 요구됨에도 불구하고 경전철 설계지침의 부재로 인해, 발생된 문제점을 적시하였다. 하지만, 선행연구[2]에서는 기능실 면적이 차지하는 비중을 바탕으로 추후, 효율적인 설계를 통한 개선의 필요성을 적시하였을 뿐, 문제해결을 위한 연구방법 및 그에 따른 결과를 제시하지 못하고 있다.

또 다른 선행연구[3]에서는 경전철 고가구조물을 대상으로 슬림화를 위한 설계기준의 기초 연구가 진행되었다. 국내 시공된 경전철 고가구조물 설계 현황을 비교·분석을 통해 과다 설계인자를 도출하고, 설계인자별 완화기준 마련을 위해 유럽의 철도기준과의 비교·분석을 수행하였다. 하지만 앞선, 선행연구를 통해서도 실제 공학적 설계 측면에서 누구나 재접근 가능한 방법론 등을 제시하지 못하고 있어서 이를 바탕으로 문제 해결하기란 상당히 접근하기 어려운 상황이다.

국내에서 수행된 경전철 슬림화에 관한 선행 연구들의 접근 방법은 다양한 시공 케이스의 설계 결과물의 비교·분석 데이터를 기반으로 구조의 슬림화를 수행하였다. 하지만, 오늘날 시스템과 같이, 대형화 추세의 환경 속에서 과거의 단일 시스템과 달리 매우 복잡한 대형 시스템에 적용하기에 한계에 이르렀다. 따라서, 본 연구에서는 이러한 대형 복합 시스템의 슬림화 목표달성을 위한 접근으로 기존의 중량전철 설계 지침 기반으로 설계된 기존의 경전철 시스템의 상당부분을 차지하는 기능실에 한하여 경전철 체계에 적합한 통합 설계기법을 채택하여 수행하였다. 기능실을 구성하는 전기, 신호, 통신 시설간 기능중심의 통합과정을 거쳐 본래 물리적 구성품이 지닌 기능을 이행하면서 공간적 부피를 최소화 하는 슬림화를 하기 위하여 개선된 DSM(Design structure matrix) 설계 기법을 적용하였다.

그밖에, 본 연구에서의 적용기법인 DSM 기법의 개선

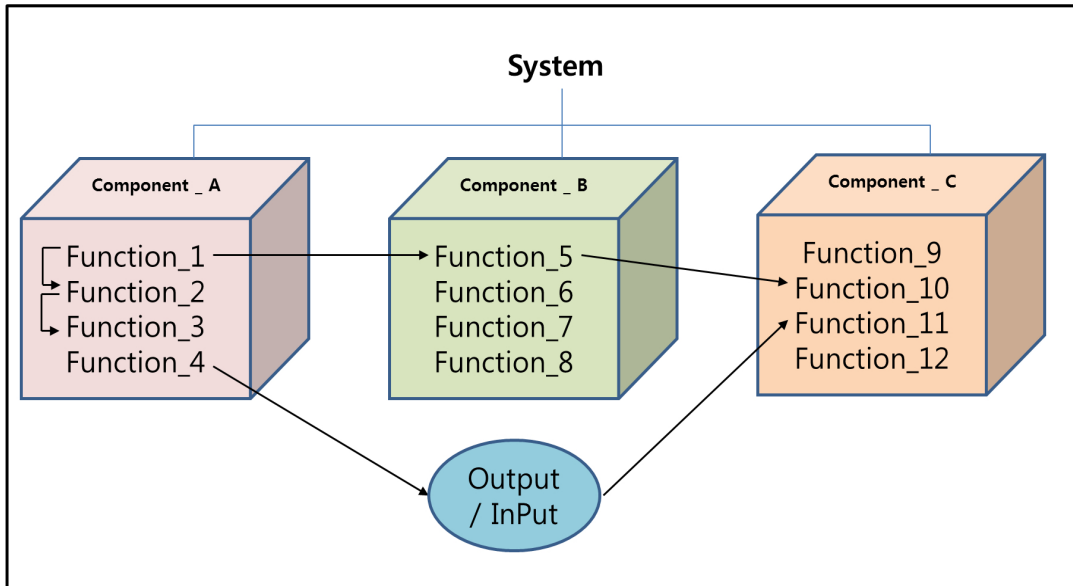
및 적용을 통한 설계 통합의 유용성에 대한 선행연구 [4][5]를 통해 발표 되었다.

선행연구 [4]에서는 대형복합 시스템의 설계과정에서 시스템의 분해(Decomposition) 및 통합(Integration)의 어려움과 문제점을 적시하고, 본 연구에서 접근법으로 활용한 DSM 기법이 지니고 있는 세부기법 별 특징 및 유용성(simple, compact, visual representation)을 통해 대형복합 설계 활동에 있어서 DSM 적용의 효용성을 언급하고 있다.

선행연구 [5]에서는 기존 컴포넌트 기반의 DSM 수행에 있어서 문제점을 적시하고 이를 해결하기 위해 개선된 형태의 수행방안을 제시 하였다. 또한, 적시된 문제점을 해결하기 위해서, 컴포넌트 사이의 입·출력 관계를 맺고 있는 데이터를 크게 4가지 타입으로 분류하고 각각의 타입의 중요도에 따라 가중치를 부여하여 상대적으로 입·출력 관계에 대한 명확성을 통해 개선된 DSM을 수행하였다. 이러한 관점에서, 본 연구에서는 대형 복합 시스템의 설계의 어려움을 개선할 수 있는 접근안을 제시하고자 한다.

본 논문에서는 경전철 전체 시스템 체계를 구성하는 요소 중 핵심적 역할을 담당하는 정거장 기능실에 대해 개선된 DSM 기법을 통해 시스템 설계 통합을 수행하였다. 이는 체계를 구성하는 구성 요소 간 상호 인터페이스 식별의 한계 문제를 물리적 구성요소가 지니는 기능 기반의 운용 시나리오를 활용하여 해결하고자 하였다. 제안된 기법을 바탕으로 경전철 정거장 기능실의 통합에 따른 슬림화를 통해 기존 중전철 기반의 설계 슬림화에 따른 경전철 설계지침으로 활용하기 위한 절차를 제시하고 그에 따른 수행을 진행하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 서론에서는 사회 및 연구의 연구동향과 필요성을 제시하였고, 2장에서는 관련 선행연구 및 연구 목표를 기술하여 문제정의를 언급하였다. 3장에서는 기존 DSM 수행 방법에서 개선되어야 할 요소를 식별하고 이를 절차 수립을 통해 반영하고자 한다. 5장에서는 4장에서 제시된 접근법에 따라 경전철 정거장 체계의 기능실 설계 통합에 따른 슬림화 적용사례를 제시하여 수행하여 제시된 절차를 검증 및 확립하였다. 마지막, 6장에서는 본 논문의 결과를 정리 및 요약 하였다.



[Fig. 1] On the interrelationships among the functions to be performed by components.

## 2. 문제의 정의

### 2.1 물리적 구성품의 운용 시나리오 기반

#### DSM 수행의 중요성

시스템의 설계단계를 참고문헌[6]에서는 Concept Development, Engineering Design, Post Engineering이라는 3단계로 규정하고 있다. 운용시나리오는 초기 설계 단계인 개념설계 단계에서 이해당사자로부터 수집한 정보와 요구사항으로부터 시스템 거동의 상위수준에서 생성된다. 오늘날과 같이 고도화된 복잡한 수많은 하부체계로 구성된 대형 시스템을 개발하는데 있어서 최근 개념 설계 단계에서 활동이 부각되고 있다. 대형 시스템의 개발환경에서 초기 설계 수행 활동의 중요성이 부각되면서 체계적 설계에 관한 많은 연구들이 진행되고 있다 [7],[8].

기존의 DSM 수행은 전문가 집단이 개발 대상 시스템 분석을 통해, 하위 체계를 나열하고, 상호 의존성(Interdependence)을 파악하는 형태로서 수행 하였다. 하지만 이러한 접근은 오늘날의 복합학제의 동시공학(Concurrent engineering)적인 접근과 대형시스템을 개발하는 환경에서의 적용에 있어서 어려움에 부딪힌다. 따라서, 본 연구에서 활용하려는 DSM 기법은 [Fig. 1]에서 볼 수 있듯이, 체계를 구성하는 하부단위 개체로 분

해한다.

분해된 물리적 구성품은 운용상황에서 발생할 수 있는 일반상황과 비상상황이라는 두 가지 경우의 상황으로 나뉘게 된다. 구성품에 운용 시나리오를 확보함에 따라, 이를 기존 DSM 수행에 있어서 활용된다면 체계를 구성하는 하부 물리적 구성품간 상호 의존성(Interdependence)에 대한 정보를 보다 확고히 제공할 수 있게 된다.

### 2.2 기능중심 상호의존성 기반 컴포넌트 설계 통합의 필요성

[Fig. 1]를 통해서 볼 수 있듯이, 시스템을 구성하는 하부 구성 컴포넌트 3개(A,B,C)가 존재한다. 존재하는 구성 컴포넌트 별 각각 시스템의 목적을 달성하기 위해, 이행해야 하는 기능들을 포함하고 있다. 구성 컴포넌트가 이행해야 하는 기능은 컴포넌트 내에서 상호 순차적 진행되는 경우, 컴포넌트A에서 수행된 기능을 마치고, 운용 시나리오에 의해 컴포넌트B의 일부 기능이 이행되는 경우, 컴포넌트 A의 어느 기능이 수행되면서 생성되는 정보(산출물)가 컴포넌트 C의 기능 수행에 있어서 입력 정보로서 반드시 필요한 경우로 크게 3가지 기능 이행의 범주로 분류할 수 있다.

체계의 구성이 작은 단일 시스템의 경우, 구성 체계간 상호 의존성을 분석하는데 있어서, 개별적 분야의 전문

가가 수행하는데 있어서 문제가 되지 않았지만, 복합 시스템(Complex systems)은 무수히 많은 하부 체계로 구성되어 있기 때문에 판단적 근거가 불명확하다. 따라서, 이는 설계의 실패로 이어질 확률이 높아진다. 오늘날, 시스템은 과거와는 비교 할 수 없을 정도로 많은 기능을 제공하고 있다. 이러한 기능의 오류로 발생할 수 있는 안전적 측면도 사전에 신뢰성 확보를 위한 방안으로 기능 중심의 상호의존성을 기반으로 설계 통합을 수행하였다.

경전철 정거장의 기능실 슬림화를 위해서 기존에 구축된 전기, 통신, 신호 시스템의 통합을 수행해야한다. 기존 시스템의 통합을 설계적 측면에서 바라본다면 복수의 시스템 구성요소의 기능을 보다 단일화 시켜 중복적으로 차지하는 공간적 비중을 줄여 기능실 슬림화를 달성해야 한다. 따라서, 기능 중심의 접근을 통한 시스템 설계 통합을 수행을 통해 지금의 중전철 기반의 설계로 생성된 경전철 정거장 기능실에 대한 설계를 수행한다면 보다 슬림화된 설계 접근방안을 마련할 수 있다.

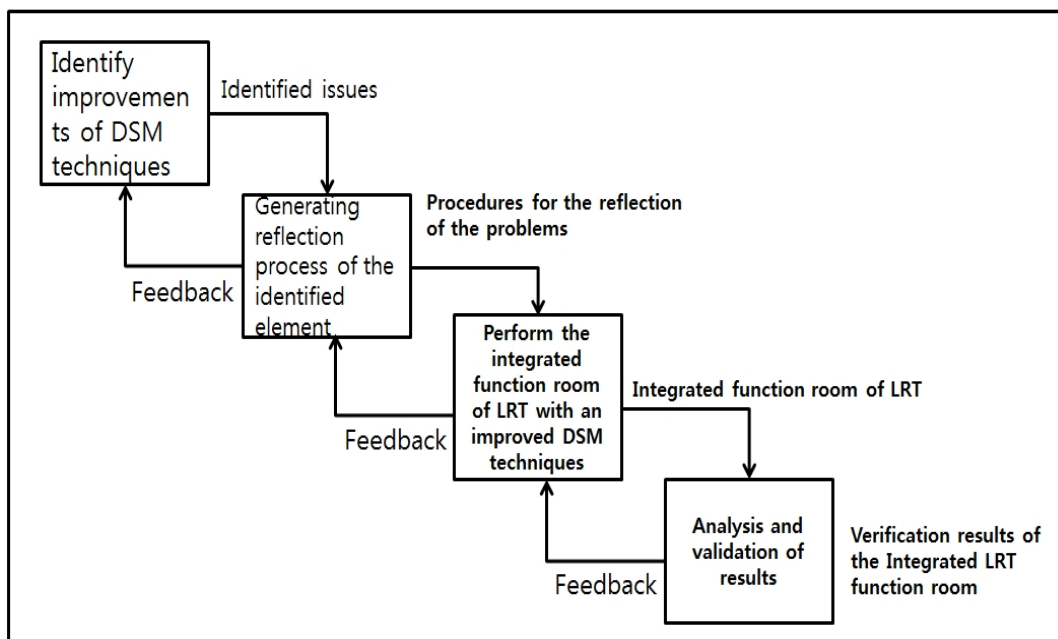
### 2.3 연구 목표 및 범위

상위 선행연구 분석을 통해, 기존에 DSM 기법으로 수행이 체계를 구성하는 하부 체계간 상호 의존성을 기반으로 수행되었다. 하지만, 오늘날과 같은, 대형 시스템을

대상으로 DSM을 수행하는데 있어서는 제약적 측면이 존재한다. 따라서, 본 연구에서는 초기 설계단계인 개념 설계 단계에서 식별 및 생성된 요구사항과 이를 바탕으로 식별된 기능으로부터의 인터페이스 식별을 통한 개선된 DSM 기법의 접근을 수행하였다. 또한, 현재 부재한 경전철 설계지침 생성에 중요한 근원적 자료를 제공하기 위하여 기능 중심의 운용개념 기반의 DSM 접근이 가능한 프레임워크를 제안하였다.

연구범위는 경전철 체계의 개발 초기단계에 필요한 요구사항, 기능, 컴포넌트 식별에 관한 정보를 활용하기 위해서 개념설계 단계에 초점을 두고 있다. 본 연구목표를 달성하기 위한 연구수행 방안을 [Fig. 2]를 통해서 도식화 하였다. 도식화된 내용처럼 오늘날 대형 시스템을 대상으로 DSM을 통해 슬림화를 달성해야 하는데 발생되어 문제시 되는 개선점을 식별하고, 이를 해결하기 위한 방안을 절차로 마련하여 제시하였다.

본 연구에서 제시하는 절차를 순서대로 경전철 시스템을 대상으로 기능실 슬림화를 위한 통합설계를 수행하였다. 마지막으로, 개선된 DSM 접근법을 통해, 최종 도출한 산출물에 대한 분석과 검증을 수행하였다.



[Fig. 2] A conceptual diagram representing the objectives of the paper.

### 3. 개선된 DSM 기반 경전철 정거장 기능실 통합 설계 아키텍처 구축

#### 3.1 아키텍처 설계 반영요소 식별

기존 DSM 기법 수행에서 발생된 문제점을 해결하기 위해서 각각의 DSM 수행 절차 단계에서 문제점 식별이 올바르게 정의 되어야 한다. DSM 기법은 시스템을 구성하는 하부 물리적 구성 요소들 간의 관계들을 정사각형의 매트릭스로 보여주는 기법이다. 이러한, 기존 DSM 기법을 통해 시스템 구성요소에 대한 인터페이스 식별에 한계에 따른 시스템 통합 설계의 문제점이 발생되기 때문에 본 연구를 통해 다음과 같이 식별하였다.

경전철 정거장 기능실의 시스템을 구성하는 작은 구성품(컴포넌트) 하부 단위의 인터페이스 식별로는 거시적 관점에서 보다 상위수준에서의 상호운용성 및 하부 구성품 간 인터페이스 식별에 한계가 존재한다. 따라서, 본 연구에서는 계층적 구조 관점에서 최상위 물리적 구조의 하향식(Top-down) DSM 접근법을 통해 수행하였다.

1. 상위 수준에서 인터페이스 식별에 따른 상호 연동성 분석의 부족에 따른 반영.

기능실의 물리적 구성을 차지하는 다양한 구성품에는 개별 구성품이 지닌 고유의 기능들을 가지고 있다. 이러한 시스템을 통하는데 있어서 설계적 어려움은 구성품이 지닌 다양한 기능을 제어하는데 있다. 따라서, 이러한 점을 반영하기 위해 구성품(Component)가 지닌 기능 간 상호 인터페이스를 반영하였다.

2. 기능 중심의 인터페이스 반영을 통한 인터페이스의 보다 다양한 근거 제공.

개발 구성품에서 발생 가능한 모든 인터페이스 측면을 고려하기 위해서 물리적 구성품 그리고 보다 상위 수준의 물리적 체계가 지닌 모드(Mode)와 상태(State)에 따른 운용개념을 기반으로 고려하였다.

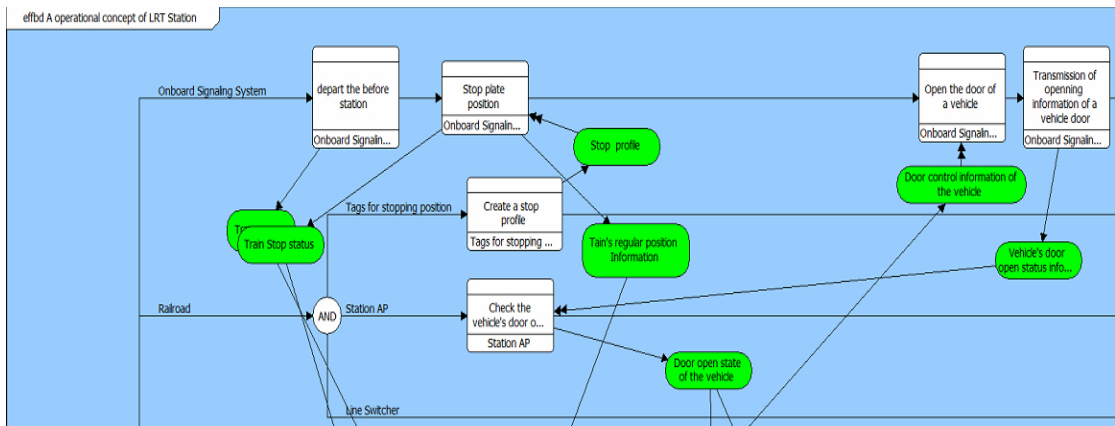
3. 개별적 물리 구성품 사이의 상호연동성 식별을 수행하다보니, 운용개념 기반의 인터페이스 식별보다 다양한 상황에서의 인터페이스 식별 반영.

4. 식별된 물리적 구성품의 인터페이스를 바탕으로 시스템 통합 개념에 대한 설계적 접근방안 보완 필요.

#### 3.2 식별된 요소 반영을 통한 최적 설계통합을 위한 절차안 개발

본 연구를 통해 경전철 정거장 기능실 설계의 통합 수행을 위해 접근한 DSM 기법에서 문제시 되는 점을 식별하고 발생된 문제점을 해결 또는 개선하기 위해서 위 3.1 절 활동을 통해 식별된 반영되어야 할 핵심요소를 식별하고 분석, 반영하여 다음과 같은 필수 절차 안을 제시하였다.

- Step 1. 운용개념 수집 및 생성(이해당사자로 부터 경전철 및 정거장에 대한 운용개념 수집)
- Step 2. 운용시나리오 생성(운용개념으로부터 운용시나리오 생성\_상황별 세분화)



[Fig. 3] A operational concept of LRT Station.

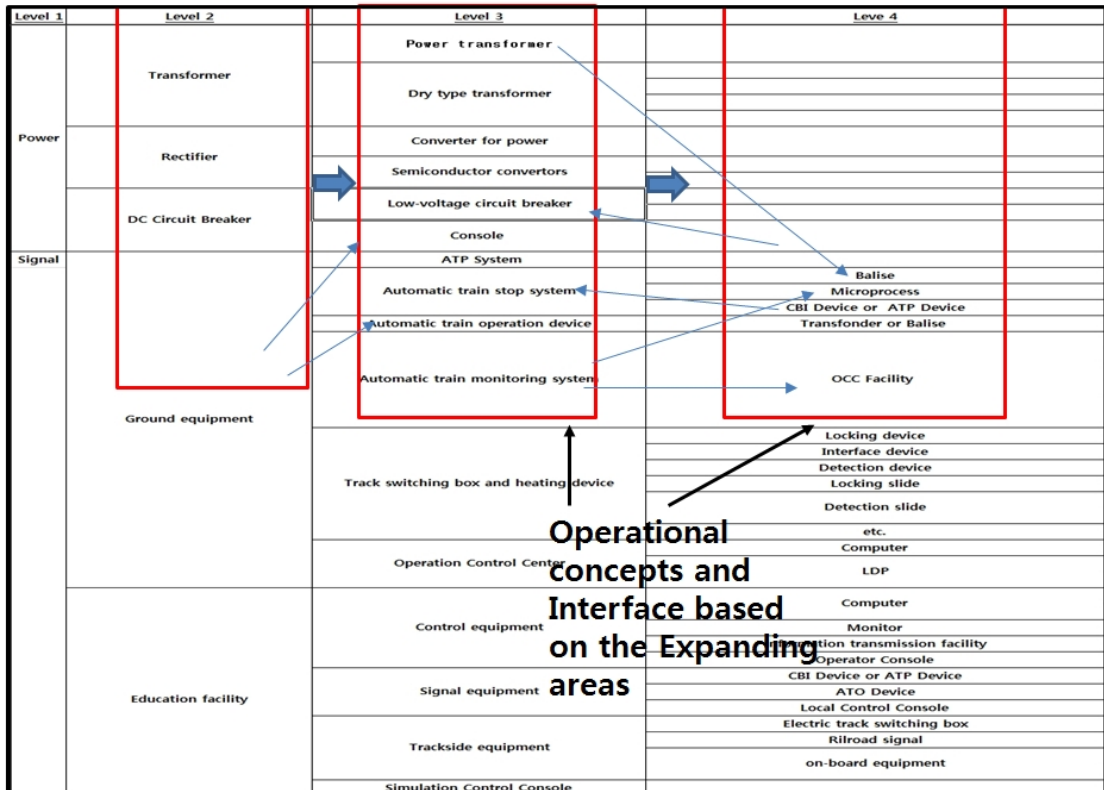
- Step 3. 운용개념과 시나리오 기반 기능식별(운용시나리오에 [모드]따른 [상태]변화 식별, 식별된 상태변화를 바탕으로 기능 식별, 식별된 기능을 바탕으로 입·출력 데이터 식별.)
- Step 4. 식별된 기능의 입·출력 산출물 식별(운용개념에 따른 생성된 요구사항 바탕으로 시스템 계층 식별[시스템-서브 시스템-컴포넌트-파트])
- Step 5. 시스템 계층에 따른 step 1~4의 반복 수행.

#### 4. 개선된 DSM 수행 기반 산출물 통한 경전철 정거장 기능실 통합 수행

##### 4.1 구축된 아키텍처 프로세스에 의한 개선된 DSM 수행에 따른 기능실 통합 수행

기존 DSM 기법은 본 연구에서 수행한 시스템 레벨 수준보다 보다 하부 수준의 개념에서 수행되었다. 하지만,

본 연구에서는 [Fig. 4]에서 제시된 각각의 각기 다른 Level을 구성하는 물리적 구성품 간의 상호 의존성 활동을 반영한 DSM 수행을 하였다. [Fig. 3]는 물리적 구성품의 운용 시나리오와 [Fig. 3]에서 볼 수 있는 기능 상호 의존성 정보를 바탕으로 [Fig. 4]에서 제시 하듯이, 시스템의 하부 구성품 간의 상호 의존성 식별 레벨을 보다 세분화할 수 있었다. [Fig. 4]의 화살표 흐름 방향은 구성품이 지니고 있는 기능 이행의 흐름을 바탕으로 구성품 간의 확대된 인터페이스 식별 영역을 나타내고 있다. 또한, 이렇게 분화된 시스템 레벨은 [Fig. 4]와 같이, 새로이 제시한 절차는 운용개념을 바탕으로 요구사항이 도출되었다. 도출된 요구사항으로부터 기능 식별, 식별된 기능으로부터 인터페이스 식별을 하는 과정에서 누락되는 상황을 방지할 수 있었다. 또한, 시스템 레벨의 수준을 나누는 과정을 운용개념을 바탕으로 나뉘, 기존 식별된 물리적 구성품 기반의 활동을 [Fig. 4]와 [Fig. 5]와 같이 세분화하여 확대 할 수 있었다.



[Fig. 4] Extended interface identification in the design by utilizing the interaction of operational concept and functional interface.





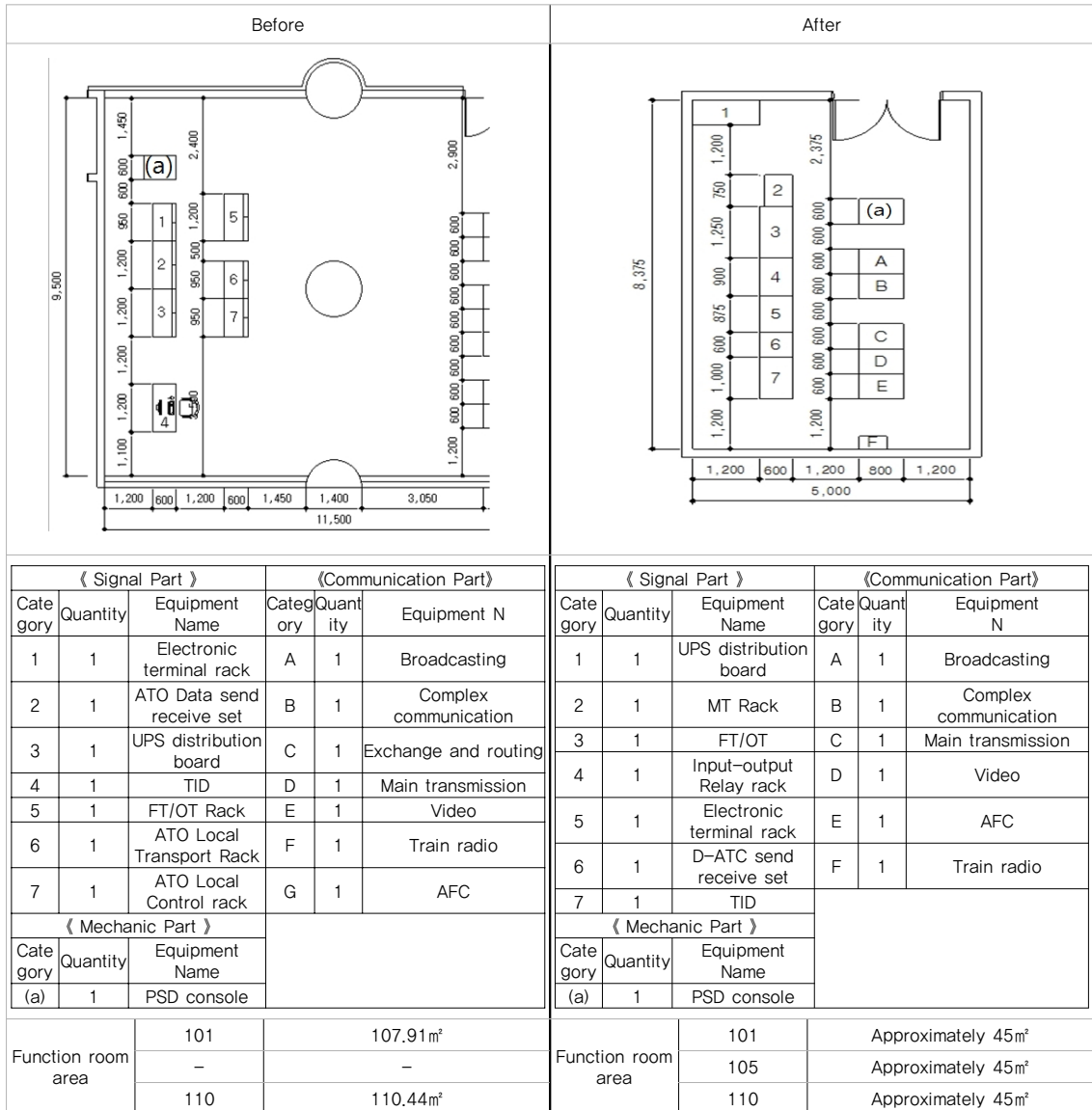


### 5. 연구 결과의 검증

본 연구접근에 따른 연구결과와 검증과정을 수행하였다. 이를 위해서 국내 경전철의 한 정거장에 대해 기존 중전철 설계지침에 따른 기능실의 구성요소와 면적에 관한 데이터를 활용하였다. 본 연구에서 접근한 기법을 통한 설계 조합을 통해 시스템 구성요소와 실제적 변경 가능한 공간의 설계 구조 데이터를 바탕으로 분석을 수행하였다. 이러한 결과를 통해 연구결과에 대한 검증 과정

을 수행하였다.

최종 검증 과정을 거쳐, 초기에 요구되었던 요구사항 기능이 실제적으로 통합되어 슬립화된 물리적 구성품으로 설계되었는지에 대한 연구 결과를 검증하였다. 결과 검증은 운용개념, 시나리오, DSM을 기반으로 식별된 기능을 기반으로 통합된 구성품을 바탕으로 초기 요구되었던 기능을 포함하고 구조 슬립화를 달성할 수 있는지에 대한 검증을 수행하였다.



[Fig. 7] Integrated functions of signaling and communication.

### 5.1 검증의 환경

실제 국내 경전철 노선의 한 정거장을 대상으로 신호 분야와 통신 분야를 구성하는 하부 체계와 설계 도면 면적을 사용으로 구조의 슬림화를 달성하되 이러한 설계 통합을 통한 슬림화로 인해 개별적 하부 구성품의 기능 구현과 개별 구성품이 지니고 있는 요구사항의 이행을 우선적으로 고려하였다.

### 5.2 검증 수행 및 결론

본 연구 수행에서 개선된 DSM 기법에 따른 경전철 정거장 기능의 슬림화 설계를 수행하기 위해 크게 3가지 관점에서 수행하였다. 첫째로, 운용 시나리오를 DSM 기반의 설계 과정에 반영하기 위해, 물리적 구성품의 발생 가능한 상황에 따른 시나리오를 생성 하였다. 두 번째로는 경량전철 정거장의 구성품이 이행해야 할 기능을 바탕으로 인터페이스 식별을 수행하여 보다 다양한 상호 의존성 정보를 제공하였다. 세 번째로, 시스템을 구성하는 물리적 구성품에 관한 상호 의존성을 매트릭스로 구조화 하여 상관성을 평가하고, 클러스터 결과를 통해 상호 의존성 있는 집합을 도출하여 슬림화 설계를 위한 기본 정보를 제공하였다.

본 연구를 통해서, 일반적 DSM 기법을 통해 배제될 수 있는 구성요소를 운용개념 기반의 핵심기능을 도출하고 이를 반드시 기본적으로 포함한 DSM을 수행하였다. 이러한 상호 연동성 분석 결과를 바탕으로 통합 가능한 구성품 간에 통합 수행을 통해 설계 슬림화를 수행하였다. [Fig. 7]을 통해서 알 수 있듯이, 경전철 신호 및 통신 시스템을 바탕으로 각각의 기능을 DSM을 통해 식별하였다. 식별된 기능들은 상호간에 어떠한 연동이 이뤄지는지 DSM 수행을 통해 파악 가능하였다.

기능실의 신호, 통신, 전기 분야에서 각각의 식별된 기능을 바탕으로 동일한 기능은 하나 모듈로 묶어 주어, 기능의 중복을 제거하여 통합개념의 모듈구성을 통해 설계 슬림화를 구축하였다. 기능실 시스템의 분야에서 신호분야는 기존에 ATO(Automatic Train Operation) 송·수신 렉에 대해 송신기와 수신기가 별도로 공간적 배치를 차지하고 있었다. 이러한 물리적 구성품의 기능을 하나의 물리적 구성품에 의해 구현되도록 하였다. 따라서 통합 기능적으로 구현 가능한 물리적 구성품(D-ATC 렉)의 배치를 통해 공간적 면적을 보다 효율적 확보를 수행할 수 있었다.

이러한 접근, 뿐만 아니라, 공간적으로 불필요한 여유 부분을 공간적으로 신호장비와 통신장비 상호배치에 지장이 없게 [Fig. 7]과 같이 상당부분 제거하여 많은 면적을 제거할 수 있었다. 또한, 구성품은 기본적으로 운용개념으로 생성된 운용시나리오를 바탕으로 식별된 핵심 기능을 포함하도록 하였다. 이러한 물리적 구성품은 DSM 매트릭스에 기본적으로 반영하여 통합 설계 과정에 있어서 구성품의 기존 기능을 유지하고 요구사항 이행을 충족시키면서 배치 면적의 고려를 수행하여 기존에 기능실 면적에 비하여 50% 이상의 배치 효율을 달성할 수 있었다.

## 6. 결론

오늘날 기술의 고도화에 따라, 많은 개발 시스템들의 운행에 있어서 무인화 되는 추세에 있다. 이렇듯, 국내에서도 철도차량 분야에서도 무인화 운용되는 경전철에 대한 보급이 활발히 진행되고 있다.

경전철의 경우, 지상에서 운행되는 교통시설이며 무인으로 운용되는 체계이기 때문에 많은 안전성에 대한 고려가 필요로 하고 있다. 하지만, 경전철에 대한 국내 보급이 초기 단계이기 때문에 관련 설계 지침 및 법이 기존에 운행되는 중량전철에서 적용되었다. 따라서, 기존 중량전철의 지침을 기반으로 설계 및 시공되다 보니 안전성 측면, 비용적 측면 등의 많은 부정적인 영향을 미치는 요소들이 발생되고 있다.

본 연구에서는 기존 중량전철 지침으로 설계되는 경전철 정거장의 기능실에 대해 강화된 접근법을 통한 수행을 통해, 경전철 정거장 기능실의 슬림화가 가능한 방안을 마련하였다. 접근적 기법으로 DSM 기법을 사용하였으며, 기존 DSM의 수행에 따른 발생될 수 있는 요소들을 식별하고 이를 해결하기 위한 절차를 수립하였다.

본 연구를 통해 제시하는 절차를 바탕으로 개선된 DSM을 통한 수행을 하여 물리적 구성품의 상호 의존성 뿐만 아니라, 구성품이 지니고 있는 기능과 기능의 이행에 따른 산출물 생성, 또, 이러한 산출물이 다른 기능의 입력으로 작용될 수 있는 정보의 식별을 통해 보다 체계적인 구성품의 상호 의존성 식별을 수행할 수 있게 되었다.

이러한 결과를 바탕으로의 설계 통합을 수행하여 기존의 중량전철 기준에 따른 설계보다 효율적이고 슬림화된 통합 설계 결과를 도출할 수 있었다. 또한 이미 구축

한 시스템에 대한 보다 보완된 최적화된 슬립화 방안을 제시하였다. 향후, 연구에서는 기능실과 같은 층에 공존하는 다른 시설공간에 대한 설계 효율화를 달성하여 경전철 정거장 슬립화 달성과 안전성 측면을 보완할 수 있는 방안에 관한 연구가 필요 할 것이다.

## References

- [1] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, "Design Guideline for Metro station and convenience their transfer and facility supplement", 2013.
- [2] J. R. Shin, A. H. Lee, and I. C. Shin, " A Study on Design Code for Slimming Down the Viaduct on Light Rail Transit," in Proc. The Korean society for Railway, pp. 1308-1312, 2012.
- [3] J. R. Shin, A. H. Lee, and G. H. Cho, "A Study on Design Code for Slimming Down the Viaduct on Light Rail Transit," in Proc. The Korean society for Railway, pp. 1290-1295, 2012.
- [4] T. R Browning, "Applying the design structure matrix to system decomposition and integration problems: a review and new directions," IEEE Transactions on Engineering Management, vol. 48, no. 3, pp. 292-306, 2001.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/17.946528>
- [5] J. Pandremenos and G. Chryssolouris, "A neural network approach for the development of modular product architectures," International Journal of computer Integrated Manufacturing, vol. 24, no. 10, pp. 879-887, Sep. 14, 2011.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/0951192X.2011.602361>
- [6] A. Kossiakoff, W. N Sweet, S. Seymour, and S. M Biemer, Systems engineering principles and practice. vol. 83: John Wiley & Sons, 2011.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/9781118001028>
- [7] Y. M. Kim and J. C. Lee, "On the Use of Models in the Conceptual Design of Unmanned Aerial Vehicles," Korea Institute of Communication and Information Sciences" vol. 37, pp. 206-216, 2012.
- [8] Y. M. Kim and J. C. Lee, "On the Integration of Systems Design and Systems Safety Process from an Integrated Data Model Viewpoint," Korea Safety Management & Science, vol. 14, pp. 107-116, 2012.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.12812/ksms.2012.14.4.107>

### 김 주 욱(Joo-Uk Kim)

[정회원]



- 2000년 2월 : 고려대학교 전기공학과 (공학사)
- 2011년 2월 : 아주대학교 시스템공학과 (공학석사)
- 2014년 8월 : 아주대학교 시스템공학과 (박사수료)
- 2004년 3월 ~ 현재 : 한국철도기술연구원 광역도시교통연구본부 선임연구원 재직

<관심분야>

철도 시스템엔지니어링, 철도 안전 및 신뢰성, 아키텍처 프레임워크

### 박 기 준(Kee-Jun Park)

[정회원]



- 1987년 2월 : 아주대학교 기계공학과 (공학사)
- 1989년 2월 : 아주대학교 기계공학과 (공학석사)
- 2011년 8월 : 성균관대학교 기계공학과 (공학박사)
- 1997년 1월 ~ 현재 : 한국철도기술연구원 광역도시철도시스템연구실 책임연구원 재직

<관심분야>

철도 시스템엔지니어링, 철도 차량 인터페이스, 신뢰성 분석

### 김 영 민(Young-Min Kim)

[학생회원]



- 2010년 9월 : 한국해양대 자원공학과 (공학사)
- 2013년 9월 : 아주대학교 시스템공학과 통합과정 수료

<관심분야>

시스템 안전설계, 모델링, 시스템설계 최적화 등

이 재 천(Jae-Chon Lee)

[정회원]



- 1994년 9월 ~ 현재 : 아주대학 교  
시스템공학과 정교수
- 1977년 2월 : 서울대학교 전자공학  
과 (공학사)
- 1979년 2월 : KAIST 통신 시스템  
공학 (석사)
- 1983년 8월 : KAIST 통신 시스템  
공학 (박사)
- 1983년 8월 ~ 1994년 8월 : KIST 책임연구원
- 1984년 9월 ~ 1985년 9월 : 미국 MIT Post Doc 연구원
- 1985년 10월 ~ 1986년 10월 : 미국 Univ. of California  
방문 연구원
- 1990년 2월 ~ 1991년 2월 : 캐나다 Univ. of Victoria  
(Victoria, BC) 방문교수
- 2002년 3월 ~ 2003년 2월 : 미국 Stanford Univ. 방문교수

<관심분야>

시스템공학, 통신시스템, System Safety 등