

# 경전철 역사를 대체하는 정류장 도입을 위해 필요한 설계지침의 도출 및 적용 사례에 관한 연구

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

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

## On the Study of Design Guidelines and a Design Case to Enable the Replacement of LRT Stations by Stops

Joo-Uk Kim<sup>1</sup>, Kee-Jun Park<sup>1</sup>, Ji-Eon Lee<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** 중단거리 수송을 위한 도시철도의 수요 증대에 부응하기 위해, 건설비 및 운영비 등의 절감을 실현할 수 있는 경전철 시스템의 도입이 국내에서 본격화되고 있다. 비록 경전철 시스템이 관련 규정에 근거하여 설계 및 시공, 그리고 운용되고 있지만, 일부 과도한 기준 및 사양을 맞추기 위해서 건설 및 운용 등에 초과 비용이 투입되는 것에 대한 문제점이 제기되고 있다. 게다가 경전철 역사의 경우 사용자의 동선이 불필요하게 길어져 시민들과 교통약자의 불편을 초래할 수 있다는 점이 지적되고 있어 경전철 역사의 슬립화가 필요한 상황이다. 이에 본 연구에서는 하나의 방안으로 경전철 역사 대신에 버스정류장 개념에 해당하는 ‘경전철 정류장’ 개념의 도입을 위해 필요한 설계지침에 대해 연구하였다. 구체적으로 정류장 개념 도입을 뒷받침하기 위한 설계 기본방향 및 지침을 수정/보완하여 도출하였다. 또한 이를 상세설계에 적용시키는 사례 연구를 수행하였다. 본 연구결과의 활용을 통하여 경전철의 건설 및 운영 비용의 절감, 시민들의 경전철 이용편의 증진 등의 결과로 교통복지를 강화할 수 있는 기회가 될 것이다.

**Abstract** To cope with the increased demand on the intra-city transportation by urban rails, the introduction of the light rail transit (LRT) systems has been expedited in Korea due to the possible reduction of both the development and operation costs from adopting LRT systems. The LRT systems have so far been designed, constructed and operated based on the corresponding law and regulations. It has been conceived that fully complying with the existing guidelines may incur some extra costs on LRT. In addition, the present design of LRT stations seems to require unnecessarily long flow of passengers traffic, particularly for disabled people. In this paper, as an approach to solving the aforementioned issues, an introduction of ‘LRT stops’ has been studied where the stops are similar in concept to bus stops and are intended to replace the stations of a bigger scale in general. Specifically, necessary guidelines for design have been developed by modifying the existing ones to be fit with LRT stops. A design case was also presented to evaluate them. The effective use of the results reported here will provide an opportunity of cost reduction in connection with the construction and operation, and also let people benefit from convenient use of rails, thereby resulting in enhanced transportation welfare.

**Key Words** : Light Rail Transit, LRT Station and LRT Stop, Railway Station and Railway Stop, Quality Function Deployment, Design Slimness

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 April 10, 2015

Revised May 6, 2015

Accepted May 7, 2015

Published May 31, 2015

## 1. 서론

최근 들어 도시철도의 장점인 정시성과 친환경성, 에너지효율성, 안전성 등에 대한 필요가 지속적으로 증대되고 있다. 그러나 한편으로는 건설을 계획하거나 운영 중인 지방자치단체의 건설비용과 도시철도운영기관의 운영비용으로 인한 적자가 매우 심각한 수준에 다다르고 있다[1].

많은 도시철도 및 경전철의 건설 수요로 인하여 「도시철도 건설규칙」[2]에 따른 「도시철도 정거장 및 환승편의시설 설계지침」[3](이하 정거장 설계지침이라 함)이 2002년 11월 제정된 바 있다. 정거장 설계지침의 초기에는 중전철을 대상으로 한 가이드만을 제시하고 있어, 2000년대 초중반에 건설된 경전철은 중전철을 대상으로 한 가이드에 따라 설계 및 건설된 사례가 발생하기도 하였다. 여러 차례 개정작업을 거쳐 2010년 10월에 <경전철편>이 신설되었고, 이후에 국내에서 설계되고 건설 또는 운영 중인 상당수의 경전철의 경우 경전철에 특화된 설계가 반영된 바 있다. 정거장 설계지침의 <경전철편>이 기존 <중전철편>에 비하여 경전철의 특성을 잘 반영하고 있으나, 일부의 철도전문가들은 그 한계를 지적하며 개선에 대한 필요를 제시하고 있는 상황이다. 즉 <경전철편>이 <중전철편>에 기반하여 일부 수정된 형태로 제시되고 있기 때문에 여전히 경제적이고 효율적인 설계가 반영되지 않는 경우가 종종 발생한다는 많은 연구가 선행되어 왔다. 역사의 슬림한 설계 및 건설은 건설비와 운영비의 감소와 직결되는 문제이며, 이는 지방자치단체와 도시철도운영기관의 재정문제와 직결되며, 나아가서는 국민 세금의 효율적인 활용과도 관련 있는 문제일 것이다[1].

따라서 경전철 건설 및 운영비용을 감축시키기 위해 많은 연구가 진행되고 있다. 이와 관련한 선행연구[4]에서는 국내 5개 경전철의 관리역과 일반역의 역사 기능실 면적을 분석한 바 있다. 역사 무인화와 상수도 직수 설비 등의 활용을 통하여 기능실 슬림화를 도모하고, 경전철 정거장 슬림화를 위한 섬식 정거장화, 기능실 통합 등의 몇 가지 슬림화 방안을 제시하였다. 선행연구[4]에서는 기능실 현황을 비교한 후 경전철 기능실 슬림화 가능성을 초기 연구로서 방향성을 제시한 것에 의의가 있으나 보다 구체적인 연구가 요구되는 상황이다.

또 다른 선행연구[5]에서는 4개의 경전철의 고가구조물 설계현황을 비교·분석하였다. 국내와 유럽 사례의 분

석을 통해 과다하게 설계되거나 시공되지 않도록 고가 콘크리트 궤도기준을 분석하였다. 본 연구결과에서는 해외의 철도설계기준을 국내에 적용하기 위한 주요 요소에 대하여 분석한 바 있다.

같은 연구진에 의하여 경전철 고가 구조물을 분석하는 연구는 계속되었다. 고가 구조물의 주요 설계요소에 따라 구조물 규모에 미치는 영향을 분석하기 위하여 층격계수, 차량 횡하중 등에 대한 분석을 시행하고, 이를 정리한 사전연구[6]가 수행된 바 있다.

그리고, 고가구조물 슬림화를 위해 콘크리트 재료 분야에서 활발히 연구되고 있는 경량화, 고내구성, 고인성 등 최신 기술 동향에 대하여 연구를 하였다[7]. 특히 친환경 건설재료를 사용한 고성능 콘크리트를 도심지 내에 건설되는 경전철 고가구조물에 적용할 경우, 구조물의 자중 경감 및 부재단면이 축소되어 도시 미관과의 원활한 조화뿐만 아니라 기능성, 경제성 및 안전성 등이 우수한 구조물이 될 거란 결론을 내렸다. 그리고 향후에도 고가 역사의 하중을 낮추기 위하여 콘크리트 재료의 고강도화, 경량화, 고성능화에 관하여 지속적인 연구가 수행될 것이다.

개선된 DSM (Design Structure Matrix) 기법을 활용하여 경전철 기능실의 컴포넌트를 클러스터의 조합으로 구성하여 철도역사의 기능실을 슬림화하고자 한 연구가 수행되어 물리적인 배치 효율을 이뤄낼 수 있는 방법론에 관한 연구가 진행된 바 있다. 위 연구에서 개선된 DSM 기법이란, 기존의 DSM 수행에 있어서, 대형 복합 시스템 개발에 적합하도록 시스템 구성품이 지닌 기능별 운용 시나리오를 적용하였다. 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[8].

선행연구에는 기존 시스템이 지닌 설계 사양과 물리적 설계요소를 활용하여 설계 최적화를 달성하려 하였다. 본 연구에서 다루려는 ‘정류장’ 개념은 오늘날 도로 교통 분야에서 널리 이용되고 있지만, 도시철도관점에서 ‘정류장’에서의 개념은 정립 및 도입되지 않았다[9],[10]. 따라서, 본 연구에서는 도입하려고 하는 새로운 개념에 대한 정의 및 필수 요소를 시스템공학 설계 프로세스에 의해 분석 및 도출 하였다. 또한, 이러한 결과가 설계에

반영될 수 있도록 접근적 방안을 제시하여 실질적 도입에 대한 적용이 가능하도록 하였다.

국립국어원에서는 정거장과 정류장의 개념을 유사한 것으로 해석하고 있다. ‘정거장’은 ‘버스나 열차가 일정하게 머무르도록 정하여진 장소’로 정의하며, ‘정류장’은 ‘승객이 타고 내리거나 화물을 싣거나 내리는 곳’라는 뜻으로 풀이되어지고 있다[9,10].

본 연구에서는 정류장 개념 도입에 따른 설계요소 도출 및 관련 요구사항을 생성하기 위한 접근적 방안을 제시하였다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 서론에서는 연구 배경 및 사회적 동향을 기술하였고, 2장에서는 1장에서 수행한 선행연구 분석 결과를 바탕으로 연구절차와 목표 및 범위를 설정하였다. 3장에서는 정류장 개념 생성을 위한 요소 식별 및 중요도 반영을 통한 요구사항 선별에 관한 방법을 제시하였다. 4장에서는 제시한 연구 방법 적용을 통한 사례에 관하여 기술하였다. 마지막 5장에서는 본 논문의 결과를 정리 및 요약 하였다.

## 2. 문제의 정의

### 2.1 정류장 개념 도입에 따른 필수 물리적 구성품 도출의 필요성

1장에서 설명한 바와 같이 최근 도시철도 정류장 개념의 도입에 관한 논의가 진행되고 있다. 도시철도 정류장은 기존 정거장에 비하여 보다 단순화되어 열차를 타고 내리는 데에 최소한의 시설로 물리적인 구성이 되어야 한다는 점에서는 많은 이들의 공감을 얻고 있다. 그러나 그 구체적인 구성품에 대하여 체계적인 단계를 거쳐 연구결과가 도출된 적은 아직 없는 상황이다. 일반적으로 정류장 개념에 있어 요구되는 무인운전 그리고 현재 도시철도 건설 및 운영에 있어 가장 중요한 이슈들인 안전성과 경제성 등이 포함된 요구사항으로부터 정류장의 개념도입을 위한 물리적 구성을 도출해 내는 일은 매우 중요한 일이다. 이를 위하여 보완된 설계 요구사항에 따라 정류장의 요구사항을 도출해 내어 정류장의 구성 개념을 도출할 필요가 있다.

### 2.2 우선순위를 반영한 설계 요구사항 식별의 중요성

설계 요구사항은 설계 시에 반영되는 기준이 되는 사

항으로, 정류장의 개념을 구현시키는 데 핵심이 되는 요건이라고 할 수 있다. 설계 요구사항은 정거장 설계지침에서 정리되고 있으나 일부 보완의 필요가 있다. 특히 정거장 설계 요구사항으로부터 정류장의 설계 기본방향에 따라 우선순위를 결정하는 것은 향후 필수적인 물리적 구성품을 도출하기 위한 필수적인 절차라고 할 수 있다.

### 2.3 연구의 목표 및 범위

본 연구는 정류장의 필수 물리적인 구성품을 도출하고, 실제 상세설계를 통한 검증은 목표로 한다. 이러한 목표를 달성하기 위한 연구수행절차는 다음의 Fig. 1과 같다.

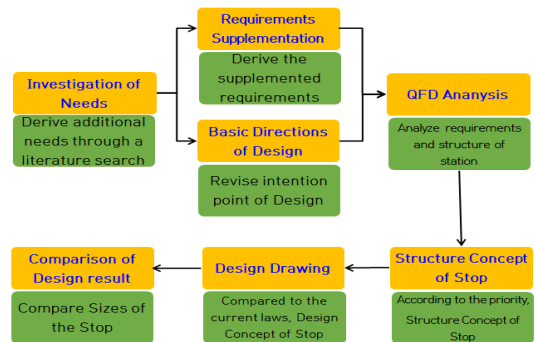


Fig. 1. Procedure for the underlying study.

본 연구의 수행을 위하여 1차적으로 기존 연구자료의 정리를 통하여 요구(Needs)를 조사한다. 기존 연구자료는 기존의 철도전문가들이 수행했던 연구보고서와 논문들을 위주로 검토하였다. 그리고 요구에 따라 정거장 설계지침에서 제시된 설계방향을 개정하고 보완된 요구사항을 도출하였다. 설계방향에 따라 보완된 요구사항의 우선순위를 도출하고 이 우선순위에 따라 정류장 구성개념을 도출하였다. 또한 현행규정 대비 정류장 개념의 실제도면을 설계하여 역사 전체 규모 등 주요 요소를 산출하여 비교하였다.

## 3. 설계 기본방향 개정을 통한 정류장 구성 개념 도출

### 3.1 요구(Needs)의 조사

시스템을 설계 하는 과정에서 개발에 관련한 이해당

사자로 하여금 요구분석을 수행하는 것은 모든 설계의 초석이 되는 기본 활동이다. 본 단계에서는 요구분석을 수행하기 위해 관련 자료와 전문가 의견 수렴을 통한 요구도 수집활동을 이행하였다. 이러한, 요구 조사 (Needs Analysis)은 설계적 반영을 수행하기 위한 공학적 변형 결과인 요구사항 생성에 있어서 선행적 필요시 되는 활동수행과 산출물을 생성하였다. 요구도 분석에 활용된 정거장 설계지침[3]의 기존 설계 방향은 기능성, 편리성, 심미성 등 3가지의 방향에 중점을 두고 이루어진다. 정거장 설계지침 제2장 2.1 설계방향에서 발췌한 내용을 정리한 Table 1과 같다. Table 1과 같이 기존 지침의 구성은 오늘날 시스템 구조와 특성을 반영하는데 한계가 따른다. 오늘날 철도 분야의 기술의 고도화로 인해, 차량과 정류장의 상호운용성 측면에서 과거와 비교할 수 없을 정도로 인터페이스가 상당히 증가하게 되었다. 이러한 인터페이스의 증가는 시스템의 기능 측면만 가중된 것이 아니라 시스템 안전과 경제성 등이 함께 중요시 되었다.

Table 1. List of the extracted requirements from the design guideline [3].

Classification	Content
1. Functionality	1.1 Should minimize the number of operators and be managed centrally.
	1.2 Should be fit with underground culture space.
	1.3 Should utilize adjacent buildings.
	1.4 Should consider the characteristics of neighboring area.
	1.5 Should be able to work with sidewalk and pedestrian underpass.
	1.6 Should consider the emergency preventive plan.
	1.7 Should consider transfer station as integration station office.
2. Convenience	2.1 Should simplify the moving line.
	2.2 Should consider the moving facilities for the handicapped.
	2.3 Should maximize the connectivity with ground public transport.
	2.4 Should increase convenience and efficiency of maintenance.
	2.5 Should plan rooms with openness assessment.
	2.6 Should inform passengers of direction.
3. Aesthetics	3.1 Should harmonize facilities, materials, colors and lightings.
	3.2 Should use materials with feelings of familiarity and mildness.
	3.3 Should use natural lighting if possible.
	3.4 Should recognize a composition and function of rooms.
	3.5 Should modularize rooms and facilities.
	3.6 Should characterize the station.

과거에 생성된 본 지침[3]은 오늘날 도시철도 건설을 위한 설계 시에 기준점이 되고 있다. 최근 건설 완료된 상당수의 경전철사업이 사업성 부족 등이 뒤늦게 확인되어 많은 경전철 사업이 각 지방자치단체의 문제사업으로 된 실정이나, 본 지침의 제정 당시에는 이에 대한 사항이 제대로 반영되어 있지 않은 등 경제성에 대한 기준이 본 지침의 설계 방향으로 제시되지 않고 있다. 또한 Table 1을 통해서 알 수 있듯이, 시스템의 기능에 대하여만 다를 뿐, 시스템 전체의 안전성 측면에 대한 고려가 결여되어 있다.

최근 철도분야에서의 국·내외적 사고로 인해 안전에 대한 관심이 높아짐에 따라 철도의 신호시스템에 최고 수준의 안전등급 SIL4를 요구하는 등 안전에 대한 요건이 강화되고 있다. 따라서 철도 시스템 체계에 대한 SIL4에 해당하는 안전도가 향상 될 수 있도록 안전성 반영에 초석이 되는 안전요소를 식별하고 그에 따른 안전요건을 제안 하였다. 이는 철도안전법 및 국토교통부 철도비상상황 수립계획에서는 사고유형, 위치, 대상을 중심으로 생성되었다. 따라서, 안전성, 편의성 반영도 이러한 관점에서 최상위 요구(Needs)를 분석하여 식별하였다. 따라서, 추가된 상기의 설계방향을 포함하여 개정하는 것은 반드시 필요한 일이다.

기존 설계방향의 개정을 위하여 기존의 연구결과를 활용하였다. 경전철 역사설계 기준연구 용역 최종보고서(2010.8, 한국철도기술연구원)[12], 경량전철 정거장 최적방안 및 환승편의 설계용역 최종보고서(2010.6, 한국철도기술연구원)[13] 등을 참고하였으며, 서문에서 언급한 선행연구들을 참고하였다. 이를 통해 추가로 도출된 안전성, 경제성에 대한 신규 이해관계자 요구(Needs)는 다음의 Table 2와 같다[12,13].

Table 2. The identified needs from references.

Classification	Content
1. Safety	1.1 Should consider the emergency preventive plan.
	1.2 Should react quickly in accident.
	1.3 Should prepare measures about noise and vibration.
	1.4 Should obey law on fire fighting and safety.
2. Economics	2.1 Should exclude redundant facilities and rooms.
	2.2 Should restrict shopping areas and cultural facilities.
	2.3 Should suit moving and boarding facilities.
	2.4 Should minimize cleanliness and convenience facilities.
	2.5 Should make unmanned operation possible if necessary.

### 3.2 보완된 요구사항의 도출

시스템공학에서는 이와 같은 설계 시에 요구사항의 정의 및 분석에 관한 활동을 매우 중요하게 정의하고 있다. 시스템 설계 초기에 이해관계자의 요구를 도출하여 요구사항으로 변환하고 정리하는 과정에 대하여 제시한 프로세스는 대표적으로 MIL-STD-499C에서 제시한 시스템공학 설계 프로세스가 있다. MIL-STD-499C[14]는 요구사항을 분석하고, 그 결과에 따라 기능을 분석 할당 하며, 설계 결과를 종합하는 과정에 대하여 Top-down 방식의 구조로 접근하고 있다.

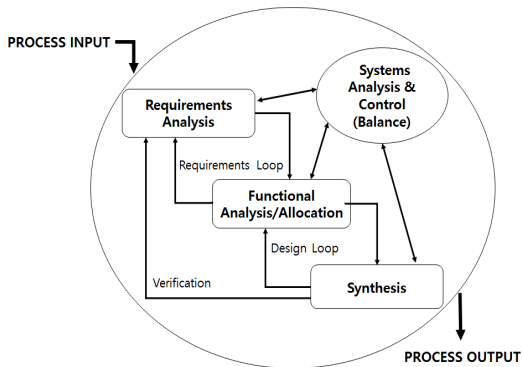


Fig 2. The systems engineering process[14]

본 프로세스에 따르면 고객의 요구(Needs)와 목표 등이 시스템에 입력되면, 요구사항(Requirement)으로의 분석과정을 거쳐 기능적 특성과 물리적 특성에 할당되는 모습을 보이고 있다. 따라서 본 연구에서도 이러한 프로세스에 따라 정거장 설계지침에서 제시된 요구사항(Requirement)과 문헌조사로부터 도출된 요구(needs)로부터 Table 3과 같이 요구사항 집합을 도출해 내었다. 요구사항의 구분은 기존 기능성, 편리성, 심미성에서 안전성과 경제성이 추가되어 총 5가지의 항목을 갖추게 되었고, 일부 중복된 부분의 조정, 명확한 표현을 갖추는 작업을 통해 각 세부적인 요구사항이 보완되었다.

즉, 경량전철 정거장 최적방안 및 환승편의 설계용역 최종보고서[12]에서 도출된 경전철 정거장 슬립화 방안에 관한 니즈(Needs)로부터 ‘5.4 승하차와 직접 관련 없는 위생/편의시설은 최소화하여야 한다’라는 요구사항이 도출되었고, 이는 Fig. 2의 프로세스에 따라 정제화 되어 본 연구에 요구사항으로 적용시킬 수 있게 되었다.

Table 3. The supplement requirements for LRT stations.

Classification	Content
1. Functionality	1.1 Should minimize the number of operators and be managed centrally.
	1.2 Should be fit with underground culture space
	1.3 Should utilize adjacent buildings.
	1.4 Should consider the characteristics of neighboring area.
	1.5 Should be able to work with sidewalk and pedestrian underpass.
	1.6 Should consider transfer station as integration station office.
2. Convenience	2.1 Should simplify the moving line.
	2.2 Should consider the moving facilities for the handicapped.
	2.3 Should maximize the connectivity with ground public transport.
	2.4 Should increase convenience and efficiency of maintenance.
	2.5 Should plan rooms with openness assessment.
	2.6 Should inform passengers of direction.
3. Aesthetics	3.1 Should harmonize facilities, materials, colors and lightings.
	3.2 Should use materials with feelings of familiarity and mildness.
	3.3 Should use natural lighting if possible.
	3.4 Should recognize a composition and function of rooms.
	3.5 Should modularize rooms and facilities.
	3.6 Should characterize the station.
4. Safety	4.1 Should consider the emergency preventive plan.
	4.2 Should react quickly in accident.
	4.3 Should prepare measures about noise and vibration.
	4.4 Should obey law on fire fighting and safety.
5. Economics	5.1 Should exclude redundant facilities and rooms.
	5.2 Should restrict shopping areas and cultural facilities.
	5.3 Should suit moving and boarding facilities.
	5.4 Should minimize cleanliness and convenience facilities.
	5.5 Should make unmanned operation possible if necessary.

### 3.3 설계 기본방향의 개정

현행 정거장 설계지침에는 안전성, 쾌적성, 편리성을 새로운 정거장을 건설하기 위한 기준으로 삼고 있으며, 이에 따라 몇 개의 지향점을 제시하고 있다. 기 도출된 요구에 따라 설계 기본방향과 지향점에 대하여 정리하고 개선안을 도출한 것은 다음의 표와 같다.

Table 4. The improved design guideline.

	Current Guide	Improved Guide
Basic Direction	Safety, Comfortability, Convenience	Safety, Comfortability, Convenience, Economics
Intention Point	-Secure waiting room and walking room. -Facilitate passengers and unify the moving line. -Standardize station form. -Consider pedestrian overpassing station.	-Secure waiting room and walking room. -Facilitate passengers and minimize the moving line. -Standardize station form. -Reduce redundant rooms.

기존의 요구에서 도출된 대로 경제성에 관한 기본방향의 포함이 필요하다. 그리고 대부분의 경전철 정거장의 승강장이 대기공간으로서 충분하기 때문에 대기공간을 확보한다는 표현은 삭제하였다. 이미 경전철 역사에서 승강장과 대합실을 통합하여 운영하는 개념이 도입되고 있다. 그리고 균등한 동선체계라는 표현은 최소의 동선체계라는 표현으로 변경하였다. 균등한 동선체계라는 표현의 의미가 불명확할 수 있고, 동선은 환승시간과 직접적인 영향을 미치기 때문에 최소의 동선체계를 지향하는 것이 바람직하다. 또한 정거장 통과하는 일반인을 고려하는 것은 정거장 자체의 지향점이라기 보다는 부가기능으로서의 사회적 역할을 수행하는 것으로서 경전철 정거장에 있어서는 불필요한 공간을 축소하는 것이 우선시 된다.

### 3.4 요구사항 우선순위 및 정거장 구성요건 분석

도출된 정거장 요구사항과 정류장 설계 기본방향으로 부터 정류장 구성요소들을 도출해 나가는 과정을 QFD(Quality Function Deployment)를 통해 수행하였다. QFD는 이해관계자의 요구사항을 기술특성으로 변환하고, 구체적인 사양과 활동으로 만들기 위하여 상관관계를 분석하는것으로서 품질기능전개라고도 불린다 [15,16].

정류장에 적합한 요구사항의 우선순위를 식별하기 위하여 정류장 설계 지향성과 도출된 정거장 요구사항에 대하여 QFD 분석을 수행하였다. QFD 가중치는 정류장에서 필요한 요구도에 따라 정리하였고, 이를 통하여 정류장 설계 기본방향에 적합한 요구사항이 관계 중요도의 점수를 가지게 되었다.

QFD의 가중치에 스케일은 일반적으로 홀수(1, 3, 5), 2배수(1, 4, 6), 3배수(1, 3, 9) 형태를 활용하며, 숫자를 대신 기호를 활용하여 가시성을 증대할 수 있다[17]. 또한, HOQ의 외부에 색인을 이용하여 이해를 도울 수 있다.

본 연구에서는 정류장 설계 지향성과 정거장 요구사항의 사이에서 강한 상관관계 9점, 중간 상관관계 3점, 약한 상관관계에 1점을 부여하였다. 요구 및 요구사항간의 상관관계는 다음의 표와 같이 정리하였다.

Table 5. Correlation between the needs and requirement[17].

Correlation	Symbols	Points
Non-correlative	-	0
Weak	△	1
Midium	○	3
Strong	■	9

또한 요구사항이 다른 요구사항에 미치는 영향을 검토하여 각 요구사항 간에 추적성을 확보하여야 하며 [17], 요구사항간의 관계에서 강한 양의 상관관계, 중간 양의 상관관계, 강한 부정의 상관관계, 약한 부정의 상관관계로 구분하여 정리하였다. 요구사항 간의 관계는 다음의 표와 같이 정리하였다.

Table 6. Correlation between the requirements[17].

Correlation	Symbols
Strongly Positive	★
Medium Positive	☆
Non-correlative	-
Medium Negative	○
Strong Negative	●

그 다음은 정거장 요구사항에 따라 역사 구성요소에 대한 QFD를 수행하였다. 그 결과로 관계 중요도가 도출되었다. 이때 적용기준이 된 상관관계에 대한 기준은 이전의 QFD와 동일하게 수행하였다.

### 3.5 우선순위에 따른 정류장 구성 개념 도출

앞선 QFD를 수행한 결과를 정리한 정류장 요구사항은 Table 7과 같다.

Table 7. Physical priority of the station.

Classification		Station	Stop
1. Passenger Facilities	1.1 Platform	652	1
	1.2 Waiting room	214	8
2. Boarding Facilities	2.1 Stairs	367	7
	2.2 E/S(Escalator)	443	6
	2.3 E/V(Elevator)	610	2
3. Path		529	5
4. Other facilities	4.1 Restroom	112	10
	4.2 Gate (ticket barrier)	585	3
	4.3 Functions room	564	4
5. Transfer Facilities	5.1 Bicycle rack	108	11
	5.2 Park-and-ride lot	186	9

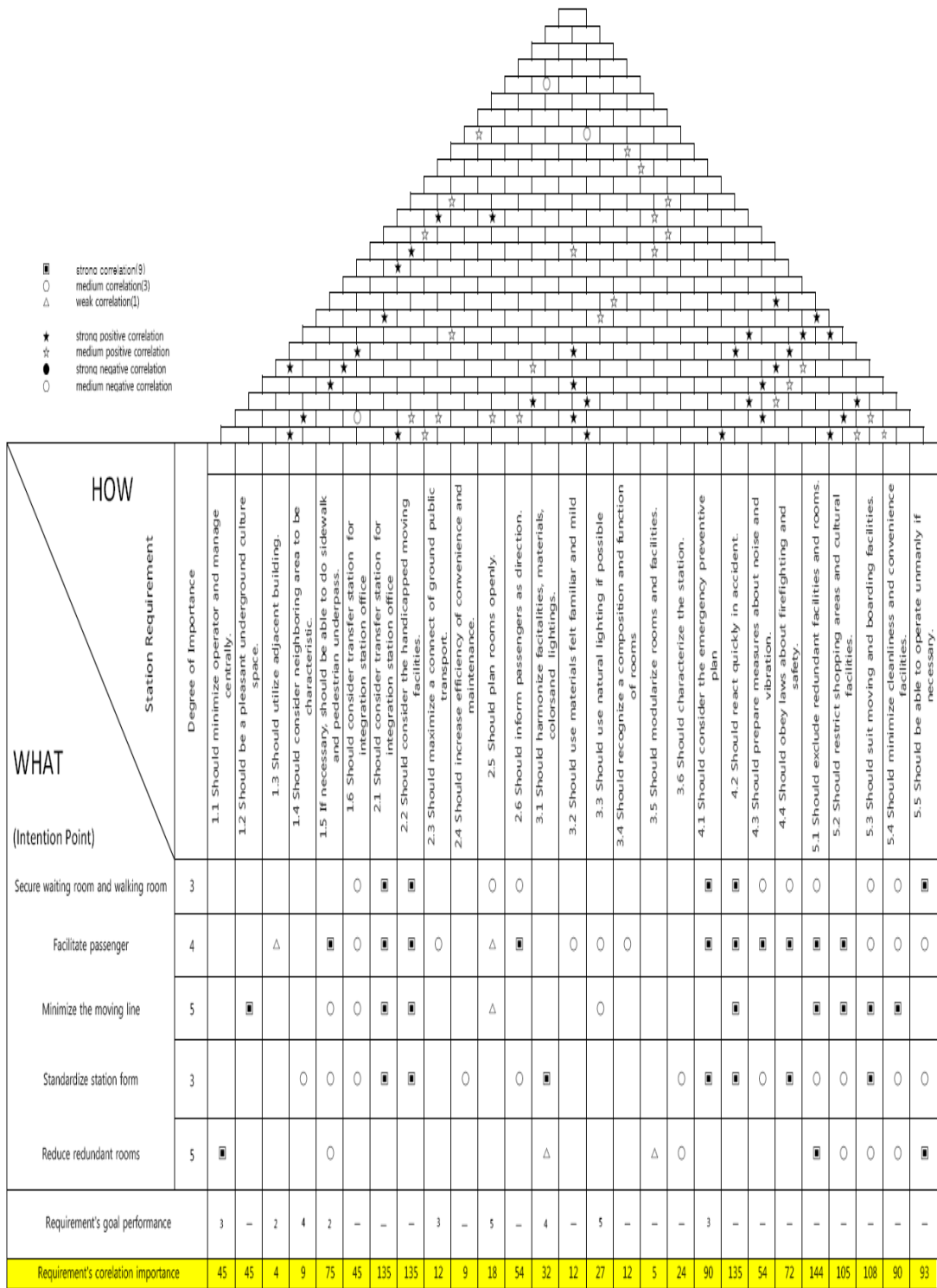


Fig 3. QFD to identify prioritized requirements.



Fig. 4. QFD to identify prioritized station components.



3.2절에서 도출된 요구사항은 3.4절에서 제시된 활동을 통해 요구사항 우선순위 및 정거장 구성요건 분석을 수행하였다. 즉 ‘5.4 승하차와 직접 관련 없는 위생/편의 시설은 최소화하여야 한다’는 요구사항은 설계지침의 지침점 5개를 기준으로 한 1차 QFD 수행을 통하여 점수화 되었고, 이는 다시 정거장의 물리적 구성품과의 2차 QFD 수행을 통하여 점수와 및 우선순위화 되었다. 5.4의 요구사항은 이에 따라 화장실, 자전거 보관소, 환승주차장 등의 점수가 낮게 책정되고, 승강장 등의 시설 점수가 높게 책정되는데에 반영되었다. 마찬가지로 요구사항 ‘4.2 사고시에 신속한 대응이 가능하여야 한다’는 사고 시에 즉각적인 반응을 위하여 계단, 에스컬레이터, 엘리베이터를 적절히 확보할 수 있도록 반영되었다.

결과적으로 승강장, 엘리베이터, 짐개표구, 환승주차장 등은 정거장과 정류장 동일한 기준으로 설계 시공 되어지면 되는 것으로 하였다. 대합실은 정거장에서 필수 설치사항이나, 정류장에서는 별도의 대합공간은 생략가능 해도 되는 것으로 정의하였다. 실제적으로 경전철의 경우 피크시간 승하차 인원이 수십명이내에 불과해 별도의 대합공간 없이 승강장만으로 구성되어도 탑승인원이 크게 불편해하지 않을 수 있다. 내외부계단의 경우 현행 규정 상 에스컬레이터와 병행 시 1.5m 이내로 규정되어 있으나, 150명 정원기준인 차량을 고려하였을 때, 1.2m 이내로 건설하여도 이통에 큰 문제가 없을 것으로 보인다. 마찬가지로 통로의 경우 기존보다 최소화시켜 설치하는 것으로 하였다. 화장실은 현행 규정 상 정거장 설계 지침에 의하면 선택적으로 설치할 수 있게 되어 있으나, 교통약자의 이동편의 증진법 시행령에 따르면 장애인 화장실의 설치가 필수사항으로 규정되어 있다[18]. 따라서 현실적으로 장애인화장실과 함께 일반 화장실도 대부분 설치하고 있는 실정인데, 정류장에서는 화장실이 생략 가능하도록 하였다. 기능실은 전기실, 신호실, 통신실 등 역사의 고유의 기능을 지원하기 위한 장비가 설치되는 시설로서 현 정거장 설계지침에도 선택적 설치가 가능한 것으로 규정되어 있다. 정류장의 경우에는 나아가서 선택적 설치 뿐 아니라 통합 설치도 가능한 것으로 명문화 되면 보다 융통성있는 설계가 가능할 것으로 보인다. 또한 필수설치사항인 자전거 보관소의 경우에도 선택적 설치가 가능한 것으로 정류장 구성 개념을 도출하였다.

**Table 8.** Comparison of physical components between the LRT stations and stops.

Classification		Station	Stop
1. Passenger Facilities	1.1 Platform	essential	essential
	1.2 Waiting room	essential	optional
2. Boarding Facilities	2.1 Stairs	over 1.5m	over 1.2m
	2.2 E/S(Escalator)	essential	optional
	2.3 E/V(Elevator)	essential	essential (for Transportation handicapped)
3. Path		convenient	minimized
4. Other facilities	4.1 Restroom	optional (but toilets for the disabled are essential by other laws)	optional
	4.2 Gate (ticket barrier)	essential	essential
	4.3 Functions room	optional	optional + combinable
5. Transfer Facilities	5.1 Bicycle rack	essential	optional
	5.2 Park-and-ride lot	optional	optional

## 4. 도면 설계 및 분석

### 4.1 설계 기준

위에서 도출된 내용을 바탕으로 실제 설계를 수행하였다. 설계를 위한 기준은 Table 9와 같다.

**Table 9.** Guide for detailed design.

1.	Design a station basis of Near Surface Light Rail Transit
2.	Assume the sameness of subsystem (vehicle, signal, communication, power etc)
3.	Design a station basis of general station
4.	Design a station reflected by current laws and reflected by LRT Stop concept

본 역사는 지하 1층으로 이루어진 저심도 경전철시스템 기준의 역사로 설계되었다. 그 특징으로는 지하 단층으로 구성되어 있고, 대합실과 승강장을 통합하여 설계하였다. 각 경전철시스템의 차량/신호/통신/전력시스템이 동일하여 기능실 크기는 동일한 것으로 하였고, 단순 승하차만 수행하는 일반역사를 기준으로 하여, 현행 규정을 적용한 설계도와 정류장 개념을 적용한 설계도를 각각 상대식에 대하여 설계하였다. 상기와 같이, 서로 같은 기준으로 설계하여 결과물을 비교하였다.

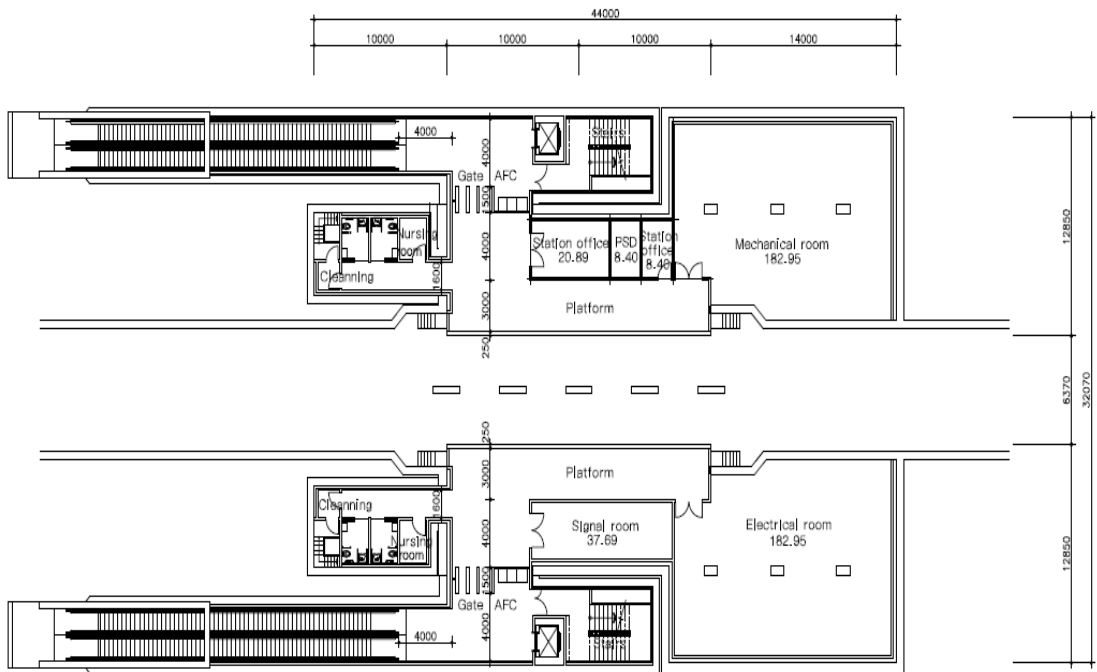


Fig. 5. Drawing of the LRT station based on current regulation.

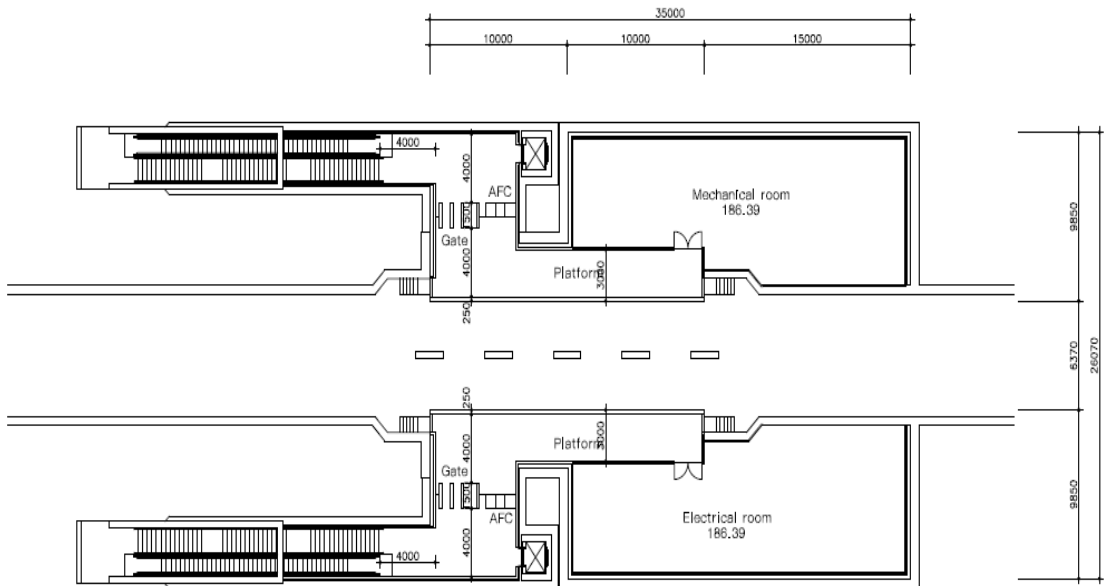


Fig. 6. Drawing of the LRT stop based on introduced concept.

#### 4.2 설계도

위와 같은 기준에 의하여 현행 규정에 따른 저심도 상대식 역사와 정류장 개념을 도입한 저심도 상대식 역사의 설계도면을 작성하였다. 그 결과물은 Fig. 5, Fig. 6와 같다. Fig. 5, Fig. 6의 설계도는 3.2에서 도출된 기능 및 안전관련 요구사항들이 3.5절의 Table 8에 따라 식별된 주요 요소들이 반영되었다. 전체적으로 현행 규정에 따른 설계 Fig. 5와 정류장 개념이 반영된 설계 Fig. 6를 구분하여 설계하였다. Fig. 6에서는 전체적인 정류장의 개념이 반영되어 설계의 축소를 가져왔다.

저심도 경전철을 기준으로 작성된 설계도로써 지하1층만으로 이루어진 설계도면이기 때문에 일반적으로 1,000m<sup>2</sup>이상인 도시철도 역사에 비하여 작은 편이다. 현행 규정으로 설계했을 경우 890m<sup>2</sup>, 정류장 개념의 개정된 기준으로 설계했을 경우 650m<sup>2</sup>로 전체적인 면적 감소를 가져올 수 있다. 특히, 화장실, 역무실 등의 축소로 인해 물탱크실 등의 기능실을 줄일 수 있었으며, 중전철보다 사이즈가 작은 차량과 역사 특성 상 이동 공간을 줄일 수 있었다. 따라서 개선을 염두에 둔 정류장 개념의 역사 설계 시에는 약 27%의 공간을 줄일 수 있을 것으로 분석되었다.

Table 10. Comparison of sizes between a station and stop (m<sup>2</sup>).

Classification	Separate Style	
	The current Regulation (Station)	The improved Regulation (Stop)
Functions Room	410	370
Platform	120	120
Restroom	80	-
Office	30	-
Moving room (path, stairs, E/S, E/V)	250	160
Sum	890	650

### 5. 결론

본 연구에서는 경전철 도입에 과도한 비용이 투입되는 현실을 분석하고, 역사 설계 및 건설에 있어 이러한 문제를 해결하기 위하여 정거장 설계지침의 설계 기본방향을 재정립하고, 기존 요구사항의 보완을 통하여 경전철 정류장 개념을 도입하는 방안에 관하여 연구하였다. 이를 위하여 그간의 연구자료를 조사하여 최대한 반영하

도록 하였으며, QFD를 활용하여 보다 정교한 결과가 나오도록 하였다. 그 결과에 따라 현행 규정과 정류장 컨셉에 따른 설계도면을 작성하여 비교 분석 하였다. 그 결과 기존 규정에 비하여 약27%정도 슬림화된 경전철 역사를 설계 및 건설할 수 있는 도면을 도출할 수 있었다.

본 연구에서는 저심도 상대식 지하 역사를 기준으로 분석하여 검증하였지만, 향후 일반적인 경전철 지하 역사 및 지상역사에도 적용하여 건설비와 운영비 절감을 통해 경전철 도입의 단가를 떨어뜨려 국민들에게 보다 좋은 교통 인프라를 확산시키는 데에 공헌할 수 있을 것이다.

### References

- [1] Korea Railroad Research Institute, "Technical Research of Near Surface Transit," The 1st year Report.
- [2] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, "Urban Railroad Construction Rule," 2014.
- [3] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, "Design Guideline for Metro station and convenience their transfer and facility supplement," 2013.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] J. R. Shin, A. H. Lee, W. B. Park, C. S. Lim, and G. H. Cho, "The Effectiveness Analysis of Design Code on the Scale of Elevated Light-rail Structures," in Mar 2013, pp. 1390-1395.
- [7] J. R. Shin, J. I. Park, and A. H. Lee, "Study Trend of Concrete Material for a Downsizing on the LRT Elevated Structures," in May 2013, pp. 1403-1408.
- [8] J. U. Kim, K. J. Park, Y. M. Kim, and J. C. Lee, "On Slimming down the Functions Room of Light Rail Transit Stations by Utilizing an Enhanced DSM Method," Journal of Korea Academia-Industrial cooperation Society, 2015.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2015.16.2.927>
- [9] The National Institute of The Korean Language. [Internet], Available From : [http://www.korean.go.kr/front/onlineQna/onlineQnaView.do?mn\\_id=61&qna\\_seq=26402](http://www.korean.go.kr/front/onlineQna/onlineQnaView.do?mn_id=61&qna_seq=26402)

- [10] The National Institute of The Korean Language. [Internet], Available From : [http://www.korean.go.kr/front/mcfaq/mcfaqView.do?mcfaq\\_seq=1010](http://www.korean.go.kr/front/mcfaq/mcfaqView.do?mcfaq_seq=1010)
- [11] Wikipedia. [Internet], Available From : <http://en.wikipedia.org/>
- [12] Korea Railroad Research Institute. All Rights Reserved, J. S. Hong. Criteria Research and Service Final Report of Station Plan of Light Rail Transit, 2010.
- [13] Korea Railroad Research Institute. All Rights Reserved, LRT Station of Optimum Methods and Transfer Customer Satisfaction Final Research and Service Report, 2010.
- [14] MIL-STD-499C, Systems Engineering, The Aerospace Corporation, 2005.
- [15] Wikipedia. [Internet], Available From : [http://en.wikipedia.org/wiki/Quality\\_function\\_deployment](http://en.wikipedia.org/wiki/Quality_function_deployment)
- [16] Y. Akao, "Development History of Quality Function Deployment", 1994.
- [17] T. H. Lee , "On the Risk Mitigation with Requirements Analysis based on the QFD Method", Ph.D. thesis, Dept. System Eng.,Ajou Univ., Suwon, 2013.6
- [18] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, "Act on Promotion of the Transportation Convenience of Mobility Disadvantaged Persons," 2014.

**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]



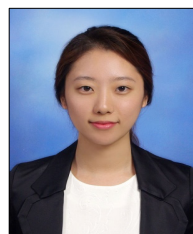
- 1987년 2월 : 아주대학교 기계공학과 (공학사)
- 1989년 2월 : 아주대학교 기계공학과 (공학석사)
- 2011년 8월 : 성균관대학교 기계공학과 (공학박사)
- 1997년 1월 ~ 현재 : 한국철도기술연구원 광역도시철도시스템연구실 책임연구원 재직

<관심분야>

철도 시스템엔지니어링, 철도 차량 인터페이스, 신뢰성 분석

**이 지 언(Ji-Eon Lee)**

[준회원]



- 2014년 2월 : 한라대학교 전기전자공학과 (공학사)
- 2014년 2월 ~ 현재 : 아주대학교 시스템공학과 석사과정

<관심분야>

철도 시스템엔지니어링

**이 재 천(Jae-Chon Lee)**

[정회원]



- 1994년 9월 ~ 현재 : 아주대학교 시스템공학과 정교수
- 1977년 2월 : 서울대학교 전자공학과 (공학사)
- 1979년 2월 : KAIST 통신 시스템공학 (석사)
- 1983년 8월 : KAIST 통신 시스템공학 (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