

설계시간계수 및 Simulation 기반 철도역사 이용시설 LOS 분석

The LOS Analysis of Railway Station Facilities Based on Design Hourly Factor and Simulation

오 태 호* (Tae-ho Oh) (Kongju University)	이 선 하** (Seon-ha Lee) (Kongju University)	천 춘 근*** (Choon-keun Cheon) (Kongju University)	김 은 지**** (Eun-ji Kim) (Kongju University)	유 병 영***** (Byung-young Yu) (Kunhwa Engineering)
---	--	--	---	---

요 약

최근 국내철도역사 인프라의 다변화(환승, 쇼핑 등)로 이용객이 증가하고 있는 반면, 이를 고려하지 못한 철도역사 설계로 이용객의 철도역사에 대한 만족도 수준은 낮아지고 있는 실정이다. 예를들어, KTX 광주송정역의 경우 2015년 개통 이후 이용객이 약 3배 이상 증가하여 역사 내 이용객 혼잡과 같은 불편함을 초래하고 있다. 본 연구에서는 철도역사 이용시설의 적정규모 산정을 위하여 도로공학의 설계시간계수 개념과 보행 시뮬레이션을 활용한 분석을 시행하였다. 이를 위해서는 분석과정을 크게 2단계로 구분하였다. 1단계는 교통학적 측면에서 도로설계 시 이용되는 설계시간계수의 방법론을 인용한 철도역사 이용객 산출, 2단계는 보행 시뮬레이션을 통하여 철도역사 시설물별 서비스수준 분석을 시행하였다. 분석결과 보행 시뮬레이션 활용으로 철도역사 시설물별 서비스수준 분석 가능여부가 검증되어 향후 역사 설계 시 시설물별 적정 서비스수준 따른 면적 제시가 가능할 것으로 판단된다.

핵심어 : 설계시간계수, 서비스수준, 미시적 시뮬레이션, 보행자 시뮬레이션

ABSTRACT

Recently the passenger of railway satisfaction levels are lowered. the reason why the railway station was built without considering the increased passenger due to diversification(transfer, shopping, and etc.) of the domestic railway station infrastructure. Especially, in case of KTX Gwangju-Songjeong Station, the number of its passenger has been increased about more than three times since its opening in 2015, so that there are much inconvenience generated in the station congested with passengers. his study aims to excute using Pedestrian simulation and Design Hourly Factor concepts of Highway Engineering, in order to designing the optimum area through the passenger demand forecast for each station. For this analysis was divided into the second stage. Frist, the railway passenger was calculated by using the methodology of Design Hourly Factor that is used during road design in the aspect of traffic engineering. Second, we tried to analyze the level of service in each railway station facility through the pedestrian simulation. Analytical results show that utilizing pedestrian simulation provides verification for calculation of LOS of each railway station facility. Therefore, In the future when designing railway station of facilities will be possible to suggest the facilities area based on LOS

Key words : Design hourly factor, Level of Service, Micro simulation, Pedestrian simulation

* 주저자 : 국립공주대학교 도시·교통공학과 석사과정
 ** 공저자 및 교신저자 : 국립공주대학교 건설환경공학부 교수
 *** 공저자 : 국립공주대학교 건설환경공학과 박사과정
 **** 공저자 : 국립공주대학교 도시·교통공학과 석사과정
 ***** 공저자 : (주)건화 교통계획부 차장
 † Corresponding author : Seon-ha Lee(Kongju National University), E-mail seonha@kongju.ac.kr
 † Received 8 April 2016; reviewed 21 April 2016; Accepted 4 May 2016

I. 연구 개요

1. 연구의 배경 및 목적

사회경제의 지속적인 발전으로 국내 철도역사 인프라 및 이용객이 증가하고 있으며, 철도역사는 단순 대중교통 수단 기능 외 타 교통수단 환승, 문화, 레저, 쇼핑 등의 공간으로 확대되어 역사별 이용객이 증가하고 있는 실정이다.

하지만 국내 기 구축된 철도역사는 단순열차 승·하차 이용객 수요만을 예측하여 역사 설계 시 과다·과소 설계되는 문제가 발생되고 있다. 이에 대표적으로 KTX 광주송정역은 당초 건설기준이었던 이용객 예측수요(4,600여명/일)를 초과하여 1년 내 12,460여명/일(약 3배 이상)으로 증가하여 이용객 불편을 초래하였다.

본 연구에서는 철도 혼잡의 이유로는 다양한 목적(환승, 단순통과, 상업시설이용 등)을 지닌 이용객 수요가 고려되지 않아 비승차 이용객을 고려한 수요산정이 필요하며, 아울러 시뮬레이션을 활용하여 시설물별 서비스수준을 분석하는 것이 철도역사 시설물별 면적의 적정성 검토 과정의 주요 절차로 판단하였다.

따라서, 철도역사 설계 시 활용되는 기준 이용객(1년 중 대표 1시간)은 도로설계 시 이용되는 설계시간계수 방법론을 활용하여 승·하차 이용객 및 비승차이용객 수요를 산정하였으며, 이를 기반으로 철도역사 시설물별 서비스수준 산출을 시행하고자 하였다.

2. 선행연구 및 문헌검토

본 연구에서는 보행자 관련 연구, 철도역사 면적 설계 연구 및 설계시간계수 산정에 대하여 문헌검토를 시행하였다.

보행자 관련 연구는 보행자 특성 및 보행 시뮬레이션에 대해 조사하였으며, 철도역사 면적설계의 경우 철도역사 서비스수준 산정 기준 및 시설물별 면적산정 기준 평가를 중심으로 검토하였다.

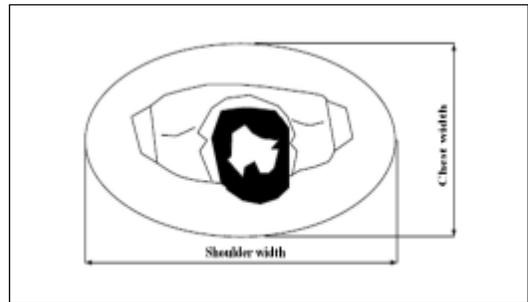
또한, 설계기준 철도역사 이용객 수요산정을 위

하여 도로설계 시 이용되는 설계시간계수 산정방법론 조사를 시행하였다.

1) 보행자 관련 연구고찰

Fruin(1971)은 보행공간 및 보행서비스를 판단하기 위한 기준으로 인체치수를 정의하였으며, 인체치수로는 개인공간, 완충공간, 보행에 필요한 공간으로 구분하였다. 인체치수의 경우는 보행자 특성(성별, 연령, 장애여부 등)에 따라 다른 상수 값을 가지며, 이는 보행자 속도와 관계가 있다는 것을 검증하였다[1].

Kim et al.(2002)은 보행시설 중 계단과 대기공간 분석방법을 도출하여 편리한 보행시설의 제공을 도모하였으며 이를 위한 효과 척도로는 유효계단폭, 대기공간은 1인당 점유공간을 사용하였다[2].



〈Fig. 1〉 Human ellipse

Jang et al.(2010)은 보행환경과 같은 복잡계를 시뮬레이션하기 위한 연구를 진행하였다.

이를 위해 복잡계를 시뮬레이션하기에 유용한 프로그램으로 알려진 NetLogo를 이용하여 보행 시뮬레이션 프로그램을 개발 후 프로그램의 신뢰도를 검증하였다. NetLogo는 수백개의 독립적인 보행자를 동시에 개시할 수 있으며, 특정 및 전체 보행개체간의 상호작용으로부터 나타나는 패턴사이의 연결을 가능하게 하는 프로그래밍 언어이다.

NetLogo를 활용하여 구축된 보행 시뮬레이션 검증 결과 5%내의 오차범위로 수렴되었으며, 신뢰도를 더욱 향상시키기 위해서는 정확한 모의조사 환경 구축 및 단위 일치를 제시하였다[3].

Park et al.(2010)은 사당역의 보행환경 변화(계단 추가, 에스컬레이터 상·하행 전환 등) 및 보행량 변화에 따라 보행자들의 속도분포와 밀도 변화에 대해서 분석을 시행하기 위해 Simwalk를 사용하였다. Simwalk는 보행자의 성향을 Micro하게 표현이 가능하고 역사 시설물 개수 및 위치에 따른 보행자 동선 변화가 가능하다. 또한 사전에 정해진 목적지까지 적정한 보행속도를 가지고 지체 및 혼잡을 회피하여 움직일 수 있는 보행행태 모형을 이용하고 있다[4].

따라서, 본 연구에서는 Simwalk를 활용한 역사 시설물에 대한 효과입증으로 보행자 동선에 방해되는 물질적 요인 및 동선변화에 따른 보행행태 분석을 시행하였다.

2) 철도역사 면적 연구고찰

철도역사 설계 시 일반적인 보편성 및 철도 건축물만의 특수성을 반영할 수 있는 적합한 규모의 기준을 마련하기 위하여 『Korea Rail Network Authority (2014) Design guideline on railway』의 기준을 준수하였다[5].

본 지침은 철도역사 시설물(승강장, 계단 등)에 대하여 1m²당 보행자밀도, 1인당 점유면적, 보행흐름계수를 효과적으로 적용하여 서비스수준을 단계별(A~F)로 구분하였다. 각 단계별 효과척도의 기준은 다음 <Table 1>과 같이 적용하였다.

<Table 1> LOS(Level of Service) of Area and Stair

LOS	Area			Stair		
	Area Module (m ² /ped)	Average distance (cm)	Density (ped/m ²)	Area Module (m ² /ped)	Flow factor (ped/m·min)	Density (ped/m ²)
A	Over1.3	Over120	Under0.8	Upper2.0	Under15	Under0.5
B	1.3 - 1.0	120 - 105	0.8 - 1.0	1.5 - 2.0	15 - 20	0.5 - 0.7
C	1.0 - 0.7	105 - 90	1.0 - 1.4	1.0 - 1.5	20 - 30	0.7 - 1.0
D	0.7 - 0.3	90 - 60	1.4 - 3.3	0.7 - 1.0	30 - 40	1.0 - 1.4
E	0.3 - 0.2	Under 60	3.3 - 5.0	0.4 - 0.7	40 - 55	1.4 - 2.5
F	Under0.2	Occupied	Over5.0	Unde 0.4	Upper55	Upper2.5

Kim et al.(2012)은 현재 사용 중인 고속철도역사의 면적 산출 기준은 외국의 철도역사 면적 기준과 고속철도역 시설 기준연구(1993)를 수정·보완된 것으로 국내에 적용하는 것은 부적합하다고 판단하였다. 따라서, 콘코스, 대합실을 중심으로 이용자 규모별 LOS(Level of Service)와 면적기준에 대하여 비교·분석을 시행하였다.

분석결과 콘코스를 유동공간, 체류공간으로 분류하는 것과 같이 각 공간 및 역사 규모별로 다른 서비스수준을 적용하는 것이 적절하다는 결론을 도출하였다[6].

3) 설계시간계수 고찰

『Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2013), Highway Capacity Manual』에서 설계시간계수는 일반적으로 K로 통용되며, 이는 도로설계를 위한 시간교통량 및 도로설계의 기본이 되는 장래 시간 교통량으로써, 설계 대상구간을 통과할 것으로 예상되는 1시간 교통량을 의미한다[7].

또한, 설계시간계수는 해당 도로의 한 시간 교통량 분포 중 적정수준 교통량을 계획목표년도의 설계시간교통량으로 선택할 것인가를 결정해주는 계수이다. 이때, 설계시간계수를 너무 높게 설정할 경우 비경제적으로 교통량에 반하여 도로가 과대설계될 염려가 있고, 너무 낮게 설정할 경우 과소설계로 인하여 교통혼잡을 발생시킬 수 있다.

설계시간교통량은 1년간 시간단위로 조사된 시간교통량(8,760시간 = 365일 X 24시간) 내림차순으로 정렬한다. 이후 시간교통량-순위 관계곡선으로 연결하여 해당 곡선이 급격히 변하는 지점(변곡점)의 시간교통량을 선정하여 활용한다. 본 연구에서 주요하게 접목시킬 설계시간계수의 산정식으로는 다음 식 (1)과 같다.

$$K = \frac{DHV}{AADT} \quad (1)$$

여기서,

- K = 설계시간계수
- DHV = 설계시간교통량(대/시/양방향)
- AADT = 연평균 일교통량(대/일)

4) 기존연구와의 차별성

기존 철도역사 면적 연구에서는 철도역사 설계 지침의 적정 면적설계를 위한 수학적 모형과 고속철도 1일 이용객 자료를 활용한 철도역사 시설물(콘코스, 대합실)의 서비스수준 분석을 시행하였다. 분석결과 역사를 시설물·규모별로 세분화하여 서비스수준 기준을 달리해야하는 결론을 도출하였다.

하지만 철도역사 지침 상의 수학적 모형만을 이용하여 특정구간(계단 앞 등)에 밀집하는 보행자 밀도를 분석하는 것에 한계점이 있었다.

다음으로 시뮬레이션을 이용한 철도역사 분석에서는 조사원을 통하여 수집한 현황자료에 의거하여 보행자분석 시뮬레이션(Simwalk)을 통해 역사 보행환경 변화에 따른 서비스수준을 분석하였다.

분석 시 조사 일시의 현황 자료만을 이용하여 연중 편차가 심한 철도이용객을 반영하는데 한계점이 있었다. 그리고 보행자분석 시뮬레이션(Simwalk)에서는 실제 사람이 통과할 수 있는 공간을 통과하지 못하는 시뮬레이션 구현 문제점이 도출되었다.

본 연구에서는 사전 보행 시뮬레이션을 시행함으로써, 시설물별 세분화 된 분석값 도출하고자 하였다. 또한 기존에 수행되었던 시뮬레이션 분석 연구와는 다르게 본 연구에서는 장래 철도역사 설계 및 기존 철도역사 시설물별 면적배분 시 활용가능하도록 설계시간계수를 이용한 철도역사 기준 이용객예측을 통하여 수요를 예측하였다.

또한 실제적이지 못한 흐름이 구현된 기존 시뮬레이션의 문제점을 보완할 수 있는 분석도구 선정을 시행함으로써 실제적인 보행환경을 반영하고자 하였다.

II. 설계시간계수 및 이용객 산정

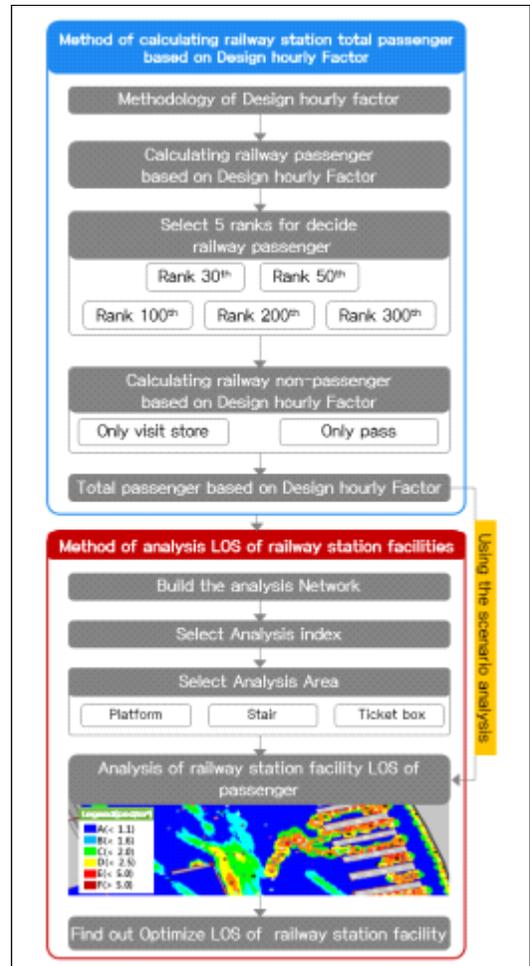
1. 연구의 흐름도

본 연구는 크게 설계기준 철도역사 이용객산출과 철도역사 시설물별(승강장, 계단, 매표소 등) 서비스수준 분석으로 구분되며, 다음 <Fig. 2>와 같다.

설계기준 총 철도역사 이용객 산출을 위해서는

도로설계 시 활용되는 설계시간계수 방법론을 인용하였다. 이후 산정된 설계시간계수 중 철도역사를 대표하는 이용객에 대한 시나리오 분석을 위해 5개 순위를 선별하였다. 다음으로 총 철도역사이용객 산출을 위해 비승차 이용객(단순 상업시설 이용객, 단순 통과인원)을 고려하였다.

다음으로 철도역사 시설물별 서비스수준 분석을 위해서는 구축된 철도역사 네트워크 내 분석구역 설정(승강장, 계단, 매표소)을 시행하였다. 이후 설계시간 계수 순위에 따른 시설물별 적정 서비스수준을 도출함으로써 적정면적 판단에 활용되는 정량적 지표를 수집하였다.



<Fig. 2> Flowchart of the research

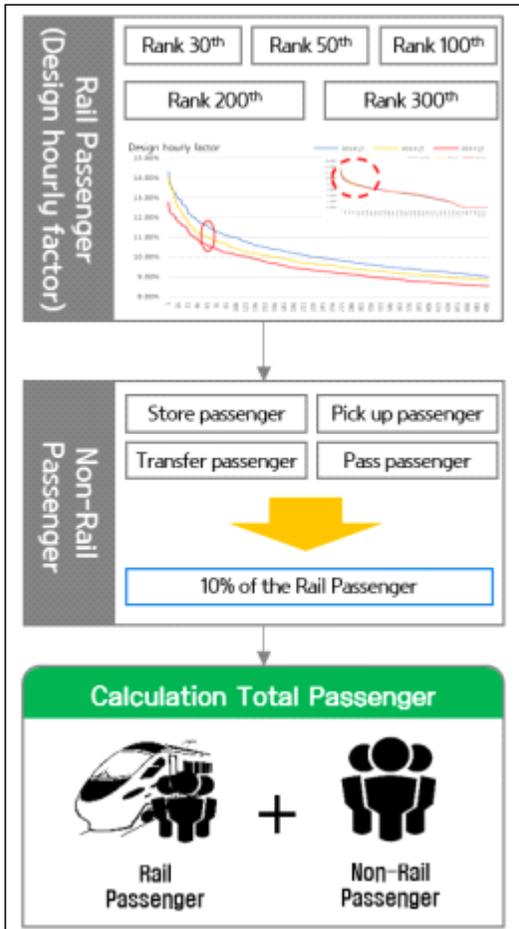
2. 설계기준 철도이용객 산정

1) 이용객 산정방법

설계시간계수 산정을 위해서 한국철도공사 통계 DB 중 서울역의 2014년 승·하차이용객 자료를 수집하였다.

수집된 승·하차 이용객을 활용하여 설계시간보행량/연간일보행량비 분석을 통한 1년을 대표하는 대표 1시간의 승·하차 이용객을 산출함

또한, 서울역은 한국을 대표하는 복합역사로써 열차 승·하차객 이외에 단순 상업시설 이용객 및 단순 통과인원을 배제할 수 없다. 따라서, 열차이용객에 임의의 비율(10%)을 고려하여 비승차 이용객을 산정하였다.



〈Fig. 3〉 Flowchart of analysis method at Seoul rail station

2) 설계시간계수

철도역사 설계 시 기준이 되는 열차 이용객(1년 중 1시간 이용객) 산정을 위하여 서울역의 열차 승·하차 데이터를 활용하였다.

설계시간계수 산출을 위해 도로설계 시 활용되는 설계시간계수 산정 방법론을 인용하였으며, 다음 식 (2)를 본 연구에서 활용하였다.

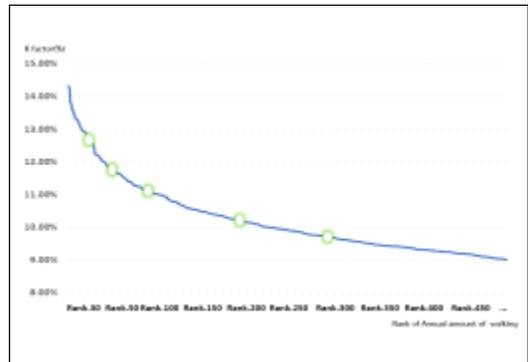
$$K = \frac{DHP}{AADP} \quad (2)$$

여기서,

- K = 설계시간계수
- DHP = 설계시간보행량(명/시)
- AADP = 연평균일보행량(명/일)

위 식을 바탕으로 설계시간계수를 1위 ~ 8,760위 까지 나열한 뒤, 시간보행량-순위 관계곡선에서 5개 순위를 선정하였다.

해당 순위의 K값 및 철도역사 이용객수를 이용하여 철도이용객 변화에 따른 분석 시나리오를 구성하였다.



〈Fig. 4〉 K factor-Rank curve

위의 <Fig. 4>와 같이 설계시간계수 5개 순위(30위, 50위, 100위, 200위, 300위)를 선정하여 해당순위에 대한 열차 승·하차인원을 도출하였다. 이로써 설계 기준 철도이용객 시나리오를 설정하였으며, 각 시나리오별 비승차 이용객을 고려하여 총 설계 기준 철도이용객 산정 시나리오를 구성하였다.

3) 철도 이용객 산정결과

도로설계 시 이용되는 설계시간계수 산정 방법을 인용하여 다음 <Table 3>과 같이 설계시간계수 순위별로 서울역의 기준 철도역사 이용인원을 산정하였다.

선정된 설계시간계수(5개 순위)를 도로조건과 비교결과, 30위의 K factor는 12.50%로 지방부(12%), 200위(10.17%)의 경우는 도심부(10%)와 유사한 것으로 나타났다.

이는 철도역사 입지별 설계시간계수의 차등 적용을 고려 할 수도 있다 것을 의미한다.

<Table 2> Results of calculated Pedestrian

Rank	K factor (%)	Boarding (person)	Alighting (person)	Non passenger (person)	Total (person)
30th	12.50%	3,845	7,690	1,154	12,689
50th	11.79%	3,627	7,254	1,088	11,969
100th	11.02%	3,392	6,783	1,018	11,193
200th	10.17%	3,128	6,257	939	10,324
300th	9.70%	2,983	5,967	895	9,845

<Table 3> Comparison of pedestrian simulation

Section	VISWALK	EXODUS	SIMULEX	NAGATO	Pathfinder	Simwalk
Nation	Germany	England	England	Korea	USA	Switzerland
Modeling method	Behavior model	Behavior model	Partial behavior model	Partial behavior model	Partial behavior model	Behavior model
Structure	2D Link Network 3D Solid	node & arc based network	Grid structure	2D GIS DATA, 3D Solid	Network structure	CAD 3D Solid
Model point of view	Passing Speed, Reaction time, Individual & clustered	Gender, Age, Pedestrian Speed, Reaction time	Individual Motion	Pedestrian Speed Distance	Clustered Motion	Gender, Age, Pedestrian Speed, Reaction time
Pedestrian movement characteristic	Consider the physical movement of Individual pedestrians	Consider the physical movement of pedestrians	Calculation of speed for separation between human beings	Consider tracking instinct	Consider deceleration speed based on the space density	Consider the physical movement of pedestrians

Ⅲ. 시뮬레이션 분석

1. 분석도구검토

본 연구에서는 열차 및 보행자를 연계한 철도역사 시설물별 서비스수준, 개별보행자 특성고려, 보행밀도, 속도 등이 분석되는 도구를 필요로 한다.

따라서, 본 연구를 수행가능 한 분석도구를 선정하고자 다음과 같은 보행 시뮬레이션 분석도구를 검토하였다[8].

1) VISWALK

실제적인 보행행태(보행의 목적지 도착, 보행자 사이 간격, 장애물 인식정도 등)를 구현 가능하게 하는 Social Force Model을 기초로 하여 현실과 유사한 모형구축을 가능하게 하며 통합교통계획 및 보행자 흐름관리에 사용되는 프로그램이다.

또한, Link 및 Area기반의 모형구축이 가능으로 GIS기반 구조보다 실내평가에 유리하며, 개별·군집적 보행자 특성 반영이 가능하기 때문에 현실적인 보행흐름을 제시하는데 적합한 프로그램으로 Micro 분석 프로그램인 VISSIM과 연계되어 대중교통(버스, 전철, 기차 등)환승 및 승·하차 분석이 가능한 프로그램이다.

2) EXODUS

Node와 Arc를 기반으로 한 재난대피분석 프로그램으로 실제 설계된 건물을 프로그램에 반영하여 최단경로 및 지정된 경로에 따라 행동하는 보행자의 물리적 이동을 고려한다. 프로그램에 적용된 규정과 상황에 따른 보행자 흐름에만 집중되어 대중교통과의 상호작용으로 미치는 영향을 분석할 경우는 어려움이 있다.

3) SIMULEX

부분적 행동모델을 기반으로 한 재난 대피프로그램으로 보행자의 개별적 통행을 사람들 간의 이격거리를 이용하여 속도분석을 시행하나, 최단경로 또는 지정된 경로에 대하여 절대적으로 행동한다.

4) NAGATO

국내에서 개발된 보행 시뮬레이션으로 가시맵, 유도등, 보행자별 보행속도 및 이격거리 고려가 가능한 부분적 행동모델을 사용하고 있으며, 시뮬레이션 구조는 2D 및 3D 구현이 가능하다.

5) Path Finder

대피프로그램으로 2D 및 3D의 공간표현이 가능한 GUI(Graphical User Interface)기능이 있다.

또한, 구축된 공간에서의 군집적 이동을 통하여 속도분석이 가능하며, 이는 재실밀도에 영향을 받고 일정 밀도 범위 내에서 프로그램이 작동하는 특징을 가지고 있다.

6) Simwalk

보행자의 행태분석, 생성·소멸점, 속도, 개별적 파라미터설정 등을 시행할 수 있으며, 보행자 이동 알고리즘으로는 보행목적과 다른 보행자와의 상호작용을 고려하여 목적지까지의 최단거리를 이용한다.

네트워크는 CAD도면을 기반으로 구축되며 물리적 환경 변화에 대해 수월하게 정할 수 있는 특징으로 버스정류장, 기차역 등 분석 시 사용된다.

2. 분석도구 선정

1) 선정결과

VISWALK는 역사, 대피, 시설물, 이벤트 계획에 활용 가능하며 특히, 교통류 분석 모델인 VISSIM과 상호연동을 통해 대중교통과 보행자 간 분석이 가능하다.

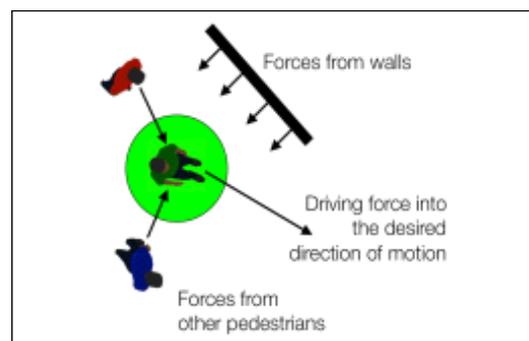
따라서, 본 연구에서는 철도역사 내 보행자 및 열차를 고려한 분석이 진행이 되어야 하므로, 보행자 그룹별 특성(통행속도, 통행패턴, 필요 보행공간 등) 및 차량별 특성(배차간격, 열차모형 등)이 입력가능한 분석도구인 VISWALK를 선정하였다.

2) VISWALK 보행자모형

VISWALK는 보행행태 모형으로 보행자의 자연적인 흐름을 구현하는 Social Force Model을 사용하고 있다.

Social Force Model은 기본적으로 보행자들에게 최단경로를 선택하게하며, 보행자특성(성별, 연령대별, 장애여부 등)을 구분한 속도를 구현할 수 있으며, 이는 가우스 분포를 따른다[9].

또한, <Fig. 5>와 같이 보행자가 이동할 때 장애물 인식여부 및 보행자들 간의 충돌을 피하기 위하여 일정 간격을 가지면서 목적지까지 이동할 수 있게한다.



<Fig. 5> Social Force Model

2) 장점

보행자 특성(보행자간 거리, 보행속도, 장애물과의 거리 등) 설정이 가능하여 국내 보행특성에 맞

계 파라미터 변경이 가능하다. 또한 외부 3D 모형 입력을 통해 대중교통의 크기 및 승·하차 지점 등의 세부적인 요소 고려가 가능하다.

3) 단점 및 한계점

승·하차 인원 설정 시 열차 당 조사된 하차인원을 설정할 수 있으나, 승차객의 경우 상수가 아닌 승차비율을 선정함으로써 정확한 승차객 수를 설정하는 것이 불가능하다. 이를 보완하기 위해서는 열차 당 승차인원에 대한 모형 정산을 시행하는 방안이 있다.

보행자 경로 배정 시 다중 보행우회경로를 구축 과정에서 우회판단지점 Area의 위치에 따라 간혹 보행자가 동일구간을 순환하는 현상이 발생되므로 시뮬레이션을 필수적으로 관찰하여 본 오류가 발생하지 않도록 검토를 시행하여야한다.

3. 분석도구 구축

VISWALK 구축절차는 크게 4단계(데이터 수집 및 가공, 네트워크 구축, 보행자 특성입력, 분석)로 구분된다. 먼저, 데이터 수집 및 가공단계에서는 역사 CAD도면, 승·하차인원 등 네트워크구축 및 설계시간계수 산정에 필요한 자료를 수집하고 VISWALK 내 입력가능 하도록 데이터 가공을 시행하

였다.

네트워크 구축단계에서는 수집된 CAD도면을 이용하여 각 층별 보행공간 및 장애물을 구축하였으며, 현실 환경적인 분석모형 구축을 위하여 열차 3D모형을 추가하였다. 또한, 열차 배차는 2014년 열차 운행 시간표를 이용하여 분석시점에 맞는 열차 운행계획을 시뮬레이션 내 입력하였다.

보행자 특성 입력단계에서는 보행속도에 따라 보행자특성(성별, 연령대, 장애여부 등)을 고려하였으며, 이동경로 구축 시에는 출발지로부터 최단, 최적, 우회경로를 통하여 목적지에 도달 가능하도록 구축하였다.

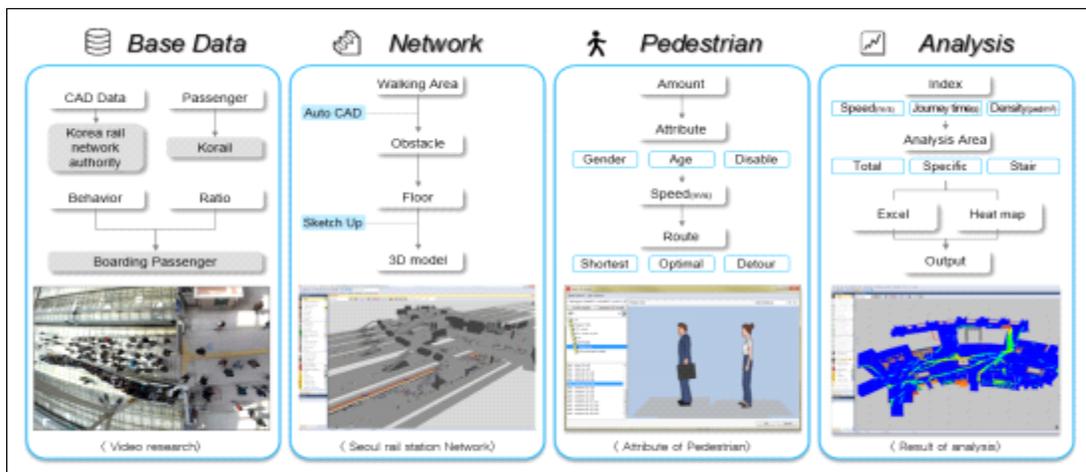
경로배정 시 역사로 진입하는 승차인원들은 승강장 또는 타 출구로 이동하는 경로를 구축하였고 하차인원은 승강장을 기점으로 2층 출입구(동·서측 광장) 방면으로 진출하는 경로를 구축하였다.

이때, 각 승차인원 경로의 기·종점 간에는 매표소, 화장실, 승강장을 경유하는 경로를 구축하였다.

마지막으로 분석 단계에서는 분석지표(통행속도, 통행시간, 혼잡도 등) 및 분석지역을 설정하여 정량·정성적으로 분석값을 도출하였다.

6. 분석방법

철도역사의 다양한 시설물(승강장, 계단, 매표소)



〈Fig. 6〉 Flowchart of the building VISWALK

에 대하여 LOS(Level of Service)를 도출하기 위해 설계시간계수 순위(30위, 50위, 100위, 200위, 300위)에 따른 시나리오를 설정하였다.

본 연구에서는 현실과 유사한 환경의 시뮬레이션 분석을 위하여 승강장에 열차가 대기 중인 경우 열차에 즉시 탑승하는 탑승객들의 행태를 구현하기 위해 시뮬레이션 Warming-up time(1,800초)을 부여하여 네트워크 내 원활한 보행이 이루어지는 상태부터 첨두시간(1시간)에 대해 보행자 밀도를 분석하였다. 또한, 최단거리를 이용하여 출구로 향하는 보행자들의 특성을 분석하기 위하여 분석구간을 전체 및 일부구간을 나누어 밀도 분석을 시행하였다.

또한, 각 철도역사 시설물(승강장, 계단, 매표소)의 혼잡시점이 다른 것으로 판단되어 분석시간 내 각 시설물이 갖는 최대 밀도를 산출하여 최대혼잡 정도를 분석하였다.

6. 분석개요

1) 분석범위

분석 대상지는 국내를 대표하는 철도역사인 서울역을 대상으로 하며, 그 중 철도역사 설계 지침에 설계기준이 제시 되어있는 승강장, 계단, 매표소에 대하여 서비스수준분석을 시행하였다.

2) 열차 시간표

본 연구에서 활용한 서울역 열차시간표는 다음 <Table 4>와 같음

7. 분석결과

1) 승강장 분석결과

출발승강장의 경우 승객이 플랫폼 도착과 동시에 대기하고 있는 열차에 탑승하여 설계시간계수 순위에 관계없이 전체적인 서비스수준이 A로 분석되었다.

도착승강장의 경우 보행자 밀도분석 결과 각 선로의 전체구간에 대한 서비스수준은 A로써 보행자의 이동행태는 원활한 것으로 분석되나, 구간별(계단 기준 좌, 우, 가운데)로 분할하여 분석한 경우 서

<Table 4> Timetable of Seoul railway station

Table	class	time
Departure	KTX	14:00:00
		14:15:00
		14:30:00
		14:50:00
		14:35:00
	ITX-Saemaoul	14:07:00
	Mugunghwa	14:25:00
Arrival	KTX	14:45:00
		13:44:00
		14:00:00
		14:10:00
		14:20:00
		14:32:00
		14:44:00
		14:50:00
	ITX-Saemaoul	14:30:00
	Mugunghwa	14:51:00
Nuriro	14:05:00	

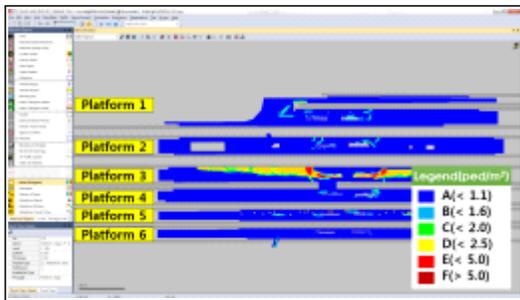
비스수준 D 수준으로 혼잡한 것으로 분석되었다. 이는 하차객 특성상 출구방면으로 보행자 밀집현상이 발생되어 전체적인 서비스수준은 낮으나 일부구간에 대해서는 높은 혼잡밀도가 분석되었다.

정성적 분석결과 <Fig. 7>과 같이 3번 승강장 계단 인근 하차객들이 밀집되는 것으로 분석되었다.

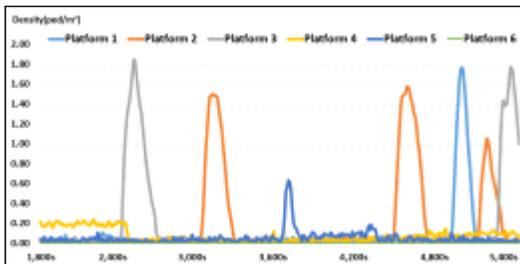
따라서 계단 앞 구역에 대하여 밀도를 분석한 결과 <Fig. 8>과 같이 열차 도착시간에 맞추어 밀도가 일시적으로 증가 후 완화되는 것으로 분석되었다.

<Table 5> LOS(Level of Service) of Platform

Table	30 th	50 th	100 th	200 th	300 th	
Departure lane	Total	0.02(A)	0.02(A)	0.01(A)	0.02(A)	0.01(A)
	2.1	0.02(A)	0.02(A)	0.02(A)	0.02(A)	0.01(A)
	2.2	0.10(A)	0.09(A)	0.11(A)	0.10(A)	0.04(A)
	2.3	0.01(A)	0.02(A)	0.01(A)	0.02(A)	0.01(A)
	Total	0.07(A)	0.05(A)	0.07(A)	0.06(A)	0.05(A)
	5.1	0.07(A)	0.05(A)	0.07(A)	0.06(A)	0.06(A)
	5.2	0.07(A)	0.16(A)	0.06(A)	0.06(A)	0.06(A)
	5.3	0.10(A)	0.05(A)	0.07(A)	0.06(A)	0.06(A)
Arrival lane	Total	0.15(A)	0.14(A)	0.12(A)	0.12(A)	0.11(A)
	3.1	0.80(D)	0.78(D)	0.74(D)	0.66(C)	0.67(C)
	3.2	0.79(D)	0.77(D)	0.75(D)	0.68(C)	0.67(C)
	3.3	0.92(D)	7.87(D)	0.79(D)	0.75(D)	0.71(D)
	Total	0.11(A)	0.10(A)	0.10(A)	0.09(A)	0.09(A)
	4.1	0.44(B)	0.42(B)	0.39(B)	0.36(B)	0.34(B)
	4.2	0.53(C)	0.51(C)	0.45(B)	0.44(B)	0.41(C)
	4.3	0.86(D)	0.79(D)	0.75(D)	0.71(D)	0.69(C)
In front of Stair	Left	1.03(E)	0.90(D)	0.78(D)	0.67(C)	0.61(C)
	Right	1.11(E)	0.89(D)	0.82(D)	0.76(D)	0.73(D)



<Fig. 7> Heatmap of platform(Rank 30th)



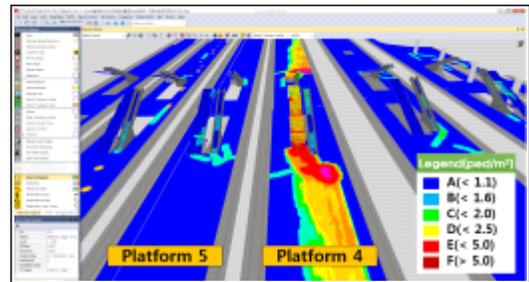
<Fig. 8> Density pattern of in front of stair

2) 계단 분석결과

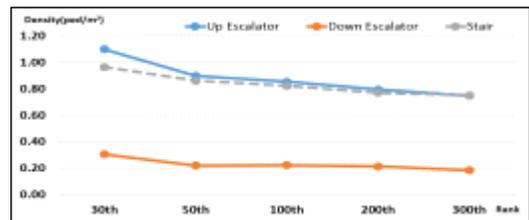
승강장과 연결된 계단 및 에스컬레이터를 분석한 결과 설계시간계수 30위의 에스컬레이터(상행) (밀도 1.10인/m²) 및 계단(밀도 0.96인/m²)이 서비스 수준 D로 분석되었다. 이는 열차로부터 발생된 하차객이 출구로 향하기 위해 에스컬레이터(상행) 및 계단에 집중되는 것으로 판단된다.

<Table 6> LOS(Level of Service) of stair

Table	30 th	50 th	100 th	200 th	300 th	
Escalator	Up	1.10(D)	0.90(D)	0.85(D)	0.80(D)	0.75(D)
	Down	0.31(B)	0.22(A)	0.22(A)	0.21(A)	0.18(A)
Stair	0.96(D)	0.86(D)	0.82(D)	0.77(D)	0.75(D)	



<Fig. 9> Heatmap of stair(Rank 30th)



<Fig. 10> Density pattern of stair

3) 매표소 분석결과

창구의 경우 매표를 위한 대기시간으로 인해 설계시간계수 순위 변동에 따른 밀도의 변화가 적어 100위까지 서비스수준 E로 일정한 것으로 분석되며, 이후에는 서비스수준 D로 분석되었다.

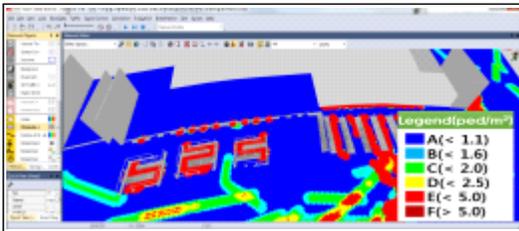
자동발매기의 이용객은 창구에 반하여 설계시간계수 순위변동에 따라서 밀도의 변화 폭이 크며, 다

음 <Fig. 12>와 같이 설계시간계수 30위와 300위의 서비스수준(E→B)로 확연하게 변화되는 것으로 분석되었다.

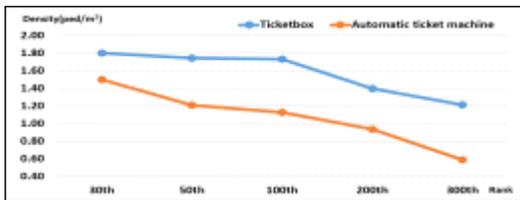
이는 자동발매기의 경우 창구보다 이용자 서비스 처리속도가 빠르므로 밀도의 감소폭이 큰 것으로 판단되었다.

<Table 7> LOS(Level of Service) of ticketbox

Table	30th	50th	100th	200th	300th
Ticket box	1.80(E)	1.75(E)	1.73(E)	1.40(D)	1.21(D)
Ticket machine	1.50(E)	1.21(D)	1.13(D)	0.94(C)	0.59(B)



<Fig. 11> Heatmap of ticketbox(Rank 30th)



<Fig. 12> Density pattern of ticketbox

4) 분석 시사점

본 연구에서는 기준철도 이용객에 따른 철도역사 시설물(승강장, 계단, 매표소)에 대한 서비스수준을 분석하였다.

특히, 철도역사 시설물 중 하차승강장의 경우 전체구간의 밀도는 낮지만 계단 앞 공간은 하차객들이 출구 방면으로 가기위해 계단을 이용하므로 계단 앞 공간의 밀도는 높은 것으로 분석되었다.

이를 통하여 각 철도역사 시설물 및 시설물 별 세분화된 구간의 서비스수준을 도출함으로써 기 구

측된 철도역사 시설물 면적의 적정성 여부 확인이 가능하였다.

따라서, 향후 신규역사 및 기존역사의 적정면적 검토 시 설계시간 계수에 따른 철도역사의 이용객 예측을 기반으로 서비스 수준을 도출함으로써, 철도역사 시설물별 면적의 적정성 검토가 가능할 것이다.

IV. 종합결론

본 연구에서는 철도역사 구성요소별 적정 면적 설계를 위한 방법론을 모색하기 위하여 설계시간계수 및 보행 시뮬레이션을 활용하였다.

도로공학에서 도로설계 시 이용되는 설계시간계수 산정방법론을 인용함으로써 철도역사를 대표하는 1시간의 철도역사 총 이용객을 산정하였으며, 보행 시뮬레이션(VISWALK)을 활용함으로써 철도역사 시설물(승강장, 계단, 매표소 등)에 대한 분석을 시행하여 LOS(Level of Service)를 도출하였다.

또한, 역사 이용객(승·하차 이용객, 비승차 이용객) 산출을 위하여 1년간의 시간대별 역사이용객 자료를 수집하였으며, 이를 설계시간보행량/연간일보행량비를 통하여 설계시간계수를 산정하였다.

산정된 설계시간계수를 1위 ~ 8,760위까지 나열한 뒤 시간보행량-순위 관계곡선으로 연결하여 생성되는 곡선에서 설계시간계수 5개 순위를 선정하여 1년 중 1시간을 대표하는 열차 승·하차 인원수를 산정하였다.

다음으로 비승차 이용객을 고려하여 설계시간계수 순위별 시뮬레이션 분석시나리오를 구성하였다.

승강장의 경우 전체적인 서비스수준이 승강장의 실질적인 보행이 이루어지지 않는 공간으로 인하여 서비스수준이 A로 분석되었다. 하지만 시뮬레이션 분석 결과 일부공간(출구 방면 계단, 출구방면 보행통로 등)에서는 승객들이 실질적으로 체감하는 혼잡도는 최대 1.11인/m²(서비스수준 E)으로 분석되었다.

이는, 철도역사 특성상 하차객이 이용하는 이동 경로가 출구 방면으로 향하므로, 일시적으로 집중

되는 현상으로 판단된다.

따라서, 이용자가 위와 같이 집중되는 구간은 계단의 폭을 늘려줌으로써, 적정 서비스수준을 만족시키는 계단폭을 시나리오 분석을 통해 도출하여야 할 것이다.

본 연구는 도로설계 시 활용되는 설계시간계수 방법론을 인용하여 철도역사의 총 이용객 예측 시행을 기반으로 역사 구성요소(승강장, 계단, 매표소 등)에 대하여 시뮬레이션을 활용한 서비스수준 산출을 시행하는 수준이며, 이는 향후 철도역사 설계 시 시설물별 면적의 적정여부를 판단방안 및 시나리오 분석을 시행함으로써 적정면적 제안이 가능할 것이다.

본 연구는 설계시간계수에 따른 이용객 시나리오 산정 시 적정순위에 따라 임의로 K factor를 선정하였으며, 연구의 대상지가 1개 역사로 국내 철도역사를 대표하기에는 어려움이 있다.

따라서 향후 연구과제로는 첫째 설계시간계수 도출 시 변곡점 산정기술에 대한 추가적인 연구가 진행되어야 한다. 둘째 1개 역사(서울역) 뿐만 아니라, 국내 철도역사의 대표유형(입지 기준, 고속열차 정차여부 기준 등)별로 구분하여 각 유형별 설계시간계수 도출 연구가 필요할 것이다.

보행 시뮬레이션에서는 비승차 이용객 자료의 부재로 철도역사 승·하차 이용객의 10%로 가정하여 분석을 시행하였다. 향후 시뮬레이션 결과값의 신뢰도를 높이기 위해서는 현장조사(추적조사, 영상조사 등)를 통한 비승차 이용객수요 산정을 통해 시뮬레이션 내 입력데이터로 활용하여야 할 것이다.

REFERENCES

- [1] Fruin J. J.(1971), "Pedestrian planning and design," *Metropolitan Association of Urban Designer and Environmental Planner*.
- [2] Kim J. H., Oh Y. T., Son Y. T. and Park W. S.(2002), "A Study on Estimating Level-of-Service for Pedestrian Facilities," *Journal of the Korean Society of Transportation*, vol. 20, no. 1, pp.149-202.
- [3] Jang S. Y., Han S. Y. and Kim S. G.(2010), "A Study on Level of Service of Pedestrian Facility in Transfer Stations at Urban Railroad," *Journal of the Korean Society for railway*, vol. 13, no. 3, pp.339-348.
- [4] Park J. H., Oh S. H. and Rhee J. H.(2010), "A Study on the Analysis of Walking Behavior in Transfer Stations after the Improvement of Walking Environment," *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, vol. 32, no. 3D, pp.189-196.
- [5] Korea Rail Network Authority(2014), *Design guideline on railway*.
- [6] Kim K. M., Kim J. H., Shin M. J. and Park Y. G.(2012), "A Study on the Co-relation of Level of Service and Size Criteria of High Speed Train Station," *2012 Autumn Conference & Annual Meeting of the Korean Society for Railway*, Gyeongju, pp.1522-1527.
- [7] Ministry of Land, Infrastructure and Transport(2013), *Highway Capacity Manual*, pp.4-7.
- [8] Lee S. H., Cheon C. K., Jung B. D., Yu B. Y. and Kim E. J.(2015), "Study on Methodology for Effect Evaluation of Information Offering to rail passengers - Focusing on the Gate Metering case Study considering congested conditions at a platform," *The journal of the Korea Institute of Intelligent Transport System*, vol. 14, no. 3, pp.50-62.
- [9] PTV Group(2015), *PTV VISSIM 8 User Manual*.

저자소개



오 태 호 (Oh, Tae-ho)
2015년 3월~ 현재 : 공주대학교 석사과정 (도시·교통공학 전공)
2009년 3월~2015년 2월 : 공주대학교 학사 졸업 (도시·교통공학 전공)
e-mail : dhxogh90@kongju.ac.kr



이 선 하 (Lee, Seon-Ha)
2000년 3월~ 현재 : 공주대학교 건설환경공학부 정교수
1996년 11월~1998년 11월 : 독일 칼스루헤대학 토목공학과 교통연구소(Dr.Ing.) 공학박사
1986년 10월~1990년 8월 : 독일 베를린공과대학 토목공학과 졸업(Dipl.Ing.) 공학석사
1982년 3월~1990년 2월 : 고려대학교 공과대학 토목공학과 졸업
e-mail : seonha@kongju.ac.kr



천 춘 근 (Cheon, Choon-keun)
2015년 3월~ 현재 : 공주대학교 박사과정 (건설환경공학과)
2013년 3월~2015년 2월 : 공주대학교 석사 졸업 (도시·교통공학 전공)
2007년 3월~2013년 2월 : 공주대학교 학사 졸업 (도시·교통공학 전공)
e-mail : ccken@kongju.ac.kr



김 은 지 (Kim, Eun-ji)
2015년 3월~ 현재 : 공주대학교 석사과정 (도시·교통공학 전공)
2010년 3월~2014년 2월 : 공주대학교 학사 졸업 (도시·교통공학 전공)
e-mail : lisake@naver.com



유 병 영 (Yu, Byung-Young)
2015년 5월~ 현재 : (주)건화 교통계획부 차장
2001년 3월~2003년 2월 : 공주대학교 석사 졸업 (교통공학 전공)
1993년 3월~2001년 2월 : 공주대학교 학사 졸업 (토목공학 전공)
e-mail : innocentyu@hanmail.net