

미시적 교통 시뮬레이션을 활용한 보행자도로 서비스 수준 평가

Level of Service Evaluation of Pedestrian Road Using Micro-Simulation

박순용* · 조혜림** · 조가영* · 윤일수***

* 주저자 : 서울기술연구원 스마트도시연구실 수석연구원

** 공저자 : 서울기술연구원 스마트도시연구실 연구위원

*** 교신저자 : 아주대학교 교통시스템공학과 교수

Soon Yong Park* · Hyerim Cho** · Ga Young Cho* · Ilsoo Yun***

* Seoul Institute of Technology, Dept. of Smart City Research, Principal Researcher

** Seoul Institute of Technology, Dept. of Smart City Research, Research Fellow

*** Ajou University, Dept. of Transportation System Engineering, Professor

† Corresponding author : Ilsoo Yun, ilsooyun@ajou.ac.kr

Vol.19 No.6(2020)

December, 2020

pp.26~36

pISSN 1738-0774

eISSN 2384-1729

<https://doi.org/10.12815/kits.2020.19.6.26>

2020.19.6.26

Received 23 October 2020

Revised 24 November 2020

Accepted 7 December 2020

© 2020. The Korea Institute of Intelligent Transport Systems. All rights reserved.

요약

보행자도로의 서비스 수준을 판단하는 평가지표인 보행 교통류율, 점유공간, 밀도, 속도 등의 정량적 자료를 산출하는 것은 많은 시간 소요와 경제적 부담으로 작용한다. 따라서 적절한 보행자 정책 수립을 위한 대체 대안으로 보행자의 미시적 경로 파악과 이를 활용한 서비스 수준 판단기술이 요구된다. 본 연구에서는 지하철역인 역삼역을 중심으로 미시적 교통류 분석 프로그램인 VISSIM을 이용하여 네트워크를 구축하고 정산 및 검증을 통해 신뢰성을 확보하였다. 이를 통해 도로용량편람 상의 속도를 활용하여 보행자 도로의 서비스 수준을 판단해 보았다.

핵심어 : 보행자, 보행자도로, 서비스 수준, 정산 및 검증, 미시적 시뮬레이션

ABSTRACT

The use of existing macroscopic research of pedestrian behavior on the walking link as data is limited in determining an individual pedestrian's moving route and the level of service. In macroscopic studies, it is difficult to make quantitative indices, such as pedestrian flow rate, occupied space, density, and speed for determining the level of service on pedestrian roads. Therefore, the microscopic pedestrian route is required to establish appropriate pedestrian policies. In this study, the Yeok-Sam subway station network was examined using a micro-simulation VISSIM, which was then calibrated and validated statistically. The Pedestrian Road's Level of Service of Yeok-Sam subway station area was evaluated using the pedestrian speed as the evaluating index on the Korean highway capacity handbook.

Key words : Pedestrian, Pedestrian Road, LOS, Calibration and Validation, Micro Simulation

I. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

인간 활동의 근본적 기반인 보행은 교통공학 및 도로공학 등에서 정의하고 있는 통행의 기초가 되며, 모든 목적 및 수단 통행의 기·종점을 연결하는 최말단 통행으로 그 활용도가 중요하다. 최근 서울시에서는 민선 7기 시정운영 4개년 계획에서 “걷기 쉽고, 함께 걷고 싶은 ‘보행 특별시 서울’ 구현 완성”이라는 정책 방향을 가지고 도심 도로공간 개편, 보행 특별구역 조성 등 보행환경의 개선을 추구하고 있다. 이와 더불어 녹색교통진흥지역(16.7km²) 전역으로 보행 특구를 확대 추진 중이다. 기존의 거시적 관점의 가로변 보행행태 연구는 개별 보행자의 이동경로 및 보행자도로의 서비스 수준을 판단하기 위한 자료로 활용하기에는 많은 제약이 존재했다. 특히 보행자도로의 서비스 수준을 판단하는 평가지표인 보행 교통류율, 점유공간, 밀도, 속도 등의 정량적 자료를 산출하는 것은 많은 시간 소요와 경제적 부담으로 작용된다. 따라서 적절한 보행자 정책 수립을 위한 대체 대안으로 보행자의 미시적 경로 파악과 이를 활용한 서비스 수준 판단기술이 요구되었다. 이에 유동인구가 많은 지하철역을 중심으로 한 단거리 보행자의 미시적 경로를 예측 또는 추정할 수 있는 모델 개발을 통해 서비스 수준 분석에 활용한다면 보행자 정책을 수립하는데 도움이 될 것으로 판단하였다.

이에 본 연구에서는 상업지역인 서울 역삼역 주변에서의 보행량 조사를 활용하여 이를 미시적 시뮬레이션 모형(microscopic simulation model)으로 재현하고 서비스 수준을 판단하였다. 이를 위해 서울기술연구원서 개발한 최단경로 보행자 경로선택 모형을 적용하여 정산(calibration) 및 검증(validation)을 수행하였다.

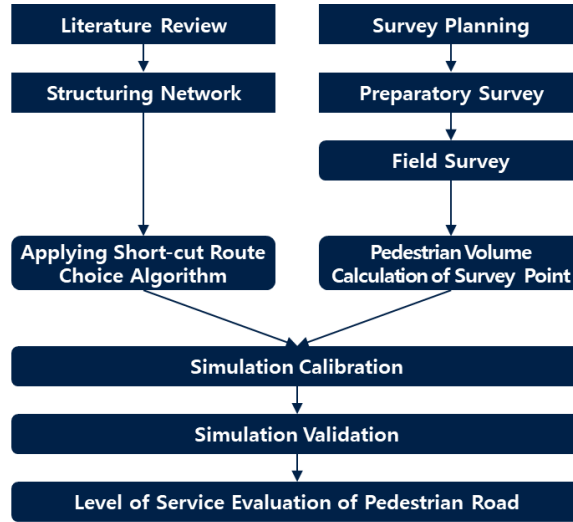
2. 연구의 방법

본 연구는 지하철 출입구를 기준으로 500m의 반경에 대하여, 현재 도로용량편람에서 제시하고 있는 보행자 도로의 서비스 수준을 판단하기 위한 방안으로 미시적 교통류 시뮬레이션에 의해 산출된 보행속도를 사용하였다(Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2013).

이를 위해 미시적 보행자 도로 서비스 수준 판단 선행 연구사례 및 교통류 시뮬레이션을 활용한 보행자 분석 방안을 검토해 보았다. 이는 본 연구에서 수행하는 모의실험 및 시뮬레이션의 정산 및 검증을 위한 기초자료로 활용하기 위해서이다.

이어서 서울기술연구원 연구에서 제시된 기존 상업지역 최단경로 보행자 경로선택 모형을 시뮬레이션에 탑재하고, 현장조사를 통해 지점 교통량을 조사하여 이를 조사지점과 유사하게 시뮬레이션 네트워크를 구축, 정산 및 검증을 거쳐 각 지점의 시간대별 보행속도를 산출하여 이를 도로용량편람에서 제시하고 기준으로 서비스 수준을 판단하였다.

기존 최단경로 보행자 경로선택 모형을 사용하기 위하여 공간적 범위는 경로선택 모형이 개발된 역삼역 7, 8번 출입구를 대상 반경 500m로 하였으며, 시간적 범위는 2019년 9월 25일(수) 08:00~22:00 까지 총 14시간의 보행량 자료를 사용하였다. 다음 <Fig. 1>은 연구방법 및 절차에 대한 흐름도이다.



<Fig. 1> Research Flow Chart

II. 국내 문헌검토 및 이론적 고찰

1. 보행자도로 서비스 수준

Jun and Son(2016)은 보행자 도로의 서비스 수준을 산정하는 방법을 개선하기 위해 보행점유공간을 주요 척도로하는 방법 중 보행류 상층 개념을 도입하여 분석을 수행하였다. 해당 연구에서는 방향별 보행자 수에 따른 상층공간과 평균 보행시간을 산정하였으며, 유효 보도면적을 산정하여 시공간 개념의 보행 점유공간을 통해 서비스 수준을 재조정하였다. 이를 통해 용량 상태의 보행교통류율을 80인/분/m로 제시하였다.

Choi et al.(2016)은 보행자 서비스 수준을 판정하기 위해 군집의 영향을 고려하기 위해 군집보행의 특성인 ‘보행로 상에 뒤섞인 군집(platoon)이 보행 흐름에 큰 영향을 끼친다’는 사실을 규명하였다. 이는 군집의 비율이 높은 지점과 낮은 지점에서 동일한 수의 보행자가 관측되었다 하더라도 실질적인 보행속도, 혼잡도 등은 큰 차이를 보일 수 있다는 것이며, 이를 고려하여 보행자 서비스 수준을 제시하였다.

Lee(2016)는 보행교통류의 편의성을 평가하는 방법에 있어서 보행교통류의 미시적인 특성이 반영되어야 한다고 판단하여 편의성을 판단할 수 있는 지표들을 시뮬레이션을 통해 제시하였다. 해당 연구에서는 경로 이탈도, 속도의 변화 크기, 그리고 충돌 횟수라는 세 편의성 지표를 보행교통류의 편의성을 평가할 수 있는 지표로 제시하였다. 이를 통해 기존의 보행 서비스 수준을 판단하는 교통류율이나 속도와 더불어 보조 지표로 활용성을 설명하였다.

2. 시뮬레이션을 활용한 보행자 분석

컴퓨터 처리능력의 향상으로 1990년대 이후 점차적으로 널리 사용되어 왔으며, 셀룰러오토마톤계(cellular automata, CA)와 에이전트기반모형(agent based models)으로 구분할 수 있다. CA는 cell 단위로 나누어진 공간에 0과 1의 digital number를 부여하여 점유·비점유로 구분한다. 보행자가 포함된 cell은 인접한 cell과의 관계

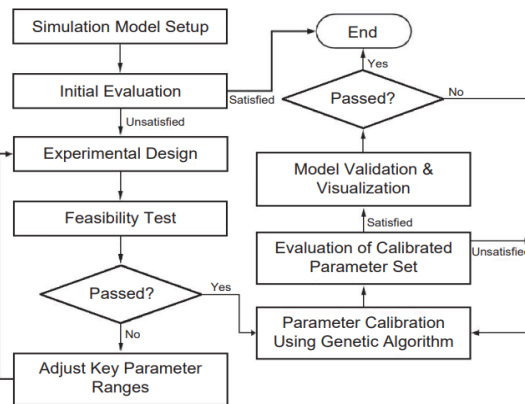
에서 상호 영향을 받으면서 이동 패턴을 결정하게 된다. 이를 통해 보행자의 미시적 행태를 반영한 모형구축이 가능하며, 시뮬레이션을 통해 시각적으로 보행자의 이동패턴 파악이 가능하다는 장점이 있다. CA를 적용한 보행자 이동 알고리즘은 개개인의 보행자 특성과 주변 환경 등을 반영한 보행경로 선택모형을 구축할 수 있다. 일반적으로는 건물 내부 등 한정된 공간을 대상으로 모델링하는데 사용되며, 공간적 범위가 클수록 자료구축 및 모델링에 상당한 시간과 비용이 소요된다. 그러나 일반적으로 다양한 데이터(다양한 수준의 품질)와 연구결과를 통합해야 하며, 그 과정에서 많은 가정을 해야 하기 때문에 결과 추정치의 품질에 심각한 영향을 미칠 수 있다.

Haklay et al.(2001)의 연구에서는 에이전트들(agents)이 시내 중심까지 경로를 찾아갈 때 모듈로 프로그래밍 된 다섯 단계를 거치게 되어 있다. 그 중 주요한 3가지는 ① 로컬운동(mover 모듈, 즉 walk ability 표면의 다음 그리드로 옮겨가는 과정), ② 중간범위운동 (helmsman 모듈, 즉 적절한 방향을 유지함), 그리고 ③ 넓은 범위운동(navigator 모듈, 즉 막다른 길을 피해서 다음 경유지에 이르는 과정)으로 이를 각각 따로 인지하도록 해줘야 한다. 에이전트기반모형은 복잡성 과학(complexity science)을 지원하는 인공지능 컴퓨터 기법의 하나로 생명과학, 경제학, 도시계획, 사회학 등에 널리 사용되고 있다.

전통적인 토지이용변화와 도시개발에 대한 모델은 zone 개념의 자료에 기반한 ‘통합적인(aggreated)’ 모형이었으나(Timmermans, 2003), 도시의 형태가 보다 복잡화되자 통합적 모형만으로는 설명력이 부족한 부분이 발생하였다. 이후 공간적 상호작용모형의 발달과 더불어 컴퓨터 기능의 향상으로 존단위 자료가 아닌 각각의 개체 단위로 도시 현상을 관찰할 수 있는 멀티에이전트 시스템이 발전되었다. 최근, 마이크로 시뮬레이션 모형과 Space-syntax, Route choice 모형 등과 결합한 융합 모형(hybrid models)의 개념이 제시되고 있다.

3. 시뮬레이션 정산

Park et al.(2006)은 <Fig. 2>에서 보인 바와 같이 현실적인 미시 교통 시뮬레이션 구축을 위한 유전 알고리즘(genetic algorithm, GA) 기반의 최적화 알고리즘을 이용한 미시 교통 시뮬레이션 정산 절차와 검증 기법을 제시하였다. 정산 절차는 시뮬레이션 모형 구축, 초기평가, 초기 정산, 타당성 검토, 정산, 파라미터 평가, 검증 및 시각화이며, 아래 그림과 같다. 또한, 제한한 정산과정을 VISSIM 및 CORSIM으로 구축된 12개의 신호연동교차로에 적용하여 정산 및 검증 과정을 수행하였다. 수행결과, VISSIM 및 CORSIM 네트워크에서 모두 효과적임이 증명되었다.



<Fig. 2> Calibration and validation procedure flowchart(Park et al., 2006)

Yun et al.(2013)은 미시 교통 시뮬레이션 모형을 이용한 하이패스 차로 위치별 이동성 및 안전성 평가 방법 연구에서 VISSIM 시뮬레이션 모형을 구축하고 정산하였다. 현장 조사 값인 하이패스 차로 통과속도, TCS 차로 정차 시간 그리고 연결로 상의 차량 진입속도를 바탕으로 VISSIM 관련 정산 파라미터 값을 조정하며, 현장과 유사한 시뮬레이션 모형을 구축하였다.

Kim et al.(2014)는 도로용량 편람 신호교차로 성능지표 분석을 위한 차로군 분류의 적정성 평가를 위해 미시 교통 시뮬레이션인 CORSIM을 이용하였다. 구축된 CORSIM 네트워크가 현실을 최대한 반영할 수 있도록 조정하는 과정인 정산과정을 거쳤다. 정산을 위해서 통행시간을 사용하였으며, 알고리즘으로는 유전자알고리즘(genetic algorithm)을 사용하여 정산을 수행하였다. 정산 수행 결과, 시뮬레이션에서 산출된 통행시간이 정산 수행 전보다 실제 값과 차이가 줄어든 것을 확인하였다.

4. 시사점 도출

본 연구에서는 현장 조사기법의 제한적 사용을 극복하기 위하여 미시적 교통류 시뮬레이션을 활용하여 보행자 도로의 보행속도를 산출하고 이를 도로용량 편람에서 제시한 평가척도인 보행속도와 비교하여 서비스 수준을 판단해 보고자 하였다. 이를 위하여 해당 지역의 보행량 등을 조사하여 시뮬레이션의 정산 및 검증을 수행하고 통계적으로 검증된 네트워크에 대하여 모의실험을 수행하고자 하였다. 이는 기존의 제한적인 조사방식을 보다 쉽고 합리적으로 실제 조사전 사전 분석이 가능한 방안으로 판단된다. 이를 통해 시간 소요와 경제적 부담을 최소화하며 보행자 정책 수립을 사전에 검증할 수 있는 대안으로 제시하고자 한다.

Ⅲ. 시뮬레이션 구축

1. 역삼역 네트워크 구축

1) 최단경로 보행자 경로 선택모형 활용

본 연구에서 보행자 경로선택을 위해 개발한 최단경로 선택모형을 적용·활용하고자 하였다. 적용된 최단 경로 선택모형 식은 다음과 같다(Park et al., 2020).

$$Y = \ln\left(\frac{P}{1-P}\right) = -2.009 + 0.966k_1 + 1.525k_2 + 1.308k_3 + 0.843k_4 + 1.624k_5 - 0.334k_6 - 0.723k_7 \cdots (1)$$

- 여기서, Y는 최단경로 선택여부
- K_1 은 연령(1)
- K_2 은 직업(1)
- K_3 은 직업(2)
- K_4 은 목적(1)
- K_5 은 방문횟수(1)
- K_6 은 익숙
- K_7 은 최단경로선택여부(수정)(1)

2) 분석 네트워크 구축

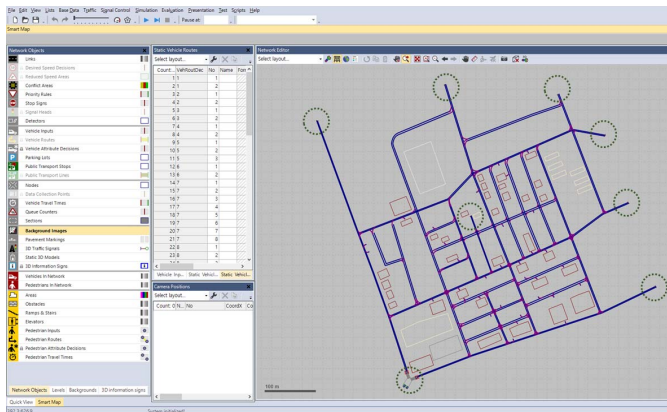
보행자 최단경로 선택모형이 구현된 알고리즘 적용을 위해 역삼역 일대를 대상으로 하였다. 시뮬레이션 모형은 역삼역 7, 8번 출구를 기점으로 반경 500m에 대하여 보행자 도로를 구축하였다. 보행량은 지하철 역

사를 중심으로 현장에서 실측된 보행량을 사용하였고 분석 네트워크의 발생 보행량은 보행 링크 끝단을 기준으로 입력하였으며, 현장조사 결과를 반영하였다. 현장조사는 링크단위로 보행량이 측정되었기 때문에 이를 분석 네트워크에 반영할 수 있도록 지점 보행량으로 일부 환산하였다. 환산 방법은 현장조사에서 링크가 중첩되는 부분에 대해서 각 방향에서 접근하는 보행량의 합계로 산출하였다. 시간대는 오전 피크인 08시~09시를 기준으로 네트워크를 구축하였다. 다음 <Fig. 3>의 (a)에서 네트워크의 점선 동그라미로 표시된 부분이 발생 보행량이 입력된 부분이다.

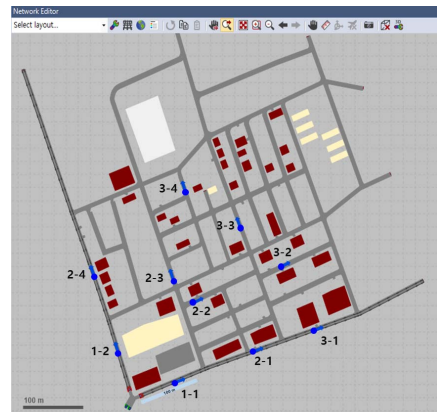
2. 정산 및 검증

1) 보행량 정산 지점 선정

VISSIM 모의실험의 네트워크 적용 정확성을 확보하기 위하여 현장조사 결과와 시뮬레이션 결과의 비교지표를 보행량으로 선정하여 현장조사 지점과 동일 네트워크 상에 보행량 정산 지점을 선정하였다. 또한 정산 과정에서는 보행자의 보행속도 등을 정산 파라메타로 활용하였다. 이는 일반적인 차량 시뮬레이션에서 수행할 수 있는 지체 및 대기행렬과 같은 검증지표 사용이 제한적이고, 보행 특성을 반영하는 데 많은 제약이 존재하기 때문이다. 정산 비교지표 확인을 위해 지하철 주 출입구 반경 100m 내에 2개소, 1~300m 사이 4개소, 3~500m 사이에 4개소를 선정하였다. 또한, 선정지점은 보행자 도로 서비스 수준 평가를 위한 지점으로 활용할 수 있도록 하였다(Park et al., 2020).



(a) Pedestrian Generating Point



(b) Location of Calibration

<Fig. 3> VISSIM Network of Yeoksam Station

2) 1차 네트워크 정산 및 검증

현장 실측 보행량 자료(2019.09.25. 수요일 08시~09시)를 이용하여 정산을 위한 비교지표를 검증해 보았다. 이를 위하여 실측 보행량과 모의실험을 통해 산출된 정산 지점의 보행량을 통계적 비교 분석하는 방법을 사용하였다. 모의실험의 특성상 발생 교통량(보행량)은 변동될 수 있기 때문에 모의실험을 10회 반복 수행하여 실측량과 비교 분석하였다. 비교 분석은 통계적 검증을 위해 SPSS를 활용하여 일표본 t-검정을 수행하였으며, 유의수준 0.05(95%신뢰수준)에 맞춰 진행하였다. 그 결과 <Table 1>과 같이 2-1, 2-2, 2-3, 3-1, 3-3, 3-4는 유의확률이 0.05보다 작게 산출되어 보행량의 차이는 통계적으로 유의미한 것으로 나타났다.

<Table 1> SPSS Results of One-Sample t-test (Before Calibration)

| Contents | Field Measured Ped. Volume | Mean | Std. Deviation | Std. Error of Mean | t-value | Sig. (2-tailed) |
|----------|----------------------------|---------|----------------|--------------------|---------|-----------------|
| 1-1 | 1,160 | 1141.40 | 31.440 | 9.942 | -1.871 | 0.094 |
| 1-2 | 548 | 541.30 | 22.031 | 6.967 | -0.962 | 0.361 |
| 2-1 | 672 | 645.90 | 26.405 | 8.350 | -3.126 | 0.012 |
| 2-2 | 117 | 171.00 | 10.635 | 3.363 | 16.056 | 0.000 |
| 2-3 | 171 | 192.20 | 15.426 | 4.878 | 4.346 | 0.002 |
| 2-4 | 281 | 279.30 | 20.651 | 6.530 | -0.260 | 0.800 |
| 3-1 | 252 | 238.40 | 15.869 | 5.018 | -2.710 | 0.024 |
| 3-2 | 125 | 125.60 | 9.359 | 2.960 | 0.203 | 0.844 |
| 3-3 | 181 | 202.10 | 14.146 | 4.473 | 4.717 | 0.001 |
| 3-4 | 59 | 50.60 | 4.926 | 1.558 | -5.392 | 0.000 |

유의확률이 0.05보다 작은 부분에 대해서는 VISSIM의 보행자 구성인 ‘desired speed distribution’ 변수를 정산에 활용하였으며, 이는 보행속도는 네트워크 전체에 반영되는 파라메타로 기본 값(default value)을 도로교통공단 조사치로 조정하였다. 조정은 기존 남성의 경우 4.32km/h에서 4.75km/h로 상향하였으며, 여성 또한 3.96km/h에서 4.61km/h로 상향 변경하였다. 정산 후 네트워크 검증 수행 결과는 <Table 2>와 같이 분석되었다.

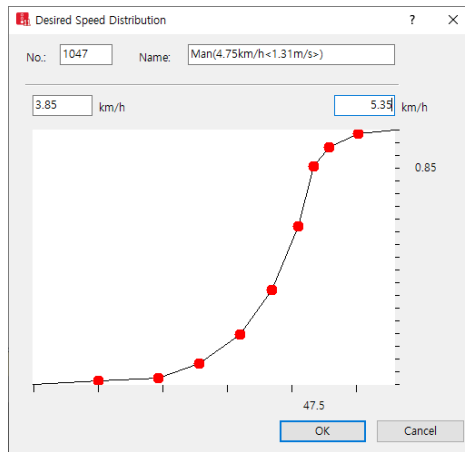
<Table 2> SPSS Results of One-Sample t-test (After 1st Calibration)

| Contents | Field Measured Ped. Volume | Mean | Std. Deviation | Std. Error of Mean | t-value | Sig. (2-tailed) |
|----------|----------------------------|---------|----------------|--------------------|---------|-----------------|
| 1-1 | 1,160 | 1141.40 | 310.440 | 9.942 | -1.871 | 0.094 |
| 1-2 | 548 | 541.60 | 22.077 | 6.981 | -0.917 | 0.383 |
| 2-1 | 672 | 668.40 | 21.272 | 6.727 | -0.535 | 0.605 |
| 2-2 | 117 | 135.80 | 11.063 | 3.499 | 5.374 | 0.000 |
| 2-3 | 171 | 181.00 | 14.614 | 4.621 | 2.164 | 0.059 |
| 2-4 | 281 | 279.30 | 20.651 | 6.530 | -0.260 | 0.800 |
| 3-1 | 252 | 264.10 | 16.563 | 5.238 | -1.126 | 0.289 |
| 3-2 | 125 | 116.60 | 9.336 | 2.952 | -2.845 | 0.019 |
| 3-3 | 181 | 183.10 | 13.536 | 4.280 | 0.491 | 0.635 |
| 3-4 | 59 | 54.50 | 5.740 | 1.815 | -2.479 | 0.035 |

보행량 변화가 크게 나타난 2-2지점의 경우는, 지점의 속도변화에 따라 내부네트워크의 경로선택 발생 시점변화 및 속도변화에 따른 통행시간 감소로 인해 주변 내부네트워크로의 변화가 발생한 것으로 추정된다. 이는 대가로변(외부네트워크)의 보행량 변화가 없는 것과는 대조되는 것(속도변화에 따른 최단시간 차이가 영향을 미치지 않는 것으로 판단됨)으로, 최단거리 변수에 영향을 미치는 보행속도 변화에 따라 최종 목적지 기준 최단거리(최단시간)와의 상관관계에 의해 변화된 것으로 추정된다.

3) 2차 네트워크 정산 및 검증

1차 정산에서는 ‘desired speed distribution’ 부분에서 보행자 속도만을 단순히 조정하였으나, 2-2, 3-2, 3-4 지점에서 통계적 유의미한 차이가 발견되어 추가적인 정산 과정이 필요하였다. 이에 보행자 속도 분포를 조정하여 정산을 수행하였으며, 기존 직선의 속도 분포를 스플라인 점을 활용하여 곡선 형태로 변환하였다. 변환 시 도로교통공단 횡단보도 보행자 속도조사의 분포치를 활용하였다. 속도 분포는 평균 값을 기준으로 보행자가 차지하는 비율을 나타낸 것으로, 시뮬레이션 특성상 별도의 정산을 하지 않는 경우, 단순분포(직선) 형태로 적용되지만, 본 연구에서는 기존 보행자 속도조사 분포치를 적용하여 <Fig. 4>와 같이 곡선화된 스플라인을 적용하였다. 이는 당초 default 값인 직선 및 최고 및 최저 속도는 $\pm 10\%$ 의 직선과 대조되는 것이다. 정산 후 모의실험 분석 결과는 다음 <Table 3>과 같이 분석되었다.



<Fig. 4> VISSIM Calibration Parameter of Desire Speed Distribution

<Table 3> SPSS Results of One-Sample t-test (after 2nd Calibration)

| Contents | Field Measured Ped. Volume | Mean | Std. Deviation | Std. Error of Mean | t-value | Sig. (2-tailed) |
|----------|----------------------------|---------|----------------|--------------------|---------|-----------------|
| 1-1 | 1,160 | 1141.40 | 310.440 | 9.942 | -1.871 | 0.094 |
| 1-2 | 548 | 541.60 | 22.077 | 6.981 | -0.917 | 0.383 |
| 2-1 | 672 | 668.40 | 21.272 | 6.727 | -0.535 | 0.605 |
| 2-2 | 117 | 117.50 | 8.236 | 2.604 | 0.192 | 0.852 |
| 2-3 | 171 | 181.00 | 14.614 | 4.621 | 2.164 | 0.059 |
| 2-4 | 281 | 279.30 | 20.651 | 6.530 | -0.260 | 0.800 |
| 3-1 | 252 | 264.10 | 16.563 | 5.238 | -1.126 | 0.289 |
| 3-2 | 125 | 131.50 | 9.180 | 2.903 | 2.239 | 0.052 |
| 3-3 | 181 | 183.10 | 13.536 | 4.280 | 0.491 | 0.635 |
| 3-4 | 59 | 55.50 | 5.126 | 1.621 | -2.159 | 0.059 |

2차 정산 후 네트워크 검증 결과 유의수준 0.05에서 현장 실측 보행량과 모의실험 보행량의 통계적 차이는 없는 것으로 분석되어 정산 절차를 완료하고 다음 분석을 수행하였다.

IV. 시뮬레이션 분석 결과

모의실험 구축에서 생성된 네트워크를 기반으로 실측 보행량을 활용하여 역삼역 7, 8번 출구 주변 및 주변가로 끝단에 실측 보행량을 적용하여 네트워크 내부 정산 지점의 보행자 속도를 산출하였다. 다음 <Table 4>는 정산 지점에 대한 시간대별 모의실험 보행자 속도 결과를 보여주고 있으며, 산출된 속도에 근거하여 도로용량편람에서 제시하고 있는 보행자 도로의 서비스 수준을 판단하였다. 도로용량편람의 보행자도로는 “보행교통류율, 점유공간, 밀도, 속도”를 서비스 수준판단 기준으로 사용하고 있으나, 본 연구에서는 이중 속도만을 사용하였다. 이는 보행자도로 네트워크상 도로의 폭원이 일정하지 않고 지속적으로 변화하기 때문에 구간 설정에 제약이 있기 때문에 폭원과 관련된 점유공간, 밀도는 제외하였다. 또한 보행량(교통류율)의 실측자료를 기반으로 예측모형을 사용하기 때문에 서비스 수준 판단을 위해 남은 평가지표인 속도를 사용하였다.

<Table 4> Pedestrian Velocity & Level of Service based on Speed at Test Locations (Unit : km/h)

| Location Time | 1-1 | 1-2 | 2-1 | 2-2 | 2-3 | 2-4 | 3-1 | 3-2 | 3-3 | 3-4 |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 07:00 ~ 08:00 | 4.261 | 4.242 | 4.252 | 4.315 | 4.308 | 4.244 | 4.256 | 4.246 | 4.268 | 4.313 |
| | C | C | C | B | B | C | C | C | C | B |
| 08:00 ~ 09:00 | 4.264 | 4.233 | 4.248 | 4.238 | 4.281 | 4.238 | 4.264 | 4.303 | 4.264 | 4.295 |
| | C | C | C | C | C | C | C | B | C | B |
| 09:00 ~ 10:00 | 4.257 | 4.236 | 4.257 | 4.222 | 4.269 | 4.235 | 4.256 | 4.251 | 4.269 | 4.277 |
| | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C |
| 10:00 ~ 11:00 | 4.241 | 4.100 | 4.248 | 4.247 | 4.298 | 4.247 | 4.285 | 4.223 | 4.298 | 4.323 |
| | C | D | C | C | B | C | C | C | B | B |
| 11:00 ~ 12:00 | 4.257 | 4.231 | 4.269 | 4.210 | 4.266 | 4.225 | 4.311 | 4.293 | 4.247 | 4.287 |
| | C | C | C | C | C | C | B | B | C | C |
| 12:00 ~ 13:00 | 4.253 | 4.210 | 4.267 | 4.203 | 4.204 | 4.213 | 4.304 | 4.229 | 4.172 | 4.194 |
| | C | C | C | C | C | C | B | C | C | C |
| 13:00 ~ 14:00 | 4.252 | 4.210 | 4.266 | 4.223 | 4.256 | 4.207 | 4.308 | 4.268 | 4.223 | 4.265 |
| | C | C | C | C | C | C | B | C | C | C |
| 14:00 ~ 15:00 | 4.263 | 4.233 | 4.268 | 4.208 | 4.294 | 4.251 | 4.295 | 4.320 | 4.218 | 4.257 |
| | C | C | C | C | B | C | B | B | C | C |
| 15:00 ~ 16:00 | 4.265 | 4.232 | 4.263 | 4.273 | 4.264 | 4.256 | 4.289 | 4.287 | 4.198 | 4.254 |
| | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C |
| 16:00 ~ 17:00 | 4.255 | 4.234 | 4.234 | 4.139 | 4.249 | 4.259 | 4.308 | 4.252 | 4.247 | 4.500 |
| | C | C | C | C | C | C | B | C | C | A |
| 17:00 ~ 18:00 | 4.257 | 4.238 | 4.269 | 4.270 | 4.270 | 4.221 | 4.311 | 4.176 | 4.232 | 4.279 |
| | C | C | C | C | C | C | B | C | C | C |
| 18:00 ~ 19:00 | 4.249 | 4.233 | 4.255 | 4.233 | 4.224 | 4.227 | 4.271 | 4.266 | 4.185 | 4.309 |
| | C | C | C | C | C | C | C | C | C | B |
| 19:00 ~ 20:00 | 4.247 | 4.246 | 4.258 | 4.238 | 4.238 | 4.229 | 4.268 | 4.282 | 4.211 | 4.167 |
| | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C |
| 20:00 ~ 21:00 | 4.251 | 4.217 | 4.236 | 4.298 | 4.191 | 4.145 | 4.281 | 4.226 | 4.230 | 4.269 |
| | C | C | C | B | C | 1C | C | C | C | C |

그 결과 시간대별 각 지점의 서비스 수준은 대부분 C 이상으로 나타났으나, 오전 10시~11시 ‘1-2 지점’은 서비스 수준이 D로 분석되어, 향후 이 지점에 대하여 개선 여부를 위한 보다 세부적인 조사가 필요한 것으로 확인되었다.

지하철 출입구를 중심으로 반경 100m(Location 지역 1), 1~300m(Location 지역 2), 3~500m(Location 지역 3)에서 서비스 수준이 차지하는 비율을 살펴보면 <Table 5>와 같이 시간대별 비율의 차이는 있을 수 있으나, 전반적으로 출입구로부터 가까울수록 보행자 도로의 서비스 수준이 낮으며, 멀어질수록 서비스 수준은 높은 것을 알 수 있었다. 이는 보행자의 대부분이 지하철 등 대중교통을 중심으로 보행권을 형성하여 이동하는 것이 주요 원인으로 판단된다.

<Table 5> LOS Ratio of Location Areas

| Contents | LOS ‘A’ | LOS ‘B’ | LOS ‘C’ | LOS ‘D’ | LOS ‘E’ | LOS ‘F’ |
|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Location Area 1 | - | - | 96.43 % | 3.57 % | - | - |
| Location Area 2 | - | 8.93 % | 91.07 % | - | - | - |
| Location Area 3 | 1.79 % | 25.00 % | 73.21 % | - | - | - |

V. 결 론

본 연구에서는 상업지역인 서울 역삼역 주변에서 보행량을 조사하고 미시적 시뮬레이션으로 재현을 통한 서비스 수준을 판단해 보았다. 이를 통해 기존의 거시적 관점의 가로변 보행행태가 아닌 미시적 보행행태를 반영한 평가를 수행하였다. 그 결과, 지하철 역사에서 가까울수록 서비스 수준은 낮게 분석되었으며 이는 시간대별 차이를 보이지는 않는 것으로 나타났다. 본 연구의 한계점으로는 역삼역 일대만을 대상으로 수행한 결과라는 점이다. 따라서 상업지역 전체를 일반화하기 위해서는 보다 다양한 지역과 더 많은 case를 추가 분석해야 할 것으로 사료된다. 하지만 미시적 교통류 분석 프로그램을 활용하여 보행자 도로의 서비스 수준을 분석할 수 있었다는 점에서 향후 보행 관련 정책 수립에 있어서 하나의 대안으로 사용될 수 있는 가능성을 확인할 수 있었다는 것에 의미를 둘 수 있을 것으로 판단된다. 향후 본 보행량 예측 및 해석방법의 실질적 활용을 위해서 추가적인 정산방법 및 정산효과를 정량적으로 제시할 필요가 있을 것으로 예상된다.

ACKNOWLEDGEMENTS

본 논문은 서울기술연구원(*19-AD-001, 대중교통 이용을 고려한 보행량 추정 기법 연구)의 지원을 받아 수행된 연구임

REFERENCES

Choi S. T., Choo S. H. and Jeon N. Y.(2016), “Development of Criteria for Determining Level of Service for Pedestrian Walkway Considering a Pedestrian Platoon: Focusing on the Hongik

- University Area,” *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 34, no. 2, pp.191-206.
- Haklay M. et al.(2001), “So go downtown: Simulating pedestrian movement in town centres,” *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol. 28, no. 3, pp.343-359.
- Jun S. U. and Son Y. T.(2016), “An Improve LOS Analysis Method for Pedestrian Walkways Using Pedestrian Space,” *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 34, no. 2, pp.168-179.
- Kim S. G., Yun I. S., Oh Y. T., Ahn H. K., Kwon K. A. and Hong D. P.(2014), “Feasibility Evaluation of Lane Grouping Methods for Signalized Intersection Performance Index Analysis in KHCM,” *The Journal of the Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 13, no. 1, pp.109-126.
- Lee J. Y.(2016), “Assesment of Pedestrian Comfort Levels Based on Microscopic Features of Pedestrian Traffic Flow,” *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 34, no. 6, pp.499-509.
- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs(2013), *Korea Highway Capacity Manual*, pp.612-618.
- Park B. K., Won J. S. and Yun I. S.(2006), “Application of Microscopic Simulation Model Calibration and Validation Procedure: A Case Study of Coordinated Actuated Signal System,” *Transportation Research Record(TRR)*, vol. 1978, no. 1, pp.113-122.
- Park S., Kim T., Cho H., Lee J. and Kweon M.(2020), *Study on the pedestrian volume estimation method based on transit (focused on subway station area)*.
- Timmernabs H. J. P.(2003), “The saga of integrated land use-transport modeling: How many more dreams before we wake up?,” *The 10th International Conference on Travel Behaviour Research*, Luceme, 10-15 August.
- Yun I. S., Han E., Lee C. K., Rho J. H., Lee S. J. and Kim S. B.(2013), “Mobility and Safety Evaluation Methodology for the Locations of Hi-PASS Lanes Using a Microscopic Traffic Simulation Tool,” *The Journal of the Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 12, no. 1, pp.98-108.