



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

석사학위 논문

이용자 동선을 기반으로 한
대중교통 First-Last mile에 관한 연구
- Mobility as a Service의 관점에서 -

명지대학교 대학원

교통공학과

박 가 영

지도교수 김 현 명

2019년 02월

이용자 동선을 기반으로 한
대중교통 First-Last mile에 관한 연구
- Mobility as a Service의 관점에서 -

이 논문을 석사학위 논문으로 제출함.

2019년 02월

명지대학교 대학원

교통공학과

박 가 영

이용자 동선을 기반으로 한
대중교통 First-Last mile에 관한 연구
- Mobility as a Service의 관점에서 -

명지대학교 대학원
교통공학과
박 가 영

상기자의 공학석사 학위논문을 인준함.

심사위원장 _____ (인)

심 사 위 원 _____ (인)

심 사 위 원 _____ (인)

2019년 02월

목 차

표 목 차	vi
그 립 목 차	vii
국 문 초 록	ix
제 1 장 서 론	1
제 1 절 연구의 배경	1
제 2 절 연구의 목표	2
제 3 절 연구의 범위	4
제 2 장 국내외 문헌 고찰	6
제 1 절 대중교통 접근성에 관한 선행 연구	6
제 2 절 분석 공간 단위 정의와 보행접근에 관한 선행 연구	8
제 3 절 Mobility as a Service 에 관한 국외 문헌 고찰	10
제 4 장 시사점 도출	15
제 3 장 분석 데이터베이스 구축	17
제 1 절 데이터베이스 구축 방법론	17
제 2 절 건물단위 기종점 정의	18
제 3 절 이용자 동선 데이터베이스 수집	24
제 4 절 데이터 전처리 및 GIS 네트워크 구축	28
제 4 장 Stage 기반 대중교통 First-Last mile 분석	30
제 1 절 Stage 기반 대중교통 접근통행 분석 방법론	30
제 2 절 구간별 접근통행 분석	33
제 3 절 역(정류장)별 접근통행 분석	41
제 4 절 First-Last mile 특성을 구분하는 적정거리 기준 제시 (소결론)	49

제 5 장 접근거리 기반 연계수단별 효과 분석	52
제 1 절 Bikesharing and Personal mobility	53
제 2 절 모빌리티 서비스 연계효과 분석	56
제 6 장 결론 및 향후 과제	60
제 1 절 결론 및 의의	60
제 2 절 한계점 및 향후 연구과제	63
참 고 문 헌	64
Abstract	67

표 목 차

[표 2-3-1] 모빌리티 통합 수준 6 단계 (UCI Energy Institute, 2015)	10
[표 3-2-1] 서울시 대표 POI 비교	19
[표 3-4-1] Raw data 1 차 전처리의 자료 형태	28
[표 4-1-1] Stage 기반 접근 유형 구분	31
[표 4-2-1] 버스정류장으로의 도보접근 불편구간 (거리기준, 1km 이상)	34
[표 4-2-2] 버스정류장으로의 도보접근 불편구간 (시간기준, 16 분 이상)	34
[표 4-2-3] 지하철역으로의 도보접근 불편구간 (거리기준, 상위 5 곳)	35
[표 4-2-4] 지하철역으로의 도보접근 불편구간 (시간기준, 상위 5 곳)	35
[표 4-2-5] 수단탑승시간 1~3 분인 경우 버스접근 불편구간 (거리기준, 상위 10 곳) ..	37
[표 4-2-6] 수단탑승시간 1~3 분인 경우 버스접근 불편구간 (시간기준, 상위 10 곳) ..	37
[표 4-2-7] 수단탑승시간 4~6 분인 경우 버스접근 불편구간 (거리기준, 상위 10 곳) ..	38
[표 4-2-8] 수단탑승시간 4~6 분인 경우 버스접근 불편구간 (시간기준, 상위 10 곳) ..	39
[표 4-2-9] 수단탑승시간 7~9 분인 경우 버스접근 불편구간 (거리기준, 상위 10 곳) ..	40
[표 4-2-10] 수단탑승시간 7~9 분인 경우 버스접근 불편구간 (시간기준, 상위 10 곳) ..	40
[표 4-3-1] 도보접근 First-Last mile 이 긴 버스정류장 (거리기준, 상위 6 곳)	42
[표 4-3-2] 도보접근 First-Last mile 이 긴 지하철역 (거리기준, 상위 6 곳)	43
[표 4-3-3] 수단탑승시간 1~3 분인 경우 역별 First-Last mile 평가 (거리기준 정렬) ..	45
[표 4-3-4] 수단탑승시간 4~6 분인 경우 역별 First-Last mile 평가 (거리기준 정렬) ..	46
[표 4-3-5] 수단탑승시간 7~9 분인 경우 역별 First-Last mile 평가 (거리기준 정렬) ..	47
[표 4-4-1] First-Last mile 유형별 접근거리 및 접근시간 평균값	50
[표 5-2-1] 접근통행 거리 기준별 Bike 및 PM 연계효과 분석	56

그 립 목 차

[그림 1-3-1] 연구 수행 흐름도	5
[그림 3-2-1] 서울시 5대 편의점 셀 단위 분포도	19
[그림 3-2-2] 사회경제 활동인구 분포와 편의점 분포 비교	20
[그림 3-2-3] 기준 버퍼 내 편의점 삭제 과정	21
[그림 3-2-4] 중복 편의점 중 통행발생 대표 편의점 선정 과정	22
[그림 3-2-5] 삼성역 일대 존 세분화 예시	23
[그림 3-3-1] 데이터베이스 구축 체계	25
[그림 3-3-2] 데이터 수집 효율화 방법론	26
[그림 4-1-1] STAGE 개념 정의	30
[그림 4-2-1] 버스정류장으로의 도보접근 불편구간	34
[그림 4-2-2] 지하철역으로의 도보접근 불편구간	35
[그림 4-2-3] 수단탐승시간 1~3 분인 경우 버스접근 불편구간	36
[그림 4-2-4] 수단탐승시간 4~6 분인 경우 버스접근 불편구간	38
[그림 4-2-5] 수단탐승시간 7~9 분인 경우 버스접근 불편구간	39
[그림 4-3-1] 도보접근 First-Last mile 이 긴 버스정류장	42
[그림 4-3-2] 버스정류장 1km 범위 및 접근 경로	42
[그림 4-3-3] 도보접근 First-Last mile 이 긴 지하철역	43
[그림 4-3-4] 지하철역 1km 범위 및 접근 경로	44
[그림 4-3-5] 수단탐승시간 1~3 분인 경우 First-Last mile 서비스권역 비교	45
[그림 4-3-6] 수단탐승시간 4~6 분인 경우 First-Last mile 서비스권역 비교	47
[그림 4-3-7] 수단탐승시간 7~9 분인 경우 First-Last mile 서비스권역 비교	48
[그림 4-4-1] First-Last mile 유형별 접근거리 요약 (구간별 분석 결과)	49
[그림 4-4-2] First-Last mile 유형별 접근거리 요약 (역별 분석 결과)	49
[그림 4-4-3] First-Last mile 특성 구분 적정 거리 (구간별 분석 결과)	50
[그림 4-4-4] First-Last mile 특성 구분 적정 거리 (역별 분석 결과)	50
[그림 5-1-1] 서울자전거 따릉이 현황	54
[그림 5-1-2] 중국 Dockless 공유자전거 시장 현황	54
[그림 5-1-3] Personal mobility 시장 현황	55

[그림 5-2-1] Bike 및 PM 연계 시 접근시간 변화	56
[그림 5-2-2] 강남역 부근 블록별 도보거리 검토	57
[그림 5-2-3] 접근거리별 수단 연계 대안	58
[그림 5-2-4] Bike 및 PM 연계효과 역별 사례 분석	58
[그림 5-2-5] 사례 분석 역의 접근거리 히스토그램	59
[그림 6-1-1] 주요 연구 내용 및 연구의 의의	62

이용자 동선을 기반으로 한 대중교통 First-Last mile에 관한 연구 - Mobility as a Service의 관점에서 -

박 가 영

명지대학교 대학원 교통공학과

지도교수 김 현 명

대중교통 부문에서의 최근 주요 이슈는 ‘서비스로서의 이동성(Mobility as a Service)’이다. 이용자가 여러 가지 수단을 마치 하나의 수단을 이용한 것처럼 느끼게 하는 것이 핵심이며, 좀 더 효율적인 이동(효율성), 좀 더 편리한 이동(연결성)에 목적을 두고 있다. 대중교통은 승용차와 달리 결절점이 존재한다는 특징이 있다. 대중교통이 승용차보다 경쟁력을 갖기 위해서는 Door-to-Door 서비스가 가능해져야 한다.

본 연구는 Mobility as a Service의 관점에서 대중교통 이용자 행태를 Trip 단위가 아닌 Stage 단위로 세분화하며, 대중교통 Door-to-Door 서비스의 실현을 위해 기존에 정류장부터 정류장까지의 연구에서 나아가 대중교통 시스템 외부에서 대중교통을 이용하기까지의 접근통행(First-Last mile)에 초점을 둔다.

First-Last mile 분석을 위해서는 대중교통 이용 전·후 단계의 데이터 확보가 필수이다. 이를 위해서 본 연구는 웹 경로탐색 크롤러를 개발해 Point-to-Point로 통행의 전(全)과정을 Stage 단위로 수집하며, 이용자의 실제 행태를 반영하기 위해서 기존 행정구역 단위가 아닌 건물 단위로 통행발생 지점을 정의한다.

본 연구는 접근통행(First-Last mile)에 도보접근 뿐만 아니라 Corridor 지하철을 이용하기 위한 버스접근도 포함하였다는 것에서 기존 연구들과 가장 큰 차별성을 가진다. 버스 또는 지하철을 이용하기 전 도보접근형태(Stage#1)와 지하철을 이용하기 전 짧게 버스를 이용하는 버스접근형태(Stage#1~#3)로 유형을 구분하고, 유형별로 대중교통 First-Last mile 특성을 분석하였다.

분석 결과에서 가장 중요한 점은 First-Last mile 유형별로 접근거리 특성이 달라진다는 것이었다. First-Last mile 특성과 거리에 따라 적절한 모빌리티 서비스가 연계된다면 이용자 편의 극대화를 기대할 수 있다. MaaS 관점에서 본 연구에서는 Bike sharing과 Personal mobility를 연계 수단으로 제안하며, 각각의 연계효과를 분석하였다.

주제어(키워드)

서비스로서의 이동성(MaaS), 대중교통, 이용자 동선, 접근 통행, 건물기반, 빅데이터 분석, First-Last mile, Stage

제1장 서론

제1절 연구의 배경

현대 사회는 점차 고도화되고 세분화되고 있다. 각기 분야에서 첨단 기술, 정보 통신 기술을 융합한 혁신적인 아이디어가 다방면으로 활용되고 있으며 교통 부문에서도 ICT를 기반으로 한 4차 혁명 기술은 빠르게 성장하고 있다. 또한 사회는 점차 개인 맞춤형 서비스를 원하고 있고, 그에 발맞춰 교통 부문에서도 이용자 관점에서의 교통을 고민하기 시작했다.

이에 최근 대중교통 부문에서의 주요 이슈는 ‘서비스로서의 이동성(Mobility as a Service)’이다. 이 개념은 유럽에서부터 등장하였으며, 현재 세계 각국에서 활발히 연구되고 있다. 서비스로서의 이동성이란, 교통수단이 각각의 수단 그 자체로 이용되는 것이 아니라 하나의 이동성으로 이용된다는 것이다. 사람들이 여러 가지 교통수단을 마치 하나의 교통수단을 이용한 것처럼 느끼게 하는 것이 핵심이며, 좀 더 효율적인 이동(효율성), 좀 더 편리한 이동(연결성)에 초점을 두고 있다.

교통 시스템에서의 이동은 개인승용차를 이용하는 것과 대중교통을 이용하는 것으로 크게 두 가지로 생각할 수 있다. 서울시 자동차 등록대수는 312만대를 훌쩍 넘어섰고(KOSIS, 2018년 09월 기준), 혼잡·정체·주차 등에 관한 교통문제는 여전히 심각한 수준이다. 이용자 측면에서 개인승용차를 선택하는 가장 큰 이유는 통행시간의 절약, 자유로운 경로 선택, Door-to-Door 서비스일 것이다. Mobility as a Service의 관점에서는 대중교통을 이용함에 있어서도 이 모든 것들이 가능하도록 하는 것이 목표이며, 이는 대중교통 통행 전 과정을 단계별로 하나씩 살펴봄으로써 이루어낼 수 있다.

기존에 주로 연구에 사용되던 데이터는 국가에서 제공하는 KTDB 데이터였다. 그러나 최근에는 교통카드 데이터, 택시 데이터, 민간 내비게이션 데이터, 웹 사이트 경로 탐색 데이터 등 다양한 유형의 빅데이터들이 활용되고 있다. 이에 본 연구에서도 웹 포털사이트 지도 길찾기 서비스를 이용해 분석용 데이터베이스를 구축할 것이며, 나아가 이용자 맞춤형 대중교통 Door-to-Door 시대의 발판을 마련하고자 한다.

제2절 연구의 목표

대중교통 시스템의 가장 큰 장점이자 가장 큰 단점은 정해진 노선을 이용한다는 것과 정해진 정류장을 이용한다는 것이다. 공급자 측면에서는 노선관리, 운행스케줄 관리가 쉽다는 장점이 있지만, 이용자 측면에서는 출발지에서 목적지로의 통행 시 1) 출발지에서 승차하고자 하는 A Station에 걸어난 뒤, 2) 교통수단을 이용하고, 3) B Station에 하차하여 도착지로 걸어가는 최소 3단계의 통행을 해야 한다는 단점이 있다.

최근에는 스마트카드 자료를 활용한 연구가 활발히 진행되고 있다(유소영 외, 2017; 양현재 외, 2018). 스마트카드 자료의 경우 실제 이용자 수요를 반영하는 유익한 데이터로써 정류장 Origin-Destination을 기반으로 통행시간, 통행경로, 통행비용 등 다양한 통행속성에 관한 연구가 가능하다. 그러나 대중교통 이용자 편의는 정류장부터 정류장까지의 차내 통행뿐만 아니라 정류장까지 도달하는 차외 통행에서의 의미가 크다. 대중교통 시스템으로의 접근은 대부분 보행으로 구성되며, 본 연구에서는 보행을 이용한 접근뿐만 아니라 버스 한 두 정거장만 잠깐 타고 내리는 것까지를 접근 통행이라 보고 이러한 First-Last mile의 특성을 분석하고 Mobility as a Service 관점에서의 대안을 제시하고자 한다.

대중교통 이용자의 First-Last mile에 관한 분석을 위해서는 대중교통 이용 전·후 보행에 관한 통행 정보 확보가 중요하다. 이는 공공 및 민간 데이터베이스에서 제공되는 자료가 없기 때문에 면접조사나 GIS 네트워크 분석 등으로 수행되고 있었으나(김성희 외, 2001; 윤상훈 외, 2010; 최승우 외, 2016), 본 연구에서는 민간 웹 포털사이트에서 제공하는 길찾기 서비스를 이용해 이용자의 Door-to-Door 이동 동선 전 과정을 수집해 활용할 것이다. 더불어 이용자들의 실제 통행을 반영하기 위해서는 기존에 행정 구역 단위로 수행되던 연구(김재익 외, 2008; 장성만 외, 2011)에서 나아가 더 작은 단위의 기종점 정의가 필요하므로 본 연구에서는 건물 단위로 기종점을 정의한다.

ICT 기술의 발달로 인해 현재 길찾기 서비스는 횡단보도·골목길·계단 등 이용자 행태에 영향을 미치는 다양한 요소들을 반영하여 통행거리 및 통행시간 정보를 제공하고 있다. 이를 활용하여 건물을 기반으로 한 이용자들의 통행 전 과정에 대한 데이터베이스를 구축해 빅데이터 분석을 수행하며, 이용자 동선 Stage를 기반으로 두 가지의 First-Last mile 행태를 분석한다.

본 연구는 웹 지도에서 제공하는 최적 경로를 적용함으로써 현실을 잘 반영할 수 있고, 대중교통 이용자의 통행 전 과정을 Stage 개념으로 세분화함으로써 공급자 관점이 아닌 이용자 관점에서 대중교통 서비스를 평가할 수 있다. 또한 대량의 데이터를 활용함으로써 이용자 행태를 일반화할 수 있다는 것에 의미가 있으며, 궁극적으로는 대중교통 이용자의 이동 편의를 증진시키는데 목적을 두고 있다.

제3절 연구의 범위

본 연구에서는 대중교통 이용자들의 편리한 이동을 위해 Mobility as a Service의 관점에서 대중교통 시스템으로의 접근통행(First-Last mile)을 분석한다.

연구의 공간적 범위는 서울특별시 전역, 시간적 범위는 2018년 09월이다.

연구의 내용 및 절차는 다음과 같다.

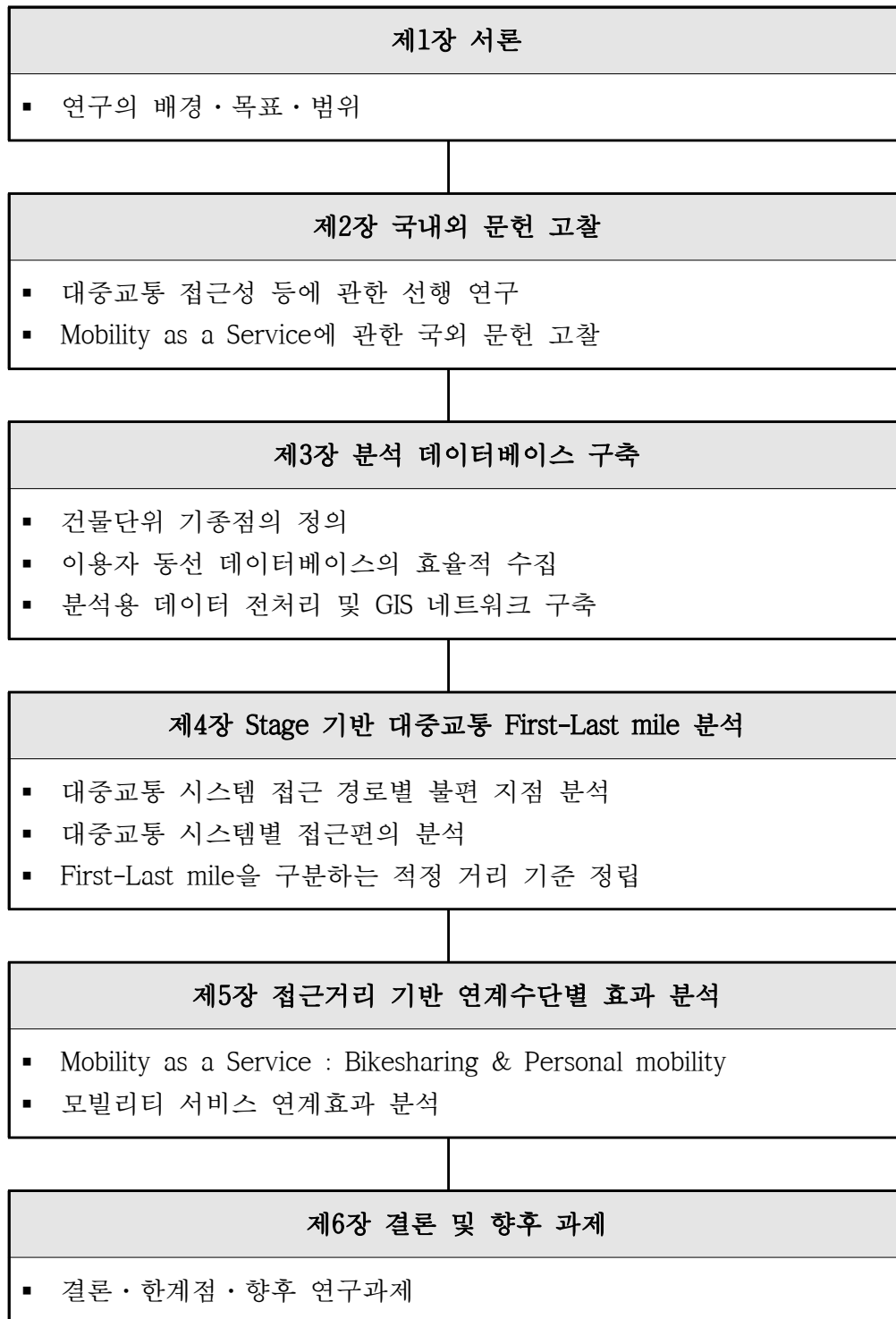
먼저 제2장에서 대중교통 접근성 등에 관한 선행 연구들과 Mobility as a Service에 관한 국외 문헌들을 검토한다. 기존 연구들을 참고하여 Mobility as a Service는 MaaS로 줄여 쓰고 **통행 내에서 각 이동단계는 Stage**라 한다. 또한 대중교통 이용 시 First Stage와 Last Stage를 비롯해 대중교통 시스템 내부에 들어가기 전·후의 모든 Stage의 연결을 **First-Last mile(접근통행)**이라 한다.

데이터를 수집하기에 앞서 가장 중요한 것은 어떠한 속성 데이터를 분석에 활용할 것이며 어떠한 형태로 수집되어야 하는지를 결정하는 것이다. 제3장에서는 먼저 기준점을 정의하는 과정을 거치고, 다음으로는 대규모 이용자 이동 동선 데이터를 효율적으로 수집하는 방법론을 마련한다. 프로그래밍 자동화 코드를 짜는 과정을 거쳐 분석용 이용자 동선 데이터베이스를 구축하며, 수집된 Raw data는 Python 프로그래밍 언어로 가공하여 원하는 대로 활용할 수 있다.

제4장에서 First-Last mile에 관한 분석은 크게 두 가지로 구성된다. 1) 대중교통 시스템에 접근하는 경로에 관한 분석과 2) 대중교통 시스템별 접근편의 분석이다. 본 연구는 도보를 통한 접근형태와 버스를 이용한 접근형태를 모두 접근통행(First-Last mile)이라 본다는 것에 기존 연구들과의 차별성을 가진다. 접근 유형별로 대중교통 First-Last mile 특성을 분석하고, 이러한 특성을 구분하는 적정거리 기준을 제시한다. 분석결과들은 ArcGIS map으로 시각화하여 제시한다.

제5장에서는 앞서 도출된 적정거리 기준에 따라 MaaS 관점에서의 수단 연계를 제안한다. 접근거리별 적절한 연계수단을 적용하고 연계 시 통행시간 절감 효과를 비교 분석한다.

마지막으로 제6장에서는 결론 및 향후 과제를 제시한다.



[그림 1-3-1] 연구 수행 흐름도

제2장 국내외 문헌 고찰

제1절 대중교통 접근성에 관한 선행 연구

본 연구는 대분류로는 대중교통 접근성과 대중교통 편의성에 관한 연구라고 할 수 있다. 두 가지 주제는 연구자에 따라 다양한 시각으로 해석될 수 있는데, 윤종진·우명제(2015)는 교통공학 측면에서 접근성을 향상시킨다는 것은 유동성을 향상시킴으로써 시공간적 간격을 줄이는 것이라고 하며, Litman(2013)은 접근성을 상품, 서비스, 활동, 목적지 등에 손쉽게 도달할 수 있는 기회라고 정의한다. 일반적으로 대부분의 연구에서 대중교통 접근성은 대중교통 이용 기회, 즉, 대중교통 형평성으로 해석되고 있었으며(김재익 외, 2008; 김아연·전병운, 2012; 조대현, 2014; 백두진·김재태, 2016), 대중교통으로의 접근거리에 관한 부분은 대중교통 서비스 및 편의성 평가요소 중 일부분으로도 여겨지고 있었다(윤상훈 외, 2010; 김민석 외, 2014).

1. 대중교통 접근성을 형평성으로 인식한 연구

김재익 외(2008)는 대중교통 취약계층의 공간적 분포 특성을 파악하였다. 고정된 노선을 가진 대중교통의 특성에 따라 시가화 지역 및 대중교통 300m 버퍼 서비스포함 지역을 제외한 그 밖의 지역을 대중교통서비스 취약지역으로 설정하였다. 이 지역에서 64세 이상 인구 특성, 주택유형 특성, 행정구역 면적 특성을 분석하여 지역별 서비스 편차를 입증하였다. 인구와 면적의 경우 시군구별, 행정동별 결과를 제시하였지만 주택의 경우 시군구별 결과만을 제시하고 있다.

김아연·전병운(2012)도 마찬가지로 대중교통 서비스의 접근성에 관한 환경적 형평성에 관해 연구하였으며, 환경적 형평성이란 지역주민들이 처해있는 사회경제적 환경에 따른 대중교통 접근성 편익을 의미한다. 대중교통 서비스 권역을 버스정류장 기준 400m 버퍼 이내로 설정하고 서비스 권역 내·외부의 환경적 형평성을 시군구별로 제시하였다. 달성군은 연구범위에서 제외되었으며, 남·여, 미성년자, 고령자, 기초생활수급자에 따른 환경적 불형평성을 분석하였다.

2. 대중교통 접근성을 전체 통행시간 및 거리의 효율성으로 인식한 연구

최승우 외(2016)는 KTX 서울역이라는 한 지점에서 서울시의 다른 역 및 정류장들 지점까지의 최단거리 및 시간으로 정류장 단위의 미시적 대중교통 접근성을 분석하였다. 기존 최단거리 알고리즘에 환승횟수에 따른 페널티와 다수 노선들의 대기시간을 반영하여 보완된 최단거리 알고리즘을 이용하였다. 정류장 단위로 얻은 각각의 접근성 수치를 GIS 공간적으로 시각화하여 KTX 서울역의 대중교통 접근성을 향상시키기 위해 서울시 동남권역에 새로운 KTX 정차역이 필요함을 보여주었다.

양현재 외(2018)는 교통카드 기반 통행량으로 정류장별 시간거리 접근성을 계산하였다. 기존 거주인구를 기반으로 추정한 수요와 달리 실제 교통카드 데이터를 적용한 것에 의미가 있으며, 승객이 실제로 이용할만한 정류장만을 군집화하여 출발 군집내의 정류장과 도착 군집내의 정류장으로 이동하는 시간 전체를 고려한다. 버스보다 지하철의 속도가 훨씬 빠르기 때문에 출발지에서 지하철역과 가까울수록 이동시간이 빠르게 나타났다.

제2절 분석 공간 단위 정의와 보행접근에 관한 선행 연구

본 연구는 선행연구들에서 의미하는 접근성보다 훨씬 상세하고 미시적인 연구로써 대중교통을 이용하기 전·후의 접근과정에 초점을 두고 있다. 먼저 교통카드 데이터는 실제 수요를 반영할 수는 있으나 대중교통 시스템 외부의 접근·유출 단계를 알 수 없다는 단점이 있다. 또한 보행경로에 관한 분석을 위해서는 정교한 보행네트워크 알고리즘이 반영되어야 한다. 그러나 대부분의 연구는 행정구역 단위로 수행되고 있으며, 다양한 노력에도 불구하고 여전히 행정구역 단위에서 벗어나지 못하고 있다.

1. 행정동 단위의 한계를 극복하고자 노력한 연구

장성만 외(2011)는 승용차와 대중교통의 접근도가 수단 분담률에 미치는 영향을 분석하였다. 승용차의 경우, 도로 위계별 접근도 기여도를 반영하여 행정동별 도로면적을 합산한 값을 승용차 접근도로 산정하였다. 대중교통의 경우, 서울시를 50m×50m 셀로 나눈 뒤 각 셀에 가장 가까운 대중교통 결절점과의 거리 값을 부여한다. 셀 단위의 미시적 접근을 하였으나 이 값들을 다시 행정동별로 평균하여 대중교통 접근도를 산정하였다.

김재익 외(2008)와 김아연·전병운(2012)은 대구광역시를 사례지역으로 대중교통 형평성을 연구하였으나, 달성군에 대한 한계점을 갖고 있다. 전자의 연구에서는 달성군이 과대평가될 소지가 있음을 한계점으로 지적하였고, 후자의 연구에서는 이를 감안해 달성군을 공간적 연구범위에서 제외하였다. 달성군의 경우 농촌지역으로서 시내버스 서비스가 거의 제공되지 않고 시외버스를 주로 이용하기 때문이다. 김아연·전병운(2012)은 대중교통 서비스 권역으로 정의한 영역 내에 행정구역의 중심이 포함되면 접근성이 높은 것으로 간주하며 반대로 그 범위 안에 속하지 않으면 접근성이 낮은 것으로 파악한다. 행정동 단위와 집계구 단위로 비교해 접근성을 평가하였으며, 여러 크기의 행정구역 단위로 분석할 필요성이 있음과 크기가 작은 규모의 행정구역일수록 더 정확한 결과를 제공함을 입증하였다.

윤종진·우명제(2015)는 서울특별시 대중교통 접근성의 크기를 측정하는 식을 개발하여 대중교통 접근성과 사회적 취약계층 간의 공간적 상관관계를 분석하였다. 기존 연구들에서 행정동을 최소단위로 설정해 발생하는 문제점들을 개선하기 위하여 행정

동의 시가화면적과 행정동 경계 안에 포함되는 모든 교통시설 서비스 면적을 반영하였다. 또한 교통시설의 서비스 수준을 반영하였는데, 버스의 경우 시간당 통과하는 버스 수, 지하철의 경우 동일한 값으로 간주해 적용하였다.

2. 대중교통 시스템으로의 보행접근에 관한 연구

김성희 외(2001)는 통행의 각 과정을 출발지·대중교통서비스·목적지의 특성으로 세분화하여 대중교통으로의 보행거리가 통행수단선택에 미치는 영향을 연구하였다. 통행의 각 과정에서 접근시간(혹은 거리)이 가장 큰 영향을 미치는 요인이었으며, 다음으로는 환승소요시간, 그 다음으로 순수한 차내 이동시간 순이었다. 보행접근거리와 대중교통이용률의 관계는 400~500m에서 가장 의미가 있었고, 보행접근시간은 6분이 되는 지점에서 승용차로의 전환 확률이 높아지는데 이는 보행속도로 환산 시 440~460m 구간에 해당한다.

안영수 외(2011)는 강남권역을 사례로 지하철역 출입구까지 보행접근시간을 보행로 유형별로 구분하여 도출하고, 자전거를 연계했을 경우 지하철역별 접근가능면적을 시나리오별로 분석하였다. 보행로의 유형에 따라 보행속도 및 자전거속도가 다르기 때문에 일반적인 보행로, 보차혼용도로, 횡단보도, 육교, 지하도, 자전거전용도로의 평균속도를 기준으로 지하철역까지의 접근성을 도출하였다. 접근시간이 10분을 초과하는 지역을 보행접근취약지역으로 설정하였고, 3분·7분·10분을 기준으로 보행 접근면적과 자전거 연계 시 접근면적을 GIS 지도로 구현하였다.

하재현·이수기(2017)는 보행자 경로안내 API 정보와 GIS를 활용하여 보행측면에서의 대중교통 접근성을 분석하였다. 현재 수행된 연구 중 가장 발전된 단계이며, 1) 직선거리가 아닌 실제 보행네트워크 거리를 반영한 점, 2) 승강장 중심점이 아닌 지하철역 출입구를 기준으로 한 점에서 기존 연구들과 차별성을 가진다. 보행거리 측면에서는 500m 버퍼면적 대비 500m 보행거리 면적을 대중교통 접근성 지표로 제시하였고, 보행시간 측면에서는 500m 버퍼면적 대비 7분 보행시간 면적을 대중교통 접근성 지표로 제시하였다. 보행자 경로안내 API는 실제 구간의 경사·계단 등을 고려하므로 동일한 보행거리일지라도 보행시간이 다르게 측정될 수 있다. 따라서 보행거리 대비 보행시간이 짧으면 주변 환경이 보행하기에 편리한 것으로 해석가능하고, 그 반대의 경우에는 주변 환경이 보행하기에 불편하다는 것을 시사한다.

제3절 Mobility as a Service에 관한 국외 문헌 고찰

Mobility as a Service(MaaS)는 도보·자전거·자동차·대중교통 등 다양한 개별 이동수단을 하나의 서비스 형태로 이용하는 것을 의미한다. 현대 사회의 복잡성에 따라 개인의 모빌리티 요구도 다양해지고 있고, 교통 생태계는 시대의 흐름에 따라 스마트 모빌리티, MaaS, 이용자 맞춤형 서비스 등에 관한 개념을 제시하기 시작했다.

1. Mobility as a Service 개념 정의

UCL Energy Institute(2015)에서는 도시 모빌리티 문제의 근본적인 해결책은 MaaS이며, 이 용어는 ‘통행 수단’ 들을 개별적으로 구입하는 것 대신에 소비자의 Needs를 기반으로 한 ‘이동 서비스’ 전체를 하나의 상품으로 구입하는 것이라고 하였다. 공유수단과 같은 지속 가능한 수단을 지원하는 동시에 Seamless door-to-door mobility를 제공함으로써 다양한 수단들을 통합하여 소비자 만족도를 이끌어낼 수 있다.

전 세계의 모빌리티 통합 수준을 여섯 가지 주요 단계로 구분하였으며, 가장 낮은 수준인 1단계 통합은 ‘수단 간 결합 이용 시 할인 제공 수준의 협력’ 이라고 하였고, 가장 발전된 수준인 6단계 통합은 ‘이용자 맞춤형 모빌리티 패키지와의 통합’ 이라고 하였다. [표2-3-1]에 UCI 보고서에서 구분한 모빌리티 통합 수준 6단계를 제시한다.

[표 2-3-1] 모빌리티 통합 수준 6단계 (UCI Energy Institute, 2015)

통합수준	내용
1단계	· 수단간 결합 이용 시 할인 제공 수준의 협력
2단계 (발권통합)	· 서비스에 포함된 모든 수단을 하나의 스마트카드로 사용할 수 있는 경우
3단계 (지불통합)	· 고객의 모든 이동성 요구에 대한 단일 지불을 발생하는 경우
4단계 (ICT통합)	· 수단 및 정보에 접근하는데 사용되는 단일 응용 프로그램 또는 온라인 인터페이스가 있는 경우
5단계 (기관통합)	· 서비스에 포함된 여러 수단이 한 회사에서 소유 및 운영되는 경우
6단계 (맞춤형 패키지 통합)	· 각각의 서비스를 고객의 Needs에 맞게 조정하여 그에 따른 특정 비용을 선결제할 수 있는 경우

CEDR(2016)에서는 One-stop-shop 원칙에 따라 통행 계획과 지불을 통합함으로써 이용자의 Needs를 해결하면서 환승연계가 가능하고 지속 가능한 서비스로 MaaS를 정의한다. 이동성 서비스에 관한 새로운 사업 모델을 구현하여 시장에서 혁신적인 서비스를 제공할 수 있도록 MaaS라는 떠오르는 수송 패러다임에 대한 통찰력을 제공하는 데 목적이 있다.

전 세계에는 상이한 지리적 서비스 영역을 커버하는 다양한 MaaS 시범 프로젝트가 존재하며, 다양한 서비스 영역을 기반으로 MaaS 개념을 구현하기 위한 서로 다른 목표와 요구조건이 존재한다. 연구에서는 도시지역과 농촌지역에서 요구되는 MaaS 모델을 다르게 제시하고 있다. 도시지역은 주로 개인 자동차 사용량 감소, 혼잡감소, 오염 배출량 감소에 중점을 두고, 농촌지역은 수요 중심의 교통서비스를 강조함으로써 더 높은 효율성과 이용률 증가를 목표로 한다.

Viktoria Swedish ICT(2016)에서는 Mobility as a Service라는 용어는 아직 합의된 공통된 정의가 없으므로 대중교통을 비롯하여 공유자동차, 공유자전거, 택시 등과 같은 수단들의 Combined mobility services(CMS)라는 용어를 사용하였다. CMS는 MaaS의 부분집합으로 설명할 수 있으며, 앞으로 MaaS 개념에 보완될 서비스 유형은 비전통적인 개인 교통 서비스라고 본다. 이처럼 MaaS는 다양한 방식으로 설계될 수 있으며 다양한 유형의 관계자를 이끌 수 있다.

연구에서 제시하는 MaaS 생태계의 주요 관계자로는 1) 이동성 서비스 운영자, 2) 이동성 서비스 제공자, 3) 대중교통, 4) 플랫폼 서비스 제공자가 있다. 특히 대중교통은 Coordinator로의 역할을 할 수도 있고 Cooperator로의 역할을 수행할 수도 있기 때문에 매우 중요한 위치에 놓여있다. MaaS는 확장된 환승연계 통행, 다양하게 조합된 이동성 옵션, 정기권 및 통합 지불, 앱 또는 웹 기반 디지털 인터페이스를 이용자에게 지원할 수 있다고 하는데, 이는 앞서 언급한 UCI Energy Institute(2015)에서 제시한 모빌리티 통합 수준 3~4단계와 유사하다.

Deloitte(2017)에서 MaaS의 핵심은 대중교통 혹은 개인수단 등 모든 교통수단에 걸쳐 이동계획, 예약, 전자 발권, 결제 서비스를 통합한 디지털 플랫폼이라고 본다. 이용자들의 이동을 위해 서로 다른 교통수단들을 파악하고 비교해주는 앱은 이제 일반화되었다. 자연스럽게 다음 단계는 이 모든 대안을 공통의 플랫폼으로 통합하는 것이다. 다양한 수단에 걸친 통행 계획, 유연한 결제 솔루션, 이용자 선호도에 기반한 개인화

서비스가 가능해야 할 것이며, 이러한 시스템에서 승객들은 더 쉽고 빠르고 저렴하고 안전한 방식으로 이동성 서비스를 누릴 수 있을 것이다.

MaaS의 성공에 있어 중요한 요인은 플랫폼의 모든 참여자들이 협업하도록 만드는 것이다. 민간 부문의 참여자들은 이익 추구를 목적으로 정부 기관에서 제공하는 것보다 다양하고 광범위한 서비스를 제공할 수 있을 것이며, 정부 기관은 공공 정책 혜택, 대기질 향상, 교통사고 감소, 주차 필요 공간 감소 등을 추구할 수 있을 것이다. 이를 위해 정부는 모두를 한 자리에 모아 의견을 모으고 데이터를 모아 MaaS 시장의 발전을 촉진시키는데 힘써야 한다.

KPMG(2017)에서는 MaaS를 다양한 이해관계자의 목표와 요구사항을 충족하도록 설계된 Seamless 방식의 개인 및 공공 모빌리티 서비스의 완전 통합으로 정의한다. 통행자들이 앱·컴퓨터·키오스크에 자신의 통행 및 통행 선호도를 명시하고, 공공 및 개인 교통수단을 얼마나 결합할 지에 대한 선호도에 따라 통행 선택사항을 제시하는 상상을 할 수 있다. 자동으로 결제할 수 있으며, 환승이 간단하고, 다양한 수요응답형(On-demand) 옵션이 존재하고, 실시간 통행정보와 통합 여정 플랫폼에 즉시 접근할 수 있다. 소비자들은 스스로의 선택에 따른 통행을 할 수 있고, 궁극적으로는 모든 공공 및 개인 수단 옵션이 단일 앱으로 제공되어 단일 플랫폼을 통해 예약 및 결제가 이루어짐과 동시에 이용자에게 동적 경로 계획 정보를 제공할 수 있게 된다. 앞으로 MaaS는 이보다 훨씬 더 많은 일을 할 수 있을 것이다. 이러한 디지털 통행 혁명은 통행의 모든 면을 쉽게 만들어줌으로써 쉽게 이동할 수 있게 한다.

MaaS는 기본적으로 이용자 관점에서 이용자 편의를 높이는 데 목적이 있지만, 이는 이용자들이 스스로, 또는 민간 부문만으로 실현될 수 있는 것이 아니다. 공공 부문이 관리하는 대중교통이 주축이 되어 MaaS로의 패러다임 전환을 이루어야 부정적인 외부효과(혼잡, 사고, 배출 등)를 함께 관리할 수 있다. 또한 정부 보조금을 통해 이용자들에게 합리적인 가격으로 서비스를 제공할 수 있다(Viktorija Swedish ICT AB, 2016). 따라서 이용자 편의를 극대화하는 MaaS를 실현하려면 대중교통이 중심이 되어야하고 그러기 위해서는 대중교통이 개인수단보다 더 쉽고 더 편리하고 더 저렴해져야 할 것이다(New Cities Foundation, 2016; 김재홍 외, 2007).

2. First-Last mile 개념 정의

접근에 관한 용어는 과거 일반적으로 사용하던 Access time · Egress time이 있고, 최근 스마트 모빌리티와 함께 등장한 First mile · Last mile의 개념이 있다.¹⁾ 국내에서는 First mile과 Last mile이라는 용어를 사용하여 접근통행을 연구한 사례가 없으며, 과거 국외 연구들은 First mile의 경우 대중교통 형평성과 맥락을 같이하고, Last mile의 경우 화물 수송에 있어 소비자에게 물품이 도달하는 마지막 단계를 의미하고 있었다. 그러나 최근 국외에서 First-Last mile이라는 용어를 이용한 경우에는 Mobility as a Service의 관점에서 솔루션을 제시하고 있었다.

Matthew(2013)은 Door-to-Door라는 큰 장점을 가진 개인수단과 경쟁하는 대중교통의 이동성 향상을 위해서는 First-Last mile의 문제가 해결되어야 한다고 주장한다. 연구에서는 First-Last mile을 코어 외부의 0.5~1mile 반경으로 정의한다. 이용자들은 걸어서 대중교통 시스템에 접근하는 것, 어려운 길을 찾아가야 하는 것 등 그들의 요구를 충족시키기에 불충분한 선택을 하지 않고, 이동성을 위해 신속하게 승용차로 전환하는 선택을 한다. 따라서 도시(Cities), 관할구역(Jurisdictions), 기관(Agencies)은 이용자를 위해 강력하고(Compelling) 매끄러운(Seamless) 시스템을 만들어야 한다고 하였다.

Shaheen & Chan(2016)에서는 First-Last mile을 Corridor 대중교통에 접근하는 단계로 인식하였으며, 대중교통에 짧은 시간 안에 접근할 수 있는 방법으로 공유 모빌리티를 제안한다. Carsharing, Bikesharing, Ridesharing, On-demand ride service, Microtransit은 특히 도시 환경에서 이용자가 교통수단에 접근하는 방법을 변경하고 대중교통과 다른 수단들과의 연결을 만들어줄 수 있다. 철도역에 대한 First-Last mile 접근성을 향상시키기 위해 캘리포니아에서는 각지에서 공공 공유자전거 사업이 시작되고 있으며, 플로리다 올랜도의 교외지역(Suburb)에서는 도시 내에서 통근 열차 역까지의 UBER 이용에 보조금을 지급하는 시범사업을 시작하였다.

Marlon et al.(2017)은 승용차 이용자와 대중교통 이용자의 직업적 접근성에 관한 비교를 하였다. 샌디에고 지역에서 대중교통 이용자가 대중교통 정류장까지 걸어서 오는 경우, 승용차의 직업 접근성은 대중교통 직업 접근성보다 거의 30배 더 크다. 연구에서는 First-Last mile을 대중교통 시스템에 대한 접근 · 유출 단계로 인식하였고, 대

1) time과 mile은 시간 또는 거리 개념이 아니라 구간, 과정, 단계 등의 의미로 통합

중교통 접근성 개선에 대한 대안으로 Bikesharing과 Ridesharing을 제안하였다. 과거 연구들에서는 저소득층에 자동차를 제안하는 방법을 제안하였는데, 이는 오히려 승용차와 대중교통의 격차를 벌리는 방식이다. 교통수단을 ‘서비스’ 또는 ‘공유’ 경제로 전환시키는 트렌드를 감안할 때, 대중교통 대기시간을 줄이거나 서비스를 개선하는 정책 등의 기존 방식보다 Bikesharing이나 Ridesharing(On-demand)을 배치하여 Station으로의 접근·유출 수단을 변경하는 새로운 방식이 대중교통 접근성을 개선하는 데 더 효과적이라고 하였다.

제4절 시사점 도출

기존 연구들에서는 대중교통 접근성에 관해 좁은 공간적 범위의 연구에서는 대중교통 시설물로의 접근 서비스권을 연구하고, 넓은 공간적 범위의 연구에서는 대중교통 시스템 내부에서의 이동효율성을 주로 연구하였다. 접근성을 형평성으로 인식한 연구들이 대다수였고, 본 논문에서 연구하고자 하는 보행단계 또는 접근단계에 관한 연구는 역세권 설정이나 대중교통 서비스 평가 등의 주제에 포함되기도 하였다.

또한 기존 연구들에서는 행정구역 단위의 연구가 수행되었고, 행정구역 단위의 문제점을 극복하기 위해 특정 동을 제외하거나, 집계구 단위로 행정구역을 세분화하거나, 셀 단위의 연구를 수행하기도 하였다. 그러나 센서스 자료와의 비교 분석을 위해 다시 행정구역 단위로 결과 값을 통합하는 등의 한계가 있었다.

본 연구에서는 이용자들의 대중교통 접근 문제에 관해 형평성이나 이동효율성과 같은 거시적인 개념이 아닌 단어 그 자체로 받아들여 이용자들이 대중교통을 이용하기까지의 접근과정에 초점을 둔다. MaaS의 관점에서 대중교통 Door-to-Door 서비스 실현을 위해 행정구역 단위의 연구가 아니라 실제 이용자 통행을 반영할 수 있는 상세한 단위의 연구가 필요하므로 본 연구에서는 건물 단위의 연구를 수행한다.

기존 연구들에서는 네트워크상의 2차원 직선거리만을 반영할 수밖에 없었는데, 본 연구에서는 웹 지도의 실제 경로를 기반으로 경사·계단·지하도 등 3차원 수직 동선을 모두 반영한 데이터를 활용하였음에 차별성을 가진다.

서비스로서의 이동성은 미래 모빌리티 생태계 그 자체일 것이라 해도 과언이 아니며, 지금 우리는 그 패러다임의 시작점에 서 있다. 앞서 살펴본 바에 따르면 MaaS란 단순하게는 ‘통행 계획 및 예약 - 다양한 교통수단 이용 - 단일 앱에서 단일 결제’라고 할 수 있다. 그러나 넓은 의미로는 ‘편안한 이동을 위한 모든 것’을 의미한다. Mobility as a Service의 관점에서 중요한 키워드는 1) Integration · Combination, 2) Cooperation · Partnership, 3) Intermodal · Multimodal, 4) Seamless · Usability, 5) User customization · Individual needs로 요약할 수 있다.

그 중 본 연구에서는 Seamless · Usability에 초점을 둔다. 대중교통의 경우는 승용차와 달리 결절점이 존재한다는 특징이 있다. 이에 대중교통 부문에서 Seamless는 이

결절점들을 매끄럽게 연결해주는 것을 의미한다. 대중교통 통행은 크게 1) 출도착지에서 대중교통 정류장까지의 접근단계와 2) 대중교통 시스템내부에서의 이동단계로 구분할 수 있다. 이 때 접근단계와 이동단계 사이에 통행의 결절이 발생하고, 이동단계 중 환승이 필요할 경우 결절이 발생한다. MaaS Seamless 관점에서 각 결절점을 기준으로 Trip을 세분화하면 통행의 각 단계는 Stage라는 개념으로 구분할 수 있다(UCI Energy Institute, 2015; 유소영 외, 2017).

이용자 관점에서 Usability를 위해서는 대중교통 시스템 내부에서의 이동 효율성보다 시스템 외부에서의 Stage seamless가 중요하다. 국내에서는 First-Last mile이라는 용어를 사용해 대중교통 시스템 접근연계에 관해 연구한 사례가 없으며, 국외에서는 공통적으로 MaaS의 관점에서 솔루션을 제시하고 있었다. 이에 국외 연구 사례들과 마찬가지로 국내에서도 대중교통 시스템 First-Last mile을 분석해 특성을 파악하고, 공유수단 및 개인수단이라는 교통 부문의 트렌드를 반영한 연구가 수행될 필요가 있다.

본 연구에서는 대중교통 부문의 전 세계적 트렌드에 따라 대중교통 정책을 개선하거나 공급 자체를 늘리거나 또는 승용차 이용을 물리적·제도적으로 줄이는 방법이 아닌, 접근단계의 새로운 모빌리티 서비스를 제시함으로써 기존의 대중교통 부문에서 해결하지 못했던 문제에 대한 솔루션을 제안할 것이다.

제3장 분석 데이터베이스 구축

제1절 데이터베이스 구축 방법론

본 연구에서 사용되는 데이터는 웹 사이트에서 제공되는 경로탐색 길찾기 서비스로 얻은 이용자의 Door-to-Door 동선을 기반으로 한다. 길찾기 서비스는 출발지와 도착지를 입력하면 요금, 환승횟수, 도보거리, 총 통행시간 등을 반영하여 최적경로를 안내해준다. 이때 가장 큰 장점은 1) 통행 전(全) 과정에 관한 정보뿐만 아니라 Stage별 통행속성 정보까지 제공해준다는 점과 2) 각 Stage 내에서도 최적경로를 안내한다는 것이다.

데이터베이스를 수집하기에 앞서 미시적 분석을 위한 건물단위 기중점을 정의할 것이다. 건물단위 기중점은 서울시 424개 행정동 Centroid보다 훨씬 많은 양이 되어야 할 것이며, 사람들의 주거 및 상업 활동 지점을 설명할 수 있어야 할 것이다. 적절한 POI(Point of Interest)가 선정되면 조밀하게 붙어 있는 POI 중 커버하는 건물 연면적 합계가 큰 편의점을 대표 통행발생 지점 건물이라 보고, 이를 기중점으로 삼아 길찾기 서비스로 경로탐색을 실시한다.

연구는 서울시 전역을 대상으로 하므로 Point-to-Point로 전체 이용자 동선을 수집할 경우 천문학적인 시간이 소요된다. 따라서 데이터 수집 효율화를 위해 건물(Origin)-동주민센터(Destination)로 경로탐색을 실시하며, 기점 to 종점과 종점 to 기점의 경로가 같다고 가정하여 계산량을 절반으로 줄인다.

그럼에도 불구하고 연구에서는 약 3,000개 POI를 대상으로 120만개 이상의 경로를 수집해야하기 때문에 결코 직접 검색해서 구축할 수 없으므로 컴퓨터 언어를 통한 자동화 프로그램이 필수이다. 데이터 구축 시에는 Stage 기반 연구를 위해 대중교통 전체 경로 정보뿐만 아니라 각각의 상세정보까지 함께 수집할 수 있도록 한다.

마지막으로 경로탐색 Raw data의 전처리 과정과 GIS 공간분석을 위한 Map을 구축하는 과정까지 거치면 분석을 위한 준비가 완료된다.

제2절 건물단위 기종점 정의

1. 건물기반 경로탐색의 필요성

기존의 Zone Centroid는 시청, 구청, 동 주민센터가 되었으나 이는 대중교통 이용자의 실제 경로가 아니다. 대중교통이 승용차만큼의 경쟁력을 갖기 위해서는 Door-to-Door 문제가 해결되어야 하며, 이용자들의 실제 출발지에서 목적지까지를 반영한 Point-to-Point DB가 구축되어야 한다. 일반적으로 통행의 발생은 건물에서 사람이 나오는 것으로써 시작되기 때문에 각 건물들을 출·도착지로 설정할 수 있다. 그러나 모든 이용자들의 모든 출·도착 지점들을 분석할 수는 없다. 따라서 그 중 대표적인 건물을 선정하는 과정이 필요하다.


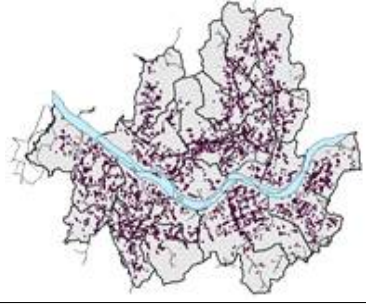
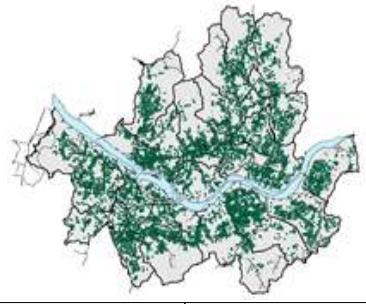
2. 연구에 적합한 POI 선정

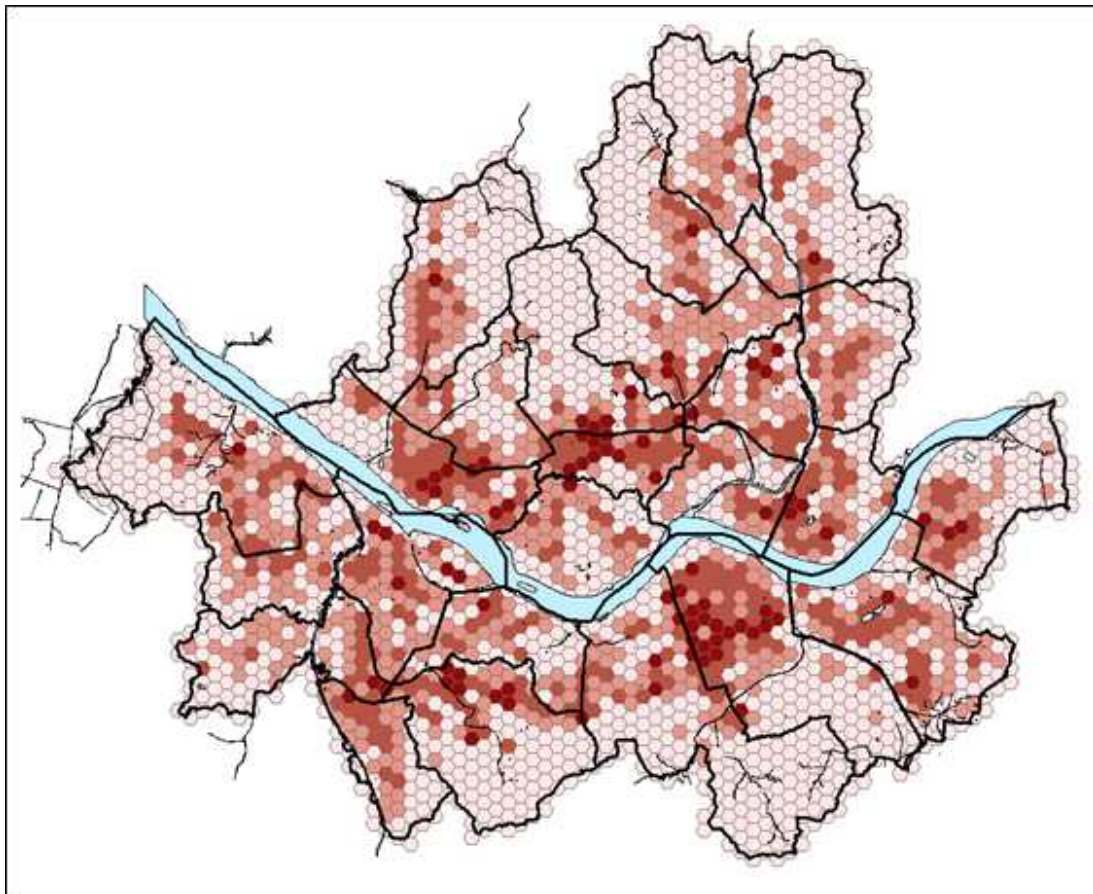
POI란 관심지점(Point of Interest)의 약자로 위치기반 서비스에서 주요 시설물 등을 좌표로 전자지도에 표시하는 데이터를 말한다.²⁾ 연구에서는 이러한 관심지점을 체크하여 그 중 가장 연구에 적합한 POI를 기종점으로 정의하였다. 연구에 적합한 POI란, 1) 사람들의 주거 및 상업 활동지점을 반영하여 대표성을 가지고, 2) 상세한 공간 분할이 가능하도록 개수가 많으며, 3) 한 쪽에 치우치지 않고 서울시 전역에 고르게 분포해야 한다는 조건을 가진다.

가장 적합한 POI 선정을 위해 웹 사이트에서 비교하고자 하는 POI들의 주소를 얻었다. 그 중 서울시 3대 카페, 약국, 5대 편의점의 점포수 및 분포를 비교하였다. 2018년 09월 기준 서울시 3대 카페 점포수는 1,352개, 약국은 5,029개, 5대 편의점은 8,081개로, 편의점이 압도적으로 많은 점포수를 갖고 있었다. 또한 편의점은 [그림3-2-1]과 같이 서울시 전역에 고르게 분포해있고, 그 숫자가 매우 많기 때문에 상세한 공간을 정의하기에 가장 유리한 POI로 분석되었다.

2) 이강원. (2016). 「지형 공간정보체계 용어사전」.

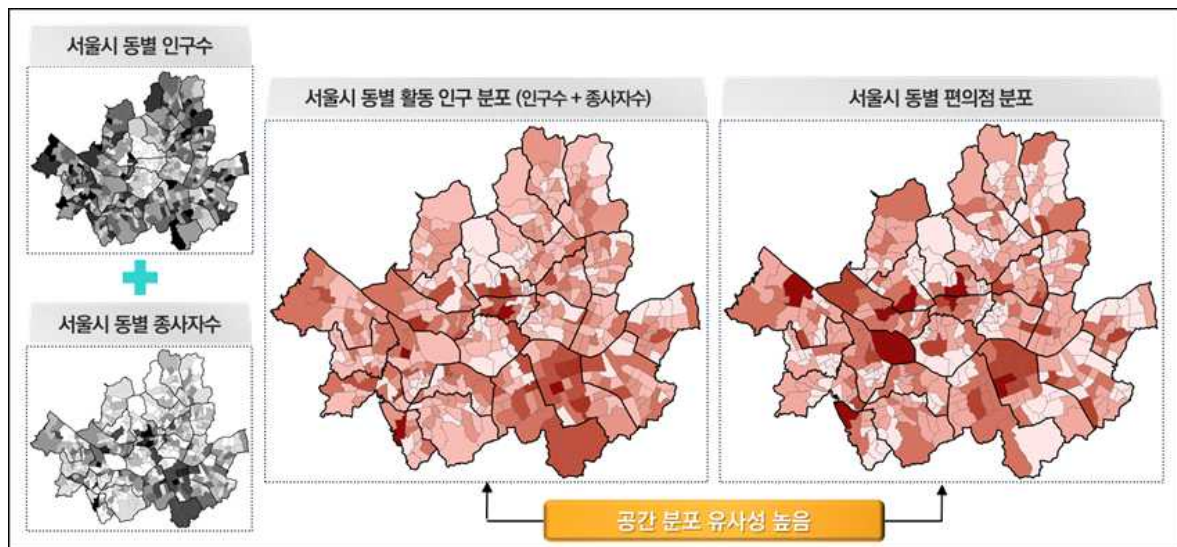
[표 3-2-1] 서울시 대표 POI 비교

서울시 3대 카페 POI		서울시 약국 POI	서울시 5대 편의점 POI	
				
이디야커피	633	-	GS25	2,831
스타벅스	470		CU	2,507
투썸플레이스	249		세븐일레븐	1,843
			이마트24	504
			미니스톱	396
1,352개		5,029개	8,081개	



[그림 3-2-1] 서울시 5대 편의점 셀 단위 분포도

사람들의 주거 및 상업 활동 지역과의 비교를 위해 KTDB에서 제공하는 인구수 및 종사자수 자료를 이용하여 편의점 POI 분포와의 관계를 확인해보았다. 일반적으로 편의점은 주거 인구 밀집 지역과 업무 중심 지역에 모두 입지하는 특성을 가진다(강재정 · 안순화, 2015). KTDB 자료에서는 주거를 설명할 수 있는 동별 인구수의 경우 외곽 지역에 많이 분포하고 있으며, 상업을 설명할 수 있는 동별 종사자수의 경우 도심지역에 많이 분포한다. 이 둘을 합친 자료와 편의점 동별 분포를 비교해보면 공간 분포 유사성이 높은 것을 알 수 있다. 따라서 편의점은 주거 및 상업 활동 지역을 모두 반영하는 POI라고 할 수 있다.



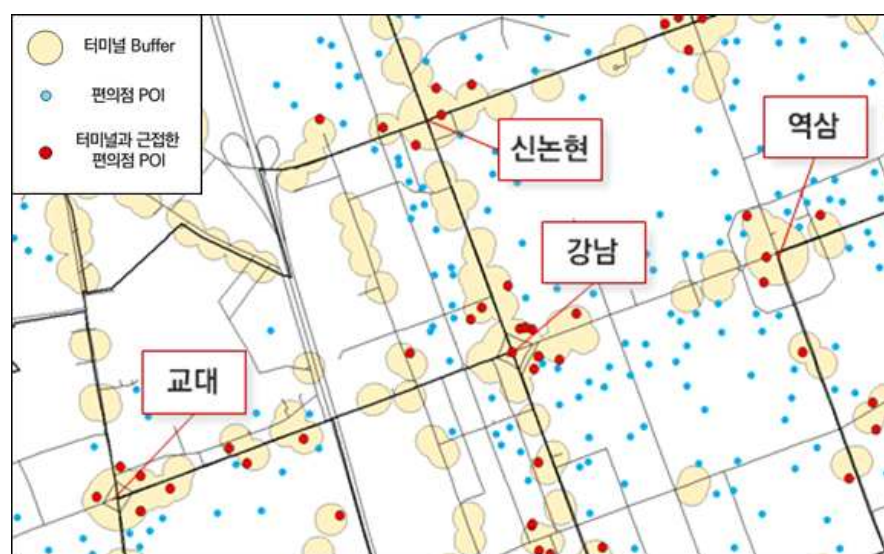
[그림 3-2-2] 사회경제 활동인구 분포와 편의점 분포 비교

3. 대표 통행발생 지점 건물로 기종점 표본화 및 생활 존 설정

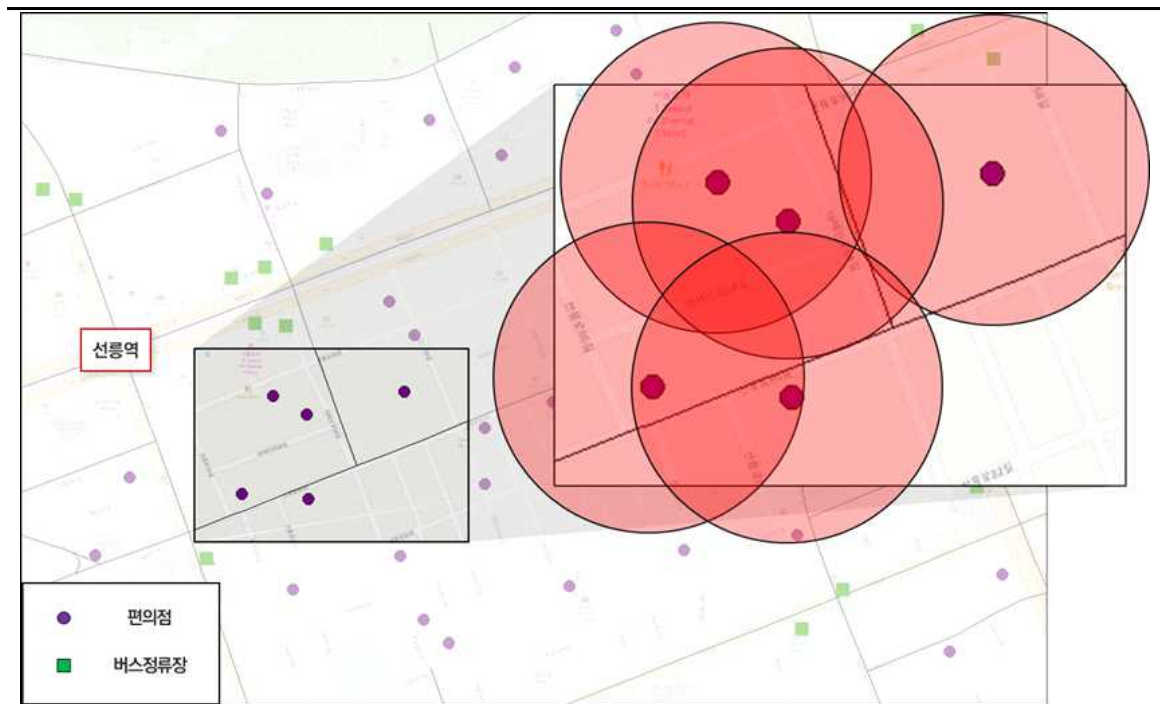
본 연구는 이용자의 실제 Door-to-Door 경로를 파악하는 데 목적이 있으므로 통행발생지점이 되는 각 편의점들로부터 대중교통 통행이 시작되는 지하철역 또는 버스정류장까지의 접근단계 Stage DB가 확보되어야한다. 그러나 편의점이 역사 안에 위치한 경우 또는 역사 출입구나 버스정류장 바로 앞에 위치한 경우에는 실질적 통행발생 지점이 아닐뿐더러 First-Last mile이 아예 없거나 짧아지게 된다. 따라서 지하철역 및 버스정류장과 극단적으로 가까운 편의점들은 미리 제거하는 과정을 거쳤다.

우리나라의 경우 지하철역의 서비스권역을 반경 500m로 지정하고 있으며, 미국의 TCQSM에서는 버스정류장은 반경 400m, 지하철역은 반경 800m로 설정하고 있다. 하지만 이는 역세권 범위를 의미하는 거리이므로 이보다 최소한의 도보거리 반경으로 그 기준을 정해야 한다.

지하철역은 반경 200m 기준으로 편의점들을 삭제했을 경우 너무 많은 편의점들이 제거되었으며, 반경 50m 기준으로는 지하철 역사 안에 있거나 매우 가까운 일부만이 제거되었다. 버스정류장은 반경 100m 기준으로 편의점을 삭제했을 경우 주요 도로 주변의 점포들이 대부분 제거되어버렸다. 버스정류장과 50m 거리라는 것은 보행속도 1.2m/s 기준으로 1분 거리에 해당하는 매우 가까운 거리이다. 따라서 지하철역은 반경 100m 이내, 버스정류장은 반경 50m 이내의 편의점을 삭제하는 것이 가장 적합한 기준인 것으로 판단되었고, 8,081개 편의점 중 5,661개의 편의점이 남게 되었다.



[그림 3-2-3] 기준 버퍼 내 편의점 삭제 과정

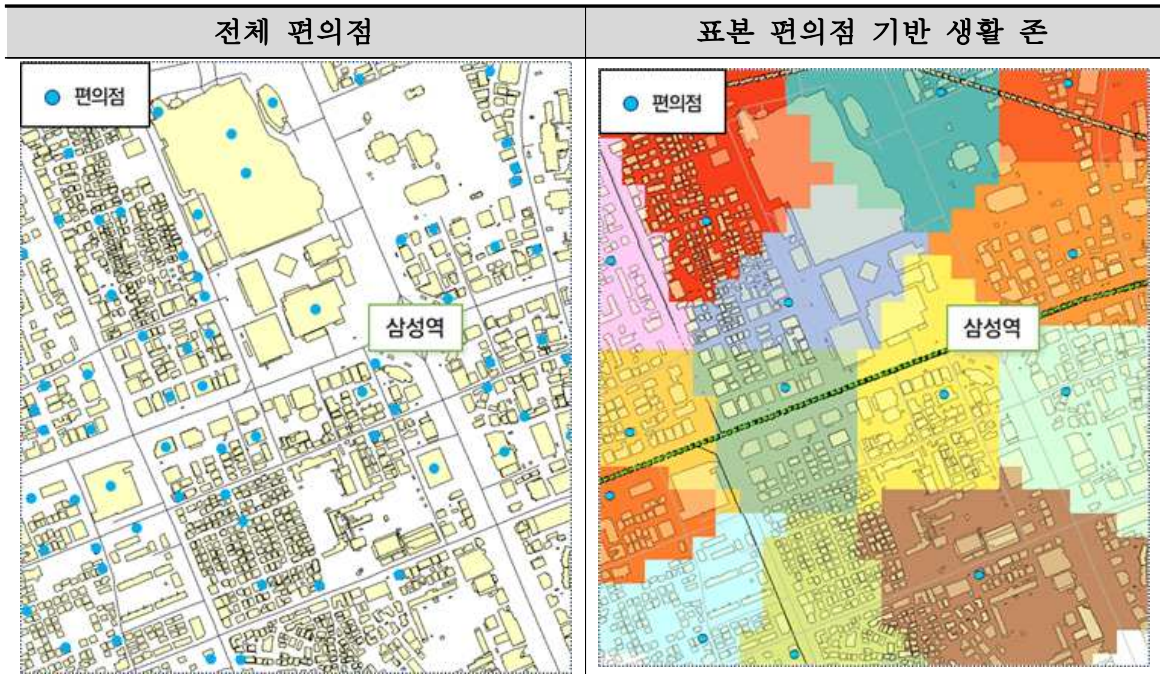


- ① 편의점 반경 150m 이내에 있는 건물들의 연면적을 합계하여 편의점 노드 정보에 추가³⁾
- ② 주변 편의점들끼리 건물 연면적 합계를 비교하여 경쟁횟수와 승리횟수 기록
- ③ 승률에 따른 잔여 편의점 수를 확인하고, 인구 1만 명 당 잔여 편의점 수의 평균과 분산 확인

[그림 3-2-4] 중복 편의점 중 통행발생 대표 편의점 선정 과정

편의점은 주거 및 상업 활동의 강도에 따라 좁은 지역에 여러 개의 점포가 중복하여 위치하는 경우가 많다. 따라서 통행발생에 영향을 주는 요소인 건물 연면적과 인구 수 등을 고려하여 조밀하게 입지한 편의점들 중 [그림3-2-4]와 같은 과정을 통해 통행발생 대표 지점 건물을 선정하였고 그 편의점 건물을 Centroid로 하는 생활 존을 설정하였다. 최종적으로 설정된 2,870개의 생활 존은 서울시 행정동 424개를 대상으로 한 기존 연구들보다 6~7배 미세적인 접근이다.

3) 서울시 편의점 간 평균 거리는 101.67m



[그림 3-2-5] 삼성역 일대 존 세분화 예시

제3절 이용자 동선 데이터베이스 수집

1. Scraping & Crawling⁴⁾

빅데이터 분석이란, 방대한 양의 대규모 데이터 집합에서 규칙성을 찾아 필요한 자료를 추출하고, 목적에 맞게 가공하여 활용하는 것까지의 모든 과정을 의미한다. 본 연구에서는 Web Scraping 기술을 활용하여 대중교통 길찾기 경로탐색 Web Crawler를 개발하였다. 스크레이핑(Scraping)이란, 웹 사이트에 있는 특정 정보를 추출하는 기술을 의미한다. 스크레이핑을 이용하면 웹 사이트에 있는 정보를 쉽게 수집할 수 있다. 크롤링(Crawling)이란, 프로그램이 웹 사이트를 정기적으로 돌며 정보를 추출하는 기술이다. 크롤링하는 프로그램을 크롤러(Crawler) 또는 스파이더(Spider)라고 한다.

2. 이용자 동선 데이터 수집 웹 크롤러 개발

웹 지도 대중교통 길찾기 서비스에서는 지도에 표시되는 이동 경로를 포함하여, 총 통행시간, 총 통행거리, 총 도보시간, 환승횟수, 요금에 관한 정보를 알려준다. 상세 정보 탭을 클릭하면 Stage 정보까지 확인할 수 있다. 각 Stage에서는 Stage별 기종점과 통행시간·거리를 알 수 있고, 심지어 지하철역 몇 번 출구를 이용할지, 이용 가능한 버스는 몇 번들이 있는지도 알 수 있다. Stage의 유형별로 담고 있는 정보가 다른데, 1) 도보 Stage의 경우 도보거리, 도보시간, 승하차지점에 관한 정보를 담고 있고, 2) 버스 Stage의 경우 소요 정류장 수, 소요시간, 이용 가능한 버스번호, 승하차지점을 담고 있으며, 3) 지하철 Stage의 경우 소요 정류장 수, 소요시간, 지하철 노선방면, 승하차지점을 담고 있다.

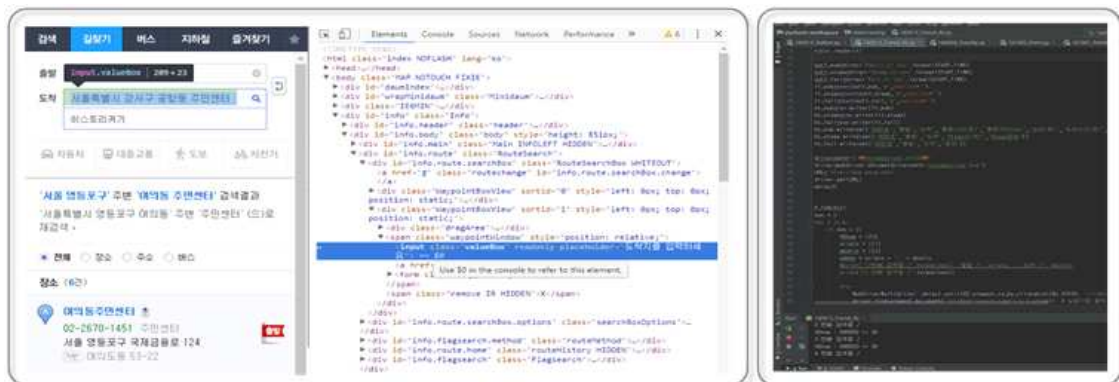
이 중 Stage간 결절점이 되는 지점의 역 및 정류장 명칭과 이동수단을 중심으로 1) Stage별 통행시간, 2) 통행거리(차외 Stage인 경우), 3) 이동 정거장 수(차내 Stage인 경우), 4) 이용 가능한 노선 정보를 수집하는 웹 크롤러를 만들었다. 웹 크롤러의 정보 수집 및 구축 데이터베이스 체계는 [그림3-3-1]과 같고, 데이터는 2018년 09월 한 달간 수집되었다.

4) 쿠지라 히코우즈쿠에. (2017). 「파이썬을 이용한 머신러닝·딥러닝 실전 개발 입문」.

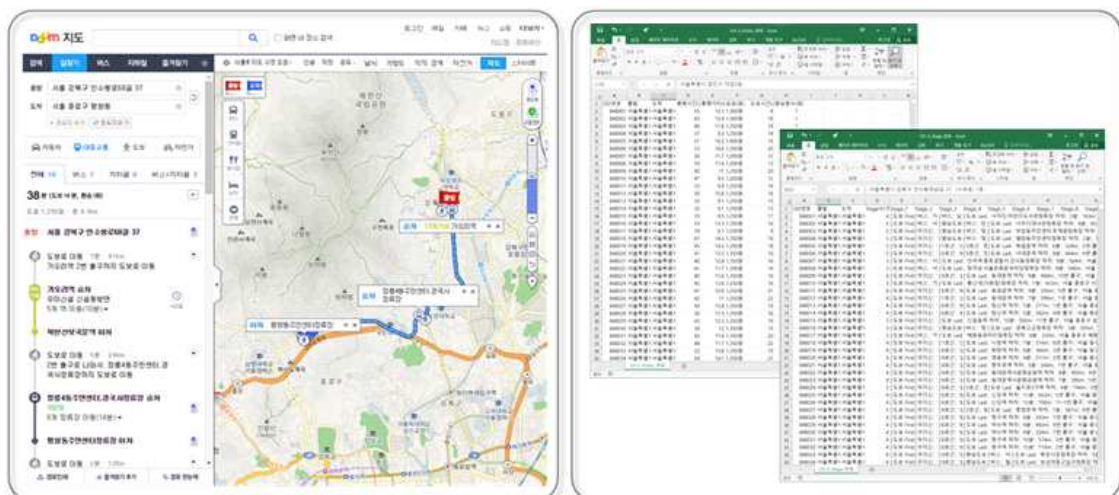
(A) Stage별 상세정보 확인



(B) Web Crawler 개발 과정



(C) 작업수행 및 DB구축



[그림 3-3-1] 데이터베이스 구축 체계

3. 데이터 수집의 효율화

웹 크롤러를 이용하여 DB 수집 시, 1개 경로를 탐색하는 데에는 인터넷 속도에 따라 최소 3초~최대 5초가 소요된다. 모든 OD를 Point-to-Point로 검색할 경우 3,000여개의 편의점은 820만개의 OD로써 수집에만 1년 이상의 시간이 걸리기 때문에 현실적으로 불가능하다. 따라서 검색량을 줄이는 작업이 필요하다.

본 연구에서 중요한 것은 특정 통행발생 건물로부터 대중교통 승차지점까지의 접근과정이다. 이때 이용될 승차지점 지하철역 또는 버스정류장이 선택되는 기준은 특정한 종점 건물에 따라서가 아니라 목적지의 방향에 따라 달라진다.

예를 들어, 용산구 이태원동에 있는 S편의점을 기점으로 하였을 때, 기점에서 강남구 압구정동에 있는 A편의점으로 가는 경로와 기점에서 강남구 압구정동에 있는 B편의점으로 가는 경로의 경우, 통행의 끝단은 서로 다를지라도 이용하는 경로가 유사할 것이며 First mile과 승차지점은 동일할 것이다. 따라서 통행발생 대표 건물(2,870개)-행정동(424개)으로 경로탐색을 하여 DB 수집의 효율성을 높인다.

추가로, 기점→종점, 종점→기점의 경로가 같다고 가정하여 계산량을 절반으로 줄인다. 대중교통 경로탐색 결과는 이용하는 지하철역 출입구 또는 버스정류장 위치 등에서 약간의 차이가 있지만 이는 결과에 의미를 줄 만큼 영향이 크지 않다.

이처럼 본 연구에서는 현실을 반영한 데이터베이스를 구축하면서 계산 효율화에도모하였다. 최종적으로 데이터베이스로 수집될 검색 OD는 편의점 2,870개에서 서울시 행정동 424개로의 Door-to-Door 경로이며, $2,870 * 424 = 1,216,880$ 개의 대중교통 이용자 이동 동선을 분석에 사용하였다.



[그림 3-3-2] 데이터 수집 효율화 방법론

덧붙여 서울시 버스 시스템은 버스 유형별, 노선별로 정류장이 분산되어있다. 이용자들은 가장 가까운 버스정류장을 이용하는 것이 아니라 목적지로 가는 노선이 있는 정류장을 이용하기 때문에 기존 연구들에서 가장 가까운 정류장을 이용한다는 가정에는 오류가 있다. 따라서 본 연구와 같이 실제 이용자 동선을 기반으로 한 연구가 수행되어야 한다.

제4절 데이터 전처리 및 GIS 네트워크 구축

1. Raw data 1차 전처리

데이터는 수집하는 것만으로는 의미가 없다. 수집한 데이터를 목적에 맞게 가공하고 활용해야만 그 데이터는 가치를 가진다. 정형데이터를 다루는 데에는 Microsoft사의 Excel이 가장 쉽고 널리 쓰이고 있다. 그러나 구축된 DB는 120만개 이상 기종점쌍의 경로이며, Microsoft Excel에서는 100만 건까지 다룰 수 있기 때문에 Excel로는 작업이 불가능하다. 따라서 컴퓨터언어를 이용한 분석이 필수적이며 Python Programming에 용이하도록 1차 데이터 전처리를 수행하였다. Raw data는 [표3-4-1]과 같은 포맷으로 가공되었으며, 표현의 편의를 위해 행·열을 전환하여 제시하였다.

[표 3-4-1] Raw data 1차 전처리의 자료 형태

Colume	Title	Contents
0	OD번호	967
1	출발	서울특별시 강남구 밤고개로34길4
2	도착	서울특별시 성북구 길음1동
3	Stage수	9
4	Stage_1	도보 First/출발주소/3분/202m/대왕초등학교정류장
5	Stage_2	버스/대왕초등학교정류장 승차/강남06,강남06-1/6개 정류장 이동(10분)
6	Stage_3	환승도보/수서역5번출구.이마트앞정류장 하차/3분/143m/수서역 5번 출구
7	Stage_4	분당선/수서역 승차/분당선 왕십리방면/11개 역 이동(24분)
8	Stage_5	2호선/왕십리역 환승/2호선 외선순환방면/3개 역 이동(5분)
9	Stage_6	4호선/동대문역사문화공원역 환승/4호선 당고개방면/5개 역 이동(11분)
10	Stage_7	환승도보/길음역 하차/4분/217m/7번 출구/길음전철역정류장
11	Stage_8	버스/길음전철역정류장 승차/성북09/5개 정류장 이동(5분)
12	Stage_9	도보 Last/길음1동주민센터.길음중앙새마을금고앞정류장 하차/1분/81m/도착주소

2. GIS 네트워크의 공간적·시간적 범위 통합

120만개가 넘는 빅데이터는 그 자체로는 문제점을 파악하기가 매우 어렵다. 따라서 보여주고자 하는 목적에 맞게 시각화하는 것이 필수이다. GIS 네트워크는 KTDB에서 제공하는 1) 2017년 전국 행정경계 GIS DB(2016년 기준), 2) 2017년 전국 도로망 GIS DB(2016년 기준), 3) 2017년 전국 철도망 GIS DB(2016년 기준)를 요청받아 서울특별시에 해당하는 부분을 추출하였다. 버스정류장 좌표와 하천망도의 경우 서울열린데이터광장에서 제공받은 데이터를 사용하였다.

KTDB에서 제공하는 행정경계 등 shp파일의 좌표체계는 GCS_ITRF_2000을 기반으로 한 Korea 2000 Katech(TM128) 평면좌표로 되어있었다. KTDB에서 제공되지 않는 버스정류장이나 직접 구득한 POI 정보는 경위도 좌표노드로 제공되었고, 이를 GIS map으로 구축할 때에는 경위도좌표인 WGS 1984를 기반으로 하여 Korea 2000 Katech(TM128)으로 좌표계 변환을 실시해 좌표계를 통일하였다.

편의점 POI 노드정보는 2018년 08월을 기준으로 하며, 버스정류장 노드정보는 2018년 05월을 기준으로 한다. 대중교통 경로탐색은 09월에 이루어졌으므로 버스정류장 정보의 경우 정류장 명칭이 바뀌었거나, 정류장이 사라졌거나, 새로운 정류장이 생긴 경우를 반영하지 못해 서로 호환되지 않는 문제가 발생했다. 이에 관한 문제는 분석을 진행하면서 약 200개 이상을 직접 수정·보완하였고, 총 11,060개 서울시 버스정류장이 연구에 반영되었다. 지하철역의 경우에는 KTDB에서 제공하는 철도망 정보가 2016년을 기준으로 하기 때문에 이후 개통된 우이신설선에 관한 정보를 추가하였고, 서울시만을 추출해 306개 지하철역을 연구에 반영하였다.

제4장 Stage 기반 대중교통 First-Last mile 분석

제1절 Stage 기반 대중교통 접근통행 분석 방법론

본 연구에서는 Mobility as a Service 측면에서의 Stage 개념을 적용해 대중교통 이용자의 First-Last mile을 분석한다. Trip 단위의 통행을 크게는 접근단계, 대기단계, 이동단계, 환승단계로 구분할 수 있고(윤상훈 외, 2010), MaaS Seamless 관점에서 더 세분화하면 각 결절점마다 Stage라는 개념으로 구분할 수 있다(UCI Energy Institute, 2015). Stage란, 교통수단 전환 단계별로 통행을 세분화하여 구성한 이동 프로파일이며, Stage(이동단계) 기반의 통행은 기존 Trip Chain(통행사슬)과 달리 접근 통행을 포함하여 분석한다는 차이가 있다(유소영 외, 2017). 이와 같은 Stage 기반 통행 행태 분석의 장점에 따라 본 연구는 대중교통 이용자 동선을 Stage로 세분화하여 접근 통행(First-Last mile)을 분석하고자 한다.



[그림 4-1-1] STAGE 개념 정의

포털사이트의 경로탐색 서비스에서는 비록 정류장 1개 간격의 거리라 할지라도 버스노선이 있기만 하면 버스 탑승 경로를 안내한다. 그러나 실제로 이용자들은 버스를 이용하지 않고 곧장 지하철역으로 걸어가는 선택을 하게 된다. 그 이유는 ‘1) 걸어서 버스정류장에 도달, 2) 버스대기시간 소요, 3) 짧게 탑승 후 하차, 4) 걸어서 지하철역에 도달, 5) 지하철 이용’으로 이루어지는 통행이 불편하기 때문이다.

이러한 상황을 보았을 때, 이용자의 대중교통 접근 통행 행태에는 크게 두 가지가 있음을 알 수 있다. 1) 가정에서 출발하여 대중교통 승차지점(역·정류장)까지 걸어가는 보편적인 **도보접근형태**와, 2) Corridor 지하철을 이용하기 위해 짧은 버스통행이 필요한 **버스접근형태**이다. 도보접근형태에서 First-Last mile이라 함은 대중교통을 이용하기 전 발생하는 Stage#1(도보)만을 의미하고, 버스접근형태에서 First-Last mile이라 함

은 Corridor 지하철을 이용하기 전 모든 단계, 즉, Stage#1(도보)-Stage#2(짧은 버스통행)- Stage#3(도보)를 의미하게 된다.

제4장에서는 이러한 접근 통행의 형태에 따라 접근단계 First-Last mile을 분석한다. 도보접근형태에서 접근거리 및 접근시간은 Stage#1의 도보거리 및 도보시간과 같고, 버스접근 형태에서 접근거리 및 접근시간은 Stage#1~#3의 이동시간 및 이동거리를 합산해 산정하였다. 이때 경로탐색 빅데이터의 동선 개수를 가중치로 반영하기 위해 각 Stage별 시점, 종점, 이동시간, 이동거리 데이터를 가공하였다.

[표 4-1-1] Stage 기반 접근 유형 구분

기준	접근형태	유형	출발	접근 Stage 구성			도착
구간별	도보접근 (도보)	1	편의점	도보			버스정류장
		2		도보			지하철역
	버스접근 (도보-버스-도보)	3		도보	버스탑승 1~3분	도보	지하철역
		4			버스탑승 4~6분		
		5			버스탑승 7~9분		
역별 (역·정류장)	도보접근 (도보)	1	편의점	도보			버스정류장
		2		도보			지하철역
	버스접근 (도보-버스-도보)	3		도보	버스탑승 1~3분	도보	지하철역
		4			버스탑승 4~6분		
		5			버스탑승 7~9분		

First-Last mile 평가의 구분은 [표4-1-1]과 같다. 크게 1) 제2절에서 구간별로 First-Last mile이 긴 지점들을 분석하고 2) 제3절에서 역(정류장)별로 First-Last mile을 평가한다. 각각은 도보접근형태를 두 가지로 세분화하고 버스접근형태를 세 가지로 세분화하였다.

도보접근 형태는 버스정류장에 접근하는 경우와 지하철역에 접근하는 경우로 나누고, 버스접근 형태는 버스 Stage를 기준으로 나누었다. 버스탑승시간이 10분 미만이고 정차 정거장 수가 3개 이하인 경우를 ‘짧은 버스통행’이라 보았다. 경로탐색 결과에서는 탑승시간이 길어질수록 정차횟수가 많아져 통행속도가 느려지는 특성을 보였으므로, 이에 따라 탑승시간 1~3분인 경우, 4~6분인 경우, 7~9분인 경우로 한 번 더 세분화하였고, 각각 통행속도 260(m/분), 240(m/분), 220(m/분)을 적용해 거리를 계산하였다.

또한 도보접근 형태에서 접근거리는 최소 22m~최대 1.4km였고, 버스접근 형태에

서 접근거리 최솟값은 650m였다. 이는 접근거리가 650m이상인 경우에 이용자들은 도보통행을 할 수도 있고(유형1~2), 짧은 버스통행을 할 수도 있음(유형3)을 시사한다.

분석 결과는 접근거리 기준, 접근시간 기준으로 서울시에서 First-Last mile이 긴 곳 상위 지점들이 어디인지 표로 설명하고 그 위치를 GIS 지도로 제시한다. 역(정류장)별 분석에서는 추가적으로 역의 영향 범위(접근 범위)를 GIS network analysis 방법을 이용해 상세 분석을 실시한다. **제4절에서는** 5가지 유형의 First-Last mile 특성에 따라 접근 통행을 구분하는 거리 기준을 제시한다.

제2절 구간별 접근통행 분석

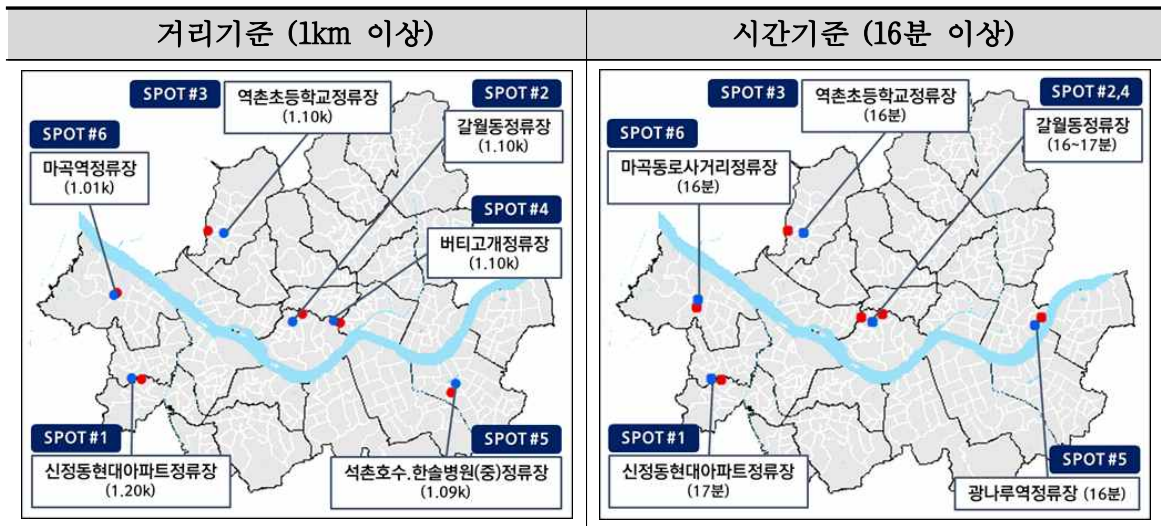
제2절에서는 서울시에서 First-Last mile이 긴 구간이 어디인지를 분석한다. 구간은 출발지부터 대중교통 승차지점까지이며, 각 출발지의 통행발생빈도는 424(회)이다. 버스접근형태에서 대중교통 승차지점은 짧은 버스통행을 시작하는 버스정류장이 아니라 짧은 버스통행으로 도달한 지하철역을 의미한다. 출발지는 편의점이 되고 도착지는 서울시 전체 읍면동 센트로이드이므로 각 출발지에서는 424회의 동선이 집계된다. 그 중 5회 미만의 동선이 지나는 구간은 발생빈도의 1(%)만 이용하는 곳이고, 20회 미만의 동선이 지나는 구간은 발생빈도의 5(%)만 이용하는 곳이다. 따라서 이처럼 매우 적은 동선이 집계된 구간은 이상치 구간이라 보고 분석 대상에서 제외하였다. 구간별 접근 시간 및 접근거리는 동선의 개수를 가중치로 반영해 평균값으로 산정하였다.

1. 도보접근형태

가. 버스정류장 도보접근 불편구간 분석 (유형1)

버스정류장으로의 도보접근 거리 최댓값은 1.2km, 시간 최댓값은 17분이었다. 버스 접근 형태에서의 거리 최솟값 650m를 기준으로 했을 때, 유형1에서 거리가 650m 이상인 구간은 9,703개 중 287개 구간이었다(2.96%). 그 중 1km이상 걷는 구간은 6곳이었고, 이 구간을 도보접근 불편구간으로 선정하였다.

이론적으로 보행속도 1.2m/s일 때 1km에 대한 이동시간은 13.8분이다. 그러나 실제 경사나 횡단보도를 반영한 경로탐색 결과를 보면 1km 통행 시 약 16분이 소요되고 있었다. 실제 경로에서 1km를 걷는 것을 기준으로 도보시간 16분 이상인 구간 6곳을 도보접근 불편구간으로 선정하였다.



[그림 4-2-1] 버스정류장으로의 도보접근 불편구간

[표 4-2-1] 버스정류장으로의 도보접근 불편구간 (거리기준, 1km 이상)

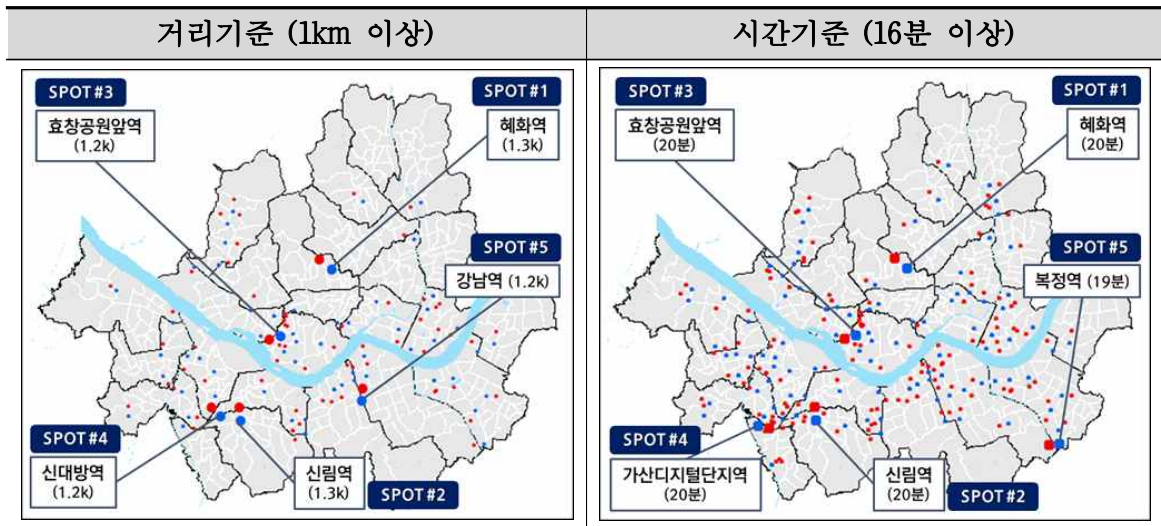
	출발지	도착지	거리(km)	시간(분)	동선수	지역
1	GS25 구로한일점	신정동현대아파트정류장	1.20	17.0	37	구로구
2	GS25 용산후암점	갈월동정류장	1.10	17.0	29	용산구
3	세븐 서울서북병원점	역촌초등학교정류장	1.10	16.0	30	은평구
4	GS25 옥수이편한점	버티고개정류장	1.10	15.7	20	성동구
5	GS25 석촌한빛점	석촌호수.한솔병원(중)정류장	1.09	15.9	30	송파구
6	GS25 LG사이언스파크점	마곡역정류장	1.01	14.8	21	강서구

[표 4-2-2] 버스정류장으로의 도보접근 불편구간 (시간기준, 16분 이상)

	출발지	도착지	거리(km)	시간(분)	동선수	지역
1	GS25 구로한일점	신정동현대아파트정류장	1.20	17.0	37	구로구
2	GS25 용산후암점	갈월동정류장	1.10	17.0	29	용산구
3	세븐 서울서북병원점	역촌초등학교정류장	1.10	16.0	30	은평구
4	CU 공덕배문점	갈월동정류장	0.98	16.0	23	마포구
5	CU 광장유진점	광나루역정류장	0.97	16.0	21	광진구
6	GS25 발산1단지점	마곡동로사거리정류장	0.95	16.0	20	강서구

나. 지하철역 도보접근 불편구간 분석 (유형2)

지하철역으로의 도보접근 거리 최댓값은 1.3km, 시간 최댓값은 20분이었다. 지하철역으로의 접근은 버스정류장으로의 접근에 비해 같은 거리라도 접근시간이 더 길게 탐색되었다. 그 이유는 지하철역의 경우 역사 내로 들어가는 수직적인 통행이 있기 때문에 웹 지도에서는 이를 반영해 통행시간을 제시하기 때문이다.



[그림 4-2-2] 지하철역으로의 도보접근 불편구간

[표 4-2-3] 지하철역으로의 도보접근 불편구간 (거리기준, 상위5곳)

	출발지	도착지	거리(km)	시간(분)	동선수	지역
1	CU 성균관대경영관점	혜화역(4)	1.30	20.0	73	종로구
2	GS25 관악해바라기점	신림역(2)	1.30	20.0	51	관악구
3	세븐일레븐 산천점	효창공원앞역(6,경의)	1.20	20.0	56	용산구
4	세븐일레븐 대림이가채점	신대방역(2)	1.20	19.0	59	영등포구
5	세븐일레븐 거평타운점	강남역(2,신분당)	1.20	19.0	22	강남구

[표 4-2-4] 지하철역으로의 도보접근 불편구간 (시간기준, 상위5곳)

	출발지	도착지	거리(km)	시간(분)	동선수	지역
1	CU 성균관대경영관점	혜화역(4)	1.30	20.0	73	종로구
2	GS25 관악해바라기점	신림역(2)	1.30	20.0	51	관악구
3	세븐일레븐 산천점	효창공원앞역(6,경의)	1.20	20.0	56	용산구
4	세븐일레븐 가리봉2호점	가산디지털단지역(1,7)	1.10	20.0	22	구로구
5	GS25 율현은하점	북정역(8,분당)	1.10	19.0	123	강남구

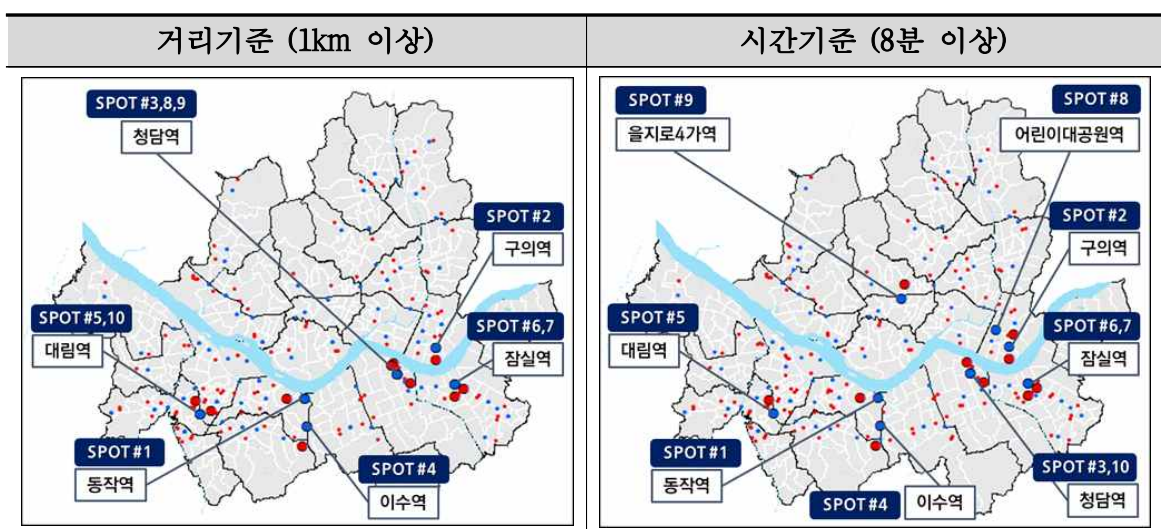
버스접근 형태에서의 거리 최솟값 650m를 기준으로 했을 때 유형2에서 거리가 650m 이상인 구간은 2,558개 중 991개 구간이었으며(38.7%), 버스정류장 접근거리(유형1)에 비해 지하철역 접근거리(유형2)가 대체로 긴 것을 알 수 있었다. 지하철역으로의 도보접근 거리가 1km 이상인 구간은 71곳이었고, 도보접근 시간이 16분 이상인 구간은 149곳이었다. 그림과 표에서는 상위 5곳만 지점을 표시하였다.

2. 버스접근형태

가. 수단탐승시간 1~3분인 경우 버스접근 불편구간 분석 (유형3)

버스를 1~3분 탑승하고 지하철역에 도달하는 버스접근(유형3)의 경우 버스접근 형태 1,416개 구간 중 157곳(11.08%)이 확인되었고, 이들의 평균 정차 정거장 수는 1.7(개)였다. 접근거리의 경우 최소 650m~최대 1.75km, 접근시간의 경우 최소 7분~최대 19분으로 집계되었다. 앞서 지하철역으로의 도보접근(유형2)에서의 접근거리 최댓값 1.3km, 접근시간 최댓값 20분을 고려하면, 유형2와 유형3의 중첩구간인 650m~1.3km, 7분~19분 구간은 이용자들이 지하철역에 접근할 때 도보로 접근하거나(유형2) 버스를 이용해 접근하거나(유형3) 하는 두 가지 선택이 가능한 구간임을 도출해낼 수 있다.

유형2와 마찬가지로 접근거리 기준으로는 1km 이상 구간 131곳(9.25%)을 불편구간으로 선정하고, 접근시간 기준으로는 수단 탑승 중 속도를 고려하여 8분 이상 구간 138곳(9.75%)을 불편구간으로 선정하였다.



[그림 4-2-3] 수단탐승시간 1~3분인 경우 버스접근 불편구간

[표 4-2-5] 수단탑승시간 1~3분인 경우 버스접근 불편구간 (거리기준, 상위10곳)

	출발지	도착지	거리(km)	시간(분)	동선수	지역
1	GS25 흑석푸르지오점	동작역(4,9)	1.75	19.0	51	동작구
2	미니스톱 자양광양점	구의역(2)	1.71	18.0	120	광진구
3	GS25 삼성진우점	청담역(7)	1.63	18.0	45	강남구
4	GS25 남현으뜸점	이수역(7)	1.61	17.0	25	관악구
5	CU 구로플래티넘점	대림역(2,7)	1.51	16.0	33	구로구
6	GS25 석촌호수점	잠실역(2,8)	1.50	16.0	117	송파구
7	CU 송파임광점	잠실역(2,8)	1.48	16.0	121	송파구
8	세븐일레븐 청담대우점	청담역(7)	1.48	15.0	58	강남구
9	CU 청담강변점	청담역(7)	1.47	15.0	26	강남구
10	세븐일레븐 대림한신점	대림역(2,7)	1.45	15.0	159	영등포구

[표 4-2-6] 수단탑승시간 1~3분인 경우 버스접근 불편구간 (시간기준, 상위10곳)

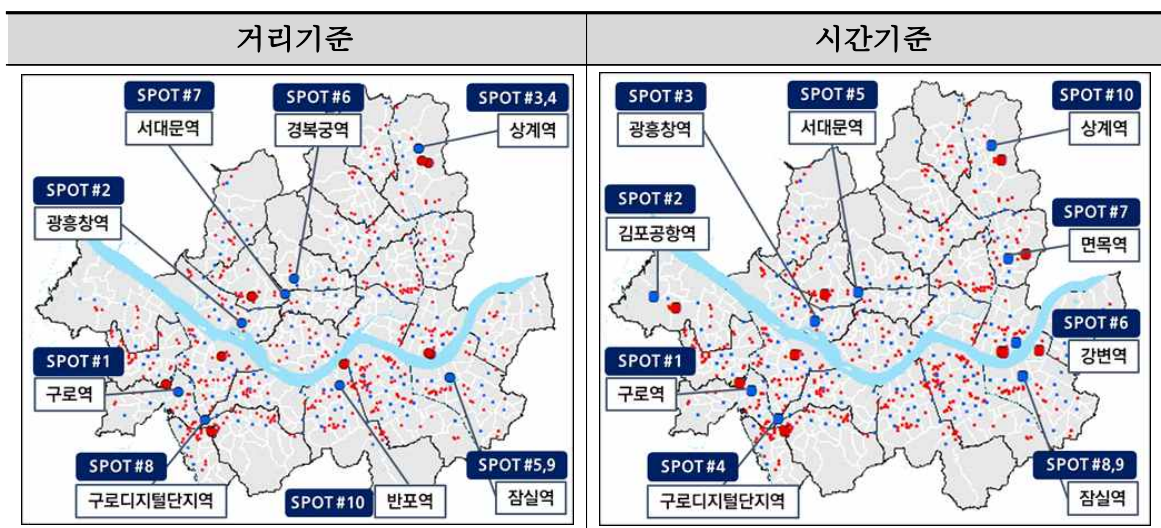
	출발지	도착지	거리(km)	시간(분)	동선수	지역
1	GS25 흑석푸르지오점	동작역(4,9)	1.75	19.0	51	동작구
2	미니스톱 자양광양점	구의역(2)	1.71	18.0	120	광진구
3	GS25 삼성진우점	청담역(7)	1.63	18.0	45	강남구
4	GS25 남현으뜸점	이수역(7)	1.61	17.0	25	관악구
5	CU 구로플래티넘점	대림역(2,7)	1.51	16.0	33	구로구
6	GS25 석촌호수점	잠실역(2,8)	1.50	16.0	117	송파구
7	CU 송파임광점	잠실역(2,8)	1.48	16.0	121	송파구
8	GS25 구의행복점	어린이대공원역(2,7)	1.32	16.0	23	광진구
9	GS25 종로올곡로점	을지로4가역(2,5)	1.22	16.0	28	종로구
10	세븐일레븐 청담대우점	청담역(7)	1.48	15.0	58	강남구

그림과 표를 보면, 청담역, 대림역, 잠실역으로의 구간들이 상위 10곳에서 여러 번 확인되었다. 특히 잠실역은 석촌호수를 끼고 위치하기 때문에 석촌호수 반대방향에서 역에 접근할 경우 석촌호수를 가로질러 건너게 되어 접근거리가 항상 길 수 밖에 없는 특성을 갖고 있다. 거리기준 불편구간 그림에서는 대부분 한강을 중심으로 아래에 상위 10곳이 분포해있음을 알 수 있다.

상위 10개 구간들은 네트워크상의 거리로는 1.23~1.75km가 소요되지만 직선거리로는 대로를 기준으로 하는 큰 블록 1~2칸 정도의 거리이다. 유형3은 유형2와 중첩되는 특성을 갖고 있으므로 이들 구간은 유형2 구간들에 비해 버스노선이 촘촘하게 잘 되어 연계성이 좋다는 의미를 갖기도 한다.

나. 수단탑승시간 4~6분인 경우 버스접근 불편구간 분석 (유형4)

버스를 4~6분 탑승하고 지하철역에 도달하는 버스접근(유형4)의 경우 버스접근 형태 1,416개 구간 중 501개(35.38%) 구간이 확인되었다. 이 경우 평균 정차 정거장 수는 2.4(개)였고, 접근거리 1.10~2.57(km), 접근시간 8~25(분)인 구간들이 이 유형에서 집계되었다. 유형4는 유형3과 유형5의 중첩구간이라고 할 수 있으며, 유형4와 유형5에서는 확인된 구간 전체를 불편구간으로 선정하였다.



[그림 4-2-4] 수단탑승시간 4~6분인 경우 버스접근 불편구간

[표 4-2-7] 수단탑승시간 4~6분인 경우 버스접근 불편구간 (거리기준, 상위10곳)

	출발지	도착지	거리(km)	시간(분)	동선수	지역
1	CU 신정북지충전소점	구로역(1)	2.57	25.0	41	양천구
2	CU 여의도KBS점	광흥창역(6)	2.24	20.0	40	영등포구
3	CU 중계불암점	상계역(4)	2.18	18.0	155	노원구
4	GS25 중계력키점	상계역(4)	2.17	18.0	132	노원구
5	미니스톱 자양광양점	잠실역(2,8)	2.17	18.1	68	광진구
6	GS25 연대동문화관점	경북구역(3)	2.16	18.0	37	서대문구
7	GS25 연대동문화관점	서대문역(5)	2.16	19.0	76	서대문구
8	CU 독산문성점	구로디지털단지(2)	2.16	19.9	126	금천구
9	CU 자양한강점	잠실역(2,8)	2.15	18.0	36	서초구
10	GS25 잠원한강점	반포역(7)	2.15	18.0	28	관악구

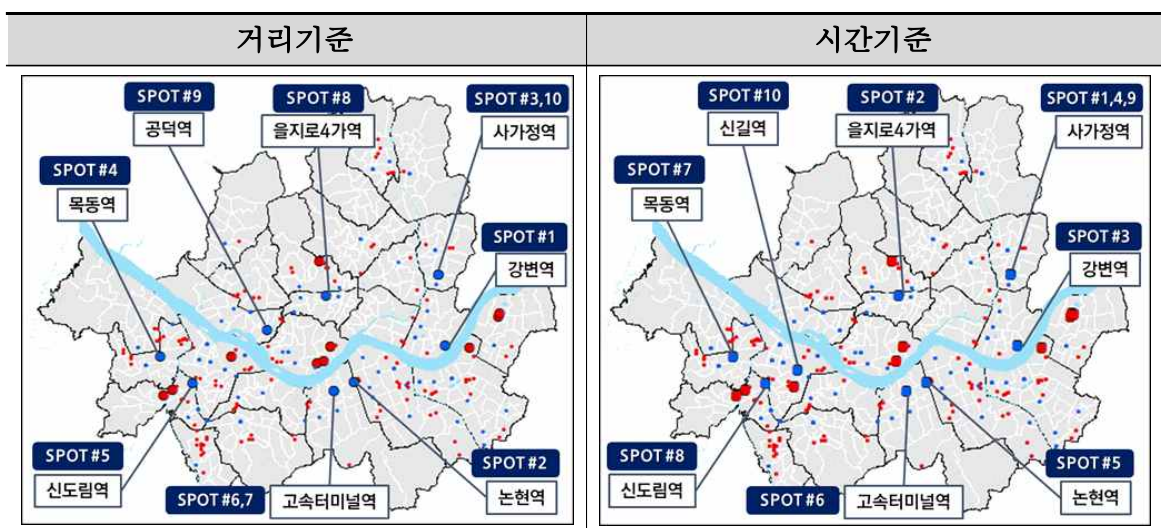
[표 4-2-8] 수단탑승시간 4~6분인 경우 버스접근 불편구간 (시간기준, 상위10곳)

	출발지	도착지	거리(km)	시간(분)	동선수	지역
1	CU 신정복지충전소점	구로역(1)	2.57	25.0	41	양천구
2	CU 공항단지점	김포공항역(5,9,공항)	2.12	21.0	27	강서구
3	CU 여의도KBS점	광흥창역(6)	2.24	20.0	40	영등포구
4	CU 독산문성점	구로디지털단지역(2)	2.16	19.9	126	금천구
5	GS25 연대동문화관점	서대문역(5)	2.16	19.0	76	서대문구
6	GS25 풍납퍼스트점	강변역(2)	2.03	19.0	84	송파구
7	CU 망우퍼스트점	면목역(7)	1.99	19.0	221	중랑구
8	CU 자양한강점	잠실역(2,8)	2.15	18.2	61	광진구
9	미니스톱 자양광양점	잠실역(2,8)	2.17	18.1	68	광진구
10	CU 중계불암점	상계역(4)	2.18	18.0	155	노원구

노원구, 서대문구, 광진구가 여러 번 집계된 것을 보아 이 지역에서 Corridor 지하철을 이용하기 위해서는 4~6분 탑승하는 버스접근이 자주 발생함을 알 수 있다. 위 결과에서 SPOT#7을 주목해볼 수 있는데, 동선 발생빈도의 절반이 넘는 양이(52.12%) 이 구간에서 ‘도보-버스4~6분-도보-지하철’이라는 불편한 접근단계를 겪고 있다.

다. 수단탑승시간 7~9분인 경우 버스접근 불편구간 분석 (유형5)

버스를 7~9분 탑승하고 지하철역에 도달하는 버스접근(유형5)의 경우 버스접근 형태 1,416개 구간 중 145개(10.24%) 구간이 확인되었다. 평균 정차 정거장 수는 2.8(개), 접근거리는 최소 1.71(km)~최대 2.91(km), 접근시간은 최소 11(분)~최대 26(분)이었다.



[그림 4-2-5] 수단탑승시간 7~9분인 경우 버스접근 불편구간

[표 4-2-9] 수단탑승시간 7~9분인 경우 버스접근 불편구간 (거리기준, 상위10곳)

	출발지	도착지	거리(km)	시간(분)	동선수	지역
1	CU 풍납풍성로점	강변역	2.91	24.0	36	송파구
2	이마트24 한남사운즈점	논현역	2.81	23.0	21	용산구
3	미니스톱 암사보은점	사가정역	2.76	26.0	30	강동구
4	GS25 구로W타워점	목동역	2.71	22.0	50	구로구
5	CU 동양미래대학교점	신도림역	2.66	22.0	71	구로구
6	세븐일레븐 서빙고점	고속터미널역	2.66	20.5	34	용산구
7	GS25 동빙고제일점	고속터미널역	2.58	22.4	29	용산구
8	CU 성균관대정영관점	을지로4가역	2.54	25.0	63	종로구
9	CU 여의도파크점	공덕역	2.52	19.2	44	영등포구
10	GS25 암사현대점	사가정역	2.52	24.0	37	강동구

[표 4-2-10] 수단탑승시간 7~9분인 경우 버스접근 불편구간 (시간기준, 상위10곳)

	출발지	도착지	거리(km)	시간(분)	동선수	지역
1	미니스톱 암사보은점	사가정역(7)	2.76	26.0	30	강동구
2	CU 성균관대정영관점	을지로4가역(2,5)	2.54	25.0	63	종로구
3	CU 풍납풍성로점	강변역(2)	2.91	24.0	36	송파구
4	GS25 암사현대점	사가정역(7)	2.52	24.0	37	강동구
5	이마트24 한남사운즈점	논현역(7)	2.81	23.0	21	용산구
6	GS25 동빙고제일점	고속터미널역(3,7,9)	2.58	22.4	29	용산구
7	GS25 구로W타워점	목동역(5)	2.71	22.0	50	구로구
8	CU 동양미래대학교점	신도림역(1,2)	2.66	22.0	71	구로구
9	GS25 암사캐슬점	사가정역(7)	2.45	21.0	40	강동구
10	세븐일레븐 신길래미안점	신길역(1,5)	2.40	21.0	63	영등포구

유형5에서는 지역별로는 강동구, 구로구, 용산구가 여러 번 집계되었고, 역별로는 사가정역과 고속터미널역이 여러 번 집계되었다. 앞서 노원구, 서대문구, 광진구에서는 주로 수단탑승 4~6분으로 Corridor 지하철에 접근했다면, 강동구, 구로구, 용산구에서는 주로 수단탑승 7~9분으로 Corridor 지하철에 접근한다고 볼 수 있다.

구간별 분석결과, 사가정역과 고속터미널역으로의 구간들이 상위 불편구간으로 나타났다. 이에 다음 절에서 역별로 First-Last mile을 평가해보고자 한다.

제3절 역(정류장)별 접근통행 분석

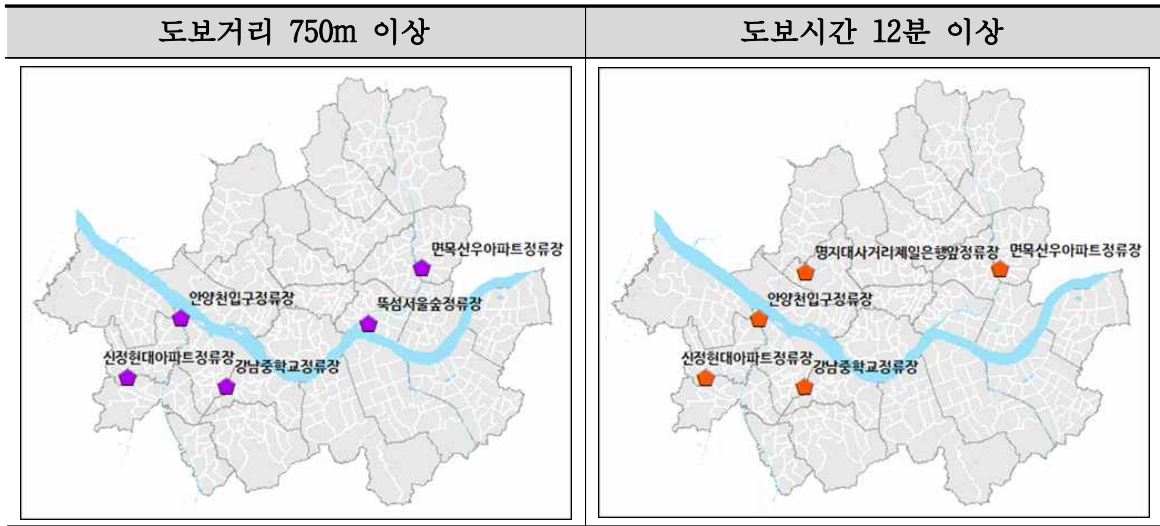
구간별 분석 결과를 보면 특정 역 1개로의 여러 개 구간들이 불편구간으로 선정되었다. 이에 제3절에서는 역(정류장)별로 접근편의를 평가한다. 서울시 전체 통행 중 도보접근 또는 버스접근 형태로 Corridor 지하철역에 접근하는 모든 통행을 대상으로 하며, 구간별 분석과 마찬가지로 동선 개수를 가중치로 적용해 역별 접근편의를 분석한다. 동선 개수 20회 미만은 통행 발생빈도가 매우 적은 경우이므로 그 이상인 경우만을 대상으로 하였고, 구간별 분석과 달리 역별 분석에서는 역으로 접근하는 기점의 개수를 고려하였다. 하나의 기점에서 접근하는 동선만 고려될 경우 역으로 오는 다양한 통행들을 대표할 수 없으며, 그 기점의 위치에 따라 결과에 큰 영향을 주게 된다. 따라서 2개 이상의 기점에서 접근하는 경우만을 분석 대상으로 하였다.

1. 도보접근형태

가. 버스정류장 도보접근 First-Last mile 분석 (유형1)

본 연구에서 사용된 서울시 전체 버스정류장 데이터는 11,060개소이다. 그 중 2개 이상의 기점을 가지고 20회 이상의 동선이 지나는 2,330개소를 대상으로 한다. 버스정류장들 전체의 도보접근 평균거리는 323(m)였고, 평균시간은 5.2(분)이었다.

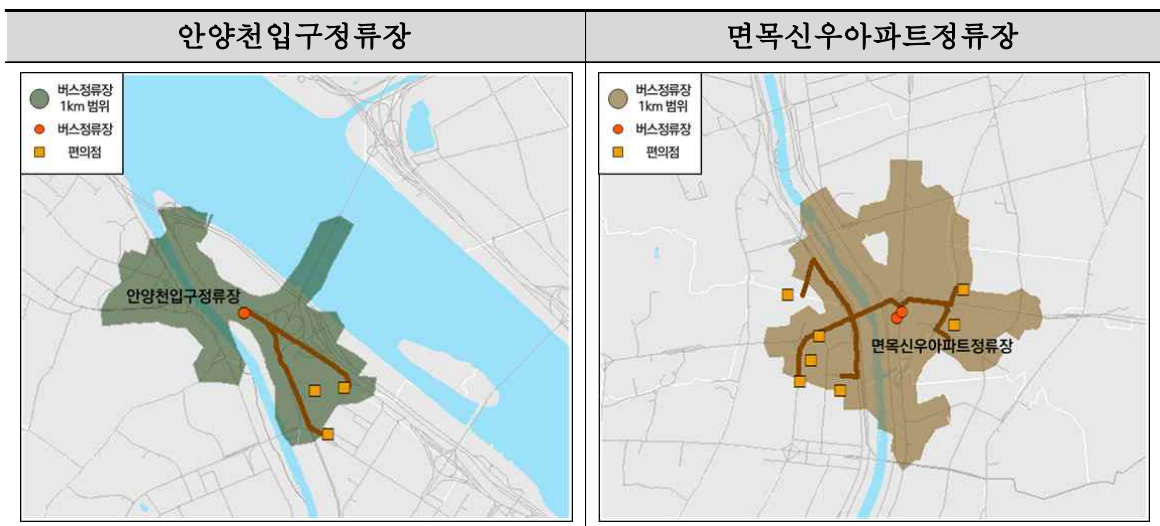
버스정류장별로 도보접근 시 가장 First-Last mile이 긴 곳은 영등포구 성산대교 부근에 위치한 ‘안양천입구정류장’이었으며, 이곳으로의 평균 도보거리는 1.09(km), 평균 도보시간은 16.8(분)이었다. 두 번째는 중랑구 중랑천 부근에 위치한 ‘면목신우아파트정류장’이었고, 평균 도보거리 861(m), 평균 도보시간 13.5(분)이었다. 다음 그림과 표에서는 First-Last mile이 긴 버스정류장 상위 몇 개소를 간단히 제시하고 접근 경로 상세 분석을 하였다.



[그림 4-3-1] 도보접근 First-Last mile이 긴 버스정류장

[표 4-3-1] 도보접근 First-Last mile이 긴 버스정류장 (거리기준, 상위6곳)

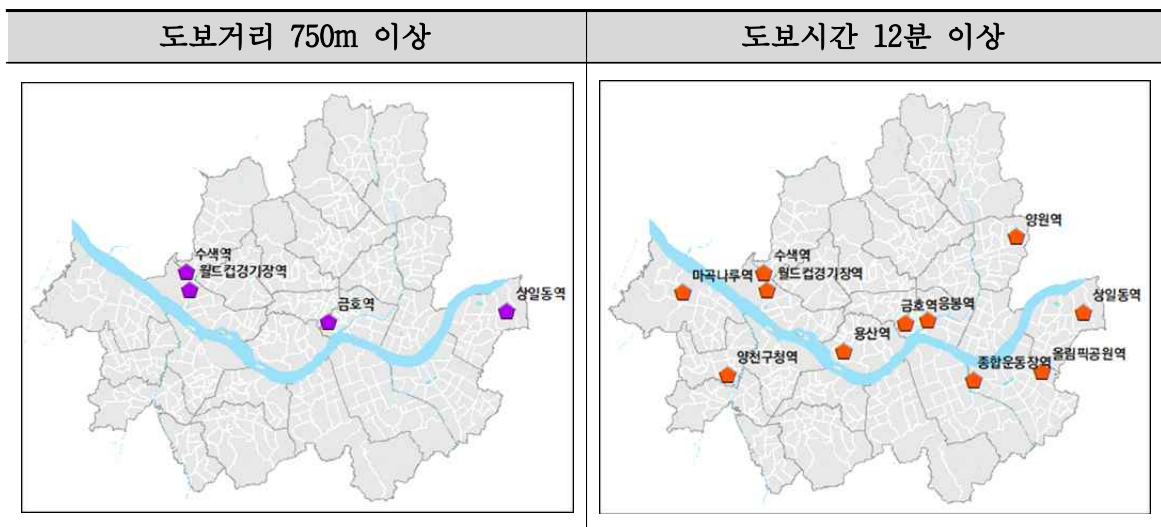
	명칭	평균거리(km)	평균시간(분)	동선수	기점수	지역
1	안양천입구정류장	1.09	16.8	30	3	영등포구
2	면목신우아파트정류장	0.86	13.5	34	7	중랑구
3	강남중학교정류장	0.79	12.7	21	2	동작구
4	뚝섬서울숲정류장	0.76	11.9	57	4	성동구
5	신정현대아파트정류장	0.76	12.0	73	5	양천구
6	명지대사거리제일은행앞정류장	0.75	12.0	51	6	서대문구



[그림 4-3-2] 버스정류장 1km 범위 및 접근 경로

나. 지하철역 도보접근 First-Last mile 분석 (유형2)

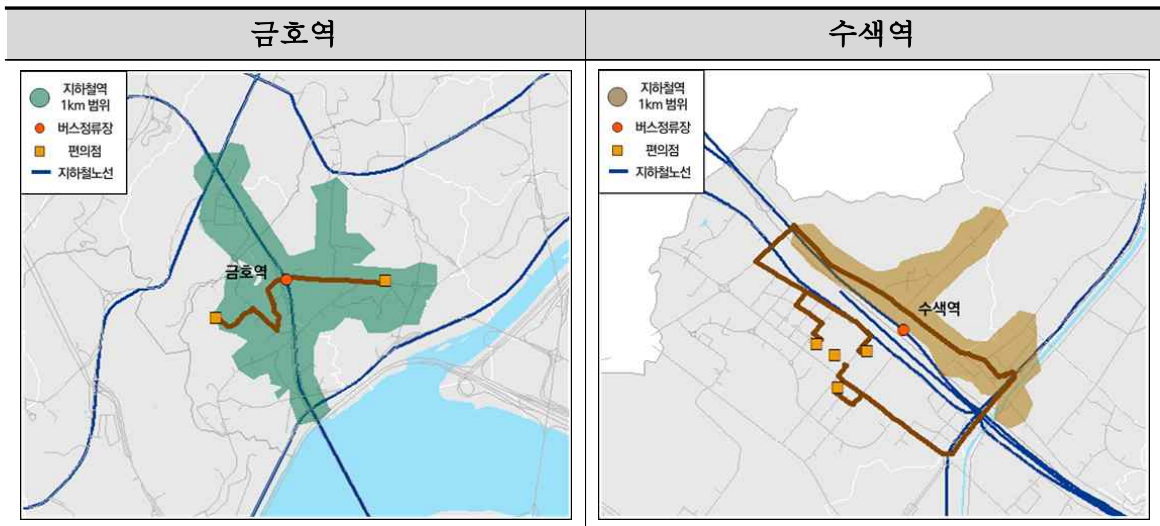
지하철역으로의 도보접근 분석은 서울시 307개 역을 대상으로 하였으며, 2개 이상의 기점을 가지고 20회 이상의 동선이 지나가는 역은 281개였다. [그림4-3-3]에서 버스정류장으로의 접근과 비교하기 위해 유형1과 같은 기준으로 First-Last mile이 긴 지점들을 제시하였다. 거리 기준으로 750m 이상 걸어야 하는 역은 버스정류장(유형1)보다 1개 더 적었으나, 시간 기준으로 12분 이상 걸어야 하는 역은 6개 더 많았다. 그 이유는 지하철역의 경우 수직 동선이 있기 때문에 경사와 계단을 반영하는 웹 지도 경로 탐색 서비스는 같은 거리라도 더 긴 시간으로 경로 탐색 결과를 제시하게 되기 때문이다. 또한 전체 지하철역으로의 도보접근 평균거리는 509(m), 평균시간은 9.1(분)이며, 버스정류장에 비해 First-Last mile이 약 190(m), 4(분) 더 긴 것으로 분석되었다.



[그림 4-3-3] 도보접근 First-Last mile이 긴 지하철역

[표 4-3-2] 도보접근 First-Last mile이 긴 지하철역 (거리기준, 상위6곳)

	명칭	평균거리(km)	평균시간(분)	동선수	기점수	지역
1	금호역	0.89	15.2	324	2	성동구
2	수색역	0.86	14.9	154	4	은평구
3	월드컵경기장역	0.81	14.0	92	2	마포구
4	상일동역	0.77	13.2	639	3	강동구
5	올림픽공원역	0.75	12.1	351	2	송파구
6	종합운동장역	0.74	12.8	578	7	송파구



[그림 4-3-4] 지하철역 1km 범위 및 접근 경로

[그림4-3-4]는 KTDB Lv6 네트워크를 이용해 GIS로 구현한 Network Analysis 결과이다. 수색역의 경우 주변 도로로 우회하여 역으로 접근하는 것으로 최단 경로가 설정되었는데, 실제 경로는 지하도로 횡단하여 수색역에 곧장 접근 가능하다. 기존 연구들에서는 이러한 도로 네트워크를 통한 서비스 권역을 분석하였으나, 본 연구에서는 실제 경로가 반영된 웹 지도에서의 경로 탐색 결과를 활용했기 때문에 지하도 경로를 반영한 결과를 도출해낼 수 있었다는 데 의의가 있다.

2. 버스접근형태

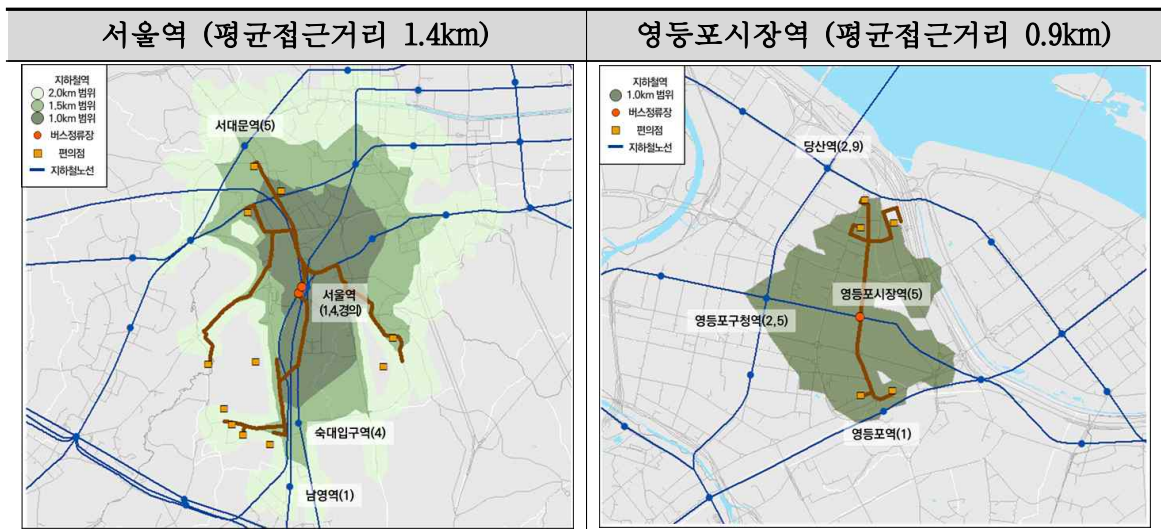
가. 수단탐승시간 1~3분인 경우 First-Last mile 분석 (유형3)

버스접근형태에서는 어느 지하철역의 접근편의가 좋지 않은지 평가하는 것에서 나아가 이용자들의 접근편의를 향상시키기 위한 방안으로 접근통행의 특성에 따라 적합한 대안을 제시하기 위해서 접근통행 유형별 접근거리·접근시간의 최솟값과 최댓값을 확인하는 것이 중요하다.

수단탐승시간이 1~3분인 경우 접근거리는 최소 902(m)~최대 1.74(km)였고, 접근시간은 최소 7.0(분)~최대 18.9(분)이었다. 여기서 최솟값은 도보접근(유형2)에서 버스접근(유형3~5)으로 전환되는 포인트가 될 것이며, 접근거리 900(m) 지점 또는 접근시간 7.0(분) 지점에서부터 버스접근으로 지하철을 이용하게 된다.

[표 4-3-3] 수단탑승시간 1~3분인 경우 역별 First-Last mile 평가 (거리기준 정렬)

	명칭	평균거리(km)	평균시간(분)	동선수	기점수	지역
1	동작역	1.74	18.9	52	2	동작구
2	이수역	1.59	16.9	27	3	동작구
3	서울역	1.41	13.9	168	11	중구
4	구의역	1.39	13.5	385	3	광진구
5	청담역	1.39	14.1	365	7	강남구
6	대림역	1.37	14.2	292	5	영등포구
...						
61	양천향교역	0.98	7.0	180	2	강서구
62	영등포시장역	0.93	9.8	134	5	영등포구
63	회기역	0.92	9.3	416	2	동대문구
64	선릉역	0.92	9.8	359	2	강남구
65	낙성대역	0.90	8.5	219	3	관악구



[그림 4-3-5] 수단탑승시간 1~3분인 경우 First-Last mile 서비스권역 비교

이전 구간 분석에서 이수역, 구의역, 청담역으로의 여러 개 구간들이 접근편의가 떨어지는 구간으로 선정되었다. 역별 결과에서도 같은 맥락으로 이수역, 구의역, 청담역이 접근편의성이 떨어지는 상위 역으로 나타났다.

1~3분 버스를 탑승하는 경우 접근거리 범위는 어느 정도인지 확인하기 위해 GIS Network Analysis를 수행하였다. 영등포시장역의 경우 1km 서비스권역 내에 모든 기점들이 존재하며, 서울역의 경우 1km 내에 2개, 1.5km 내에 2개, 2km 내에 7개 기점들

이 존재한다. 영등포시장역에 접근하기 위해서는 1km 통행으로도 가능하지만 서울역에 접근하기 위해서는 2km까지 통행해야한다. 서울역은 해당 역의 영향력은 크다고 할 수 있으나, 기점 주변에 종점으로의 직결 노선이 없기 때문에 버스접근으로 서울역으로 와서 나머지 통행을 이어가는 것이며, 이는 여러 Stage를 거치는 불편한 통행이라고 할 수 있다.

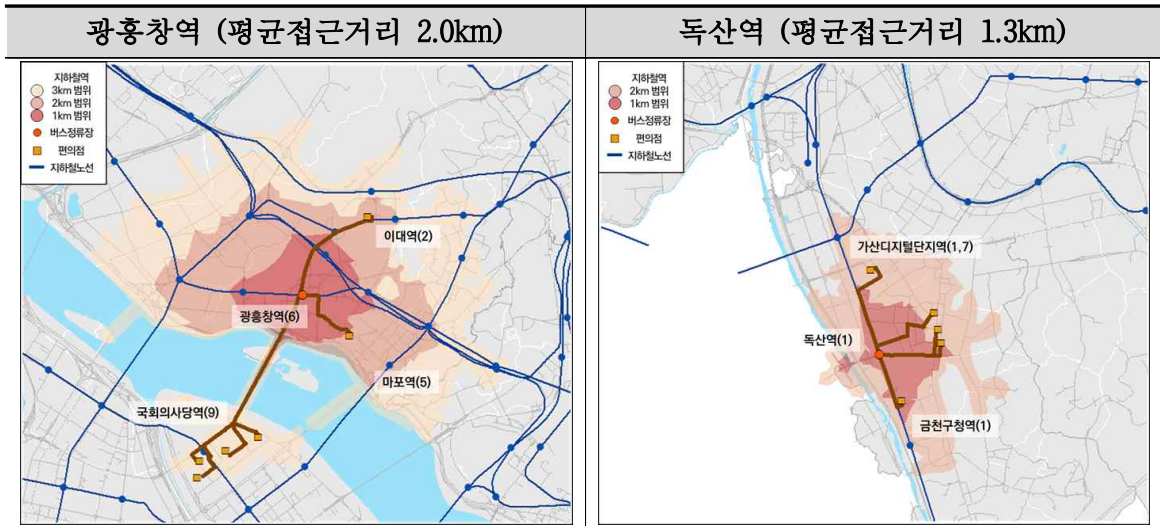
나. 수단탑승시간 4~6분인 경우 First-Last mile 분석 (유형4)

수단탑승시간이 4~6분인 경우 지하철역으로의 버스이용 접근거리는 1.12~2.04(km), 접근시간은 8.2~16.5(분) 범위로 나타났다. 이전의 구간 분석에서와 마찬가지로 역별 분석에서도 광흥창역, 경복궁역, 상계역 등이 First-Last mile이 긴 것으로 분석되었다.

[그림4-3-6]에서는 유형4 중 접근거리가 긴 광흥창역과 상대적으로 짧은 독산역을 비교하였다. 독산역은 유형3과 비슷한 형태로 2km 이내에서 역으로 접근하지만, 광흥창역은 한강 반대편에서 5호선을 이용하기 위한 버스접근이 많은 역으로 분석되어 완전히 다른 특성을 보인다.

[표 4-3-4] 수단탑승시간 4~6분인 경우 역별 First-Last mile 평가 (거리기준 정렬)

	명칭	평균거리(km)	평균시간(분)	동선수	기점수	지역
1	용마산역	2.04	16.5	261	4	중랑구
2	광흥창역	2.02	16.3	159	6	마포구
3	서빙고역	1.92	15.1	79	4	용산구
4	광화문역	1.91	15.2	176	3	종로구
5	경복궁역	1.91	14.6	257	7	종로구
6	상계역	1.90	14.8	905	5	노원구
	...					
120	독산역	1.26	10.1	285	5	금천구
121	도곡역	1.25	10.0	122	2	강남구
122	불광역	1.24	9.6	417	2	은평구
123	대방역	1.18	8.6	302	3	영등포구
124	서초역	1.12	8.3	205	3	서초구



[그림 4-3-6] 수단탑승시간 4~6분인 경우 First-Last mile 서비스권역 비교

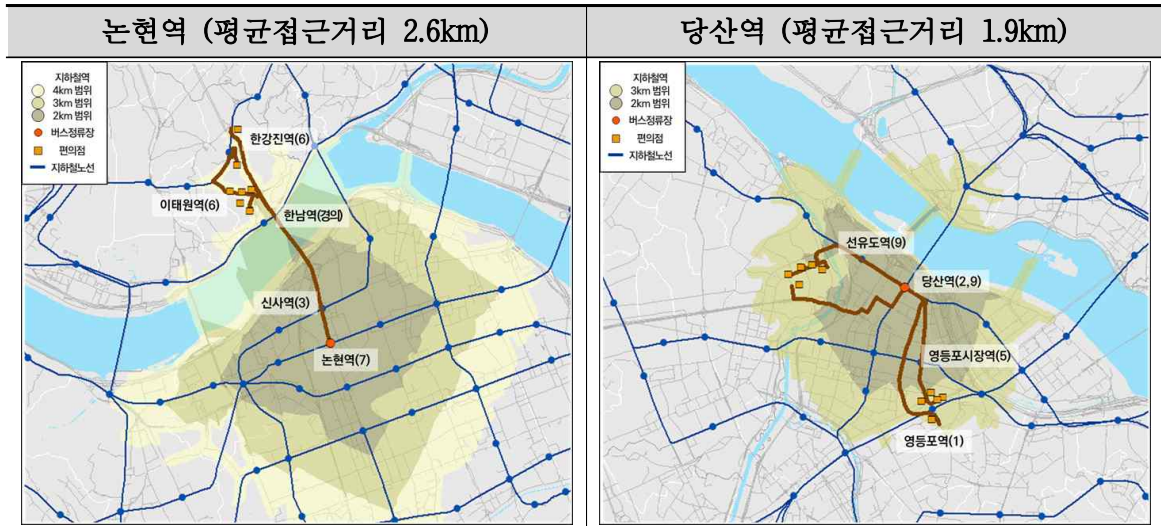
다. 수단탑승시간 7~9분인 경우 First-Last mile 분석 (유형5)

수단탑승시간이 7~9분인 경우 지하철역으로의 버스이용 접근거리는 1.88~2.56(km), 접근시간은 13.2~20.4(분)이었다. 동선이 20회 이상 지나고 기점을 2곳 이상 가지며 평균 정차 정거장 수가 3개 이하인 역들만 선별한 결과 14개 역이 확인되었다.

[그림4-3-7]을 보면 유형4와 마찬가지로 First-Last mile이 긴 경우는 지하철 호선의 분포에 따라 버스접근이 연결되는 것임을 알 수 있다. 논현역의 First-Last mile은 6호선만 존재하는 강북지역에서 7호선을 이용하기 위해 강남지역으로 이동하는 버스접근 행태를 보인다. 당산역의 First-Last mile은 1호선만 존재하는 영등포역에서 2호선 또는 9호선을 이용하기 위해 당산역으로 버스접근을 하거나, 9호선만 존재하는 선유도역에서 2호선을 이용하기 위해 버스로 접근하는 행태를 확인할 수 있었다.

[표 4-3-5] 수단탑승시간 7~9분인 경우 역별 First-Last mile 평가 (거리기준 정렬)

	명칭	평균거리(km)	평균시간(분)	동선수	기점수	지역
1	논현역	2.56	20.4	136	7	강남구
2	안국역	2.37	18.4	60	8	종로구
3	종로3가역	2.37	20.0	53	6	종로구
...						
13	당산역	1.95	13.2	583	11	영등포구
14	여의나루역	1.88	13.3	99	2	영등포구



[그림 4-3-7] 수단탑승시간 7~9분인 경우 First-Last mile 서비스권역 비교

제4절 First-Last mile 특성을 구분하는 적정거리 기준 제시 (소결론)

1. 분석 결과 요약

접근통행 유형별로 First-Last mile을 분석해보았다. 접근통행은 크게 1) 대중교통 승차지점까지 걸어가는 도보접근형태와 2) Corridor 지하철을 이용하기 위해 짧은 버스 통행을 하는 버스접근형태로 나눌 수 있다. 도보접근형태는 1개의 Stage가 소요되는 통행이고, 버스접근형태는 3개의 Stage가 소요되는 통행이다. 버스접근형태에서는 3개 Stage 모두를 접근통행이라 한다.

분석 결과들에서 가장 중요한 점은 접근통행(First-Last mile)의 유형별로 접근거리 특성이 달라진다는 것이었다. 다음 그림은 구간별 분석과 역별 분석에서의 접근거리 범위 결과를 그래프로 요약한 것이다.

유형	접근거리(km)	
버스정류장 도보접근	0.02	1.20
지하철역 도보접근	0.08	1.30
지하철역 버스접근 1-3분	0.65	1.75
지하철역 버스접근 4-6분	1.10	2.57
지하철역 버스접근 7-9분	1.71	2.91

[그림 4-4-1] First-Last mile 유형별 접근거리 요약 (구간별 분석 결과)

유형	접근거리(km)	
버스정류장 도보접근	0.04	1.09
지하철역 도보접근	0.23	0.89
지하철역 버스접근 1-3분	0.90	1.74
지하철역 버스접근 4-6분	1.12	2.04
지하철역 버스접근 7-9분	1.88	2.56

[그림 4-4-2] First-Last mile 유형별 접근거리 요약 (역별 분석 결과)

2. First-Last mile 특성 구분 적정거리 기준 제시 및 시사점

결과를 토대로 First-Last mile을 구분하는 적정거리 기준을 정립하였다. 범위를 명확히 하기 위해 이상치를 제외하였고, 거리별 접근편의 향상 대안 제시를 위해 Interval을 4개로 나누었다(도보접근구간, 버스접근구간(단거리 · 중거리 · 장거리)).



[그림 4-4-3] First-Last mile 특성 구분 적정 거리 (구간별 분석 결과)



[그림 4-4-4] First-Last mile 특성 구분 적정 거리 (역별 분석 결과)

[표 4-4-1] First-Last mile 유형별 접근거리 및 접근시간 평균값

유형		접근거리(km)		접근시간(분)	
		구간별	역별	구간별	역별
1	버스정류장 도보접근	0.33	0.32	5.3	5.2
2	지하철역 도보접근	0.58	0.51	10.1	9.1
3	지하철역 버스접근 1-3분	1.17	1.17	11.2	11.2
4	지하철역 버스접근 4-6분	1.63	1.61	12.9	12.8
5	지하철역 버스접근 7-9분	2.11	2.16	16.2	16.1

이로써 다음과 같은 시사점을 도출할 수 있다.

- ☑ [표4-4-1] : 버스정류장으로의 도보접근(유형1)보다 지하철역으로의 도보접근(유형2)이 더 길다. 또한 지하철역의 경우 수직 동선이 있기 때문에 접근거리에 비해 접근시간이 훨씬 오래 걸린다.
- ☑ [그림4-4-3] : 구간별 분석 결과에서는 지하철역으로의 도보접근(유형2)과 버스접근(유형3)의 중첩구간이 나타났다. 접근거리가 650(m)~1.2(km)일 때 대중교통 이용자들은 도보접근을 선택할 수도 있고 버스접근을 선택할 수도 있다.
- ☑ [그림4-4-4] : 역별 분석 결과에서는 900(m) 지점에서 도보접근에서 버스접근으로 전환이 이루어진다(유형3). 또한 1.9km 이상 접근거리(유형5)라면 기점과 가까이에 있는 역으로의 접근이 아니라 이용하고자 하는 특정한 지하철 호선에 접근하기 위한 것임을 알 수 있었다.
- ☑ [그림4-4-3], [그림4-4-4] : 구간별 분석결과는 넓은 범위로 결과가 도출되었고 역별 분석결과는 상대적으로 좁은 범위로 결과가 도출되었다. 이는 구간별 분석에서 기점의 위치가 분석에 큰 영향을 미쳤음을 보여준다.

본 연구에서 정의한 First-Last mile은 버스접근형태까지 포함하므로 접근거리 및 접근시간이 넓은 구간에 분포해있다. 이에 제시한 거리 기준을 토대로 First-Last mile 유형에 따라 적절한 접근편의 향상 대안을 제시하는 것이 바람직하다.

제5장 접근거리 기반 연계수단별 효과 분석

도보접근과 달리 버스접근을 위해서는 고정된 노선과 고정된 배차를 가진 대중교통 시스템의 특성에 따라 버스정류장까지 걸어가야 하는 불편과 버스를 기다려야하는 불편을 겪게 된다. 이러한 이용자들의 불편을 해소하기 위해 본 연구는 Mobility as a Service의 관점에서 First-Last mile 유형에 따라 접근편의를 향상시킬 수 있는 대안을 제시하고자 한다.

최근 국내외에서 주목받고 있는 새로운 모빌리티 서비스로 공유 수단, 이용자 맞춤형 수단 등이 주목받고 있다. Mobility as a Service에 관한 연구들에서는 Carsharing, Bikesharing, Ridesharing, Paratransit, Microtransit, On-demand service 등 다양한 수단을 대중교통 서비스로 인식하고 있었고(New Cities Foundation, 2016; ITS Berkeley, 2018), First-Last mile 문제에 대한 해결책으로 Bikesharing, Ridesharing 등을 제안하고 있었다(Shaheen & Chan, 2016; Marlon et al., 2017). 이에 본 연구에서는 접근단계에서 이용자 편의를 향상시키기 위한 대안으로 Bikesharing과 Personal mobility를 제안하며, 일반자전거 또는 전동수단이 접근단계에서 연계되었을 경우 이용자 편의에 어떻게 영향을 미치는지 검토한다.

제1절 Bikesharing and Personal mobility

1. Bikesharing⁵⁾

공유자전거는 일반적으로 Dock이라고 하는 Station에서 자전거를 빌리고 반납하는 시스템으로 되어 있다. 이용자 정보 또는 지불 정보를 입력하면 컴퓨터 시스템에 의해 Dock에 묶여 있는 자전거의 Lock이 해제되는 방식이다.

초창기 공유자전거는 캠퍼스나 공원 내에서 여가 활동의 한 종류로 판매자로부터 대여하는 방식으로 제안되었고, 이후 소도시에서 도킹 스테이션과 스마트카드를 통해 대여하는 방식으로 제안되기 시작했다. 초기에는 여가 목적 이용이 많았으나, 현재는 이동수단의 한 형태로 전 세계 각지에서 널리 이용되고 있다. 또한 ICT 기술의 발달로 스마트폰을 이용한 Dockless 시스템도 등장하였다.

공유자전거 시스템은 수많은 Station을 활용하며 대중교통 시스템과 마찬가지로 지역주민이나 관광객 등을 대상으로 한다. 공유자전거의 주요 개념은 대중교통수단이나 개인차량의 대안으로 단거리 통행에서 저렴하고 자유로운 교통 서비스를 제공하는 것이다. 이로써 혼잡·소음·대기오염과 같은 문제 해결을 기대할 수 있고, First-Last mile 문제를 해결하여 이용자를 대중교통망에 연결해줄 수 있다.

가. 서울자전거 따릉이⁶⁾

서울시에서는 따릉이라는 무인대여 공유자전거 시스템을 운영 중이다. 대여소는 지하철 출입구, 버스정류장, 주택단지, 관공서, 학교, 은행 등 생활 통행 장소를 중심으로 설치되어 있다. 웹 사이트나 앱을 통해 이용권 구매 후 이용 가능하며, 비회원의 경우 휴대폰 본인인증을 통해 이용할 수 있다. 회원인 경우 이용내역에서 주행거리, 주행시간, 운동량을 확인할 수 있다.

2015년 10월 정식 운영 당시에는 150개 대여소와 2,000대 자전거를 확보하고 있었으나 2018년 11월 기준 현재는 1,453개 대여소와 18,217대 자전거를 확보하고 있다(서울특별시 제공). 또한 연간 정기권 회원에게는 1회에 100원씩 대중교통 환승 마일리지 적립을 실시하고 있다.

5) 위키백과. *Bicycle-sharing system*.

6) 서울자전거 따릉이 홈페이지.

(A) 대여소 조회 페이지

A screenshot of the Seoul Bicycle Rental Station Search Page. The page features a map of Seoul with various rental stations marked by colored dots. A legend at the top indicates the color coding for different station types: green for '일반 대여소' (General Station), red for '1-3대' (1-3 bikes), yellow for '4-6대' (4-6 bikes), blue for '7대 이상' (7 or more bikes), and black for '임시대차' (Temporary Station). The map shows a dense network of stations across the city, with labels for various districts and landmarks. The top navigation bar includes links for '사업소개' (About Us), '대여소 조회' (Station Search), '이탈권 구매' (Purchase of Ejectment Rights), '시민의견수렴' (Citizen Opinion Collection), '공지사항' (Notice), and '안전수칙' (Safety Rules).

(B) 이용 요금

종류		1시간	2시간
정기권	7일권	3,000원	4,000원
	30일권	5,000원	7,000원
	180일권	15,000원	20,000원
	365일권	30,000원	40,000원
일일권		1,000원	2,000원
기준 시간 초과 이용 시 30분당 1,000원부과			

[그림 5-1-1] 서울자전거 따릉이 현황

나. 중국 OfO & Mobike⁷⁾

정해진 Dock을 통해 자전거를 이용하는 방식은 대중교통과 같이 정해진 Station에 접근해야한다는 단점이 있다. 중국의 공유자전거 시장 규모는 눈에 띄게 확대되는 추세이다. 가장 대표적인 브랜드는 ‘OfO’와 ‘Mobike’이며 서울자전거 따릉이와 달리 Dockless 시스템으로 운영된다. 특정 대여소까지 갈 필요 없이 스마트폰 앱을 통해 잠금장치를 풀고 자전거를 빌릴 수 있고, 반납 또한 정해진 대여소가 아닌 자전거주차장 등 어디에서나 이러한 스마트락 기능으로 반납이 가능하다.

(A) 중국 공유자전거 시장 규모 추이

중국 자전거 공유 시장 규모
(2015-2019)

규모(백만원)

연도	규모(백만원)	성장률(%)
2015	0.28	-
2016E	0.54	92.51
2017E	0.95	76.83
2018E	1.32	38.74
2019E	1.63	23.67

중국 자전거 공유 이용자 규모
(2015-2019)

규모(만명)

연도	규모(만명)	증가율(%)
2015	246.59	-
2016E	425.16	72.42
2017E	679.47	59.82
2018E	908.56	33.72
2019E	1026.15	12.94

<자료 iiMedia Research>

(B) OfO Korea 이용요금

이용 요금 안내

보증금 무료!

종류	이용기간	비용
일반	기본 30분	500원
7일 패스	7일	4,000원
30일 패스	30일	7,900원

패스 이용 시 유의사항:

자전거 분실 방지를 위해 2시간 연속 락이 열려 있는 경우 별도의 요금이 부과됩니다. 과금을 피하기 위해, 장시간 라이딩 시에는 한시간반 마다 락을 다시 잠갔다 열어서 사용해주세요.

[그림 5-1-2] 중국 Dockless 공유자전거 시장 현황

7) 상하이방. (2017.02.10.). *중 공유경제의 신흥강자 OfO와 Mobike*.

2. Personal mobility⁸⁾

지속가능한 교통체계로의 패러다임에 따라 무동력·비탄소 교통수단인 자전거와 친환경 교통수단인 전기자동차가 주목받게 되었다. 그러나 전기자동차는 공간 측면에서 단점을 갖고 있고 자전거의 경우 자신의 힘을 들여 움직인다는 점에서 단점을 갖고 있었다. 그 대안으로 등장한 것이 바로 퍼스널 모빌리티이다. 공유자전거와 마찬가지로 초기에는 여가 목적으로 여의도 공원 등에서만 볼 수 있었지만 현재는 출퇴근용으로 쓰일 만큼 많은 사람들이 이용하고 있다.

흔히 퍼스널 모빌리티라고 부르는 교통수단은 전동휠, 세그웨이, 전기자전거, 전동스쿠터 등이 있다. 제품에 따라 최대 주행 속도는 다양하지만 국내에서는 현행법상 최대 25km/h로 속도를 제한하고 있다. 퍼스널 모빌리티의 수요는 향후 지속적으로 증가할 것으로 예상되며, 이용자들이 쉽게 중·단거리 통행을 할 수 있는 수단으로써 거리가 긴 First-Last mile을 해결하는 데 중요한 역할을 할 수 있다.

(A) 이동수단별 이동거리에 따른 수단분담률(%)					
이동수단	이동거리(km)				
	1km 이하	1~2.5km	2.5~5km	5~7.5km	7.5km 이상
차량	9	31	52	65	84
대중교통	0	0	3	3	5
PM	26	45	37	29	8
도보	64	23	7	2	0
기타	1	1	1	1	3
합계	100	100	100	100	100

(B) 퍼스널 모빌리티의 종류	
------------------	--



[그림 5-1-3] Personal mobility 시장 현황

8) 한국교통연구원. (2016). 「개인용 교통수단(Personal Mobility)의 보급에 따른 제도개선 방향」.

제2절 모빌리티 서비스 연계효과 분석

제2절에서는 대안으로 제시한 Bikes sharing과 Personal mobility가 대중교통 시스템에 연계되었을 때 접근편의 변화를 검토한다. 수단별 속도를 반영하여 접근시간이 얼마만큼 감소했는지가 주요 평가 척도가 된다. 제4장에서 분석한 접근통행 거리 기준별 자전거 속도와 PM 속도를 적용해 연계 시 접근시간을 도출하며, 기존(현재) 접근시간은 보행속도와 버스속도가 모두 반영된 통행시간 값을 사용한다. 도보접근의 경우 보행속도만 반영되었고, 버스접근의 경우 수단탑승 시에는 버스속도를, 도보 시에는 보행속도를 반영하고 있다. 자전거 속도의 경우 12km/h를 적용하고 PM 속도의 경우 20km/h를 적용한다(장거리 투어 시 사이클 속도 15km/h, PM 최고속도 25km/h 고려).

[표 5-2-1] 접근통행 거리 기준별 Bike 및 PM 연계효과 분석

접근통행 구분			접근시간(분)			연계효과(%)	
번호	거리기준		현재	Bike	PM	Bike	PM
1	0m ~ 650m	도보	8.8	2.5	1.5	71.6	83.0
2	0m ~ 900m	도보	9.1	2.5	1.5	72.5	83.5
3	650m ~ 1.2km	도보&버스단거리	11.2	4.4	2.6	60.7	76.8
4	900m ~ 1.4km	버스단거리	10.7	6.2	3.7	42.1	65.4
5	650m ~ 1.4km	도보&버스단거리	11.2	5.5	3.3	50.9	70.5
6	1.2km ~ 1.7km	버스중거리	12.3	7.5	4.5	39.0	63.4
7	1.4km ~ 1.9km	버스중거리	13.1	8.2	4.9	37.4	62.6
8	1.2km ~ 1.9km	버스중거리	12.7	7.8	4.7	38.6	63.0
9	1.4km ~	버스중거리&장거리	13.5	8.5	5.1	37.0	62.2
10	1.7km ~	버스장거리	14.8	9.3	5.6	37.2	62.2
11	1.9km ~	버스장거리	15.9	10	6	37.1	62.3



[그림 5-2-1] Bike 및 PM 연계 시 접근시간 변화

먼저 접근통행(First-Last mile) 거리 구간별로 모빌리티 서비스 연계 시 효과를 분석하였다. 두 수단 연계 모두 0~900m 구간에서 가장 큰 통행시간 절감 효과가 나타났고 접근거리가 길어질수록 연계효과가 떨어지는 양상을 보였다. 그러나 PM의 경우 분석 대상이었던 2.4km 접근거리 내에서 모두 60(%) 이상의 통행시간 절감 효과를 보였으므로 더 긴 접근거리에서도 PM은 핵심적인 역할을 할 것으로 보인다. 그에 비해 일반자전거의 경우 1.2km 접근거리까지만 60(%)의 연계효과를 보인다. 1.2km 이후부터는 40(%) 미만으로 급격히 효과가 떨어지는 것을 확인할 수 있다.



[그림 5-2-2] 강남역 부근 블록별 도보거리 검토

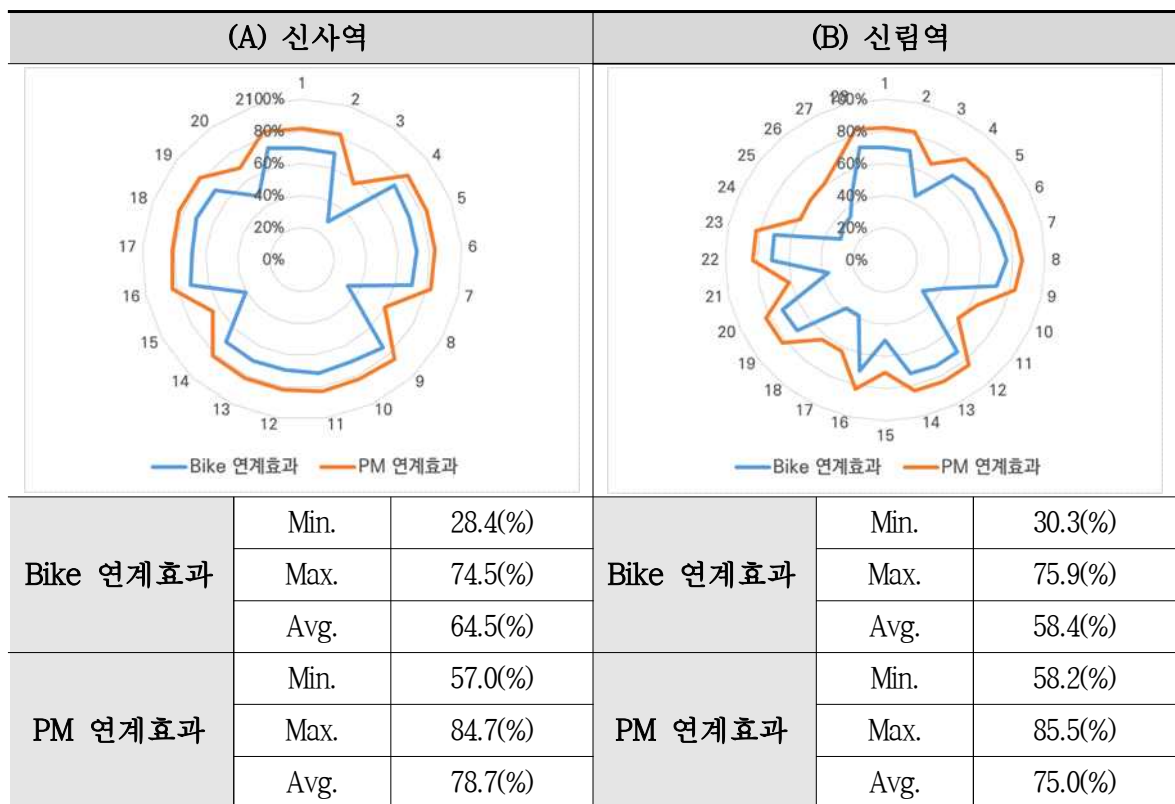
서울시의 일반적인 블록 단위는 [그림5-2-2]과 같고, 지하철 1~8호선의 평균 역간 거리는 1.1km이다(서울교통공사 제공). 650m는 큰 단위 한 블록 거리이므로 걸어가기에 충분히 가까운 거리라고 판단하여 이 거리는 도보접근거리 구간으로 구분하였고, 지하철 평균 역간거리 이상인 1.2km부터는 자전거 또는 퍼스널 모빌리티를 대안으로 제시하였다.

분석 결과를 토대로 접근거리별 적합한 모빌리티 서비스는 다음 [그림5-2-3]과 같다. 단순히 접근시간만을 고려한다면 연계되는 수단의 속도에 따라 접근시간이 단축되는 것은 당연하다. 따라서 연계효과의 변곡점을 기준으로 수단 연계 거리기준 및 대안을 제시하였다. 기존 650m~900m 구간은 도보접근과 버스접근이 혼용되는 구간이었으며 자전거 연계 시 71.2(%) 통행시간 절감 효과를 얻을 수 있다.

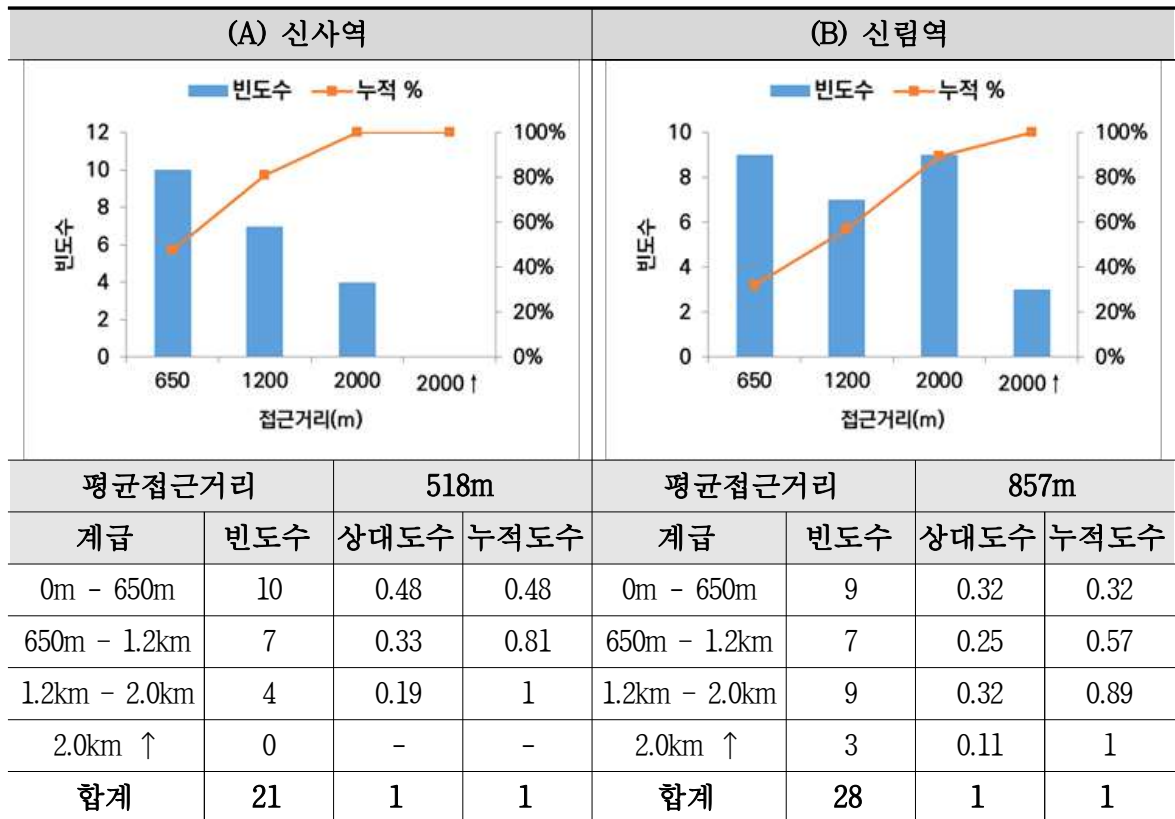


[그림 5-2-3] 접근거리별 수단 연계 대안

역별 연계 효과를 알아보기 위해 두 역에 대해 사례분석을 실시하였다. 신사역의 경우 21개의 편의점에서 이 역으로 접근하는 동선이 포착되었고, 신림역의 경우 28개 편의점에서의 동선이 포착되었다. 두 역의 PM 연계효과는 78.7%, 75.0%으로 큰 차이가 없지만 자전거 연계효과의 경우 64.5%, 58.4%로 PM에 비해 신림역의 자전거 연계효과가 크게 떨어진다.



[그림 5-2-4] Bike 및 PM 연계효과 역별 사례 분석



[그림 5-2-5] 사례 분석 역의 접근거리 히스토그램

동선 수를 반영한 신사역의 평균접근거리(도보접근과 버스접근 모두 포함)는 518(m)이고 신림역은 857(m)이며, [그림5-2-5]의 히스토그램을 보면 신사역의 경우 접근거리가 대체로 짧고, 신림역의 경우 접근거리가 대체로 긴 것을 알 수 있다. 따라서 앞서 제시한 거리별 수단 대안을 적용했을 때 1.2km 이하 구간이 80% 이상인 신사역은 Bikesharing 연계 구간으로 볼 수 있고, 다양한 접근거리를 가지는 신림역은 모든 구간에서 연계효과가 좋은 Personal mobility 연계 구간으로 적용해 볼 수 있다.

제6장 결론 및 향후 과제

제1절 결론 및 의의

본 연구는 대중교통 접근성과 편의성에 관한 연구로써 대중교통 이용 전·후의 접근통행에 초점을 두고 있다. 웹 지도 경로탐색 서비스를 활용해 실제 경로를 반영한 이용자 Door-to-Door 동선 DB를 Stage 단위로 구축하였으며, 기존의 행정구역 단위가 아닌 건물 단위의 기종점을 정의함으로써 상세하고 미시적인 결과를 도출하였다.

먼저 제3장에서 서울시 전역의 Point-to-Point 이용자 동선을 수집하기 위해 대중교통 길찾기 서비스 Web Crawler를 개발하였다. 데이터 수집의 효율화를 위해 서울시 모든 건물이 아닌 통행발생을 대표할 수 있는 편의점 건물로 기점을 정의하였다. 접근 단계에서 이용자 동선은 특정한 종점이 아니라 목적지의 방향에 따라 대중교통 승차 지점과 접근 경로가 결정된다는 점에 따라 이용자 동선 데이터베이스는 편의점 건물 to 동 주민센터로 구축되었다.

본 연구에서는 Mobility as a Service의 관점에서 대중교통 이용 전·후의 접근통행을 First-Last mile이라 명칭하고 통행의 전(全)과정을 이동단계별로 구분한 Stage 개념을 기반으로 접근통행(First-Last mile)을 두 가지 형태로 정의하였다. 접근통행의 형태에는 1) 걸어서 대중교통 시스템에 접근하는 도보접근형태 뿐만 아니라, 2) Corridor 지하철을 이용하기 위해 짧은 버스통행으로 접근하는 버스접근형태도 있다. 도보접근 형태에서 First-Last mile은 Stage#1(도보)이 될 것이고, 버스접근형태에서 First-Last mile은 Stage#1(도보)-Stage#2(버스)-Stage#3(도보)을 의미하게 된다.

짧은 버스통행이란, 수단탑승시간이 10분 미만이고 정차 정거장 수가 3개 이하인 경우로 설정하였다. 그 이외의 버스 탑승 Stage는 접근 행태가 아니라 일반적인 버스 이용 행태라고 본다. 본 연구는 접근보행 Stage#1만을 접근통행으로 보던 기존 연구들과 달리 버스로 Corridor 지하철에 접근하는 통행까지 First-Last mile로 정의했다는 것에 가장 큰 차별성을 가진다. 이는 Door-to-Door 동선 DB와 더불어 이용자 행태를 현실적으로 반영하는 요소가 된다.

제4장 First-Last mile 특성 분석에서는 접근거리와 접근시간을 기준으로 경로구간

별, 역(정류장)별 First-Last mile을 평가하였다. 분석 결과, 버스정류장으로의 도보접근보다 지하철역으로의 도보접근이 더 길었고, 900m 전·후로 도보접근에서 버스접근으로의 전환이 이루어지는 것을 알 수 있었다(650m~1.2km에서 도보접근 또는 버스접근 두 가지 선택 가능). 또한 역별 상세분석 결과에서 1.9km 이상 접근거리라면 가까운 역으로의 접근이 아니라 특정한 지하철 호선을 이용하기 위한 접근 행태임을 알 수 있었다.

제5장에서는 분석 결과를 토대로 접근통행의 유형별로 적절한 모빌리티 서비스 대안을 제시하고 새로운 수단이 연계되었을 때 접근편의 변화를 분석하였다. First-Last mile 문제의 해결책으로 전 세계에서 가장 널리 이용되고 있는 것은 Bikeshearing이다. 정해진 대여소를 기반으로 한 시스템에서 반납·대여 장소가 정해져 있지 않은 Dockless 시스템까지 공유자전거 시장은 기술 고도화와 시장 영향력 확대를 이루고 있다. 현재 가장 발전된 형태의 모빌리티 서비스는 Personal mobility라고 하는 개인형 교통수단이다. 퍼스널 모빌리티는 단거리 통행을 담당하는 자전거에서 진화한 중·단거리 통행을 담당하는 수단으로, 거리가 긴 First-Last mile을 해결하는 데 중요한 역할을 할 수 있다.

대중교통 접근단계에서 이러한 모빌리티 서비스를 이용한 연계 통행을 했을 때 이용자 편의 변화를 본 연구에서 제시한 접근단계 거리 기준에 따라 분석하였다. 그 결과 PM은 분석에 반영된 2.4km 이내 전체 구간들에서 모두 큰 통행시간 절감 효과를 보였고, Bike의 경우는 1.2km까지 통행시간 절감 효과가 큰 것으로 분석되었다.

역별 연계효과를 확인하기 위해 신사역과 신림역에 대한 사례분석을 실시하였다. 신사역은 1.2km 이하 접근통행이 많았기 때문에 Bike와 PM 모두 연계효과가 컸고, 신림역은 1.2km 이상의 중장거리 버스접근이 많아 Bike의 연계효과가 상대적으로 떨어지는 결과를 보였다.

이와 같이 본 연구에서는 다양한 유형의 접근통행을 분석해 유형별 First-Last mile 특성을 파악하고 특성별로 대중교통 Door-to-Door 서비스를 위한 모빌리티 서비스 연계 기준을 제시하였다. 접근형태별 특성 분석 결과들은 본 연구에서 제안한 Bikeshearing 및 Personal mobility 이외에도 새로운 교통수단을 연계할 때 기초 자료로 사용될 수 있다. 연구 결과로 도출된 접근형태별 접근거리 기준과 접근거리별 모빌리티 서비스 연계 기준은 향후 국내 대중교통 모빌리티 서비스 도입 시 다방면으로 활

용될 수 있을 것이라 기대한다.

교통부문에서 떠오르는 최신 이슈인 Mobility as a Service에 관한 연구는 국외에서는 매우 활발히 수행되고 있지만 국내에서는 거시적인 추세만 제시할 뿐 디테일한 연구 사례는 드물었다. 이에 본 연구는 국내 대중교통 시스템에 전 세계적 MaaS 트렌드를 반영하는 시도를 하였음에 의미가 있으며, 4차 산업의 핵심인 빅데이터를 활용한 기초 연구 사례가 될 것이다.

주요 연구 내용

- 웹 지도 경로 탐색 서비스를 활용하여 웹 크롤러를 개발하고 대중교통 이용자의 **실제 경로를 반영한 Stage DB**를 구축함
- 기존의 행정구역 단위가 아닌 **건물 단위 기종점**을 정의함으로써 상세하고 미시적인 연구 수행
- 통행의 전 과정을 이동단계별로 구분한 **Stage 개념을 기반으로 First-Last mile 유형을 나누었음**
- 도보접근은 Stage#1만을, 버스접근은 Stage#1~3을 접근단계라 보고, **구간별·역(정류장)별 First-Last mile 분석 및 평가**
- 분석 결과를 토대로 **First-Last mile 특성별 거리 구분 기준**을 제시함
- 제시한 기준에 따른 연계수단으로 **Bikesharing과 Personal mobility를 제안하고 연계 시 효과**를 분석함

연구의 의의

- 이용자들의 실제 Point-to-Point 동선 데이터베이스를 구축하고 활용함으로써 대중교통 시스템의 가장 큰 단점이었던 **Door-to-Door 서비스에 관한 연구 기반**을 마련하였음
- 교통 부문에서 4차 산업의 핵심인 **빅데이터와 프로그래밍**을 활용한 기초 연구 사례가 될 것임
- **Feeder 버스로 Corridor 지하철에 접근하는 통행까지 First-Last mile**로 본 것은 기존 연구들과의 가장 큰 차별성을 가짐
- MaaS에 관한 연구는 국외에서는 매우 활발히 수행되고 있지만 국내에서는 거시적인 추세만 제시할 뿐 디테일한 연구 사례는 드물었음
- 이에 본 연구는 **국내 대중교통 시스템에 전 세계적 MaaS 트렌드를 반영하는 시도**를 하였음에 의미가 있음
- 또한 **First-Last mile 거리별 특성 분석 결과들은 향후 또 다른 모빌리티 서비스 도입 시 다방면으로 활용**될 수 있을 것임

[그림 6-6-1] 주요 연구 내용 및 연구의 의의

제2절 한계점 및 향후 연구과제

본 연구는 건물 기반 기종점과 실제 경로가 반영된 웹 경로 탐색 서비스를 활용해 통행의 전 과정을 수집함으로써 이용자의 실제 Door-to-door 통행을 반영했다는 데 큰 의의가 있다. 이용자 행태를 일반화하기 위해 컴퓨터 프로그래밍으로 빅데이터를 수집 하였으며, 수집된 이동 동선의 수는 링크별 중요도 및 가중치 정산에 활용될 수 있다.

그러나 이 동선 숫자는 모든 종점으로 같은 양의 통행발생이 이루어 졌을 때 통행 발생의 빈도를 의미하는 것이지 실제 경로를 이용하는 수요는 아니다. 다시 말해, 동선이 많이 포착된 곳이 타 경로에 비해 이용 빈도가 높을 것으로 예측할 뿐 해당 링크의 실수요가 많은 것은 아니다. 그렇기 때문에 분석에 사용된 데이터베이스는 이용자의 일반적인 행태를 분석하는 데에는 사용될 수 있으나 통행배정 4단계 모형이나 수요예측 등에서는 사용될 수 없다는 점에서 한계를 가진다. 이러한 동선량 데이터에 건물 유출입 인구, 수용인구, 스마트카드 데이터 등을 투입하여 동선별 실수요를 기반으로 하는 연구가 본 연구의 다음 단계로 수행되어야 한다.

또한 지하철역의 경우 경로탐색 데이터베이스는 지하철역 몇 번 출구를 이용하는 지에 관한 정보까지 쌓여있었으나 KTDB에서 제공하는 철도망 GIS DB에서 철도네트워크와 철도역 중심점만을 제공하고 있었기 때문에 작업 베이스를 구축하는 과정에서 역사의 각 출입구를 반영하지 못했다. 향후 더욱 상세한 분석을 위해서는 역 중심점이 아닌 출입구를 기준으로 한 연구가 수행되어야 할 것이다.

반대로 선정된 편의점 건물의 위치는 결과에 큰 영향을 미쳤다. 특히 구간별 접근 단계 분석에서 기점의 위치가 어디냐에 따라 접근편의가 크게 달라졌다. 이를 보완하기 위해 역별 접근단계 분석을 수행하였으나 대상 역을 이용하는 기점이 많을 경우에는 신뢰할 수 있는 결론을 얻을 수 있었지만 기점의 수가 적을 경우에는 그러하지 않았다. 본 연구에서는 POI 특성과 그 주변의 건물 연면적을 반영해 대표성을 띄는 편의점 건물을 기종점으로 선정하였지만 그 외 더 다양한 통행발생 설명변수를 고려하여 통행발생 대표 지점을 선정하는 방법론이 필요하다.

수집된 DB를 바탕으로 버스접근형태를 수단탑승시간 10분미만, 정차 정거장 수 3개 이하로 한정하였고, 차내속도를 고려해 수단탑승시간 1~3분, 4~6분, 7~9분으로 버스 접근 유형을 구분하였으나, 이 부분에 대해서도 좀 더 명확한 기준 정립이 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] 강재정 · 안순화. (2015). 대형할인점과 편의점의 입지에 영향을 미치는 사회경제적 요인에 관한 연구, 「산경논집」, 34(-), 1-16.
- [2] 김민석 · 박선영 · 김정미 · 김진희 · 정진혁. (2014). 대중교통 이용자 만족도와 정량적 지표 분석을 통한 서비스 수준 분석, 「국토연구」, 83(-), 3-15.
- [3] 김성희 · 이창무 · 안건혁. (2001). 대중교통으로의 보행거리가 통행수단선택에 미치는 영향, 「국토계획」, 36(7), 297-307.
- [4] 김아연 · 전병운. (2012). 대구시 대중교통서비스의 접근성에 대한 환경적 형평성 분석, 「한국지리정보학회지」, 15(1), 76-86.
- [5] 김재익 · 강승규 · 권진휘. (2008). 대중교통서비스 취약계층의 공간적 분포 특성, 「한국지리정보학회지」, 11(2), 1-12.
- [6] 김재홍 · 이승일 · 이신해. (2007). 명시선호실험과 현시선호자료를 이용한 대도시권 지하철역세권 설정 연구, 「국토연구」, 52(-), 131-148.
- [7] 백두진 · 김재태. (2016). 서울시 다가구 · 다세대 주택의 보행네트워크 기준 대중교통 접근성의 지역별 · 계층별 특성에 관한 연구, 「부동산연구」, 26(3), 97-111.
- [8] 안영수 · 장성만 · 이승일. (2011). 최적경로 알고리즘을 이용한 지하철역 보행 및 자전거 접근시간 지도 제작과 적용 연구 : 강남권역을 사례로, 「서울도시연구」, 12(3), 129-140.
- [9] 양현재 · 남현우 · 전철민. (2018). 시간거리 접근성과 교통카드 기반 통행량을 이용한 OD별 잠재적 대중교통 서비스 개선량 분석, 「한국지리정보학회지」, 21(2), 80-93.
- [10] 유소영 · 김경태 · 정은비 · 이준. (2017). 복합환승역사 통행자 기반 통합 모빌리티 평가 기법 개발, 「한국ITS학회논문지」, 16(5), 12-28.
- [11] 윤상훈 · 최형선 · 장세봉 · 원제무. (2010). 이동단계별 지하철 이용자 서비스 영향요인 분석 및 특성비교, 「국토계획」, 45(7), 165-178.
- [12] 윤종진 · 우명제. (2015). 서울시 대중교통 접근성의 공간적 정의에 대한 실증연구, 「국토계획」, 50(4), 69-85.
- [13] 이강원. (2016). 「지형 공간정보체계 용어사전」, 서울 : 구미서관.

- [14] 장성만 · 안영수 · 이승일. (2011). 행정동별 접근도가 교통수단별 분담률에 미치는 영향 분석 -서울시를 대상으로-, 「국토계획」, 46(4), 43-53.
- [15] 조대현. (2014). 서울의 고령일인가구 분포와 대중교통 접근성, 「한국도시지리학회지」, 17(2), 119-136.
- [16] 최승우 · 전철민 · 조성길. (2016). 정류장 단위의 미시적 대중교통 접근성 분석 - KTX 서울역 사례연구-, 「한국지형공간정보학회지」, 24(1), 9-16.
- [17] 쿠지라 히코우즈쿠에. (2017). 「파이썬을 이용한 머신러닝 · 딥러닝 실전 개발 입문」, (윤인성 역). 경기 : 위키북스.
- [18] 하재현 · 이수기. (2017). 보행자 경로안내 API정보를 활용한 대중교통 접근성 영향 요인 분석, 「국토계획」, 52(3), 155-170.
- [19] 한국교통연구원. (2016). 「개인용 교통수단(Personal Mobility)의 보급에 따른 제도 개선 방향」, 세종 : 한국교통연구원.
- [20] CEDR. (2016). *Business and operator models for MaaS*, EU.
- [21] Deloitte. (2017). *The rise of mobility as a service : Reshaping how urbanites get around*, UK : Deloitte Review 20.
- [22] ITS Berkeley. (2018). *Future of Mobility White paper*, USE : UC Berkeley.
- [23] KPMG. (2017). *Reimagine Places : Mobility as a Service*, UK : KPMG.
- [24] Marlon G. Boarnet · Genevieve Giuliano · Yuting Hou · Eun Jin Shin. (2017). *First/last mile transit access as an equity planning issue*, Transportation Research Part A, 103(-), 296-310.
- [25] Matthew Curtis Lesh. (2013). *Innovation Concepts in First-Last Mile Connections to Public Transportation*, ASCE Urban Public Transportation Systems 2013, 63-74.
- [26] New Cities Foundation. (2016). *Now Arriving : A Connected Mobility Roadmap for Public Transport*, Canada.
- [27] Shaheen Susan · Chan Nelson. (2016). *Mobility and the Sharing Economy : Potential to Overcome First- and Last-Mile Public Transit Connections*, UC Berkeley.
- [28] Todd A. Litman. (2018). *Evaluating Accessibility for Transport Planning*, Victoria Transport Policy Institute. Canada.

- [29] UCL Energy Institute. (2015). *Feasibility Study for “Mobility as a Service” concept in London*, UK : UCL Energy Institute.
- [30] Viktoria Swedish ICT. (2016). *Mobility as a Service - Maas : Describing the framework*, Sweden.
- [31] 위키백과. *Bicycle-sharing system*.
https://en.wikipedia.org/wiki/Bicycle-sharing_system
- [32] 서울자전거 따릉이 홈페이지. <https://www.bikeseoul.com/main.do>
- [33] Mobike 홈페이지. <https://mobike.com/kr/>
- [34] 상하이방. (2017.02.10.). 中 공유경제의 신흥강자 OfO와 Mobike.
<http://shanghaibang.com/shanghai/news.php?mode=view&num=50255>

A Study on the Public Transportation First-Last Mile with Passengers’ Circulation -From the Viewpoint of Mobility as a Service-

Park Ga-young

Department of Transportation Engineering

Graduate School, Myongji University

Directed by Professor Kim Hyun-myung

A recent major issue in the public transport sector is ‘Mobility as a Service’. The key is to make users feel like they are using a single transit, with the aim of more efficient mobility(efficiency) and more convenient mobility(connectivity). Unlike passenger cars, public transportation is characterized by a nodal point. Door-to-door service should be possible in order for public transportation to be more competitive than passenger cars.

This study subdivides passengers’ circulation into Stages rather than Trips from the viewpoint of Mobility as a Service. Also, to realize public transportation door-to-door service, we focus on the first-last mile before using public transportation system, which has developed in existing stop-to-stop studies.

For the first-last mile analysis of public transportation, it is necessary to acquire data before and after using public transportation. For this purpose, this study develops a web path search crawler and collects the entire process of travel by point-to-point in stage units. In addition, in order to reflect the actual behavior of the passengers, the point of Trip Generation is defined in the building units rather than the existing administrative district units.

This study has the greatest difference from previous studies in that it includes not only walking access but also bus access to use the corridor subway in the first-last mile. They are walking access type before using bus or subway(Stage#1) and bus access type using bus shortly before using subway(Stage#1~#3), and

analyzed the characteristics of public transportation first-last mile by types.

The most important thing about this analysis was that the approach distance characteristics vary by type of first-last mile. If the mobility service is linked according to the first-last mile characteristic and distance, user convenience can be expected to be maximized. From the viewpoint of Mobility as a Service, this study proposed bikesharing and personal mobility as a linkage transit, and analyzed the each linkage effect.

Keyword

Mobility as a Service(MaaS), Stage, Public Transportation, Passengers' Circulation, First-Last mile, Building-based, Big-data Analysis