보안 과제( ), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개( )
철도기술연구사업 최종보고서

R&D
/17RTRP-B086932-04

ICT기반 철도 이용객 정보 제공기술 개발

(2세부)

- 철도 이용객 중심의 정보제공 기술개발

최종보고서

2018. 09.

주관연구기관 / 한국철도기술연구원
협동연구기관 / 한국교통연구원
공동연구기관 / (주)유티정보
공주대학교
한국과학기술원

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

17RTRP-B086932-04

Land Infrastructure and Transport R&D Report

ICT 기반 철도 이용객 정보 제공 기술 개발

최종보고서

국토교통과학기술진흥원

국토교통부

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

‘ICT기반 철도 이용객 정보 제공 기술 개발’과제의 2세부 과제인 “철도 이용객 중심의 정보제공 기술개발”(연구개발 기간 : 2014.11.10. ~ 2018.07.09.) 과제의 최종보고서(안)을 제출합니다.

2018. 09.

주관연구기관명 :	한국철도기술연구원	(대표자) 나희승	(연구책임자) 안태기
협동연구기관명 :	한국교통연구원	(대표자) 오재학	(연구책임자) 김연규
공동연구기관명 :	유티정보㈜	(대표자) 이대원	(연구책임자) 이용중
	공주대학교	(대표자) 서창호	(연구책임자) 이선하
	한국과학기술원	(대표자) 신성철	(연구책임자) 한동수

협동연구기관책임자: 김 연 규
공동연구기관책임자: 이 용 중, 이 선 하, 한 동 수

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제 고유 번호</td><td>17RTRP-
B086932-04</td><td>해당 단계
연구 기간</td><td>2014.11.10.
~2018.07.09.</td><td>단계구분</td><td>4차년도 /
총 4차년도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구사업명</td><td>중사업명</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="4">철도기술연구사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구과제명</td><td>대과제명</td><td colspan="4">ICT 기반 철도 이용객 정보제공 기술개발</td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4">철도 이용객 중심의 정보제공 기술개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구책임자</td><td rowspan="2">김연규</td><td>해당단계
참여
연구원 수</td><td>총: 36 명
내부: 36 명
외부: 명</td><td>해당단계
연구개발비</td><td>정부: 840,000 천원
기업: 283,000 천원
정부 외: 천원
계: 1,123,000 천원</td></tr>
<tr><td>총 연구기간
참여
연구원 수</td><td>총: 161 명
내부: 161 명
외부: 명</td><td>총 연구개발비</td><td>정부: 3,120,000 천원
기업: 1,056,000 천원
정부 외: 천원
계: 4,176,000 천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소속 부서명</td><td colspan="3">협동 연구기관 :
한국교통연구원 철도교통연구본부</td><td colspan="2">공동 연구기관 :
유티정보(주)
공주대학교 산학협력단
한국과학기술원 산학협력단</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">상대국명:</td><td colspan="2">상대국 연구기관명:</td></tr>
<tr><td>위탁연구</td><td colspan="3">연구기관명:</td><td colspan="2">연구책임자:</td></tr>
<tr><td colspan="4">□ 철도를 이용하는 정보약자(외국인 관광객, 초행 여행자, 고령자 등)에게 교통수단과 환승시설에 관계없이 단절 없는 교통정보를 제공하기 위하여 철도 중심의 정보제공 표준화에 기반한 철도이용객 정보제공 기술 개발을 목표로 함
○ 철도 운영 실시간 정보 및 역사 상황정보 연계를 위한 Open API 개발
○ Open-API를 통한 타 교통수단(버스, 나눔카, 렌터카, Park&Ride) 정보연계 기술 확보
○ 철도 중심의 복합교통수단(Multi-modal) 경로안내 기술 확보
○ 단절 없는 경로안내를 위해서 GPS 음영구간 극복을 위한 실내측위 기술을 활용한 철도 보행 내비게이션 개발
- 철도역사의 특수성을 고려한 WiFi 측위기술 개발
- 스마트폰 카메라와 마커를 활용한 측위기술 개발
○ 경로안내 알고리즘 평가를 위한 시뮬레이션 구축
- 현장조사, 설문조사 등을 통한 실제 환경을 반영한 시뮬레이션 구축
- 안전과 환경을 고려한 이용객 맞춤형 경로안내 알고리즘 개발
○ Android와 IOS 시스템 모두 적용이 가능한 App 개발</td><td colspan="2">보고서 면수 p.116</td></tr>
</table>

요약문

연구의 목적 및 내용	□ 연구개발 목적 ○ 철도를 이용하는 정보약자(외국인 관광객, 초행 여행자, 고령자 등)에게 교통수단과 환승 시설에 관계없이 **단절 없는 교통정보를 제공하기 위하여 철도 중심의 정보제공 표준화에 기반한 철도이용객 정보제공 기술 개발을 목표**로 함 ○ 이러한 철도이용객 정보제공 표준화를 바탕으로 철도정보, 버스정보, 공유자동차정보(렌트카, 카셰어링, 택시 등), 공유자전거정보 등을 통합하여 **"더 스마트한 철도 이용객의 접근교통 이용을 지원"**하고자 함 ○ 또한 철도 이용 고객에게 차량 내비게이션인 T-map과 김기사에 버금가는 경로안내(내비게이션) 서비스를 제공하기 위한 기술 개발 - Multi-modal(철도 중심의 접근교통수단) 조합의 경로선택 기술 - GPS 음영지역 극복을 위한 철도역사 내 실내측위 기술개발 □ 연구개발 내용 ○ 철도 역사정보 및 실시간 열차정보(1세부)와 정보연계 기술 개발 및 철도 이용객 철도역사의 실내·외 철도이용객 위치 수집과 전송 기술을 개발하며, 특히 철도이용객 중심의 철도이용에 필요한 정보 수집/제공이 가능하도록 함 ○ 터널과 지하구간의 철도차량의 위치 확인을 위한 측정 및 수집을 위한 기술 개발을 통하여 이용객 중심의 실시간 위치 제공기술 개발을 목적으로 함 ○ 철도이용에 필요한 다양한 접근교통수단과의 연계정보 기술을 확보하여 실시간 상황정보 및 유형별 최적 이동정보 및 경로안내(내비게이션) 서비스를 제공함
연구개발성과	○ 철도 운영 실시간 정보 및 역사 상황정보 연계를 위한 Open API 개발 ○ 철도와 타 교통수단 연계를 위한 정보 연계 Open API 개발 ○ 철도 중심의 복합교통수단(Multi-Modal) 경로탐색 기술 확보 ○ GPS 음영지역을 극복할 수 있는 융합적 실내측위 기술을 활용해서 철도 보행 내비게이션 개발 - Wi-Fi 기반 측위 기술, 마커 인식 기반 측위 기술 ○ 경로탐색 알고리즘의 신뢰성 검증을 위한 시뮬레이션 구축 ○ 이용객 유형에 따라 안전과 환경을 고려한 경로안내 알고리즘 개발
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	○ 국토교통분야 : Big Data 구축과 이를 활용한 정책수립 평가 - 국가교통 DB 구축 활용 및 예산 절감 ○ 관광사업 분야 : Big Data 기반 외국인 이동(철도교통)/소비/관광 행태 분석과 관광상품 개발 ○ 제4차 산업혁명 분야 - 공유경제, 빅데이터, IoT(사물인터넷), 센서, GPS, 머신러닝, AI 인공지능, 고객맞춤생산, 오픈소스, 자율주행 자동차, 3D 프린팅, 클라우드 소스/서비스, AR(증강현실) 등에 활용 ○ 철도 중심의 타 교통수단 정보 접근성에 대해서 One Pass 서비스 가능 - 기존에 1개 이상의 서비스 어플 사용에서 단 하나의 어플로 One Pass 서비스 전환 ○ 단절 없는 경로 탐색/안내/내비게이션 서비스 가능 - 지하와 터널 구간에서도 단절 없이 위치 정보를 수집·전송하여 GPS 음영지역에서도 경로안내가 가능한 기반기술 확보로 더 스마트한 내비게이션 서비스에 활용 - 스마트폰 기종에 제약이 없는 서비스 가능(Android, IOS 호환) ○ 철도 미래가치 요인 Big Data 구축과 이를 활용한 정책개발 및 평가 가능

핵심어 (5개 이내)	Door to Door	대중교통	철도 연계 교통정보	실내측위기술	내비게이션

SUMMARY

Purpose & Contents	□ Purpose ○ For the purpose of providing traffic information of railway and other means of transportation ○ Railway, bus, car sharing, rent car, bicycle information to enhance the convenience of public transportation for visitor ○ Develop technology to provide car navigation and equivalent services to public transportation users - Multi-modal(Railway centered) route search gechnology - Development of indoor positioning technology in railway station □ Contents ○ Development of real-time train information linkage technology ○ Development of indoor positioning technology for railway users ○ Development of navigation technology using indoor positioning technology ○ Development of integrated App that provides the technology developed by user
Results	○ Development of Open API for real-time information link of railway ○ Development of Open API for transit of railway and other transportation ○ Development of Multi-Modal route search technology ○ Railway navigation development - Wi-Fi Indoor positioning, Marker Indoor positioning ○ Route guidance simulation construction for reliability verification ○ Development of route guidance technology considering safety and environment
Expected contribution	○ Land transoprtaion sector : Build Big Data & Policy formulation and evaluation - Utilization of national traffic Data Base construction ○ Tourism industry sector : Development of tourism products based on Big Data ○ 4th industrial revolution sector : - Sharing economy, Big Data, IOT, Sensor, GPS, intelligence(AI), Autonomous driving, Artificial intelligence(AI), 3D Printing, Artificial reality(AR) ○ One pass service is available for connecting transoprtation ○ Navigation service without interruption - Underground and tunnel sections are also available - Unlimited services for smartphone model (Android, IOS) ○ Data construcion and policy development and evaluation possible

Keywords	Door to Door	Public transport	Railway transit transportation	Indoor positioning	Navigation

<목 차>

제1장. 연구개발과제의 개요 ····· 7

제2장. 국내외 기술 개발 현황 ····· 8

제3장. 연구 수행 내용 및 성과 ····· 12

1. 복합교통수단 경로탐색 개발 ····· 12

2. 철도 이용객 중심의 정보제공 서비스 개발 ····· 21

3. 스마트 D2D 앱 테스트 ····· 39

4. 국내 · 외 기존 실내 측위 사례 및 기술 분석 ····· 46

5. 철도역사의 특수성을 고려한 WiFi기반의 실내측위 기술 개발 ····· 52

6. GPS 음영지역 극복을 위한 스마트폰 카메라와 마커를 활용한 실내측위 기술 ·· 67

7. 철도이용객 경로제공 알고리즘 효과평가 ····· 82

8. 철도 이용객 선호에 따른 Impedance 개발 ····· 92

제4장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 ····· 106

제5장. 연구개발성과의 활용계획 ····· 108

제6장. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보 ····· 111

제7장. 연구개발성과의 보안등급 ····· 111

제8장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설 · 장비 현황 ····· 111

제9장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적 ····· 111

제10장. 연구개발과제의 대표적 연구 실적 ····· 112

제11장. 기타 사항 ····· 114

제12장. 참고 문헌 ····· 115

〈 표 목 차 〉

<표 1-1> 사전평가 요구사항에 대한 조치사항 ····· 8
<표 2-1> 국내 경로안내 App 현황 ····· 10
<표 2-2> 핵심기술별 연구개발 전·후 기술수준 ····· 11
<표 3-1> 카셰어링과 렌터카의 교통수단으로서의 특징 ····· 20
<표 3-2> 개발 수준별 서비스 항목 및 연계대상 정보 ····· 21
<표 3-3> 연계 서비스 개발을 위한 고려사항 ····· 21
<표 3-4> 어플리케이션 개발개요 ····· 22
<표 3-5> 서버 개발 개요 ····· 23
<표 3-6> 서울시 지하철 실시간 열차 위치정보 ····· 31
<표 3-7> 서울시 지하철 실시간 열차 도착정보 ····· 32
<표 3-8> 서울시 지하철 주변 환승버스 정보 ····· 32
<표 3-9> 시외버스 정보 ····· 33
<표 3-10> 고속버스 정보 ····· 33
<표 3-11> 버스 노선정보 ····· 33
<표 3-12> 정류소 노선정보 ····· 34
<표 3-13> 국내·외 관련 기업 동향 분석 ····· 49
<표 3-14> 실내측위 기술 동향 분석 ····· 49
<표 3-15> 시나리오별 측위 기법의 테스트 결과 ····· 52
<표 3-16> KAI-R 개발내용 ····· 57
<표 3-17> 실내역사 데이터 구축 항목 ····· 60
<표 3-18> 신정네거리역 측위 정확도 ····· 61
<표 3-19> 시범운영 구간 측위환경 분석 결과 ····· 62
<표 3-20> 시범운영 구간 측위 정확도 도출 결과 ····· 64
<표 3-21> 내비게이션 추가 모듈 개발 ····· 65
<표 3-22> 신정네거리 측위 정확도 모니터링 ····· 66
<표 3-23> 신도림 측위 정확도 모니터링 ····· 66
<표 3-24> 잠실 측위 정확도 모니터링 ····· 66
<표 3-25> WiFi 실내측위 기술의 적용 범위 (일반적인 역사 조건) ····· 67
<표 3-26> 경로안내 Database 항목 설명 ····· 70
<표 3-27> 마커의 역할에 따른 특성 분류 ····· 75
<표 3-28> 시범운영 마커 역할에 따른 설치 개수 ····· 76
<표 3-29> 마커 설치 전후 모습 ····· 79
<표 3-30> 마커 실내측위 기술의 적용 범위(일반적인 역사 조건) ····· 82
<표 3-31> 중거리 교통수요분석 프로그램 결과값 ····· 87
<표 3-32> 장거리 교통수요분석 프로그램 결과값 ····· 88
<표 3-33> 시나리오별 분석값 비교 - 최소시간 ····· 89
<표 3-34> 시나리오별 분석값 비교 - 최단거리 ····· 89
<표 3-35> 시나리오별 분석값 비교 - 유사노선 ····· 90
<표 3-36> 교통흐름분석 프로그램 데이터 비교 분석 ····· 91
<표 3-37> 중거리 시나리오 비교 ····· 92
<표 3-38> 장거리 시나리오 비교 ····· 92
<표 3-39> 대전광역시 구암동에서 석교동 - 최단경로 ····· 95
<표 3-40> 대전광역시 구암동에서 석교동 - 안전 Impedance를 고려한 경로 ····· 95

<표 3-41> 대전광역시 구암동에서 칠산동 - 최단경로 ····· 96
<표 3-42> 대전광역시 구암동에서 칠산동 - 환경 Impedance를 고려한 경로 ····· 97
<표 3-43> 시나리오 1 - 환경 Impedance 적용 ····· 99
<표 3-44> 시나리오 1 - 안전 Impedance 적용 ····· 99
<표 3-45> 시나리오 1 - 종합 (유성초등학교-시청역) ····· 99
<표 3-46> 시나리오 2 - 최단거리 ····· 100
<표 3-47> 시나리오 2 - 환경 Impedance 적용 ····· 101
<표 3-48> 시나리오 2 - 안전 Impedance 적용 ····· 101
<표 3-49> 시나리오 2 - 종합 (평생교육문화센터-대동역) ····· 101
<표 3-50> 시나리오 3 - 최단거리 ····· 103
<표 3-51> 시나리오 3 - 안전 Impedance 적용 ····· 103
<표 3-52> 시나리오 3 - 환경 Impedance 적용 ····· 103
<표 3-53> 시나리오3 - 종합(유성초등학교-시청역) ····· 104
<표 5-1> 핵심기술 별 성과활용계획 ····· 110

〈 그 림 목 차 〉

<그림 1-1> 연구개발 최종목표 ····· 2
<그림 1-2> 연구개발 성과물 The Smart D2D ····· 2
<그림 1-3> The Smart D2D 아키텍쳐 ····· 3
<그림 1-4> 제안요청서 대비 연구내용 달성도 ····· 4
<그림 1-5> 연구개발 필요성 ····· 5
<그림 1-6> 연구 추진 경과 ····· 7
<그림 1-7> 스마트 D2D 내비게이션 이동시 안내문구 표출화면 ····· 8
<그림 2-1> 국외 경로안내 기술개발 현황 ····· 10
<그림 3-1> 네이버 지도 경로안내 서비스 ····· 13
<그림 3-2> Apple Map 경로안내 서비스 ····· 14
<그림 3-3> 카카오맵 경로안내 서비스 ····· 15
<그림 3-4> Bing지도 경로안내 서비스 ····· 16
<그림 3-5> Google Map 경로안내 서비스 ····· 17
<그림 3-6> T-map 경로안내 서비스 ····· 18
<그림 3-7> 환승주차장 정보 연계 ····· 19
<그림 3-8> 카셰어링 정보 연계 ····· 20
<그림 3-9> 정보제공 서비스 개발 범위 ····· 22
<그림 3-10> 서비스의 지원 기능 ····· 24
<그림 3-11> 기능 흐름 및 성과물 통합 개발 ····· 25
<그림 3-12> 전체 의사 결정 모형 ····· 26
<그림 3-13> 출·도착 정보 및 수단 의사결정 ····· 26
<그림 3-14> 승용차 경로 의사결정 ····· 27
<그림 3-15> 승용차 탐색 경로 ····· 27
<그림 3-16> 대중교통 경로 의사결정 ····· 28
<그림 3-17> 대중교통 탐색 경로 ····· 28
<그림 3-18> 보행 경로 의사결정 ····· 29
<그림 3-19> 보행 탐색 경로 ····· 29
<그림 3-20> 의사결정 개발범위 ····· 30
<그림 3-21> ERD ····· 30
<그림 3-22> 메인 UI 및 Framework ····· 35
<그림 3-23> 자동차 경로탐색 ····· 35
<그림 3-24> 대중교통(시내) 경로탐색 ····· 36
<그림 3-25> 대중교통(시외) 경로탐색 ····· 36
<그림 3-26> 도보 경로탐색 ····· 37
<그림 3-27> 환승주차장, 카셰어링 경로탐색 ····· 37
<그림 3-28> 앱 개발 디자인 ····· 38
<그림 3-30> 스마트 D2D 테스트 시나리오(대중교통) ····· 40
<그림 3-31> 대중교통을 이용한 경로안내 ····· 40
<그림 3-32> 대중교통을 이용한 경로안내(계속) ····· 41
<그림 3-33> 스마트 D2D 테스트 시나리오(복합교통수단) ····· 42
<그림 3-34> 철도역사 주변으로 공영주차장 검색 및 경로 안내 ····· 42
<그림 3-35> 철도역사 중심으로 카셰어링 위치 안내 및 카셰어링을 통한 경로안내 ····· 43
<그림 3-36> 기존 앱과 스마트D2D 차별성 (대중교통) ····· 43

<그림 3-37> 스마트D2D 앱에서 보여지는 서비스 제공 화면 ····· 44
<그림 3-38> 다양한 자동차 길안내 서비스 제공 화면 ····· 45
<그림 3-39> 파크앤라이드 & 카셰어링 서비스 제공 화면 ····· 45
<그림 3-40> 서비스 환경설정 기능 제공 화면 ····· 46
<그림 3-41> 기존 실내측위 기술의 철도역사 한계점 ····· 50
<그림 3-42> 신정네거리 시나리오 1 현장조사 ····· 51
<그림 3-43> 신정네거리 시나리오 2 현장조사 ····· 51
<그림 3-44> 철도역사용 WiFi 측위기술 개발 개요 ····· 53
<그림 3-45> PDR 센서 수집 데이터 ····· 54
<그림 3-46> 블루투스 측위기술 개요 ····· 55
<그림 3-47> 실내·외 전환에 따른 위치인식 기술 ····· 56
<그림 3-48> Hidden Markov Model ····· 56
<그림 3-50> 실내 측위 뷰어용 실내맵(잠실역) ····· 60
<그림 3-51> KAI-R 구성 모습(신도림, 잠실) ····· 63
<그림 3-52> 스마트폰 카메라와 마커측위기술 개념 ····· 68
<그림 3-53> 마커인식 기술 ····· 69
<그림 3-54> 마커와 최종목적지 간 경로안내 ····· 70
<그림 3-55> 스마트폰 카메라와 마커를 활용한 측위기술 경로안내 DB ····· 71
<그림 3-56> 경로안내 알고리즘 ····· 71
<그림 3-57> 증강현실 기반의 철도 보행 내비게이션 UI 구성 ····· 72
<그림 3-58> 증강현실 기반의 철도 보행 내비게이션 ····· 72
<그림 3-59> 부가 정보를 포함한 경로안내 UI 사례 ····· 73
<그림 3-60> 교통약자와 일반 보행자 유형에 맞춘 경로 안내 ····· 73
<그림 3-61> 신정네거리역 구성 및 위치 ····· 74
<그림 3-62> 신정네거리역 시범운영 협조공문 ····· 74
<그림 3-63> 신정네거리역 현장조사 ····· 75
<그림 3-64> 신정네거리역 바닥면 장애물 조사 결과 ····· 76
<그림 3-65> 신정네거리역 마커 설치 위치 ····· 77
<그림 3-66> 신정네거리역 설치 마커 및 시공 모습 ····· 78
<그림 3-67> 신정네거리역 마커 시공 ····· 79
<그림 3-68> 경로안내 DB 현장조사 ····· 81
<그림 3-69> 유지보수 및 관리를 위한 운영 일지 ····· 81
<그림 3-70> 교통수요분석 프로그램 시뮬레이션 환경 구축 Flow chart ····· 84
<그림 3-71> 교통흐름분석 프로그램 시뮬레이션 환경 구축 Flow chart ····· 85
<그림 3-72> 중거리 시나리오(대전광역시청~우송대학교서캠퍼스) 위치도 ····· 86
<그림 3-73> 장거리 시나리오(한국기계연구원~대전대학교) 위치도 ····· 86
<그림 3-74> 교통흐름분석 프로그램 시뮬레이션 서울역 6번 승강장-버스환승센터 노선 ····· 90
<그림 3-75> 안전과 환경을 고려한 경로탐색 ····· 93
<그림 3-76> Impedance 경로탐색 Flow chart ····· 94
<그림 3-77> Link 거리당 Number of fare points 설정(좌), 수단별 요금 설정(우) ····· 94
<그림 3-78> 최단경로(왼), 안전을 고려한 경로(오) ····· 95
<그림 3-79> 최단경로(왼), 환경을 고려한 경로(오) ····· 96
<그림 3-80> 시나리오 1의 분석경로별 노선 ····· 98
<그림 3-81> 시나리오 2의 최단경로 ····· 100
<그림 3-82> 시나리오 2의 분석경로별 노선 ····· 100

<그림 3-83> 시나리오 3의 최단경로 ····· 102
<그림 3-84> 시나리오 3의 분석경로별 노선 ····· 102
<그림 3-85> 경로안내 선호도조사 설문지 ····· 105
<그림 3-86> 통행 목적별 경로안내 설문 결과 ····· 106
<그림 5-1> 연구성과 활용방안(BigData 활용) ····· 109
<그림 5-2> 사용자 만족도 및 사용후기 ····· 110
<그림 5-3> 사용자 평가 및 리뷰 만족도 ····· 111

제1장. 연구개발과제의 개요

1. 연구개발 목적

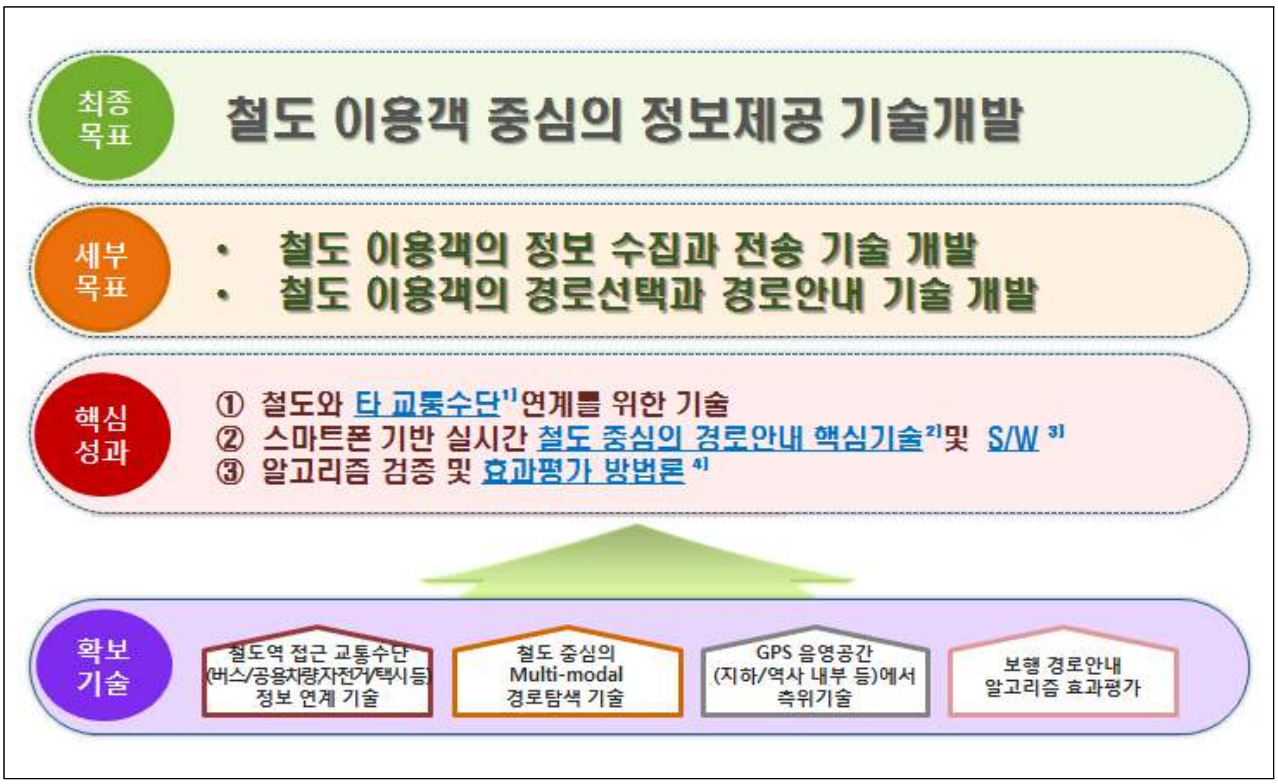
가. 연구개발 최종 목표

○ 철도를 이용하는 여행자(외국 관광객 포함)에게 교통수단과 환승시설에 관계없이 단절 없는 교통정보를 제공하기 위하여 철도 중심의 정보제공 표준화에 기반한 철도이용객 정보제공 기술 개발을 목표로 함

○ 이러한 철도이용객 정보제공 표준화를 바탕으로 철도정보, 버스정보, 공유자동차정보(렌트카, 카셰어링, 택시 등), 공유자전거 등을 통합하여 "더 스마트한 철도 이용객의 접근교통 이용을 지원"하고자 함

○ 또한 철도 이용 고객에게 차량 내비게이션인 T-map과 김기사에 버금가는 철도 내비게이션 서비스를 제공하기 위한 기술 개발

- 철도와 **타 교통수단**[1] 연계를 위한 기술
- 스마트폰 기반 실시간 **철도 중심의 경로안내 핵심기술**[2] 및 **S/W**[3]
- 알고리즘 검증 및 **효과평가 방법론**[4]



<그림 1-1> 연구개발 최종목표

---

1) 철도교통 이외의 교통수단에 해당하는 버스/공용차량/렌터카 등에 대한 네트워크 속성정보로 철도 연계교통수단으로 통합운영에 필요한 정보. Door to Door에 대한 경로 표출을 위한 철도 이외의 교통수단에 대한 정보를 철도교통정보와 연계하는 기술을 의미(현재 독립적 운영 중)

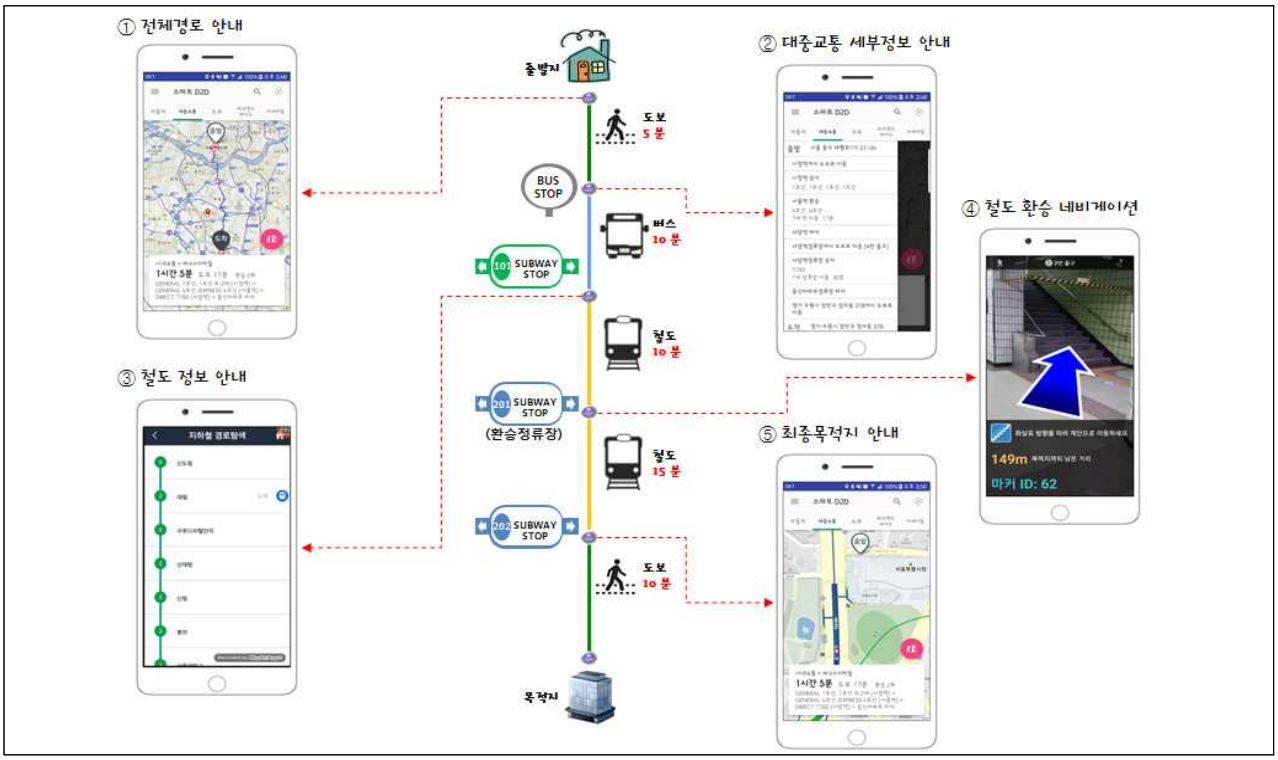
2) 철도 네트워크 중심으로 타 교통수단과 결합(Multi-mode)하여 이동 가능한 경로의 추출 알고리즘, 철도 내비게이션 구현에 필요한 GPS 음영공간 극복을 위한 측위기술

3) 스마트폰 기반 철도중심의 복합교통 경로 탐색/결제연계/이동위치 확인/내비게이션 등의 Application 소프트웨어

4) 철도 이용객에게 제공하는 경로탐색 알고리즘을 시뮬레이션을 통해 검증하여 시제품의 신뢰성을 평가하고 향상시키는 방법

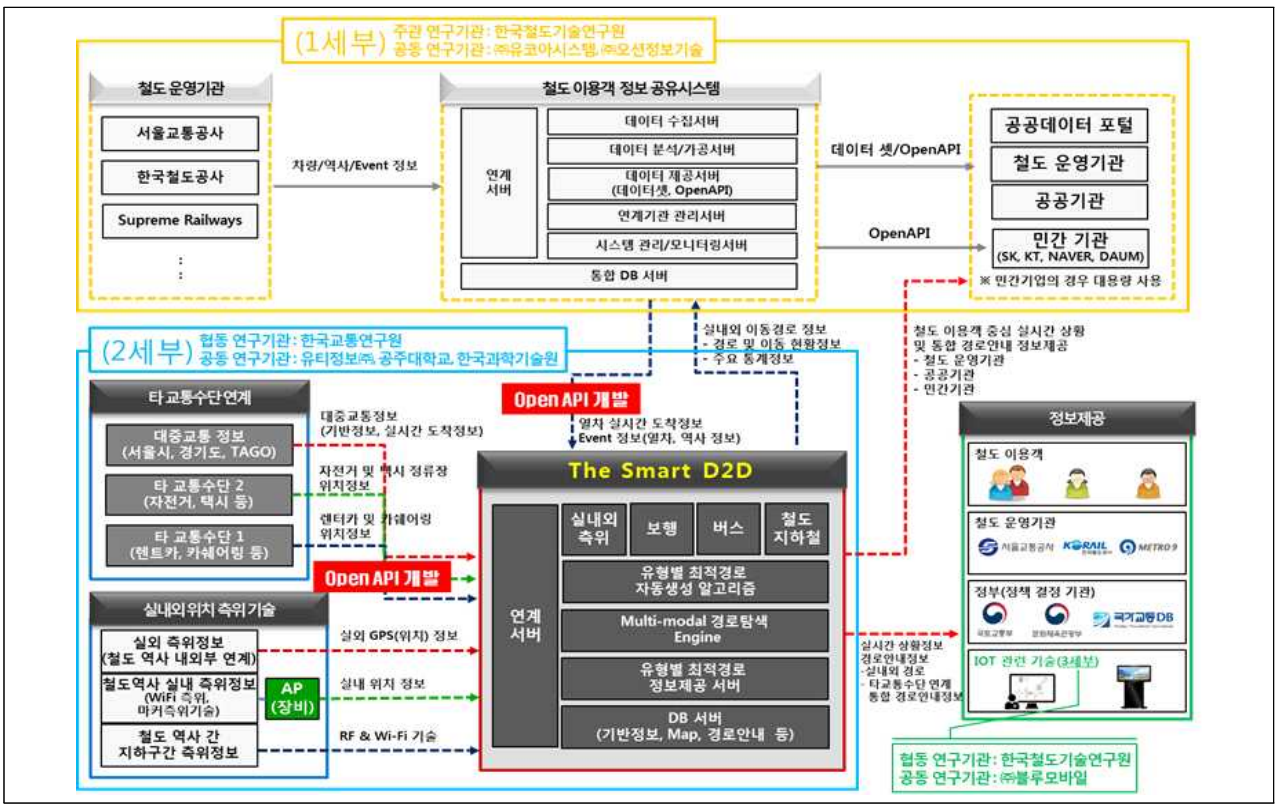
나. 연구개발 성과물 (The Smart D2D)

○ 이용객의 유형에 맞춰 출발지부터 목적지까지 단 한번의 검색으로 단절 없이 철도, 버스, 보행 등의 다양한 복합 교통수단을 활용한 경로를 안내해주는 종합 경로안내 시스템



<그림 1-2> 연구개발 성과물 The Smart D2D

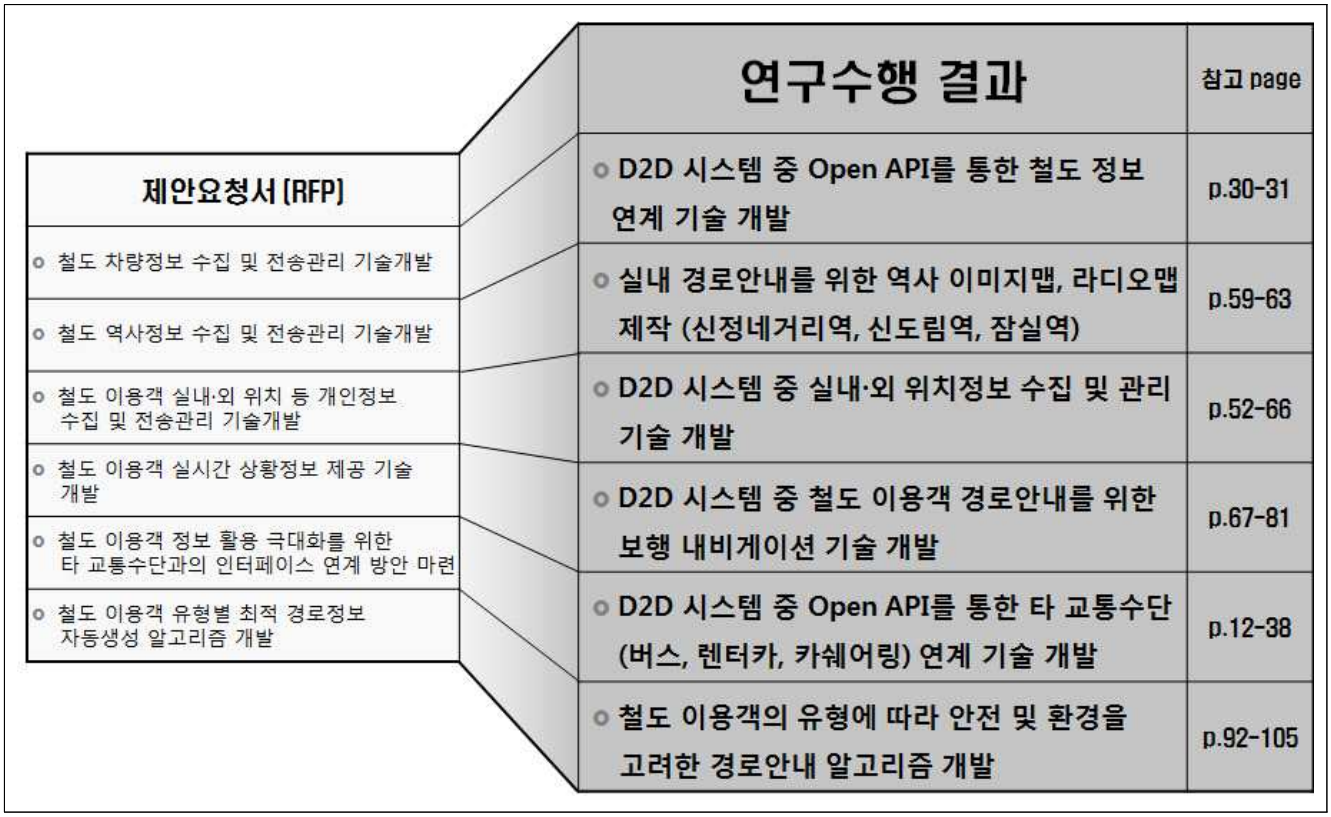
다.The Smart D2D (철도 내비게이션) 시스템의 Architecture



<그림 1-3> The Smart D2D 아키텍쳐

2. 제안요청서(RFP)대비 연구내용 달성도

○ 2014년 8월 공고된 제안요청서(RFP)와 2018년 8월 현재의 연구수행 결과에 대한 달성 확인을 아래 그림에서 제시하고 있음



<그림 1-4> 제안요청서 대비 연구내용 달성도

3. 연구개발의 필요성

가. 연구개발 필요성

○ 철도 이용객은 차량 내비게이션에 버금가는 서비스를 요구하고 있음

- 철도 중심의 경로선택과 안내서비스 필요
- 타 대중교통 수단과의 환승경로 안내서비스 필요
- 종합적인 대중교통 내비게이션 필요(예: T-map, 김기사 등 차량 내비게이션)

○ 철도운영기관은 운영의 효율화를 통한 운영비 절감을 요구하고 있음

- 수요에 대응가능한 탄력적 열차 운영계획 수립 필요
- 역사의 내부와 외부의 연계에 대한 정보제공 필요

○ 정부(공공기관)는 Big Data를 활용한 국가정책의 수립을 요구

- 교통정책, 투자계획 평가에 활용할 수 있는 Big Data 필요
- 국가교통 DB 구축사업 비용 절감에 활용 필요 (연간 약 70억원)
- 한국을 방문하는 외국관광객들에게 관광에 관련된 경로제공 서비스 필요
- 현재는 민간에서 제공하는 Big Data에 의존하기 때문에 국가의 정책 결정에 활용하는데 제약이 있음

나. 연구목표 설정

○ 철도 이용객

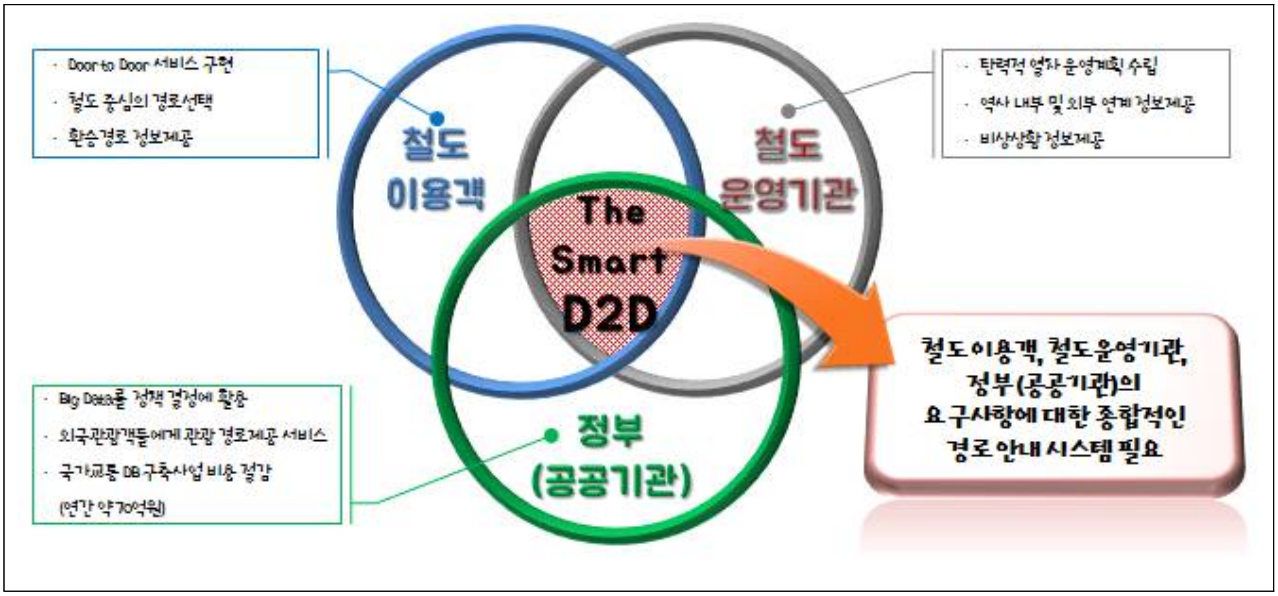
- 보행, 철도, 버스를 활용한 종합적인 경로안내가 가능한 서비스

○ 철도 운영기관

- 저비용으로 역사내부의 경로안내가 가능한 서비스

○ 정부(공공기관)

- 정보제공을 통한 Big Data의 수집 · 관리가 가능한 서비스

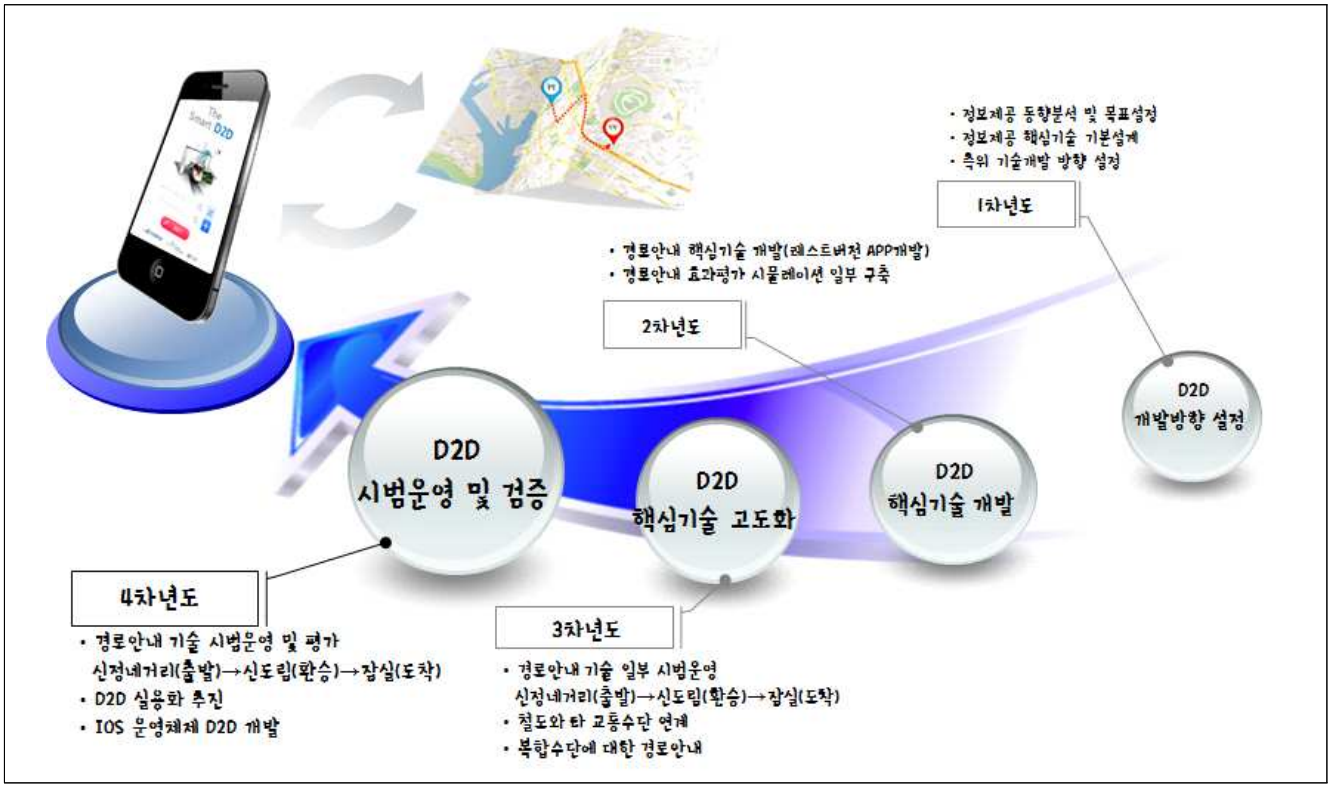


<그림 1-5> 연구개발 필요성

4. 연구개발 범위

구분	주요연구 목표	세부연구 목표
1차년도	▪ 철도이용객 정보제공의 목표 설정	▪ 철도이용객의 정보제공기술의 동향분석
		▪ 철도이용객의 정보니즈 분석
		▪ 철도이용객의 정보제공 목표 설정
		▪ 열차운행정보와 혼잡정보의 인터페이스 현황 분석
		▪ 타 교통수단 정보 연계 범위 설정
		▪ 타 교통수단 정보연계 기본설계
		▪ 철도 이용객의 정보제공 알고리즘 검증 및 효과 평가 방법론 개발
	▪ 철도이용객의 정보수집을 위한 측위 기술개발 방향 설정	▪ 국내외 실내측위 기술동향 분석
		▪ 기존 실내측위 기술의 철도역사 적용 한계점 분석 및 개선방향 제시

구분	주요연구 목표	세부연구 목표
2차년도	▪ 실시간 철도 차량 운행정보/역사 상황정보 제공 핵심기술 및 S/W 개발	▪ 실시간 철도 차량 및 역사 운행도 정보제공 방안
		▪ 실시간 철도 차량 및 역사 운행도 정보 연계 시스템 개발
		▪ 도시철도 역사 표준맵 설계 및 구축
		▪ 철도 네트워크 설계 및 구축
	▪ 타 교통수단 정보 연계 핵심기술 개발	▪ 타 교통수단 POI 데이터 구축(2차)
		▪ 타 교통수단 정보 연계 핵심기술개발(2단계)
	▪ 스마트폰 기반 실시간 철도 이용객 경로안내 핵심기술 및 S/W개발(1단계)	▪ 도시철도 역사간 지하구간 내 이용자 위치측정 기술 개발
		▪ 철도 이용객 경로안내 핵심기술 개발(1단계)
		▪ 철도 이용객 경로안내 핵심기술 평가(1차)
		▪ 철도 이용객 비상상황 경로탐색 알고리즘 설계
		▪ 철도역사의 철도이용객 위치파악을 위한 융합적 실내측위 기술 개발
	▪ 철도 이용객의 정보제공 알고리즘 검증 및 효과평가 방법론 개발	▪ 철도 이용객 유형별 경로안내 시뮬레이션 검증
3차년도	▪ 실시간 철도 차량 운행정보/역사 상황정보 제공 S/W	▪ 철도 이용객 상황별 정보제공 모듈 개발
		▪ 철도 이용객 상황별 정보제공 핵심기술 및 S/W 개발
		▪ 철도 이용객 상황별 정보제공 핵심기술 및 S/W 테스트 및 보완
	▪ 철도와 타 교통수단 연계를 위한 기술	▪ 타 교통수단 연계 정보 시스템 고도화
		▪ 타 교통수단 연계 정보 제공 평가
	▪ 스마트폰 기반 실시간 철도 중심의 경로안내 핵심기술 및 S/W	▪ 도시철도 이용객 중심 경로안내 핵심기술 개발 고도화 및 평가(2단계)
		▪ 도시철도 역사 비상상황 정보제공 기술 개발
		▪ 역사 간 지하구간 철도 이용객 위치 측정 핵심기술 개발
		▪ 철도 이용객 위치 파악을 위한 융합적 실내측위 장치 구축
	▪ 알고리즘 검증 및 효과평가 방법론	▪ 철도 이용객 유형별 경로안내 시뮬레이션 검증
4차년도	▪ 철도와 타 교통수단 연계를 위한 기술	▪ 철도 중심의 경로탐색 구현을 위한 연계 교통수단 DB 갱신
		▪ 복합 교통수단(Multi-modal) 경로 탐색
	▪ 스마트폰 기반 실시간 철도 중심의 경로안내 핵심기술 및 S/W	▪ D2D APP 시범운영 및 모니터링
		▪ Wi-Fi 기반 실내측위 기술 시범운영(신정네거리~잠실역)
		▪ IOS 위치 서비스를 위한 기술 확보
		▪ D2D APP IOS 버전 개발
	▪ 알고리즘 검증 및 효과평가 방법론	▪ 철도 이용객 경로안내 알고리즘 보완사항 제시
		▪ D2D 시스템 시제품 시범운영 평가결과 분석



<그림 1-6> 연구 추진 경과

5. 연구추진 체계

연구개발과제	
과제명	철도 이용객 중심의 정보제공 기술개발
협동기관	한국교통연구원

총 참 여 연 구 원
협동연구책임자 (김연규) 외 35명

기 관 별 참 여 현 황			
구 분	기관수	인원수	총인원 수
산 업 계	1	12	36
대 학	2	17	
국공립(연)			
출 연 (연)	1	7	

협 동 연 구 기 관	공 동 연 구 기 관	공 동 연 구 기 관	공 동 연 구 기 관
한국교통연구원	유티정보㈜	공주대학교	한국과학기술원
담당연구개발내용	담당연구개발내용	담당연구개발내용	담당연구개발내용
과제명: 철도 이용객 중심의 정보제공 기술 개발	과제명: 스마트폰 기반 철도 중심의 경로안내 기술 및 S/W 개발	과제명: 철도 이용객 경로안내 알고리즘 검증 및 정보제공 효과분석	과제명: 기존 실내 측위 기술의 철도역사 적용 가능성 시험 및 평가
- D2D App 시범운영 및 모니터링 - D2D App 실용화 방안 추진 - 마커 기반 실내측위 기술을 활용한 보행내비게이션 개발	- 타 교통수단 OpenAPI 연계기술 개발 - 복합교통수단경로 탐색 - 통합 D2D App 개발	- 철도 이용객 경로안내 알고리즘 보완사항 제시 - 안전/환경을 고려한 경로안내 기술 개발 및 적용성 검토	- 기존 실내측위 기술 동향 분석 및 적용가능성 시험 - WiFi 기반 철도역사용 실내측위 기술 개발

6. 사전평가 보완사항

○ 2018년 6월 1일, 국토교통과학기술진흥원 3층 회의실에서 사전평가 진행

- 사전평가 때 제시된 사항에 대한 요구에 대한 조치사항은 다음 표에서 제시하고 있음

<표 1-1> 사전평가 요구사항에 대한 조치사항

구분	요구사항 및 조치사항	
1	요구사항	▪ 목표와 결과를 구체적으로 설명하는 도표 제시 필요
	조치사항	▪ 제안요구서(RFP) 대비 목표의 달성에 대해서 설명하는 도표를 제시하였음 ▪ 최종보고서 p.3 참조
2	요구사항	▪ 철도 이용객 실시간 휴대폰 사용으로 인한 위험관리 방안 제시 필요
	조치사항	▪ 목적지까지의 도보행동은 스마트폰 서비스 지도와 주변환경을 매칭해야 하므로 자연스럽게 전방을 주시할 것으로 예상됨 ▪ 내비게이션 이동 시 스마트폰 사용에 따른 안내문구를 메시지 형태로 표출 (아래 그림 참조)



<그림 1-7> 스마트 D2D 내비게이션 이동시 안내문구 표출화면

제2장. 국내외 기술 개발 현황

1. 국내외 관련 분야의 환경 변화

가. 도시철도 및 철도 이용객의 증가

○ 도로교통 혼잡에 따른 대중교통 이용수요 증가

- 특히 철도 이용객의 증가에 따른 대중교통 중심의 서비스 다양화 요구

○ 기존 민간 부분의 대중교통 안내 서비스는 경로탐색에 한정되어 있음

- 대중교통 및 보행에 관한 경로안내는 차량 경로안내와 같은 내비게이션 기능이 제한적임

○ 대중교통에 카셰어링 및 렌트카 등 다양한 타 교통수단의 정보 연계와 이를 통한 다양한 경로안내 서비스 필요

- 단일 대중교통수단 안내로 한계가 있는 수도권 외 지역에 대한 정보제공 필요

○ 이를 위하여 다양한 수단을 접목한 경로안내 서비스 개발이 필요함

나. 도시철도 역사 및 지하구간에 대한 기술 개발

○ 다양한 실내측위 기술에 대한 이용수요가 증가하고 있으나, 철도 역사에 대한 실내측위 기술은 미비한 상태임

- 기존에 실내에서 적용되는 실내측위 기술은 철도 역사의 특수성으로 인해서 적용하는데 한계가 있음

○ 역사 및 지하구간에 대한 이용자 측위 기술은 비상상황 및 편의시설 정보 제공 등 다양한 서비스 수요 창출

- 지상과 지하 구간의 단절없는 정보제공으로 인해 맞춤형 정보 제공 등의 서비스 기대

다. 교통정책을 위한 교통 빅데이터 구축

○ 최근 4차 산업혁명으로 인해 Big Data가 IT 트렌드의 메인이슈로 부상하고 있음

○ 대중교통 어플리케이션이 대부분 민간에서 서비스를 제공하고 있음

- 이에 민간기업의 협조 없이는 대중교통 이용객에 대한 다양한 데이터베이스 확보가 어려움

○ 철도 및 대중교통 이용자에 대한 빅데이터 확보를 통한 대중교통 공공정책 활용이 시급함

2. 국내 기술개발 현황

○ 국내에서 보행 경로안내에 사용되고 있는 기존의 App(Naver 지도, 카카오 맵, T-map 대중교통)과 본 연구의 성과물 The Smart D2D 의 비교

- The Smart D2D는 국내 경로안내 App과 비교하여 실내측위기술, 복합교통수단 정보제공, Big Data 활용 등에서 기존 어플과 차별성을 가짐

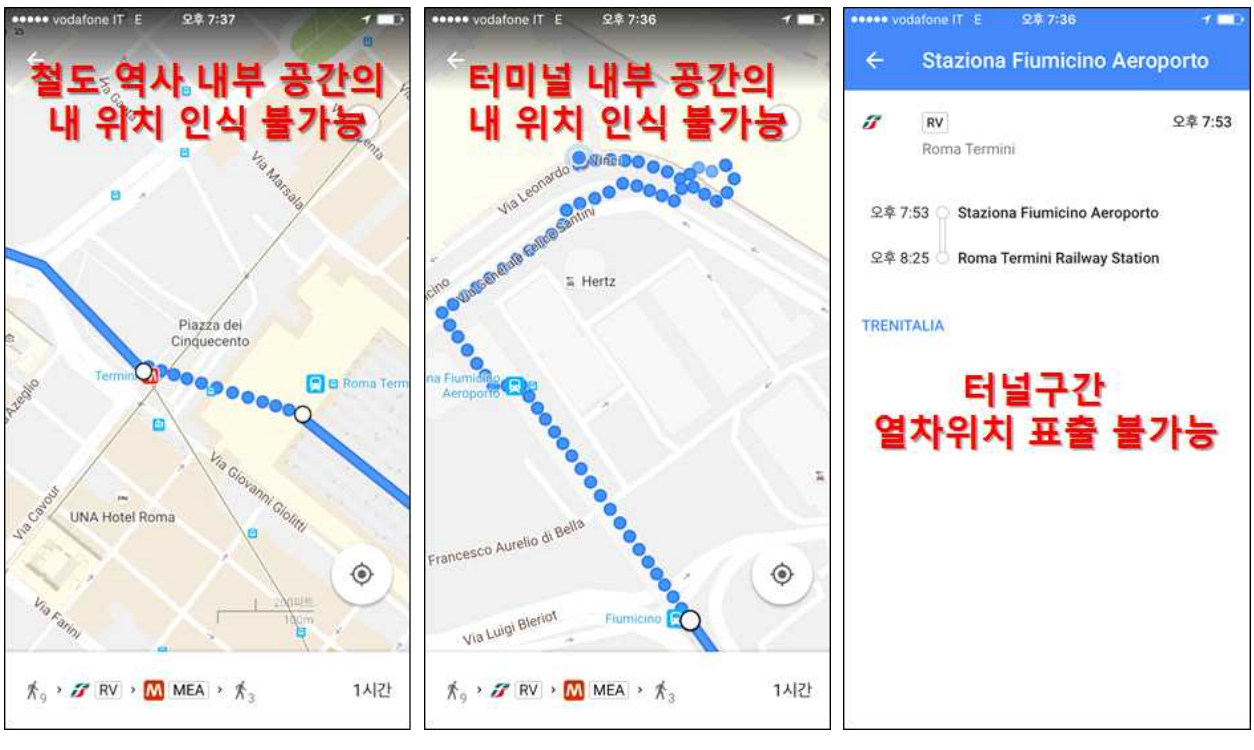
<표 2-1> 국내 경로안내 App 현황

APP / 차별성	The Smart D2D	Naver 지도	카카오맵	T-map 대중교통
실시간 지하철 운행정보	○	○	○	○
실시간 버스 운행정보	○	○	○	○
고속/시외 버스정보	○	○	○	○
KTX 운행정보	○	○	○	○
대중교통 경로안내	○	○	○	○
이용자 위치 기반 실외정보	○	○	○	○
이용자 위치 기반 실내정보	○	×	×	×
카셰어링,렌터카 위치정보	○	×	×	×
수집된 Big Data 활용	○	(비용 지불 후 사용)	(비용 지불 후 사용)	(비용 지불 후 사용)
통합대중교통 경로안내	○	×	×	×

3. 국외 기술개발 현황

○ 해외에서 가장 많이 사용되고 있는 Google Map 대중교통경로안내 App의 한계점
- 철도 역사 및 터미널 내부 공간의 이용객 위치 인식 불가능
- 터널구간 내에 이동중인 열차위치 표출 불가능
- 버스/지하철을 제외한 교통수단에 대한 복합수단 경로 안내 불가능

○ 국내외 보행경로안내 App은 철도 역사 혹은 건물 내 측위가 불가능하기 때문에 연속적인 경로안내가 불가능하며, 버스와 지하철을 제외한 카셰어링/렌터카 등의 교통수단이 연계된 경로를 제공하고 있지 못함

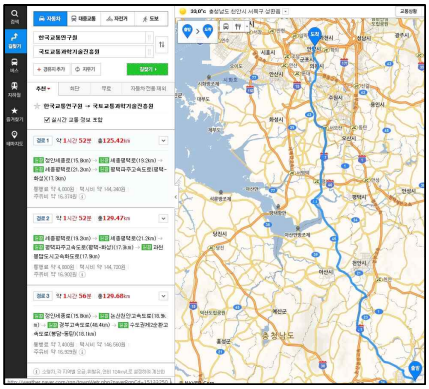
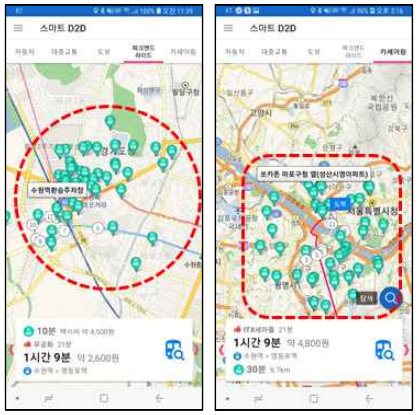
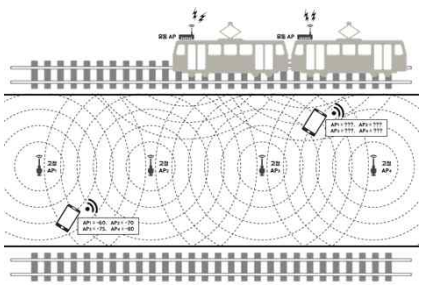


<그림 2-1> 국외 경로안내 기술개발 현황

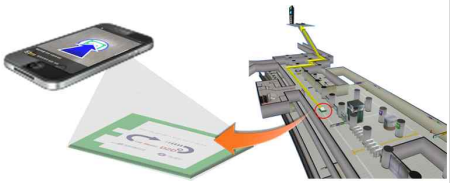
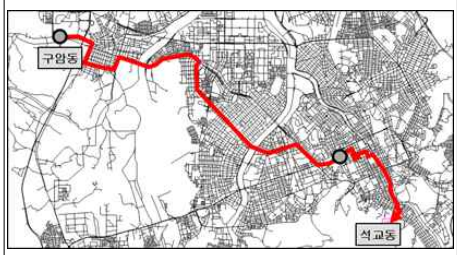
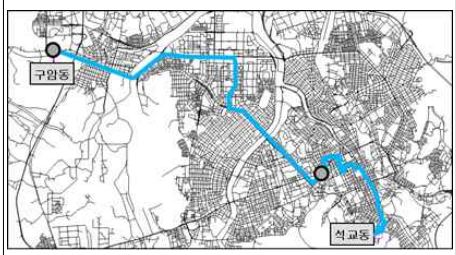
4. 핵심기술별 연구개발 전·후 기술수준

○ 연구성과물 개발을 위한 핵심기술의 연구개발 전·후의 기술수준은 다음 표에서 제시하고 있음

<표 2-2> 핵심기술별 연구개발 전·후 기술수준

구현 요소기술	개발 전	개발 후
① 철도와 타 교통수단 연계를 위한 기술	 대중교통 혹은 승용차의 분리된 각각의 경로안내 제공	 복합교통수단(Park&Ride, 카쉐어링) 경로안내 제공
② 철도 이용객 정보제공을 위한 통합 D2D App	 각각의 수단에 따른 독립적인 App을 통한 경로안내	 하나의 App으로 출발지부터 목적지까지 단절 없는 경로안내 가능
③ 철도 역사용 WiFi기반 실내측위 기술 개발	 철도역사의 특수한 환경으로 인해 기존 측위 기술 적용 불가	 전파 필터링 및 알고리즘 수정을 통한 철도 역사의 환경을 고려한 측위 기술 개발

<표 계속>

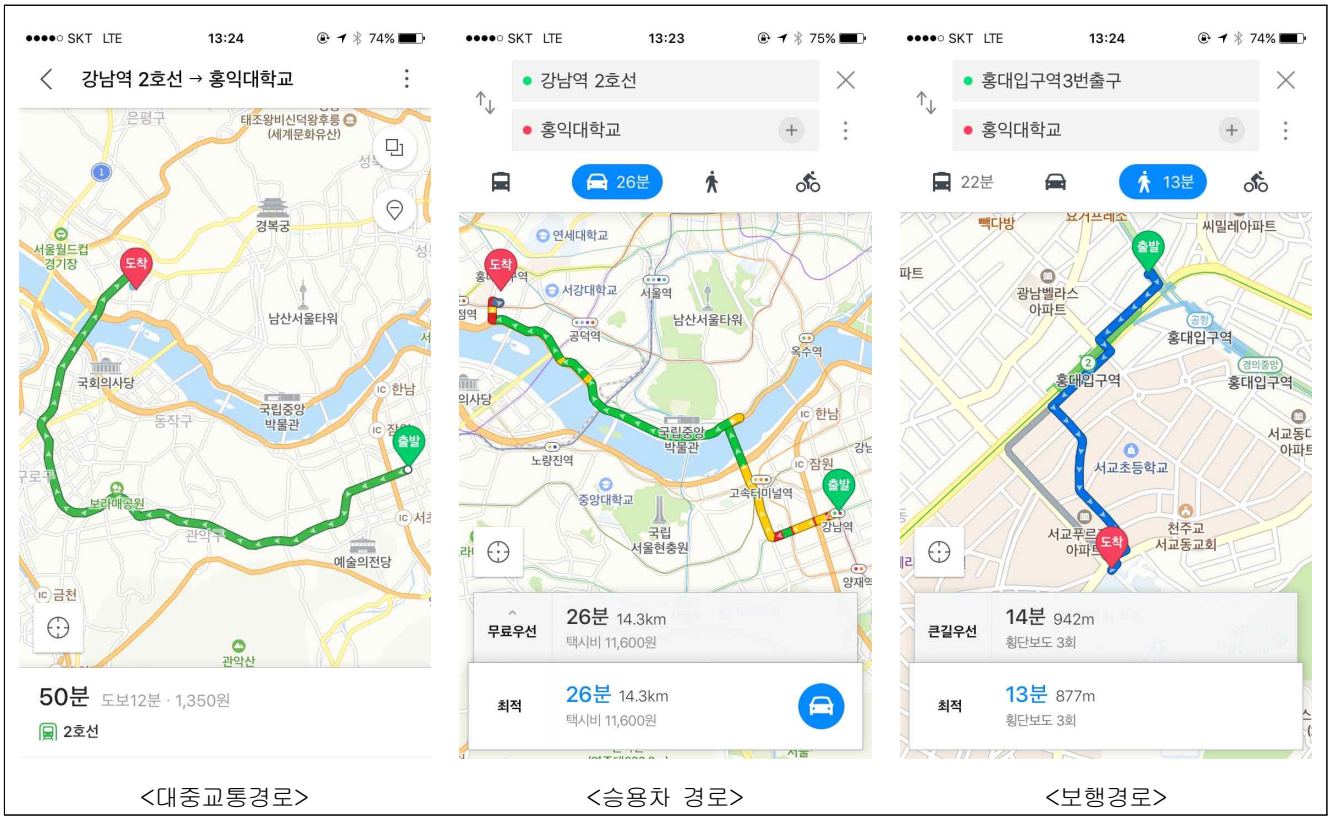
구현 요소기술	개발 전	개발 후
④ 마커 기반 실내측위 기술을 활용한 보행 내비게이션 개발	 스마트폰 중 IOS 운영체제 보안 문제로 인해 실내측위기술 적용 불가	 스마트폰 기종에 상관없는 실내측위 기술 개발
⑤ 이용객 유형별 경로 안내 알고리즘 개발	 이용객의 유형별 구분 없이 최단거리 기반의 경로안내	 이용객의 유형에 맞춰 안전, 환경을 고려한 철도 중심의 경로안내 알고리즘 개발

제3장. 연구 수행 내용 및 성과

1. 복합교통수단 경로탐색 개발

가. 기존 경로안내 서비스 현황

1) 네이버지도



<대중교통경로> <승용차 경로> <보행경로>

<그림 3-1> 네이버 지도 경로안내 서비스

○ 대중교통

- 시내, 시외 교통으로 구분하여 전국 대중교통 경로 제공
- 시외 교통수단(철도, 고속버스, 시외버스, 항공)에 대해서 경로를 제공

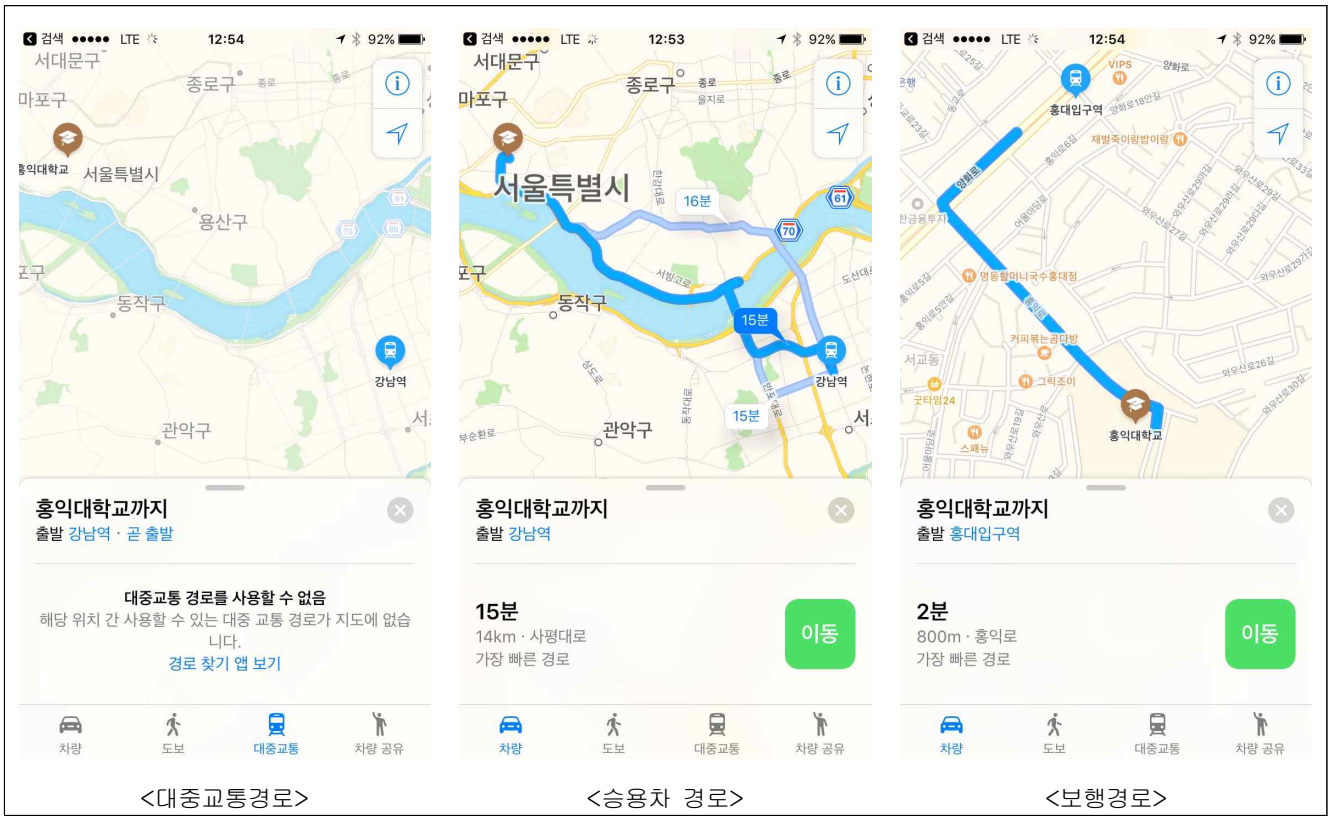
○ 승용차

- 무료우선, 최적 경로 등을 제공
- 네이버지도 앱 자체 내비게이션 지원

○ 보행

- 출-도착지의 직선거리 8km 이내인 경우에 한하여 제공
- 보행 네트워크를 제공하나 형상이 배경과 떨어진 경우가 있음
- 최적경로와 계단을 제외한 경로를 안내

2) Apple Map



<대중교통경로> <승용차 경로> <보행경로>

<그림 3-2> Apple Map 경로안내 서비스

○ 대중교통

- 국내에 한해 제공하지 않음

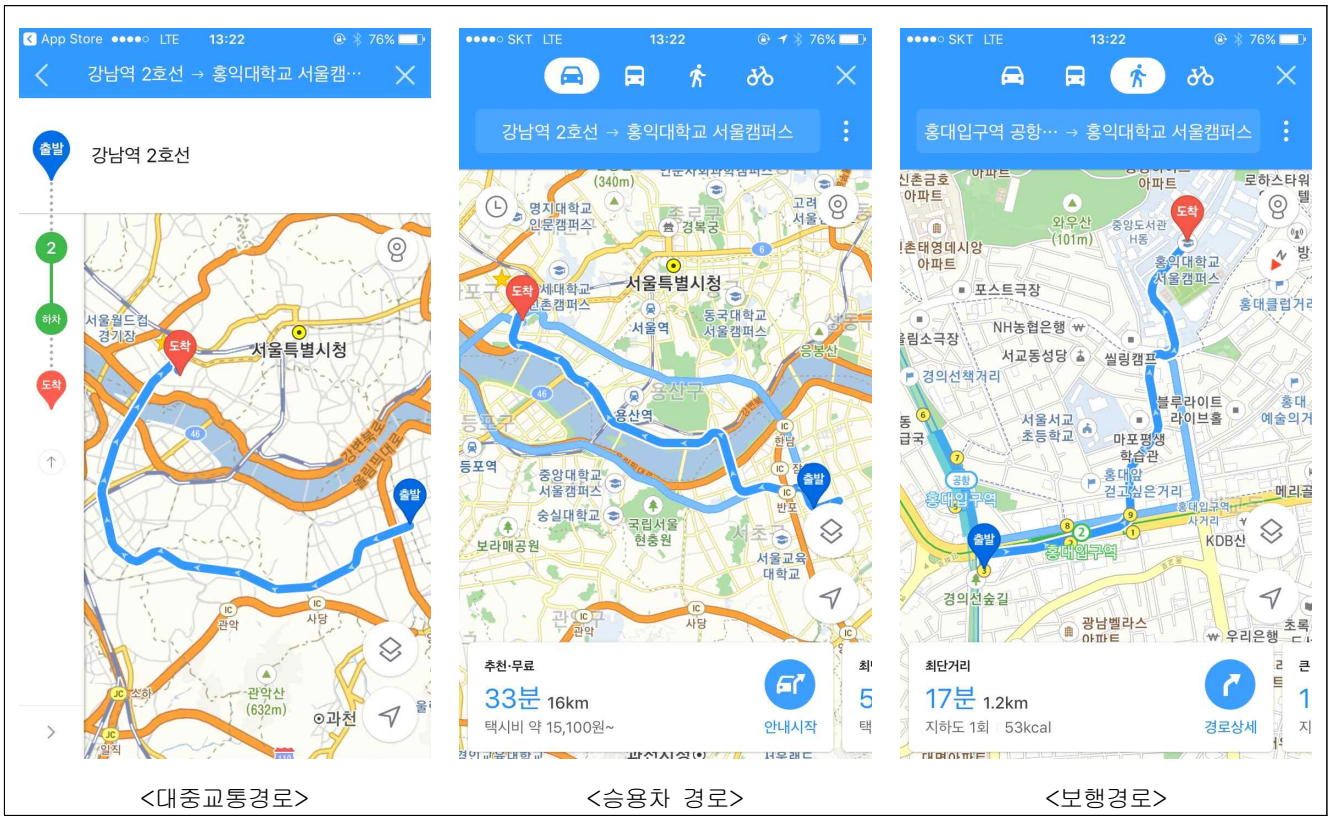
○ 승용차

- 자체 내비게이션 지원
- 도심을 벗어나면 휴대폰 불능구간이 발생함

○ 보행

- 보행은 제공하나 별도의 보행 네트워크 지원하지 않음

3) 카카오맵



<대중교통경로> <승용차 경로> <보행경로>

<그림 3-3> 카카오맵 경로안내 서비스

○ 대중교통

- 시내, 시외 교통으로 구분하여 전국 대중교통 경로 제공
- 시외 교통수단(철도, 고속버스, 시외버스, 항공, 여객선)에 대해서 경로를 제공

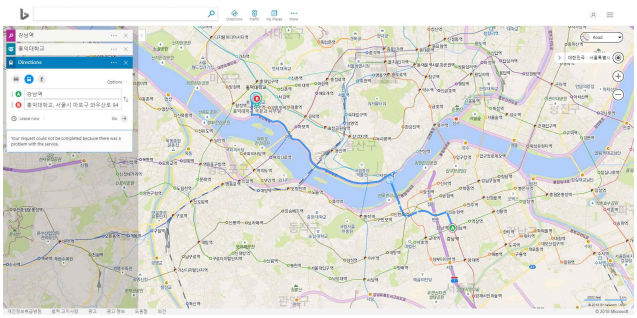
○ 승용차

- 전체 경로와 여행 비용에 대해 개요정보는 제공
- 상세정보 및 안내는 별도의 앱(카카오내비)으로 제공
- 앱에서 검색한 경로를 유지하여 카카오 내비 구동 지원

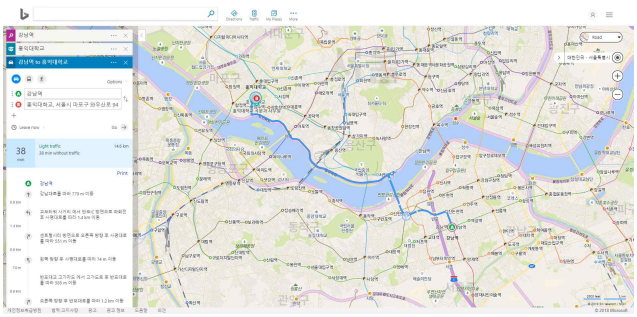
○ 보행

- 출-도착지의 직선거리 30km이내 경우에 한하여 제공
- 보행네트워크를 제공하며, 편집상태 우수함
- 보행은 큰길우선, 최단거리, 편안한길을 안내함
- 보행이외에 자전거 경로를 안내함

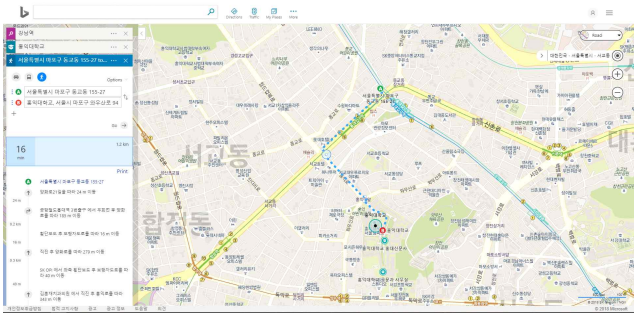
4) Bing지도



<대중교통경로>



<승용차 경로>



<보행경로>

<그림 3-4> Bing지도 경로안내 서비스

○ 대중교통

- 광역시 정도 규모의 영역 내의 시내교통을 이용한 경로에 한하여 제공
- 시외 교통수단(철도, 고속버스, 시외버스, 항공)에 대해서는 세부정보 제공하지 않음

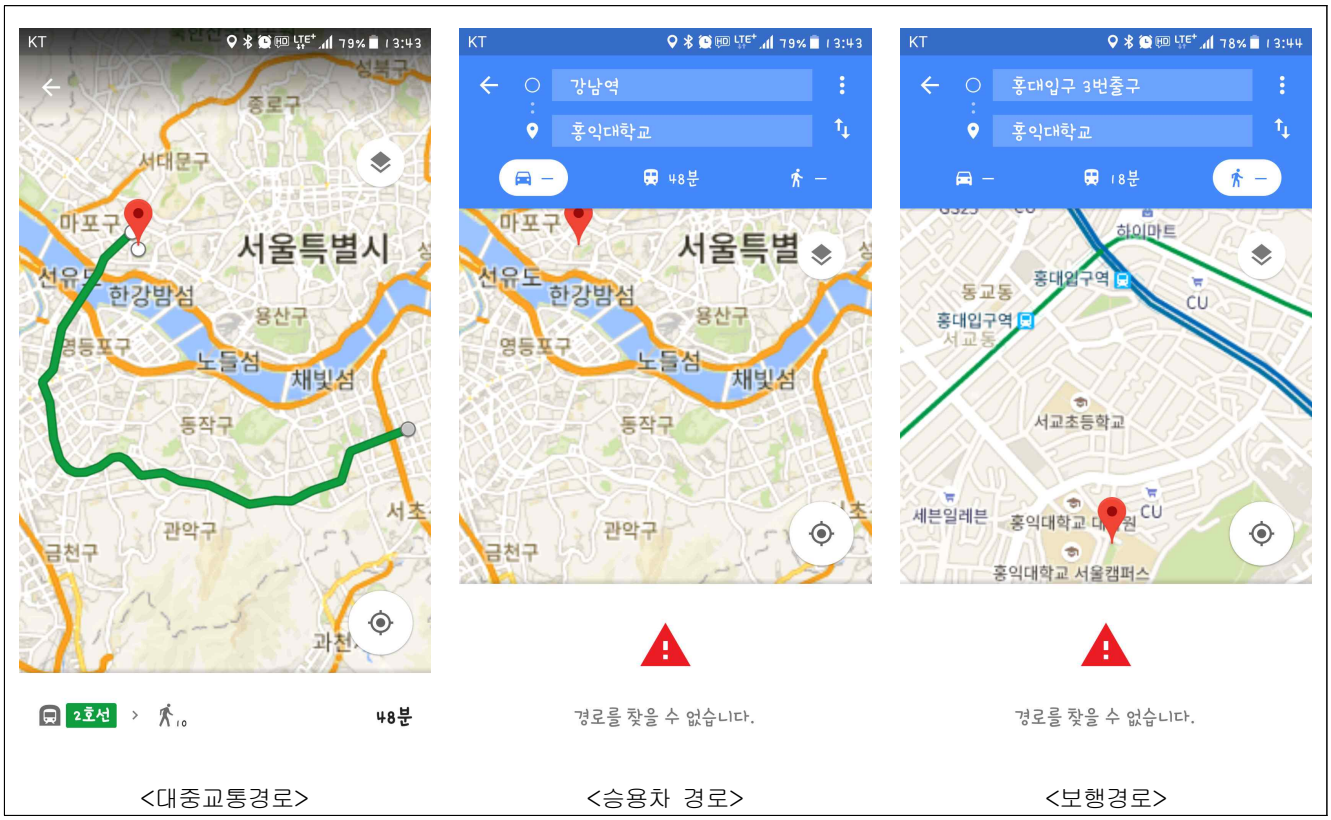
○ 승용차

- 경로는 제공하나 내비게이션은 제공하지 않음
- Bing 지도는 스마트폰 앱의 형태로 제공하지 않음

○ 보행

- 대중교통 경로와 유사한 규모의 영역 내에세 보행경로 제공
- 보행 네트워크를 제공하나 형상이 배경과 떨어진 경우가 발생함

5) Google Map



<대중교통경로> <승용차 경로> <보행경로>

<그림 3-5> Google Map 경로안내 서비스

○ 대중교통

- 전국 대중교통 경로 제공
- 철도 운행 정보 등을 포함한 여행 스케줄 정보 등을 제공하나 정보에 오류가 많음
- 한국지역은 타 업체의 맵 데이터를 받아 서비스하고 있음

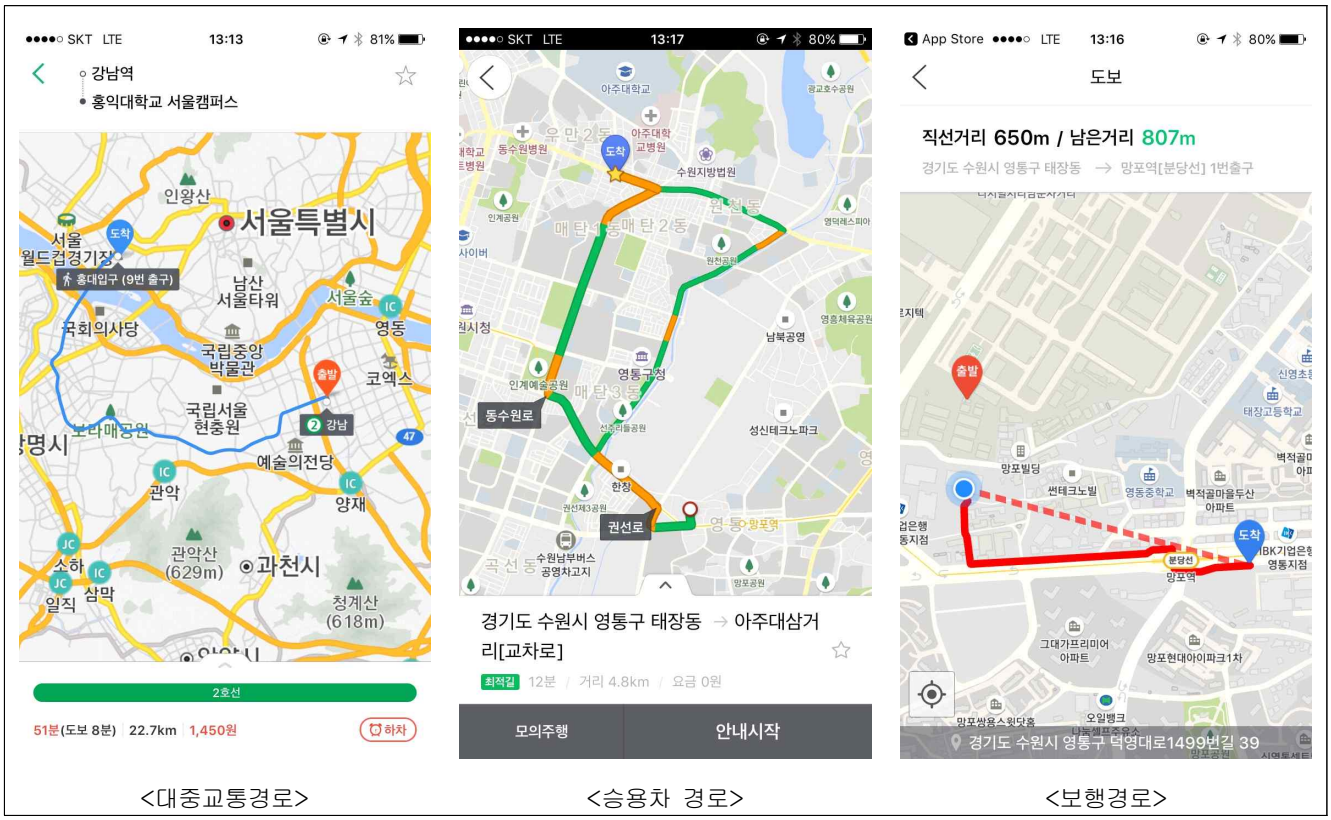
○ 승용차

- 국내는 법적인 문제로 인해 지도데이터를 국외로 반출할 수가 없기 때문에 서비스를 제공하지 않음
- 한국에서는 업데이트도 잘 되지 않고 오류들이 많음

○ 보행

- 국내는 법적인 문제로 인해 지도데이터를 국외로 반출할 수가 없기 때문에 서비스를 제공하지 않음

6) T map



<대중교통경로> <승용차 경로> <보행경로>

<그림 3-6> T-map 경로안내 서비스

○ 대중교통

- 별도의 앱(Tmap 대중교통)에서 제공

○ 승용차

- 차량 내비게이션을 핵심으로 하는 스마트폰 앱

○ 보행

- 출-도착지의 거리에 상관없이 보행안내는 제공하나, 경로 정보는 보행 네트워크상에 경로가 성립하는 경우에 한하여 제공하며, 정상적인 보행경로가 성립되지 않는 경우에 현재 위치에서 목적지까지의 직선 방향을 유도하는 형태로 제공

나. 신규 서비스 연계 개발

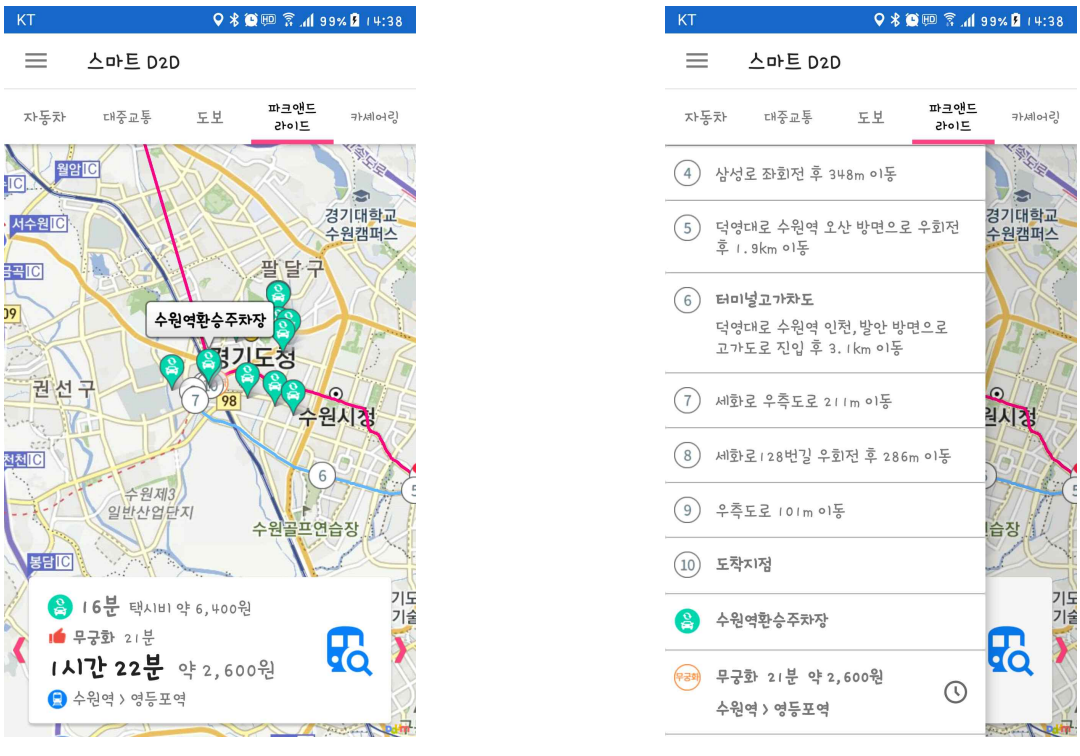
1) 환승주차장

○ 환승주차는 승용차를 이용하여 대중교통수단에 접근, 주차 후 대중교통수단을 이용하는 통행하는 방법으로 대중교통수단에 부족한 접근성을 보완하고, 개인교통수단에 부족한 경제성 및 통행구간에 따라 발생할 수 있는 지체를 회피할 수 있는 장점이 있음

○ 환승주차 정보 안내와 관련하여 고려해야할 사항은 다음과 같음

① 환승주차장에 대한 정의 : 환승대상이 되는 대중교통수단 시설과의 거리, 주차요금의 환승할인 적용 여부 등의 제반조건에 대한 기준을 정의하여 주차시설에 대한 선별 및 데이터베이스 구축

② 여행경로에 환승주차장을 포함할 조건에 대한 정의 : 전체 여행경로에서 최초 탑승하는 철도역사에 환승주차장이 존재하는 경우에 환승주차를 포함한 경로 계획을 제공



<경로안내> <상세 경로안내>

<그림 3-7> 환승주차장 정보 연계

○ 환승주차장 설정 값

- 설정을 통해 공영 주차장으로만 선택하여 검색 가능
- 검색반경을 30km 이내의 값으로 설정하여 검색 가능

2) 카셰어링 및 렌터카

○ 카셰어링은 지역 또는 단체에 속한 구성원들이 간단한 목적의 차량 이용을 위해 개별적으로 자동차를 소유하는 것이 낭비라는 인식에서 출발하여 공동으로 차량을 구매한 뒤 그것을 시간 단위로 쪼개 공유하는 형태를 말한다. 처음부터 대여 사업의 형태로 출발한 국내의 카셰어링은 그 성격이 초단기렌터카와 유사함

○ 카셰어링과 렌터카는 교통수단으로서 특징은 다음은 같음

<표 3-1> 카셰어링과 렌터카의 교통수단으로서의 특징

구분	내용
경로의 자유	▪ 특정한 경로에 얽매이지 않고 이용자의 마음대로 이용 가능함 ▪ 대중교통수단을 이용한 경로 계획 시, 카셰어링과 렌터카를 이용하게 되는 시점부터 다른 교통수단으로 환승할 이유가 희박함
왕복 이동	▪ 일반적인 경우 카셰어링과 렌터카는 차량을 대여한 카셰어링존 또는 렌터카 사무소에 반납하는 것을 기준으로 함 ▪ 카셰어링과 렌터카는 해당 대여장소로 귀환하여 반납하기 전까지 통행비용에 계속해서 발생하므로, 여러 교통수단의 이용으로 구성된 대중교통 경로의 시작 또는 중간에 위치하기 어려움

○ 이러한 특징을 고려하여, 카셰어링과 렌터카를 최종 접근 교통 또는 행락차량으로 활용할 수 있도록 열차(코레일, SRT), 시외버스, 고속버스, 항공, 해운 등의 간선 대중교통을 이용한 후 도착한 간선 대중교통 시설에 카셰어링 존 또는 렌터카 사무소가 있는 경우에 관련한 세부정보를 제공함



<경로안내>



<상세 경로안내>

<그림 3-8> 카셰어링 정보 연계

○ 카셰어링의 개발연계 범위

- 카셰어링의 개발 수준에 따른 서비스 항목은 아래의 표와 같이 레벨별로 서비스 항목 및 연계대상 정보를 정의함
- 현재 카셰어링의 연계 가능현황 등을 고려할 때 Level 1의 단계까지 적용
- 추후 연계를 위한 협업 및 구성이 가능할 경우 Level 3의 단계까지 적용가능

<표 3-2> 개발 수준별 서비스 항목 및 연계대상 정보

수준	서비스 항목	연계 대상정보
Level 1	▪ 단순지점 정보 제공 - 광역 교통 거점을 기준으로, 해당 거점에 인근한 카셰어링존, 렌터카 사무소의 위치정보 제공 ▪ 해당 서비스의 주관 홈페이지 또는 앱에 대한 링크 제공	▪ 카셰어링 존 및 렌터카 사무소의 위치 정보 ▪ 지점별 기본정보 ▪ 지점별 홈페이지 URL
Level 2	▪ 지점 상세 정보 제공 - 해당 zone 및 사무소의 이용 가능한 차량 현황 정보 제공 - 해당 서비스의 주관 홈페이지 또는 앱에 대한 링크 제공 - 본 서비스에서 조회한 내용의 유지 가능 여부에 대한 검토 필요	▪ 지점별 세부정보 ▪ 서비스사별 차량 구분 코드 ▪ 이용 가능 차량 정보
Level 3	▪ 통합 서비스 제공 - 본 서비스에서 해당 서비스의 로그인, 예약, 결제까지 통합제공	▪ 각 서비스사별 조회, 예약, 결제 프로세스에 따른 API 또는 Method

- 연계 서비스 개발을 위한 고려사항은 아래의 표와 같음

<표 3-3> 연계 서비스 개발을 위한 고려사항

구분	세부사항
동기화	Level1 수준과 같이 서비스간 On-line 연계가 이루어지지 않는 경우, 본 서비스에서 보유한 해당 서비스의 정보 항목의 갱신 여부 확인 및 재취득 방법 등에 대한 정의
보안성	Level2, Level3 수준과 같이 서비스간 On-line 연계가 이루어지는 경우 불법적인 접근에 따른 위협의 예측 및 이에 대한 유형별 소거방안 마련
일정 및 개발 규모	선정된 연계 서비스 수준 및 개발 방안에 대한 개발 규모, 난이도 등 일정과 관련한 사항

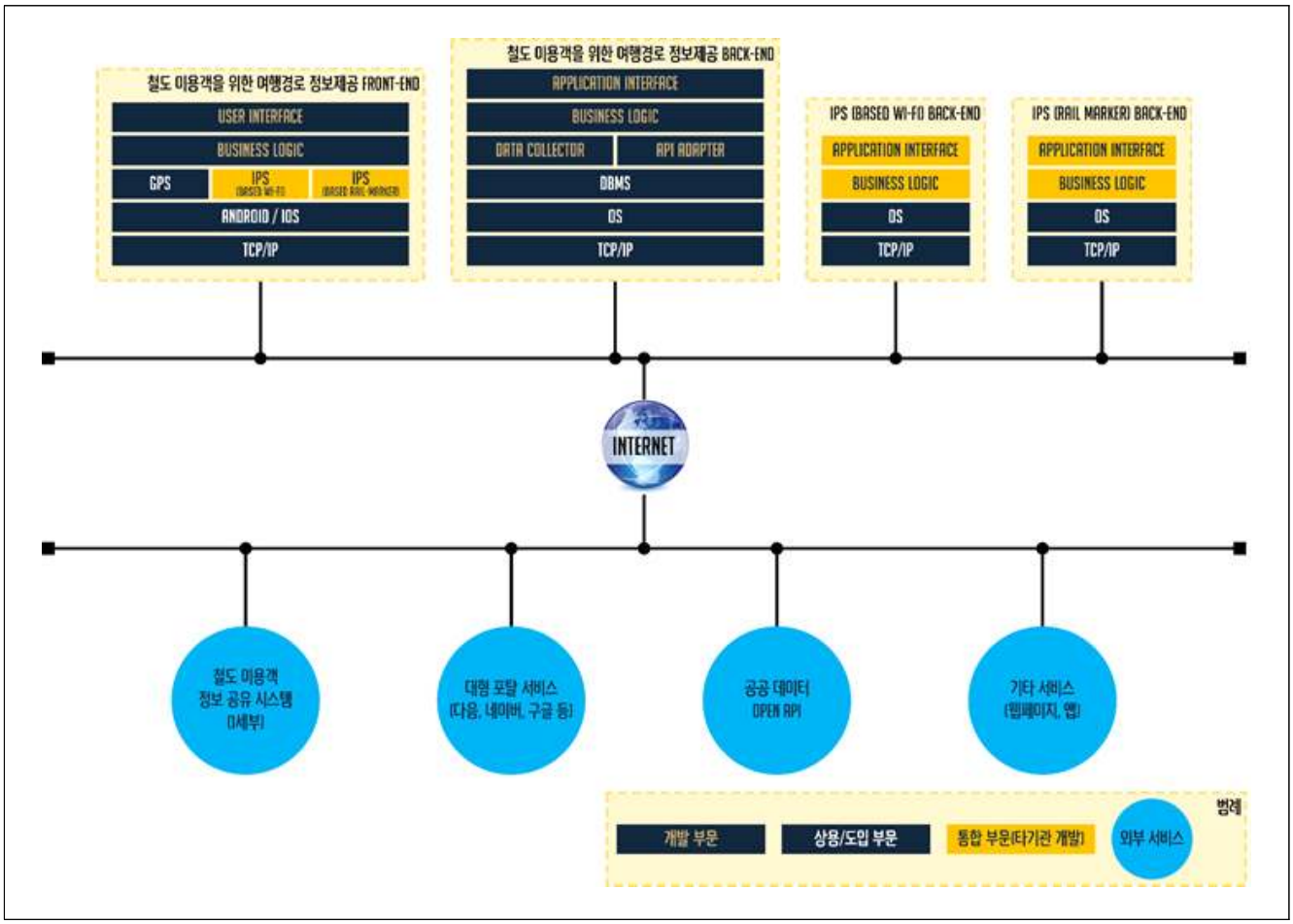
2. 철도 이용객 중심의 정보제공 서비스 개발

가. 정보제공 서비스 개요

1) 정보제공 서비스 개발 범위

○ 철도 이용객을 위한 여행경로정보제공 서비스는 여행자가 스마트폰에 설치하여 사용할 수 있는 모바일 앱과 모바일 앱에 정보를 제공하기 위한 서버, DB 등으로 구성

○ 철도 이용객을 위한 여행경로정보제공 서비스의 소프트웨어 개발 범위는 다음과 같음



<그림 3-9> 정보제공 서비스 개발 범위

2) 개발 개요

○ 철도 이용객을 위한 여행경로정보제공 서비스의 개발 개요는 다음과 같음

<표 3-4> 어플리케이션 개발개요

구분	내용
유형	▪ 스마트폰 어플리케이션
OS	▪ Android ▪ IOS

주요기능	▪ 철도 이용객이 스마트폰에 설치하여 사용하는 애플리케이션으로, 출발지와 도착지를 다양한 방법으로 입력하여 경로를 요청 ▪ 여행경로 정보를 효과적으로 표시 및 안내 ▪ 여행경로 계획 시 복합 수단을 이용한 최적의 경로 안내 ▪ 경로 안내 시 각 수단이 담당하는 구간을 효율적으로 이용할 수 있는 부가정보 제공 ▪ 실내측위를 이용한 실내 경로안내서비스 제공
기술종속성	▪ TCP/IP ▪ GPS ▪ Wi-Fi 기반의 실내 측위(실내 경로 안내 시) ▪ 스마트폰 카메라를 활용한 마커 기반의 실내 측위(실내 경로 안내 시)
비고	▪ Wi-Fi 기반의 실내 측위 성과물 통합 ▪ 마커 기반의 실내 측위 성과물 통합

<표 3-5> 서버 개발 개요

구분	내용
유형	▪ 서버 어플리케이션
OS	▪ Windows
주요기능	▪ 여행경로 요청 수신 및 결과 제공 ▪ 실시간 정보 요청 수신 및 결과제공 ▪ 여행경로 계획을 위한 기반 데이터 수집 및 관리 ▪ 노선별 운행정보 등 공공 데이터 수집 및 관리
기술종속성	▪ TCP/IP ▪ DBMS ▪ Open API

나. 개발 서비스 정의

1) 경로안내 서비스 기능

○ 경로안내서비스는 일반적으로 다음과 같은 상호작용을 수행함

① 출/도착지 입력 :

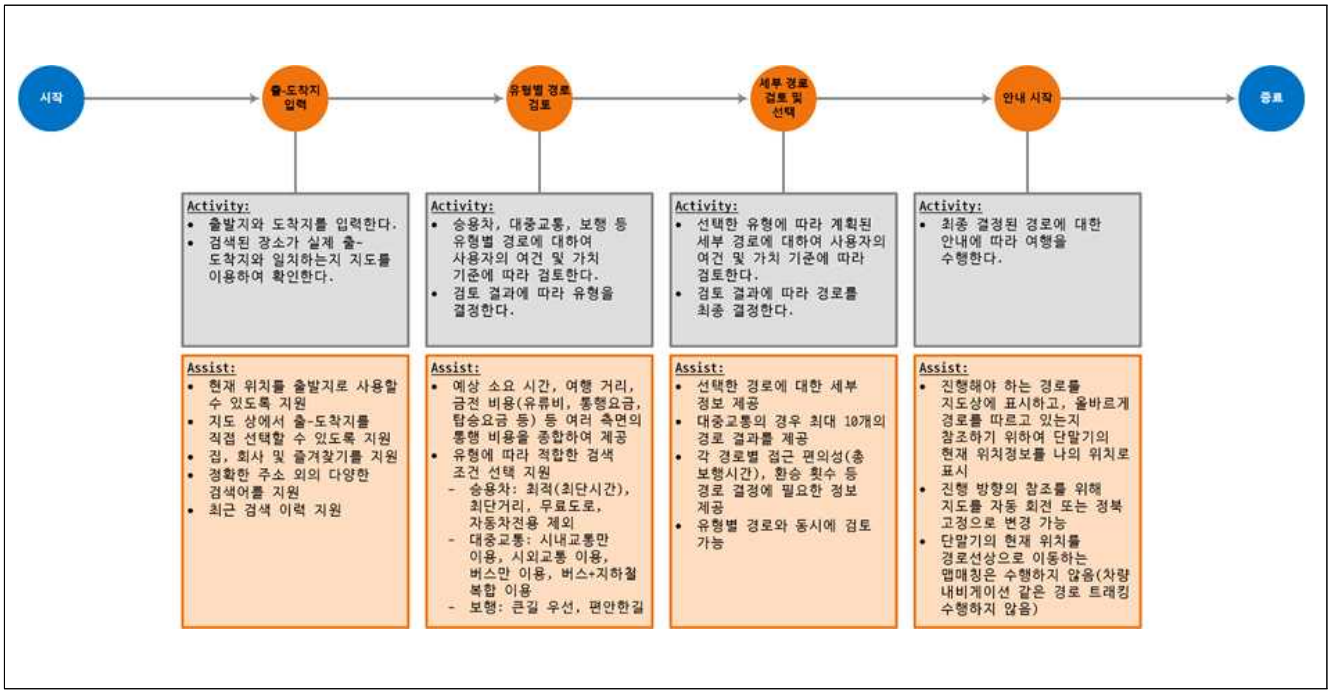
- 이동하고자 하는 목적지와 출발지를 입력

② 경로 탐색 조건의 선택 :

- 경로안내서비스에서 제공하는 사전 검색 조건에 대한 검토 및 선택

③ 경로 안내 :

- 경로안내서비스에서 제공하는 방법으로 경로의 추적 및 안내



<그림 3-10> 서비스의 지원 기능

2) 경로안내 서비스 정의 및 기능흐름

○ 정보의 수집

- 정보의 변경 주기 및 특성을 고려하여 정적정보와 동적정보로 구분하되, 시스템에서 취급할 정보를 식별하고 이에 대한 수집 방법을 선택

○ 실내 경로 안내 서비스

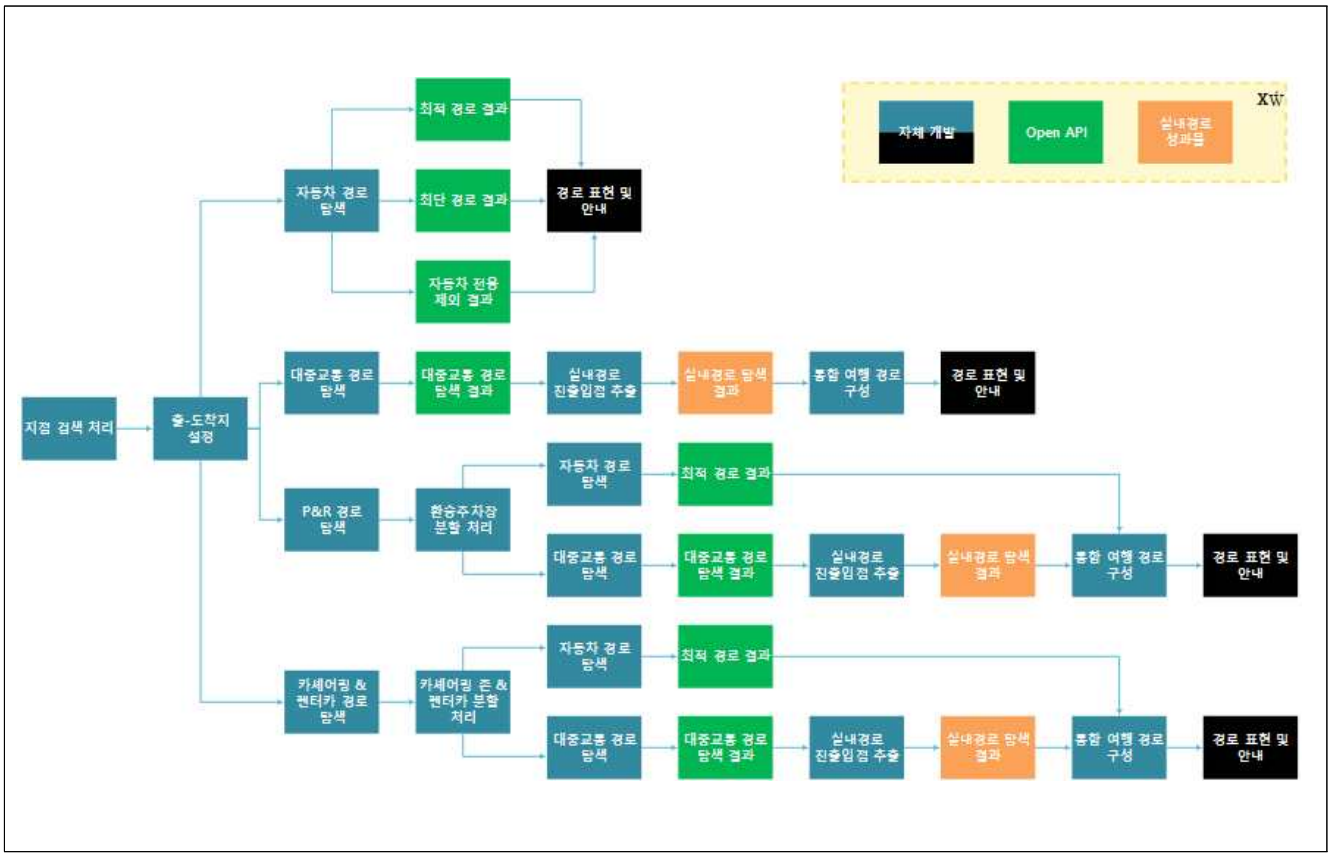
- Wi-Fi 기반의 실내 측위 기술과 레일 마커 기반의 실내 측위 기술을 적용하여 실내 경로 안내 서비스를 제공
- 실내 경로 안내는 지도 방식의 실내경로 안내와 AR 방식의 실내 경로 안내를 구현

○ 주차환승, 카셰어링

- 전체 여행경로에서 최초 탑승하는 철도 역사에 환승주차장이 존재하는 경우 환승 주차를 포함한 경로 계획을 제공
- 환승 주차장의 범위는 설정값에서 변경할 수 있음
- 카셰어링의 경우 열차, 시외/고속버스, 항공 등 간선 대중교통을 이용한 후 도착한 간선 대중교통시설의 인근 카셰어링 존에 관련한 세부정보를 제공

○ 기능흐름 및 통합 개발

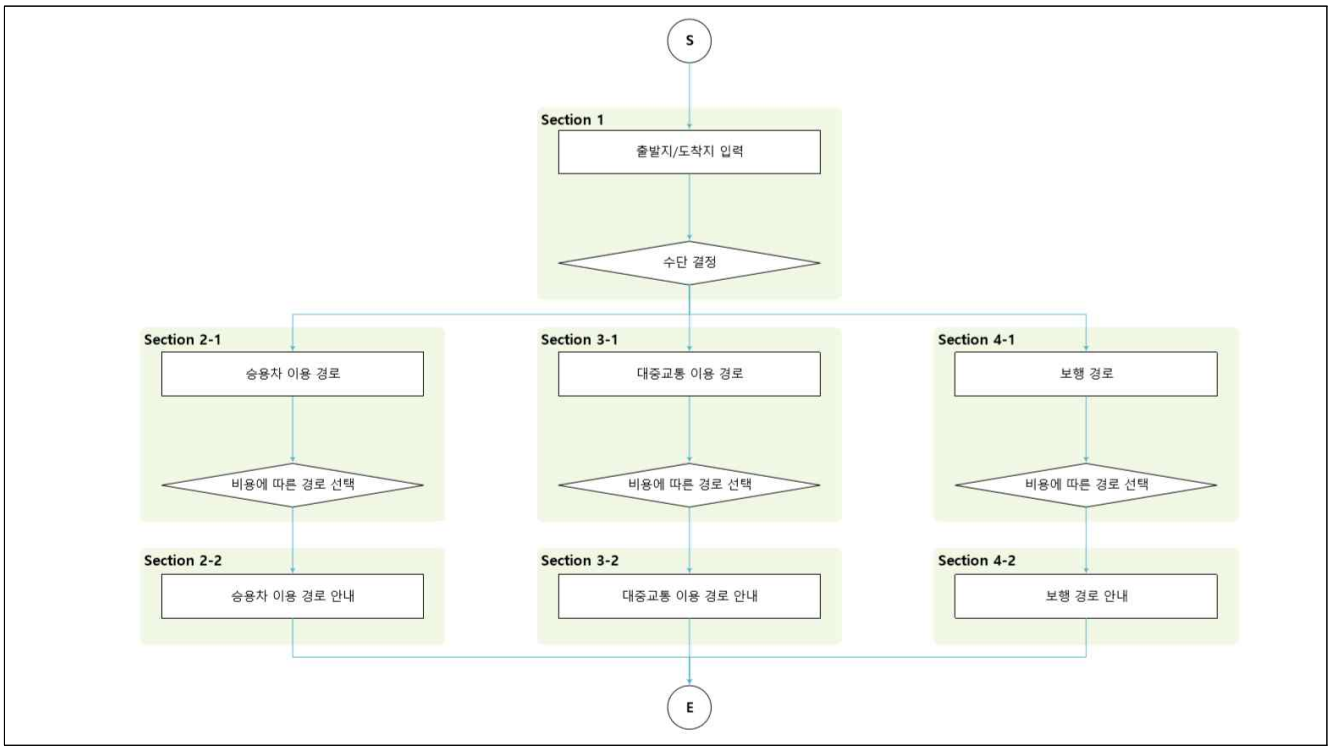
- 출/도착지 설정으로 시작해서 경로 표현 및 안내의 흐름은 아래의 그림과 같음



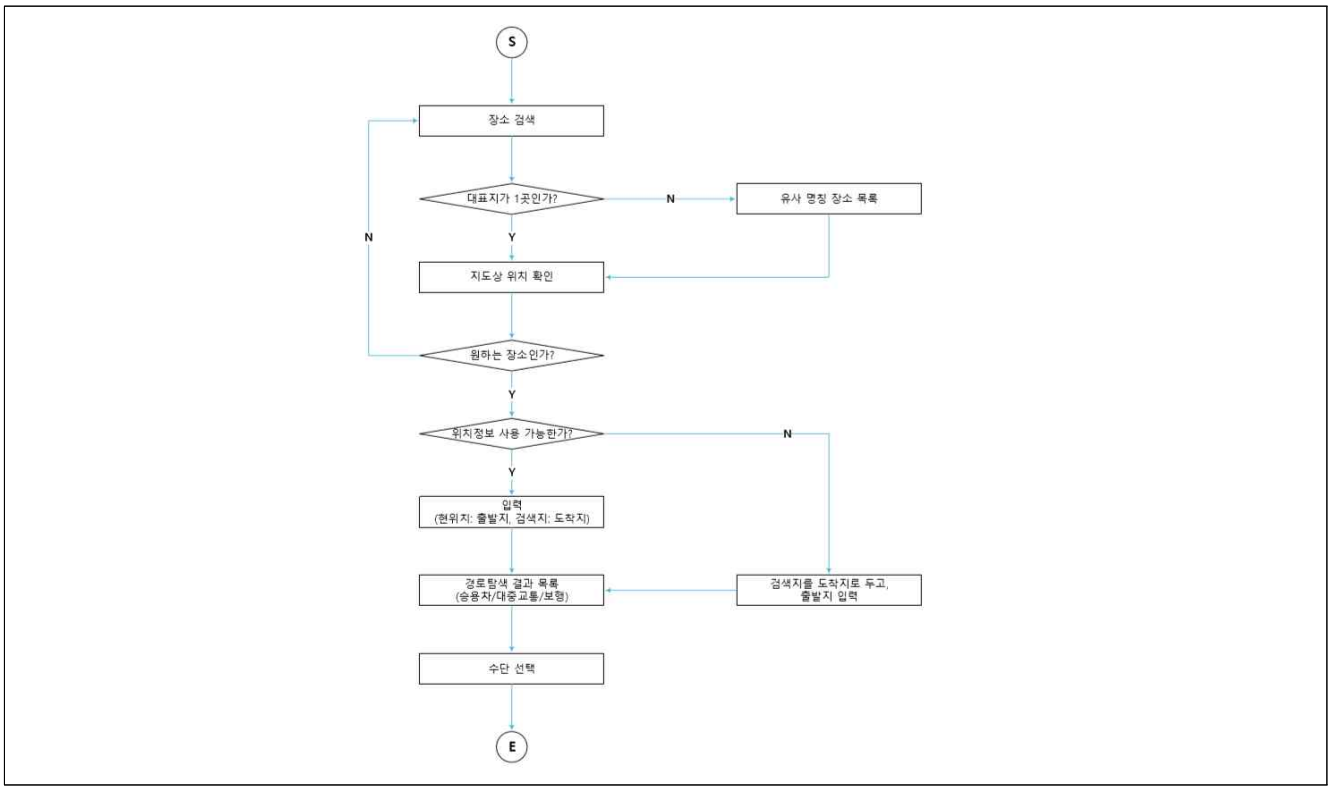
<그림 3-11> 기능 흐름 및 성과물 통합 개발

다. 구현 방안

1) 의사결정 모형

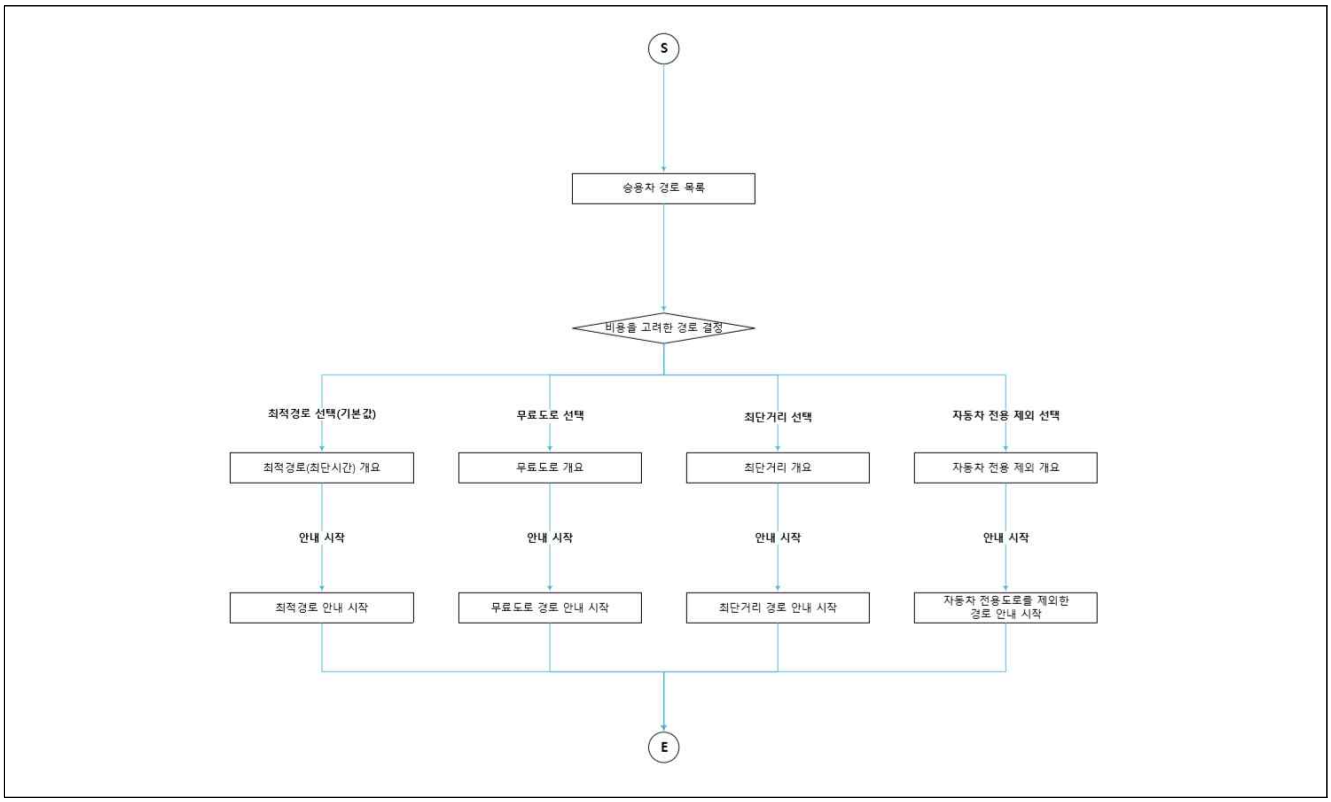


<그림 3-12> 전체 의사 결정 모형

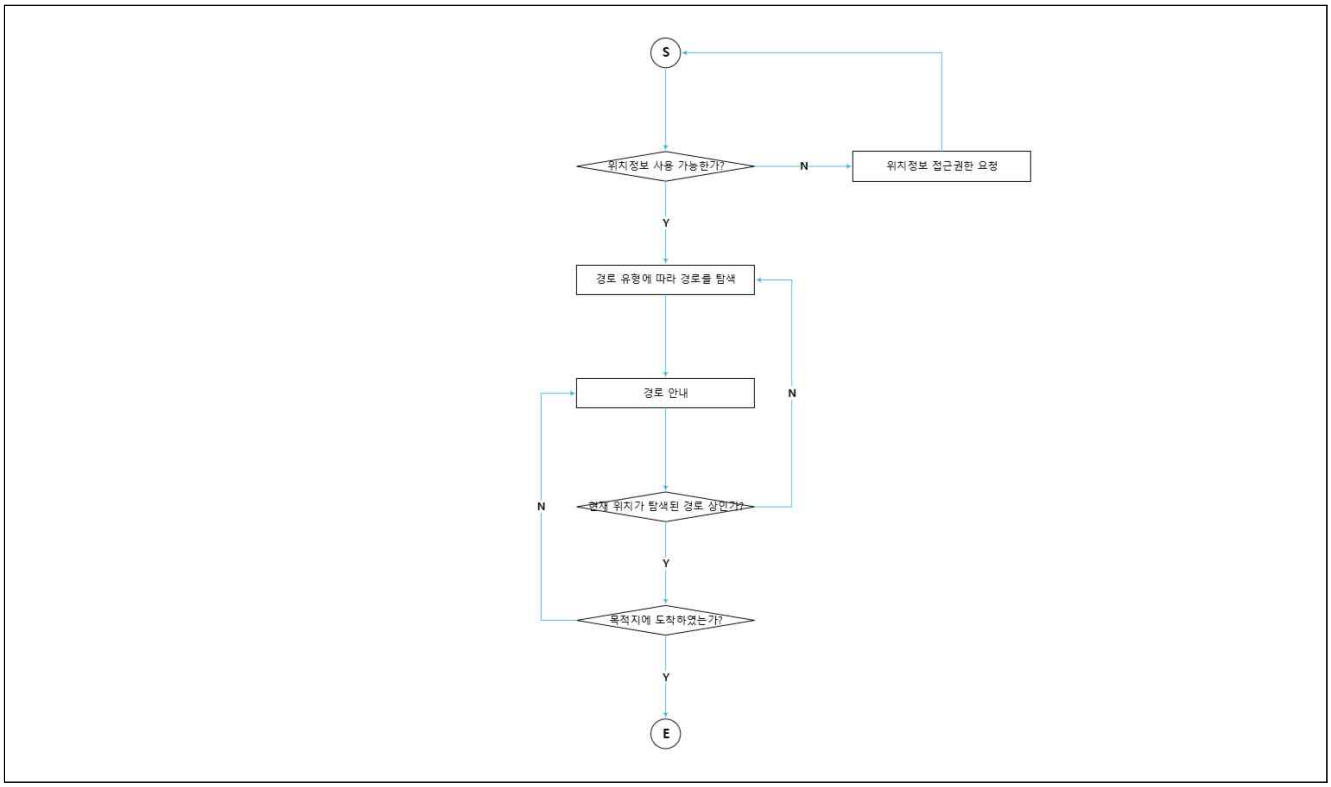


<그림 3-13> 출·도착 정보 및 수단 의사결정

○ 승용차 의사결정

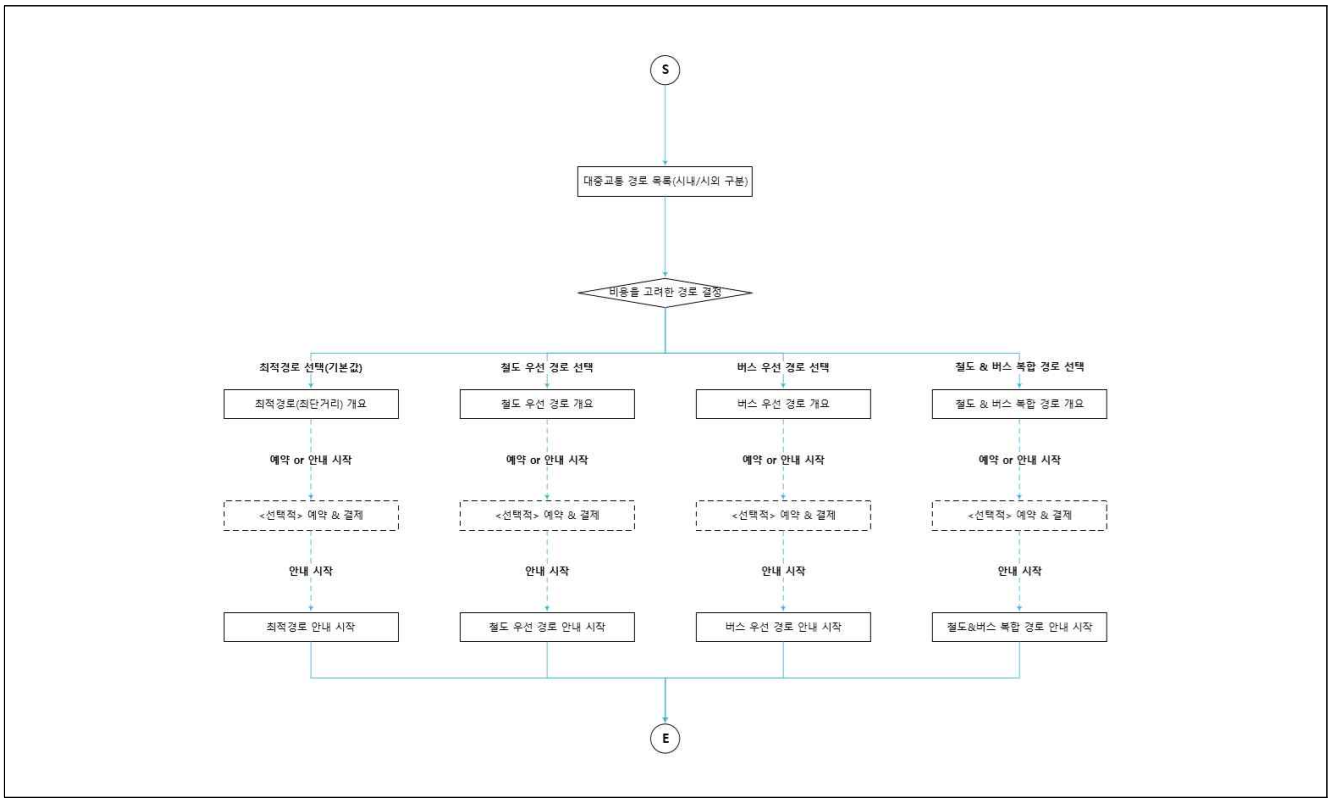


<그림 3-14> 승용차 경로 의사결정

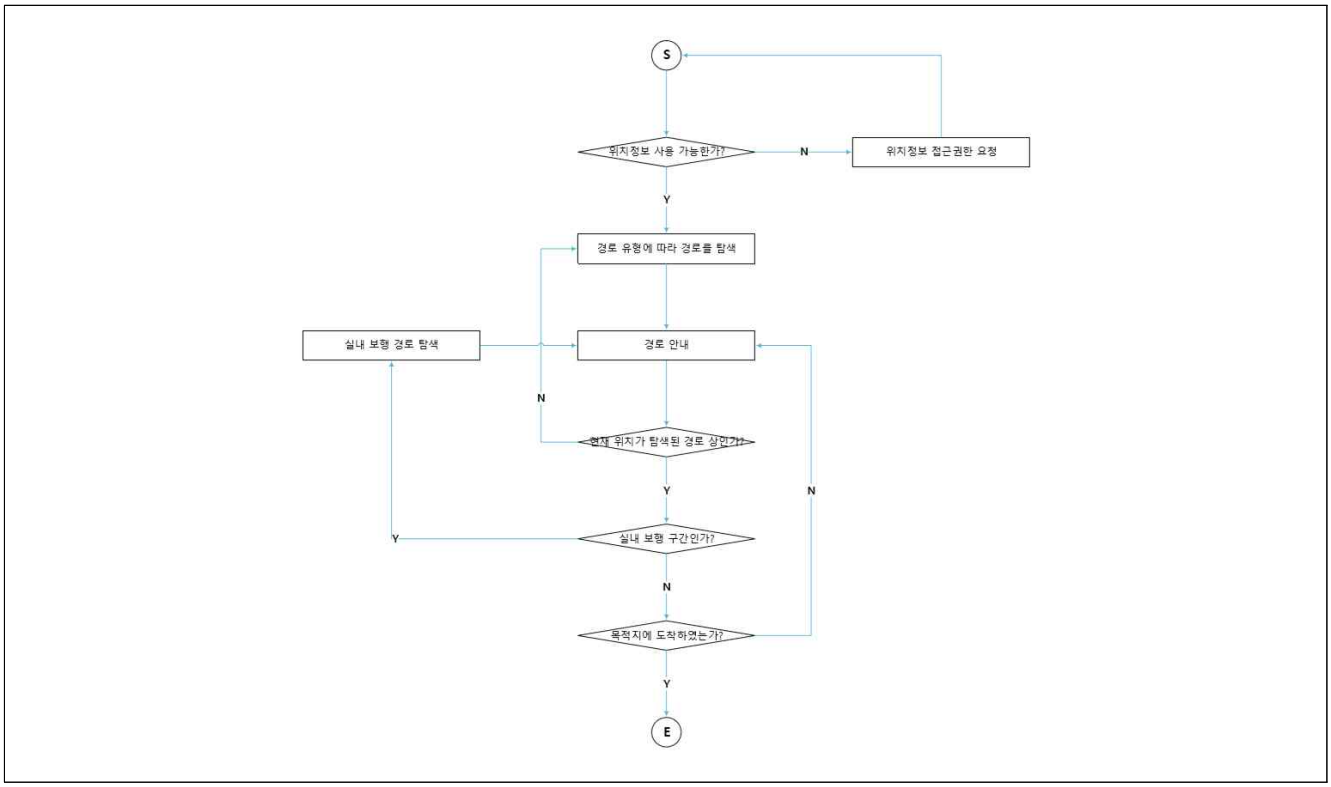


<그림 3-15> 승용차 탐색 경로

○ 대중교통 의사결정

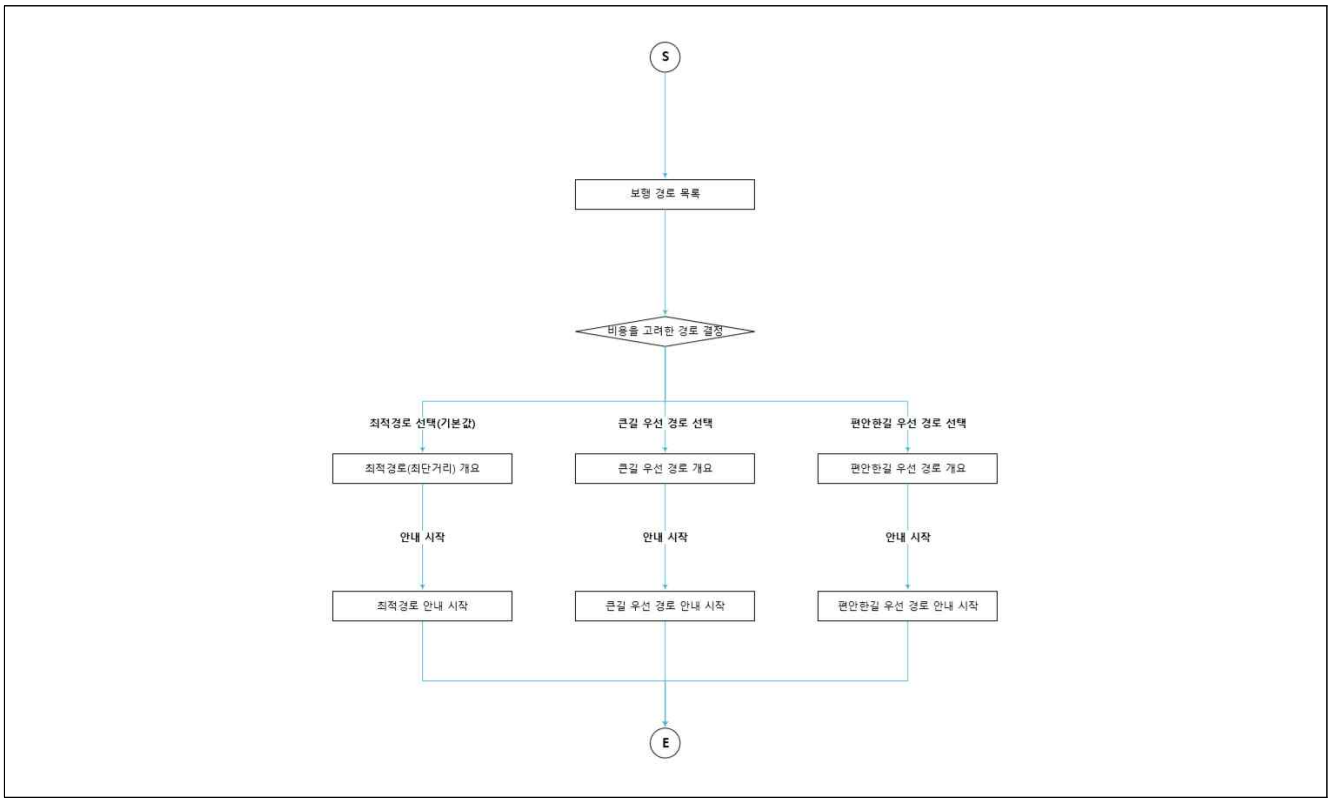


<그림 3-16> 대중교통 경로 의사결정

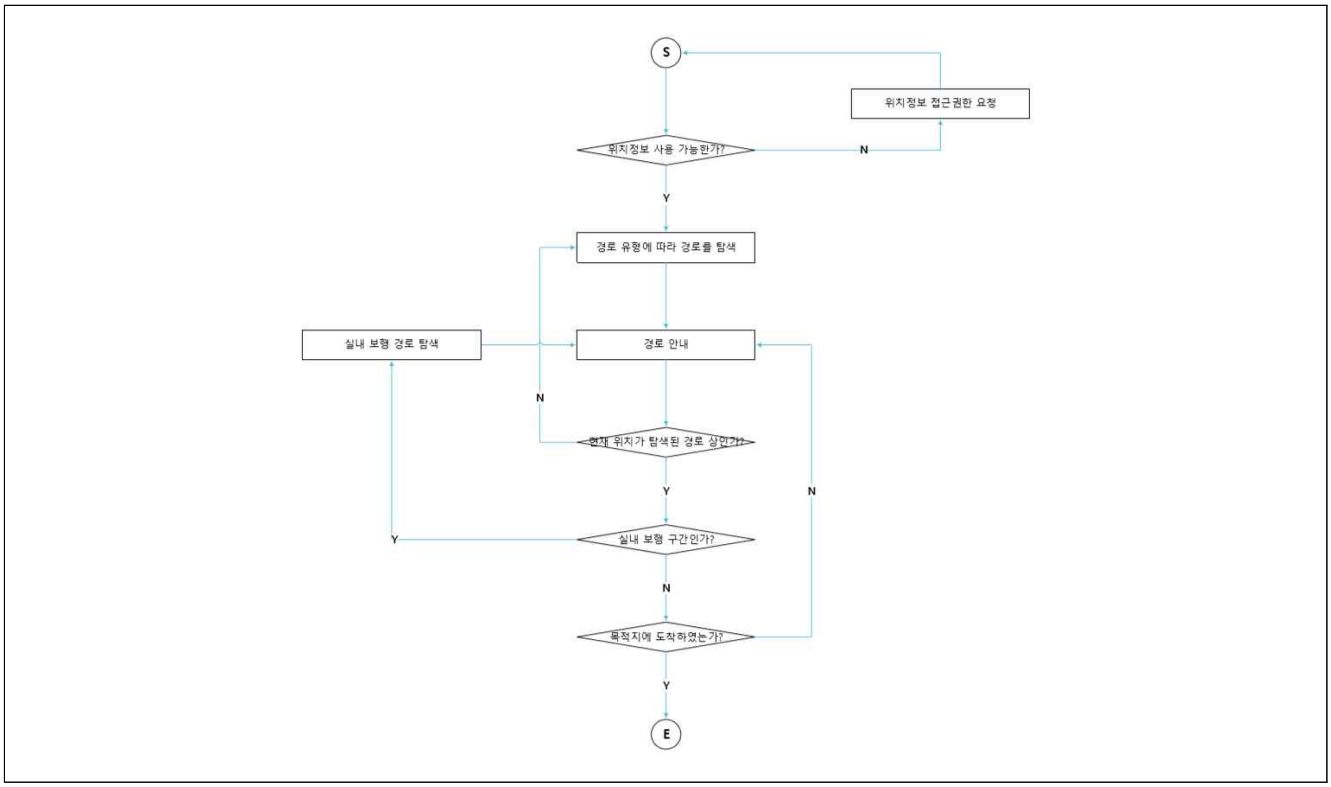


<그림 3-17> 대중교통 탐색 경로

○ 보행 의사결정

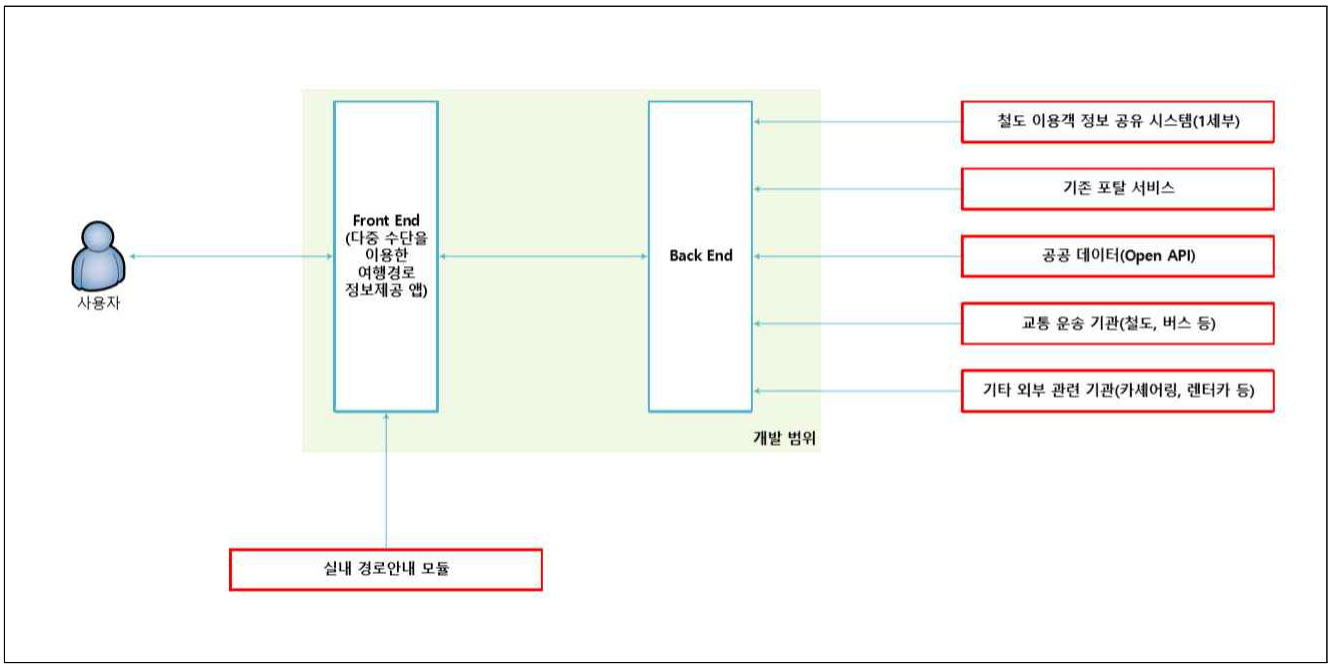


<그림 3-18> 보행 경로 의사결정



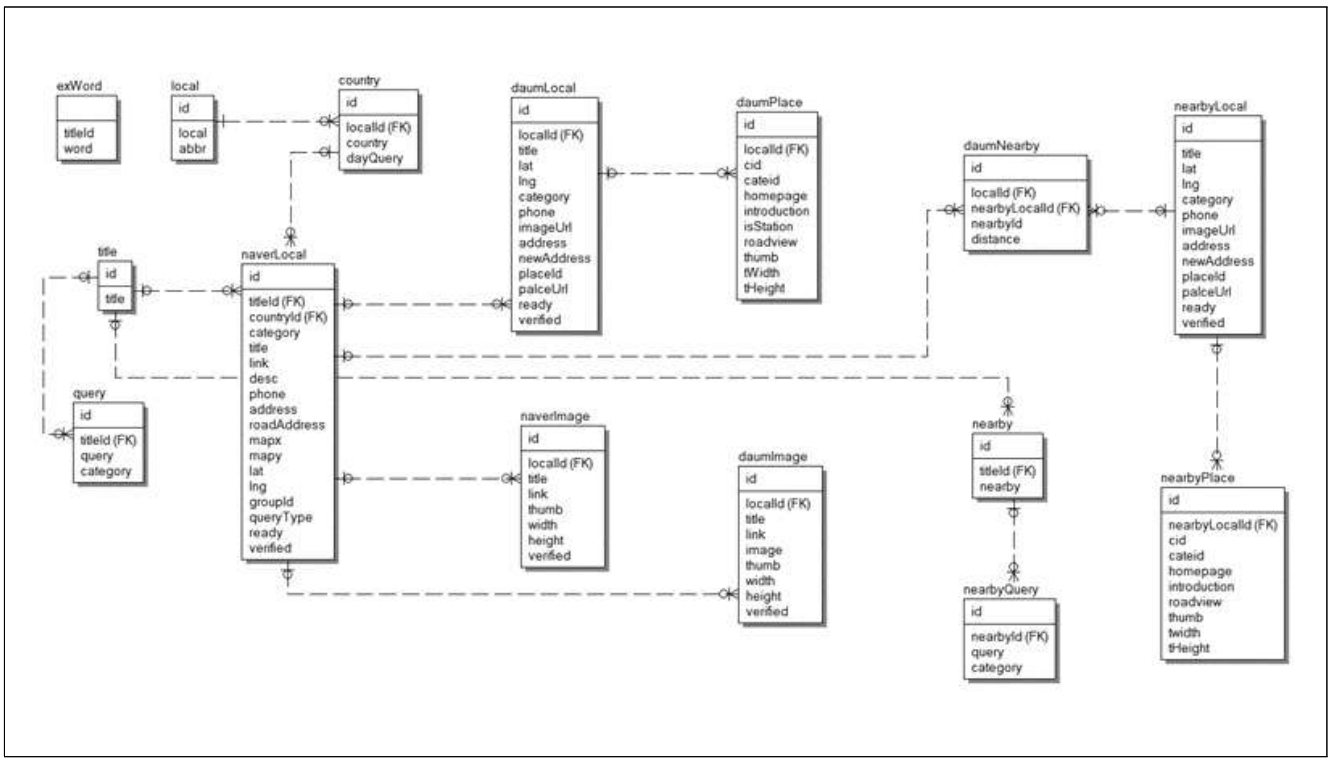
<그림 3-19> 보행 탐색 경로

○ 의사결정 개발 범위



<그림 3-20> 의사결정 개발범위

2) 데이터 구성



<그림 3-21> ERD

3) 지하철 정보

○ 지하철 정보의 경우 서울시, 대전시, 부산시 등 각 시별로 정보가 따로 존재함

○ 서울시의 경우 실시간 위치 정보를 공개하고 있지만 다른 지역은 열치시각표의 정보를 공개하고 있음

<표 3-6> 서울시 지하철 실시간 열차 위치정보

정보명칭		서울시 지하철 실시간 열차 위치정보
데이터 정보		
NO	출력명	
공통	list_total_count	총 데이터 건수 (정상조회 시 출력됨)
공통	RESULT.CODE	요청결과 코드 (하단 메세지설명 참고)
공통	RESULT.MESSAGE	요청결과 메시지 (하단 메세지설명 참고)
1	subwayId	지하철호선ID
2	subwayNm	지하철호선명
3	statnId	지하철역ID
4	statnNm	지하철역명
5	trainNo	열차번호
6	lastRecptnDt	최종수신날짜
7	recptnDt	최종수신시간
8	updnLine	상하행선구분(2호선(1:내선 0:외선), 0:상행 1:하행)
9	statnTid	종착지하철역ID
10	statnTnm	종착지하철역명
11	trainSttus	열차상태구분(0:진입 1:도착, 0,1외 나머지는:출발)
12	directAt	급행여부(1:급행, 0:아님)
13	lstcarAt	막차여부(1:막차, 0:아님)

<표> 서울시 지하철 역간 구간 정보

정보명칭		서울시 지하철 역간 구간 정보
데이터 정보		
NO	출력명	
공통	list_total_count	총 데이터 건수 (정상조회 시 출력됨)
공통	RESULT.CODE	요청결과 코드 (하단 메세지설명 참고)
공통	RESULT.MESSAGE	요청결과 메시지 (하단 메세지설명 참고)
1	statnFid	출발지하철역ID
2	statnFnm	출발지하철역명
3	statnTid	도착지하철역ID
4	statnTnm	도착지하철역명
5	sctnTime	구간시간(단위:분)
6	sctnDstnc	구간거리(단위:M)

○ 서울시 지하철 실시간 열차 도착정보

<표 3-7> 서울시 지하철 실시간 열차 도착정보

정보명칭		서울시 지하철 실시간 열차 도착정보
데이터 정보		
NO	출력명	
공통	list_total_count	총 데이터 건수 (정상조회 시 출력됨)
공통	RESULT.CODE	요청결과 코드 (하단 메세지설명 참고)
공통	RESULT.MESSAGE	요청결과 메시지 (하단 메세지설명 참고)
1	subwayId	지하철호선ID
2	updnLine	상하행선구분 (2호선 : (내선:0,외선:1),상행,하행)
3	trainLineNm	도착지방면 (성수행 - 구로디지털단지방면)
4	subwayHeading	내리는문방향(오른쪽,왼쪽)
5	statnFid	이전지하철역ID
6	statnTid	다음지하철역ID
7	statnId	지하철역ID
8	statnNm	지하철역명
9	trnsitCo	환승노선수
10	ordkey	도착예정열차순번
11	subwayList	연계호선ID (1002, 1007 등 연계대상 호상ID)
12	statnList	연계지하철역ID (1002000233,1007000744)
13	btrainSttus	열차종류(급행,ITX)
14	barvlDt	열차도착예정시간(단위:초)
15	btrainNo	열차번호(현재운행하고 있는 호선별 열차번호)
16	bstatnId	종착지하철역ID
17	bstatnNm	종착지하철역명
18	recptnDt	열차도착정보를 생성한 시각
19	arvlMsg2	첫번째도착메세지 (전역 진입, 전역 도착 등)
20	arvlMsg3	두번째도착메세지 (종합운동장 도착, 12분 후 (광명사거리) 등)
21	arvlCd	도착코드 (0:진입, 1:도착, 2:출발, 3:전역출발, 4:전역진입, 5:전역도착, 99:운행중)

<표 3-8> 서울시 지하철 주변 환승버스 정보

정보명칭		서울시 지하철 주변 환승버스 정보
데이터 정보		
NO	출력명	
공통	list_total_count	총 데이터 건수 (정상조회 시 출력됨)
공통	RESULT.CODE	요청결과 코드 (하단 메세지설명 참고)
공통	RESULT.MESSAGE	요청결과 메시지 (하단 메세지설명 참고)
1	statnId	지하철역ID
2	statnNm	지하철역명
3	subwayId	지하철호선ID
4	subwayNm	지하철호선명
5	ectrcNo	출입구번호
6	rtid	버스노선ID
7	rttp	버스노선유형
8	rtnm	버스번호
9	allctintn	배차간격(단위:분)
10	fstallctm	첫차시간
11	lstallctm	막차시간
12	runyn	운행여부(운행:Y, 미운행:N)

4) 버스정보

○ 버스정보는 정보의 시외/고속버스 및 각 시도별 버스정보가 존재함

○ 시도별 버스 정보의 경우 정류소 및 노선에 대한 정보를 제공

<표 3-9> 시외버스 정보

정보명칭		출/도착지 기반 시외버스 정보조회
데이터 정보		
NO	출력명	
1	routeId	노선ID
2	gradeNm	버스등급명
3	depPlandTime	출발시간
4	arrPlandTime	도착시간
5	depPlaceNm	출발지
6	arrPlaceNm	도착지
7	charge	운임

<표 3-10> 고속버스 정보

정보명칭		출/도착지 기반 고속버스 정보조회
데이터 정보		
NO	출력명	
1	routeId	노선ID
2	gradeNm	버스등급명
3	depPlandTime	출발시간
4	arrPlandTime	도착시간
5	depPlaceNm	출발지
6	arrplaceNm	도착지
7	Charge	운임

<표 3-11> 버스 노선정보

정보명칭		한 정류소의 특정노선의 도착예정정보
데이터 정보		
NO	출력명	
1	BusList	List형
2	stId	정류소아이디
3	stNm	정류소명
4	arsId	정류소고유번호
5	busRouteId	노선ID
6	rtNm	노선명
7	firstTm	첫차시간

8	lastTm	막차시간
9	term	배차간격
10	routeType	노선유형
11	nextBus	막차운행여부
12	ord	요청정류소순번
13	vehId1	도착예정버스ID
14	plainNo1	도착예정차량번호
15	sectOrd1	도착예정버스의 현재 구간순번
16	stationNm1	도착예정버스의 최종 정류소명

<표 3-12> 정류소 노선정보

정보명칭		한 정류소의 특정노선의 도착예정정보
데이터 정보		
NO	출력명	
1	arsId	정류소고유번호
2	busRouteId	노선ID
3	rtNm	노선명
4	firstTm	첫차시간
5	lastTm	막차시간
6	term	배차간격
7	routeType	노선유형
8	nextBus	막차운행여부
9	ord	요청정류소순번
10	vehId1	도착예정버스ID
11	plainNo1	도착예정차량번호
12	sectOrd1	도착예정버스의 현재 구간순번
13	stationNm1	도착예정버스의 최종 정류소명
14	busDist1	도착예정버스의 잔여구간
15	traTime1	도착예정버스의 여행시간
16	traSpd1	도착예정버스의 여행속도
17	isArrive1	도착예정버스의 최종 정류소 도착출발여부
18	repTm1	도착예정버스의 최종 보고 시간
19	isLast1	도착예정버스의 막차여부
20	busType1	도착예정버스의 차량유형
21	MsgBody	
22	BusList	List형
23	stId	정류소아이디
24	stNm	정류소명

라. 스마트 D2D 앱 개발 내용

1) 메인 UI 및 Framework



<지도 및 UI 시작화면>



<설정화면>

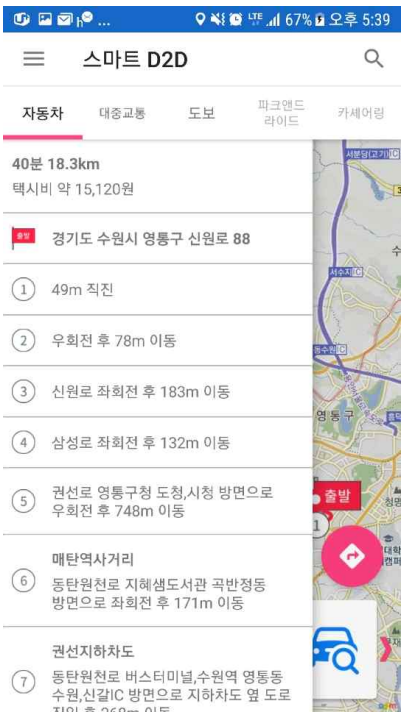
<그림 3-22> 메인 UI 및 Framework

2) 경로탐색 개발

○ 자동차 경로 탐색



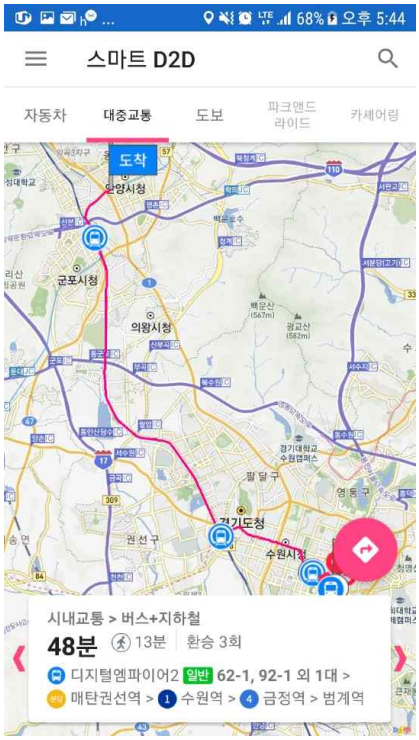
<자동차 경로탐색>



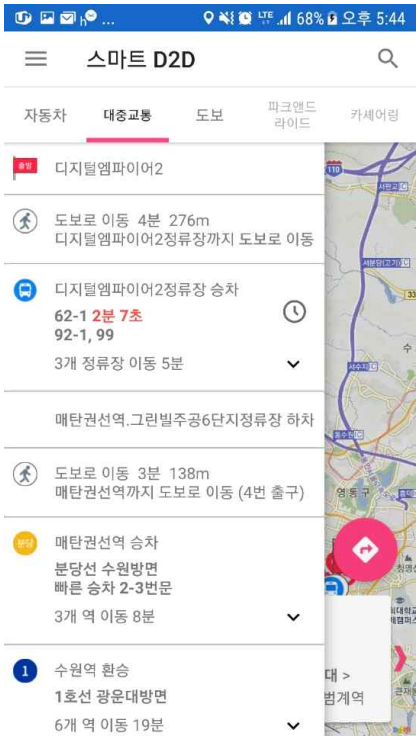
<자동차 경로탐색 세부>

<그림 3-23> 자동차 경로탐색

○ 대중교통(시내)



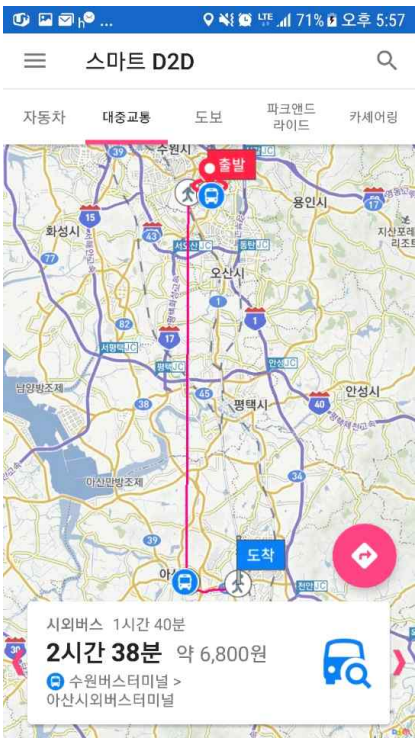
<대중교통 시내구간>



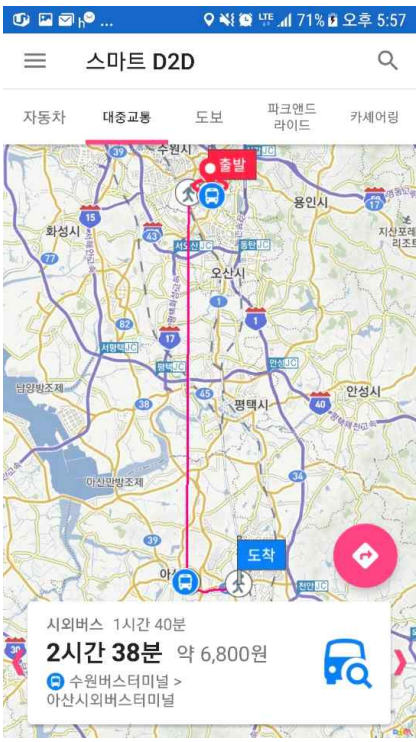
<대중교통 시내구간 세부>

<그림 3-24> 대중교통(시내) 경로탐색

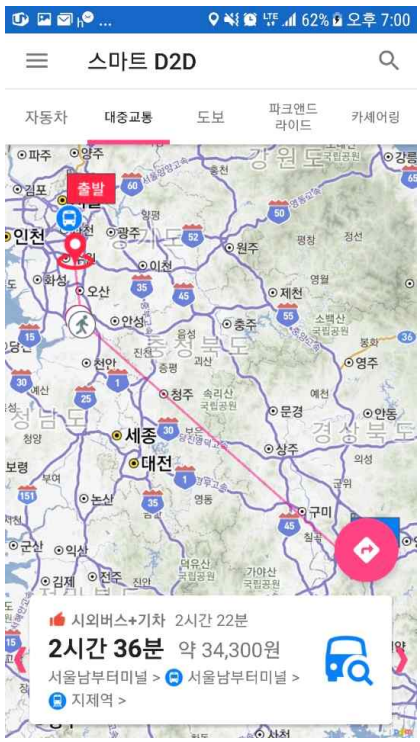
○ 대중교통(시외)



<대중교통 시외구간>



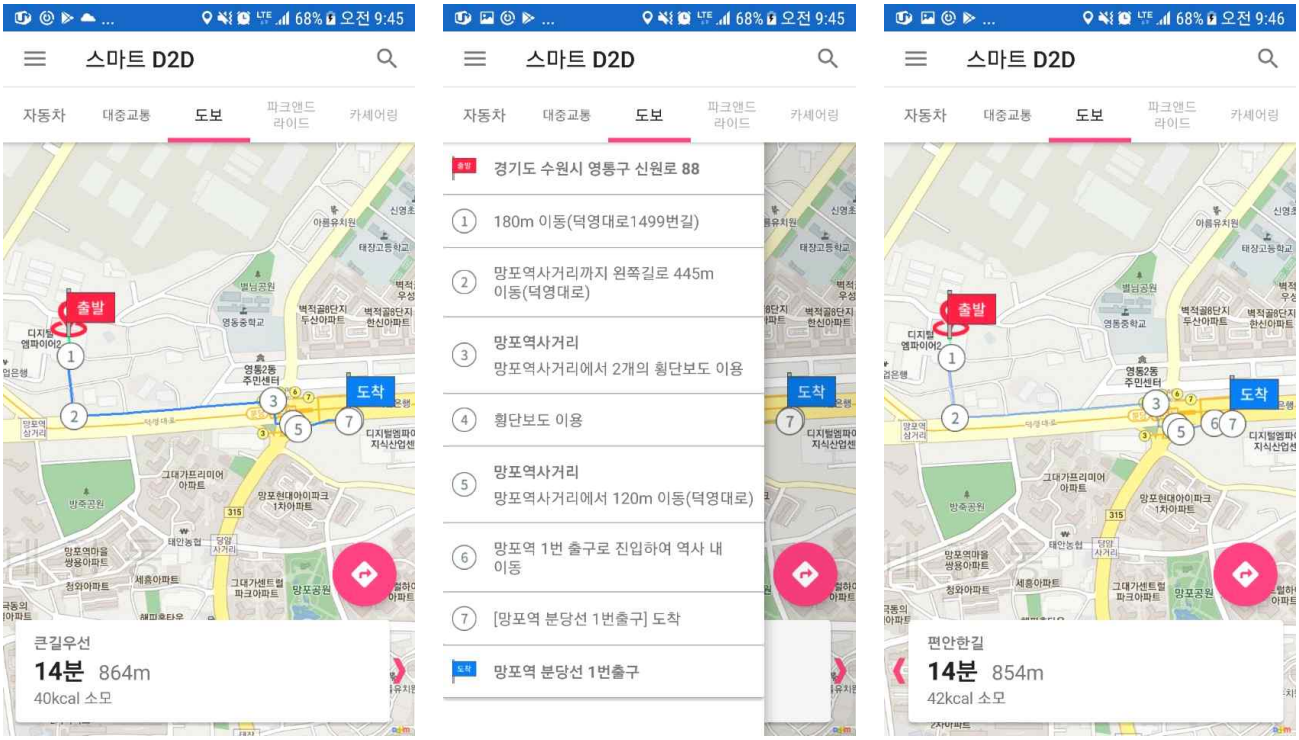
<대중교통 시외구간 세부>



<시외복합 경로>

<그림 3-25> 대중교통(시외) 경로탐색

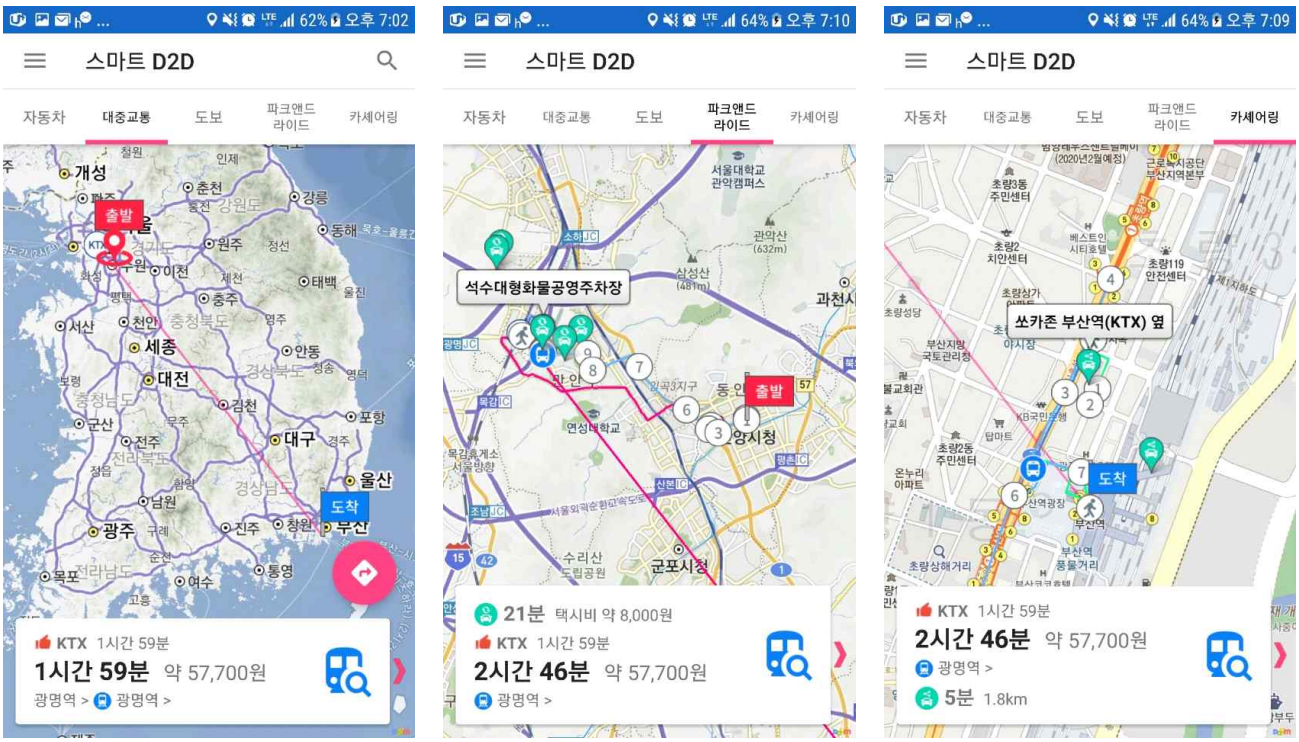
○ 도보



<도보 큰길우선> <도보 큰길우선 상세> <도보 편안한 길>

<그림 3-26> 도보 경로탐색

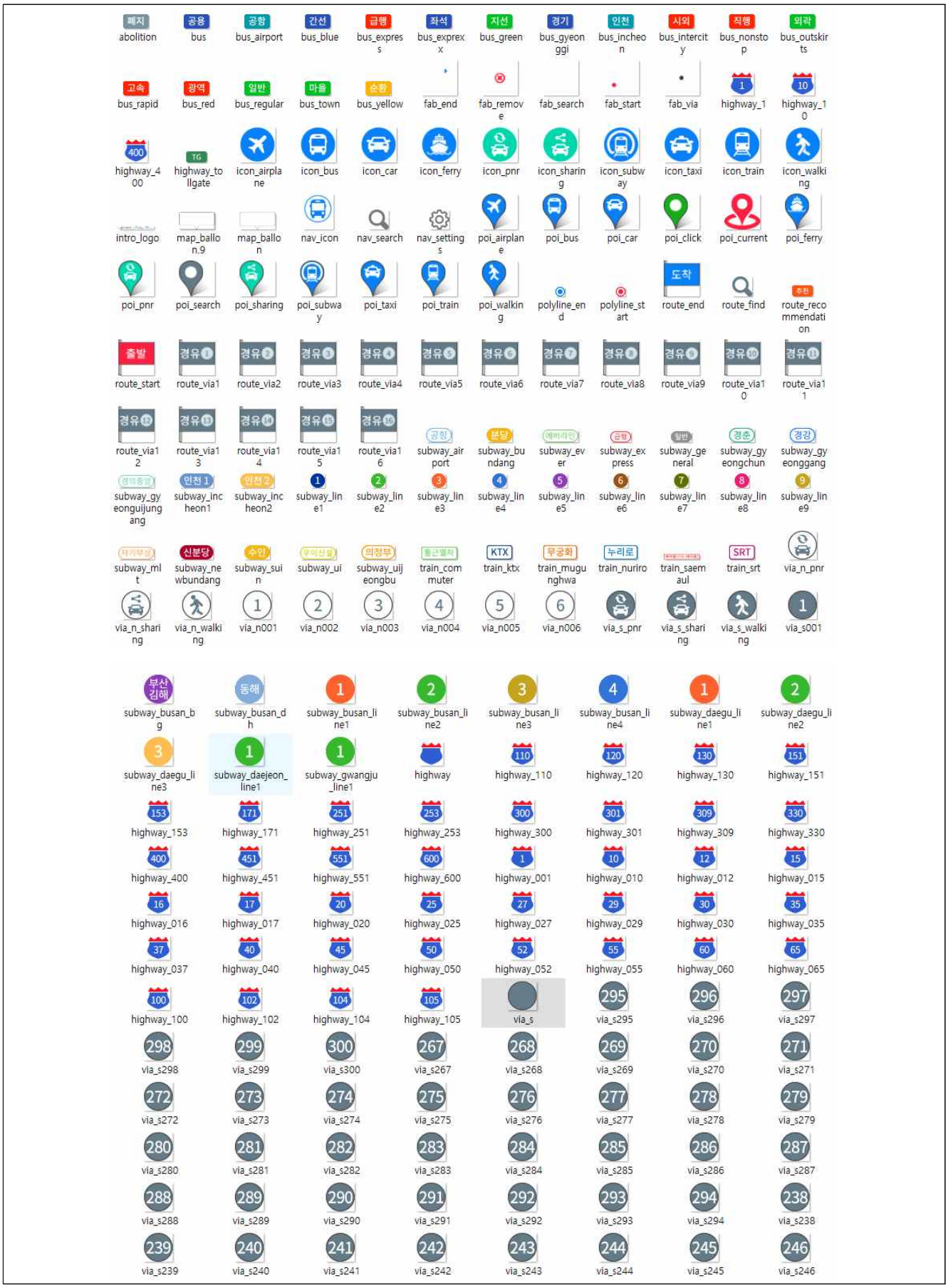
○ 환승주차장, 카세어링



<전체경로> <Park&Ride 반영> <car sharing 반영>

<그림 3-27> 환승주차장, 카세어링 경로탐색

3) 앱 개발 디자인



<그림 3-28> 앱 개발 디자인



<그림 3-29> 앱 개발 디자인(계속)

3. 스마트 D2D 앱 테스트

가. 대중교통을 이용한 경로

1) 개요

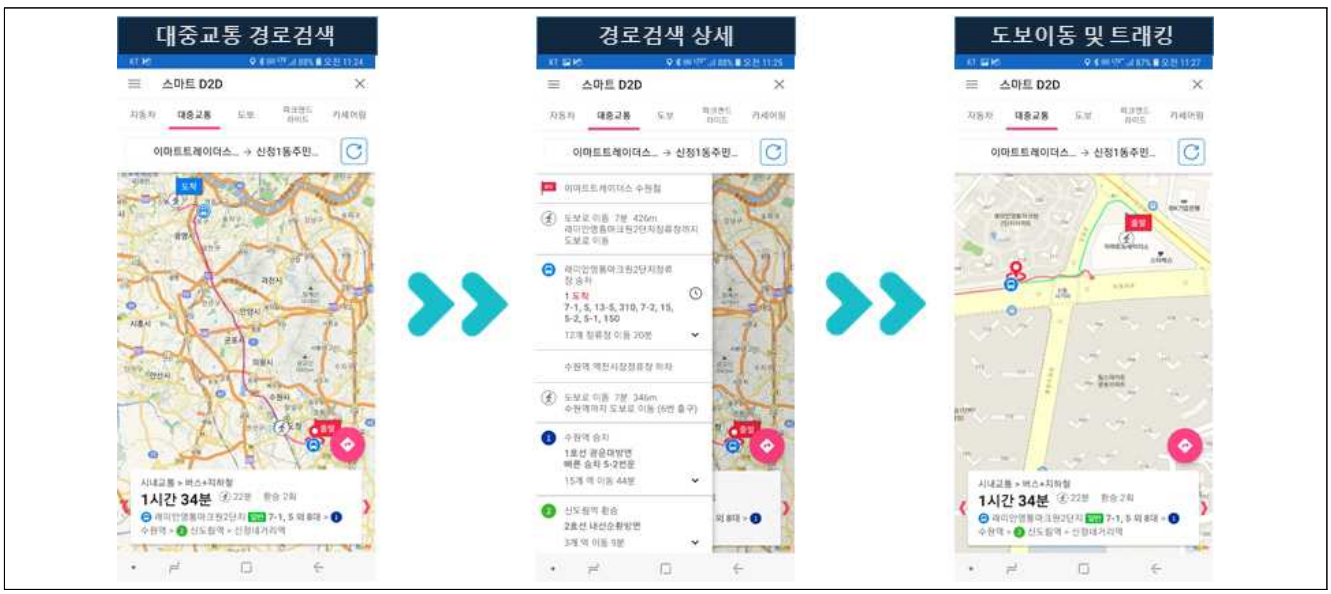
○ 대중교통을 이용한 경로에서는 스마트 D2D의 기능성을 최대한 활용한 경로로 선정하였으며, 도보안내, 버스정보 안내, WiFi 측위기술 안내, 마커기술 안내, 지하철 출구버스 안내 등의 기능을 테스트 하였음



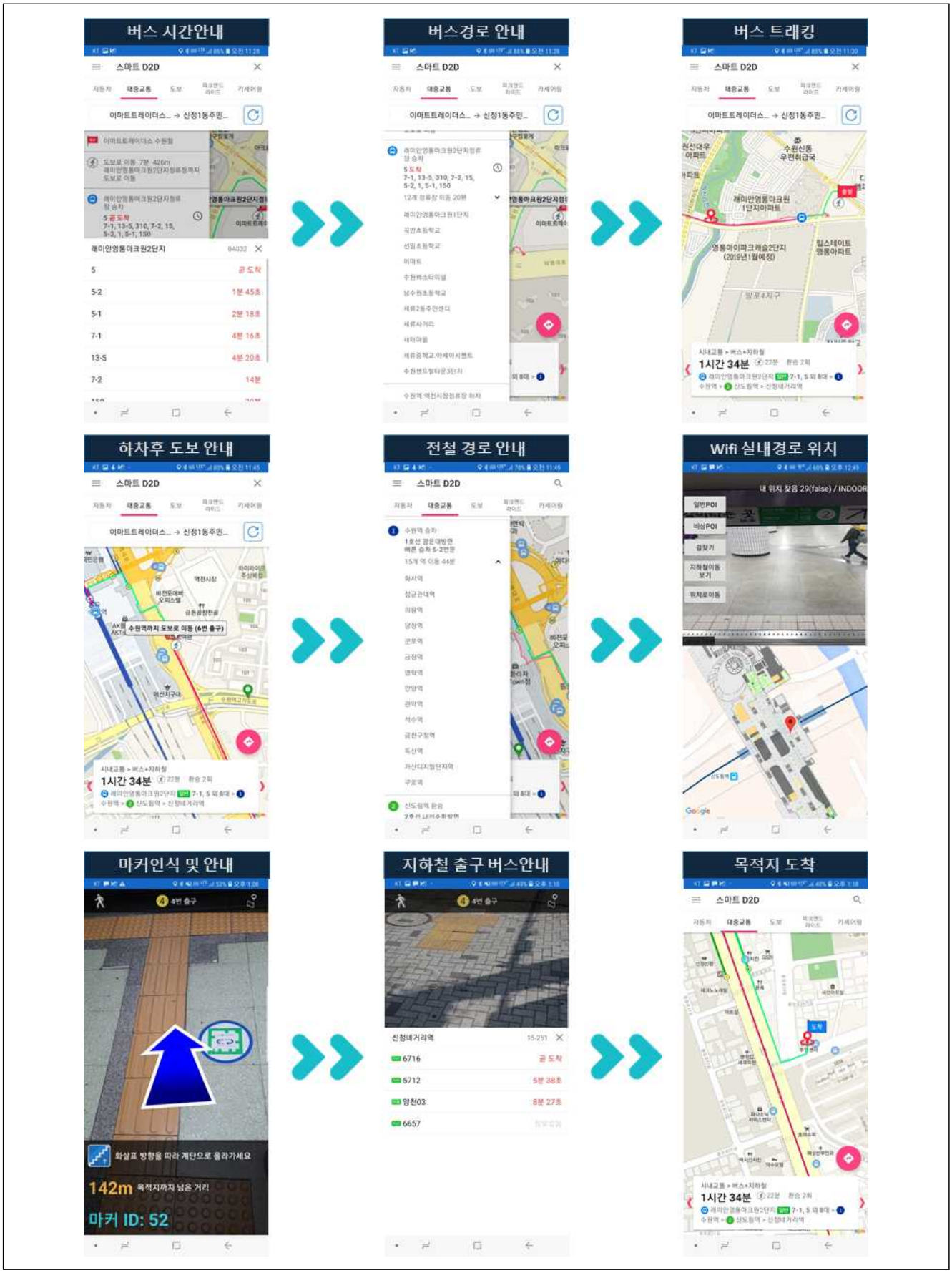
<그림 3-30> 스마트 D2D 테스트 시나리오(대중교통)

2) 테스트 결과화면

○ 수원 이마트 트레이더스에서 출발하여 신정 1동 주민센터까지 가는 이동 경로중에 캡처한 화면임



<그림 3-31> 대중교통을 이용한 경로안내

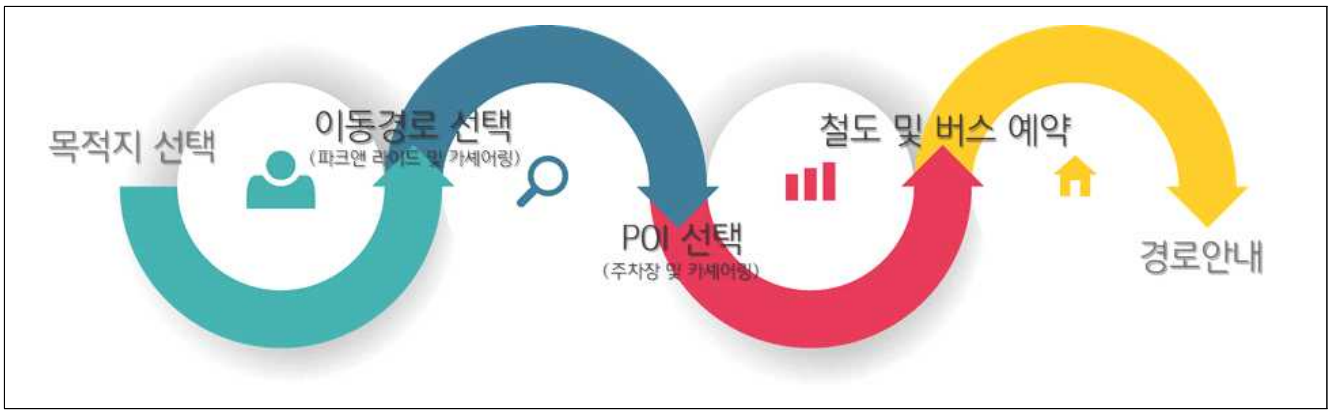


<그림 3-32> 대중교통을 이용한 경로안내(계속)

나. 파크앤 라이드 및 카셰어링을 이용한 경로

1) 개요

○ 스마트 D2D 앱을 통해 파크앤 라이드와 카셰어링을 활용할 수 있는 경로를 선정하였으며, 역 주변의 공영주차장 검색 및 카셰어링을 검색하는 기능과 역에서 코레일 앱으로 연결을 통해 예약이 가능함



<그림 3-33> 스마트 D2D 테스트 시나리오(복합교통수단)

2) 테스트 결과 화면

○ 영등포역 주변에서의 환승 주차장 안내와 수원역 주변에서의 카셰어링(쏘카)의 안내 화면을 캡처함



<그림 3-34> 철도역사 주변으로 공영주차장 검색 및 경로 안내

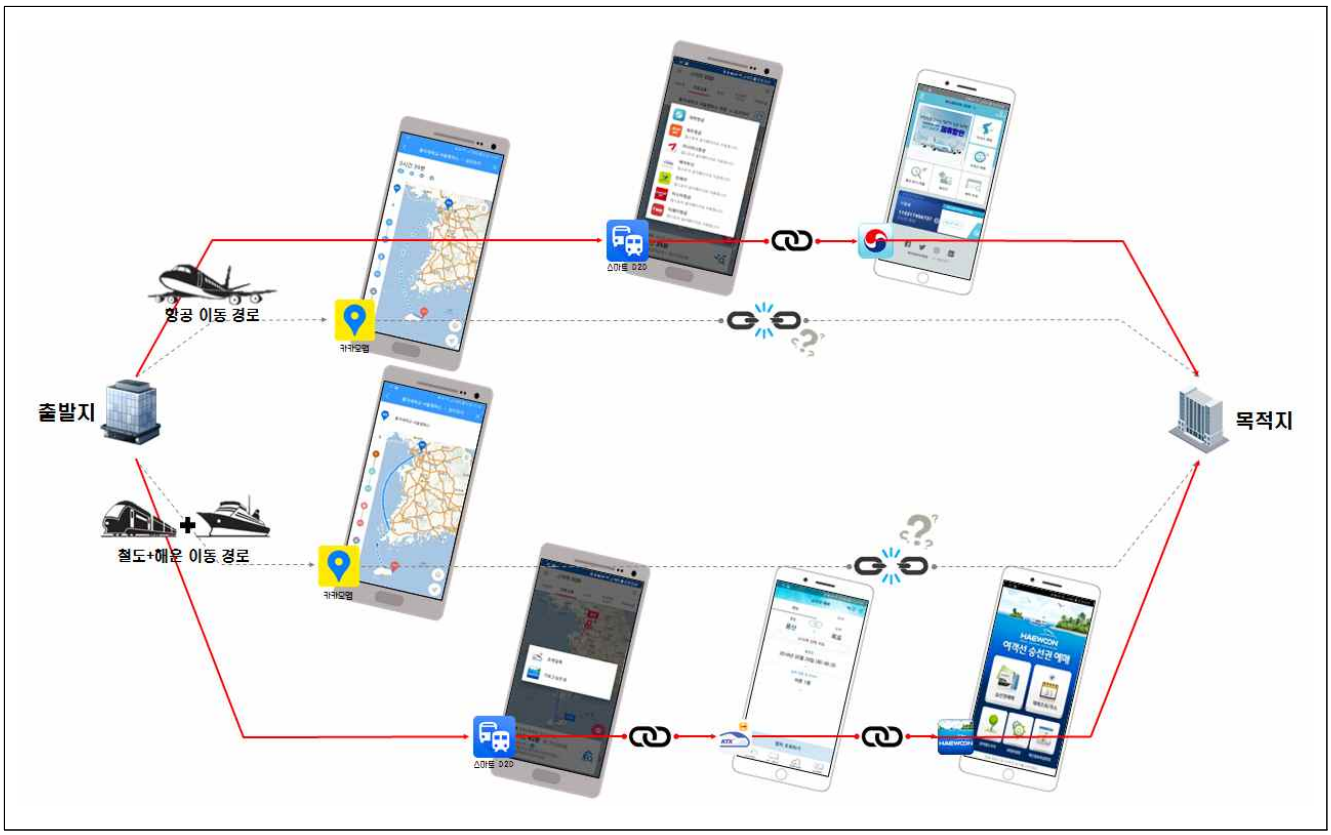


<그림 3-35> 철도역사 중심으로 카셰어링 위치 안내 및 카셰어링을 통한 경로안내

다. 스마트 D2D 앱 차별화

1) 대중교통 예약서비스 제공

○ 경로별로 조회 시 항공사, 철도, 여객선에 대한 경로서비스를 기존 앱들과 스마트 D2D를 비교하여 나타내었음



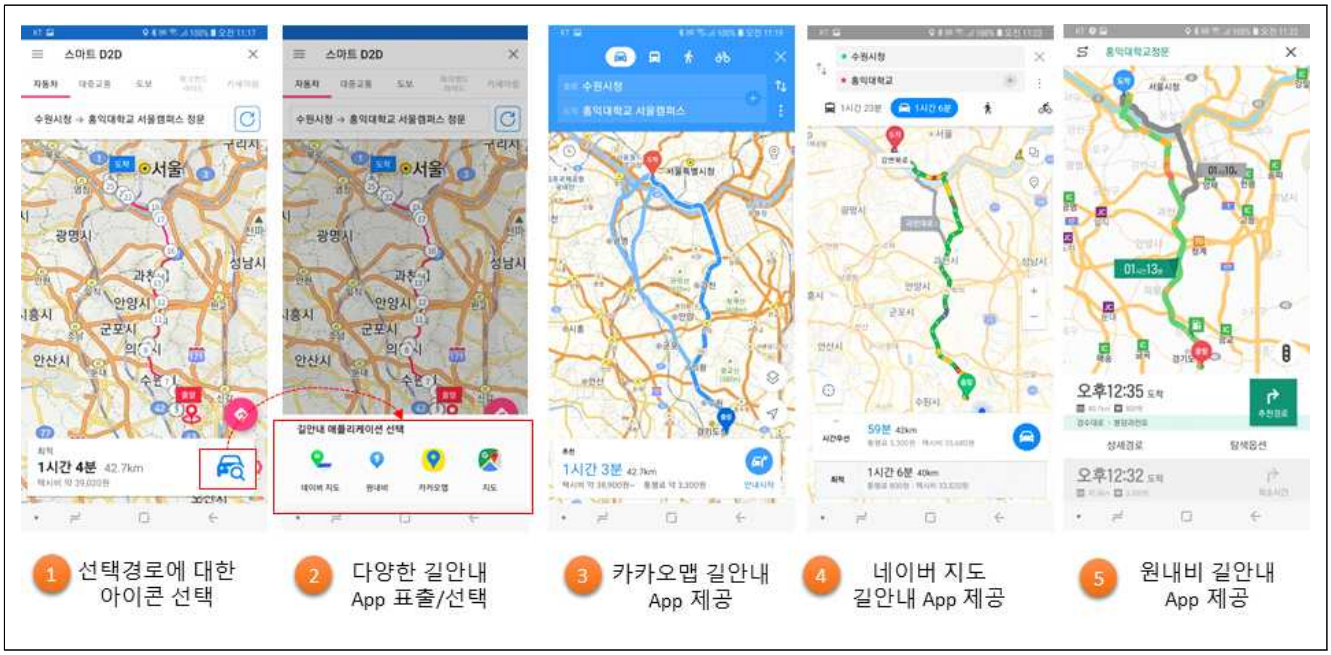
<그림 3-36> 기존 앱과 스마트D2D 차별성 (대중교통)



<그림 3-37> 스마트D2D 앱에서 보여지는 서비스 제공 화면

2) 다양한 자동차 길안내 서비스 제공

○ 기존의 맵과 연동하여서 내비로 연결까지 가능하도록 하는 서비스 제공



<그림 3-38> 다양한 자동차 길안내 서비스 제공 화면

3) 파크앤라이드 & 카셰어링 서비스 제공

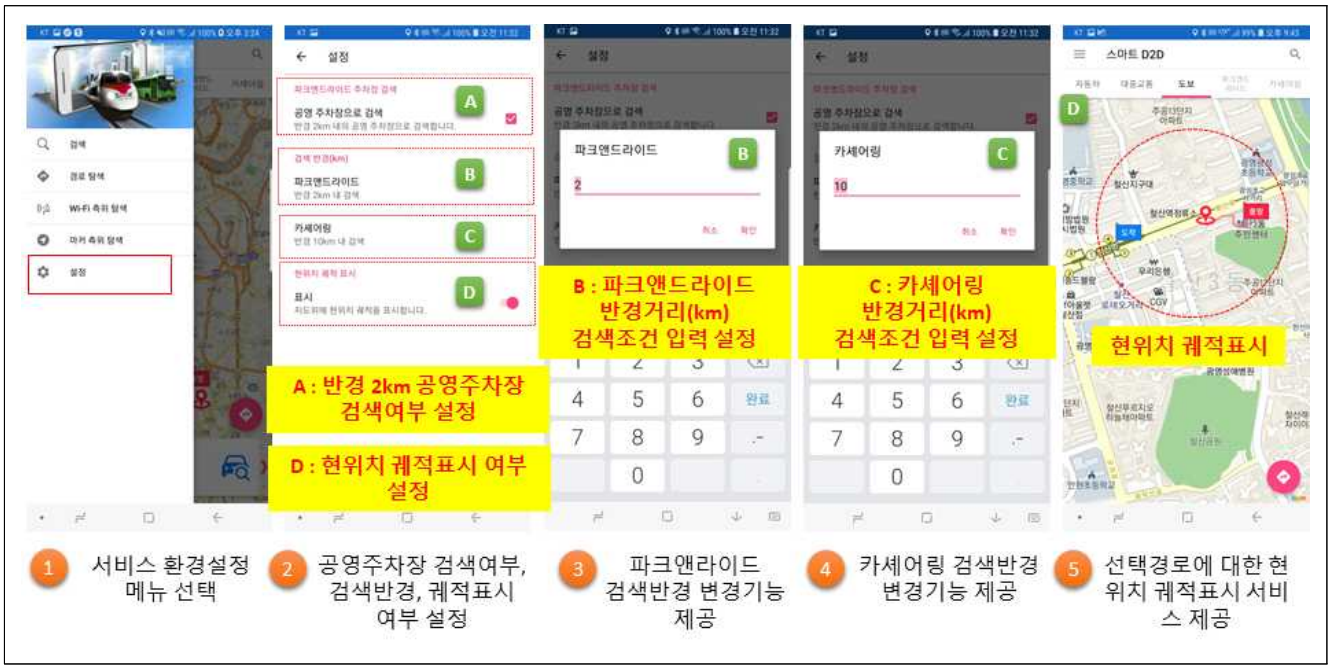
○ 출발지 근처의 철도역사기준의 공영주차장 정보와 도착지 근처의 철도역사기준 카셰어링 정보를 제공함



<그림 3-39> 파크앤라이드 & 카셰어링 서비스 제공 화면

4) 서비스 환경설정 기능

○ 공영주차장 및 카셰어링의 검색반경을 설정할 수 있으며 현 위치 궤적표시 서비스를 설정할 수 있는 화면 제공



<그림 3-40> 서비스 환경설정 기능 제공 화면

4. 국내・외 기존 실내 측위 사례 및 기술 분석

○ 최근 국내에 처음으로 GPS와 WiFi가 내장된 스마트폰이 보급된 후, 산업에서 부각되지 못하고 있던 LBS (Location-Based Service) 산업이 다시 주목을 받게 되었고, 이와 더불어 GPS를 이용한 Global Positioning (실외 위치 인식)과 한정된 실내공간에서의 Local Positioning (실내 위치 인식) 분야의 RTLS 기술 및 솔루션이 국내 시장에 소개되기 시작하였다. 이에 국내 관련 산업에서도 LBS 기반 서비스를 Killer 서비스로 인식하고 특히, 대형 복합 쇼핑 센터, 전시 컨벤션 센터, 백화점, 제조공장 등의 실내 공간에서의 위치 인식 기술 (Local Positioning, RTLS)이 큰 주목을 받으며 국내 RTLS 관련 솔루션이 개발 및 출시되었다. 2010년 11월 국내에서는 KTNET-KAIST 공동으로, 세계최초 "Wi-Fi Fingerprint 기반의 연속 실내 위치 인식(RTLS) 방식의 실내 내비게이션 기술"이 적용된 myCOEX 모바일 서비스가 G20 행사에 대한민국 대표 IT기술로 소개되었다. 이후로 국내 셀리지온, SKT, 삼성 SDS 등에서 경쟁적으로 실내위치인식 RTLS 기술 및 솔루션을 시장에 공개하였다.

○ Indoor RTLS (실내 위치 인식 기술)을 위한 실내 위치 인식 인프라로 WLAN (Wi-Fi), Bluetooth, UWB, Zigbee, Active RFID, Passive RFID, 초음파 등을 사용하는 국내・외 RTLS 솔루션이 소개되고 있으나 최근의 IT트랜드로 스마트 트랜드 (스마트폰, 태블릿 등)와 더불어 이동 통신사 들이 데이터 통신부하 (3G)를 분산시키고 고객 만족도 및 다양한 LBS기반 응용서비스를 제공하기 위하여 경쟁적으로 무선AP기반의 Wi-Fi Zone 구축・확장을 지속적으로 확대, 투자하고 있다. 그러나, 이전에 이미 상용화된 Bluetooth, UWB, Zigbee, Active/Passive RFID, 초음파 기반 실내 위치 인식 인프라를 사용하는 RTLS 솔루션은 대부분 LBS 관련 산업에 전파 및 보급 하는 데 어려움을 겪었다. 그 이유로써 관련 인프라 H/W 비용 및 솔루션 가격이 비싼 반면에 실내 실내 위치 인식의 정확도와 연속 실내 위치 인식의 가능 여부가 기대보다 낮았고, 해당 RTLS 솔루션을 적용하고자 하는 관련 산업의 요구에 맞게 Customizing 하기가 어려웠다는 점이 있다. 또한 이와 같은 실내 위치 인식 인프라를 사용하는 RTLS 솔루션이 거의 대부분 외산 솔루션이다 보니 국내의 Customizing 요구에 대해서 대응이 느리거나 전혀 반영되지 못하였기 때문에 시장에서 외면을 당하는 현실에 있다.

○ 이러한 시대적 트랜드와 확장 되고 있는 무선AP (Wi-Fi) 인프라를 볼 때에 LBS산업에 비용 / 효율 / 산업 / 사회적 측면에서 가장 현실적으로 인정받고 있는 RTLS 솔루션으로 “Wi-Fi 인프라 기반의 RTLS” 가 부각되고 있다. 그와 더불어 실내와 실외를 모두 커버 (cover)하고 여러 위치 인식 기술 (GPS, Wi-Fi, Cell-Tower-based)를 함께 사용하는 Hybrid (복합) 실내 위치 인식 기술이 연구 및 개발되고 있다. 그와 더불어 기존의 보편적인 실내 위치 인식 인프라가 아닌 스마트 단말기 (폰, 태블릿)안의 여러 센서 (Gyroscope, Digital Compass, Accelerometer)만으로도 위치를 산출하고자 하는 기술 또한 연구되고 있다 (예, 네오정보시스템). 최근 모바일 기기 보급이 활성화되고, 그 활용도가 증가하면서 사람들은 더욱 편리한 Ubiquitous 환경을 요구하게 되었다. 특히, 최근 들어 빠르게 증가한 스마트폰 보급률은 이러한 요구에 발맞춰가는 노력의 지표로 볼 수 있다. 최근에 출시되고 있는 스마트폰은 GPS 센서, Wi-Fi 모듈, 그 외 여러 가지 센서를 탑재해 다양한 위치 기반 정보를 제공할 수 있다. 이러한 개인의 위치 기반 정보를 활용하게 될 수 있게 되면서, 이에 대한 서비스 수요와 맞물려 수요를 충족시키기 위한 기업이나 기관들이 주차, 광고, 매장 정보 제공 등 빠르게 변화하는 Life style에 맞춘 편의나 재미를 주기 위한 다양한 위치 기반 서비스(LBS)를 제공해 부가 가치를 창출하려는 움직임 또한 활발하다.

○ 실내 연속 실내 위치 인식 정보를 기반으로 한 다양한 LBS 응용 서비스 (편의-위치기반 광고, 미아 찾기, 자녀안심, 자재・설비관리 등)를 개발・구축하기 위해서는 스마트 기기(폰, 태블릿 등)가 아닌 소지하기 간편하고, 배터리 소모가 적고 수명이 매우 오래가는 능동형 태그 (Active Tag) 기반의 실내 연속 실내 위치 인식 기술 또한 핵심기술로 필요하다. Wi-Fi 기반 실내 위치 인식 기술은 사회 곳곳의 다양한 분야에서 활용될 수 있다. 예를 들어, 최근 안전, 공공 서비스에 대한 사회적 요구를 들 수 있다. 대형 건물 내에서의 재난은 대형 참사를 불러올 수 있는 위험이 항상 존재하고 있으며, 따라서 이를 대비할 수 있는 안전장치가 필요하다는 인식이 대두되었다. 이를 미연에 방지하거나, 상황 발생 시 빠른 조치를 취할 수 있도록 준비하고, 공공시설 내 유모차 대여 같은 공익적 목적 서비스는 시설 내의 편의 증진을 위해 필요하였다.

○ 또한, 미아, 애완견, 치매 노인 실종 사고는 실종 대상자보다 그 가족들의 정신적인 피해가 크기 때문에 그 예방 및 대책이 중요하였다. 사회적으로 큰 문제로 대두 되고 있는 성폭력 사범들은 예방 차원에서 전자 발찌 등을 착용하게 하고 있지만 실내에서는 위치 추적을 할 수가 없다는 단점이 있다. 따라서 “위치 기반의 성폭력 사범 신상 정보 공지“ 같은 보다 효과적인 예방 시스템 구축을 위해서는 실내까지도 위치를 추적할 수 있는 기술이 필요성이 증대되었다. 최근 급속히 늘어난 스마트폰 보급으로 사람들의 Life style이 변하고, 그에 따른 다양한 위치 기반 서비스들이 나타나고 있다. Life style의 변화에 따른 다양한 위치 기반 편의 서비스 및 인프라 확대 측면에서 기본적인 상권이 대형 복합 건물들을 중심으로 형성되어 있으므로, 이러한 특성상 실내에서의 위치 정보는 중요한 상업적 의미를 갖게 된다.

○ 실내 특정위치의 정보를 제공해 주기 위해, 실내 연속 위치 인식은 반드시 선행되어야 하는 중요 기술일 수밖에 없으며, 반드시 제공되어야 하는 필수 요소이다. 이러한 측면에서 지도, 경로 찾기, 길찾기 도움 같은 Maps & navigation 서비스, 친구&가족 찾기, 차량/근무자 추적 같은 Tracking Services, 지역 검색 (Yellow Pages), 건물 안내 (Building Guides), 사용자 생성 콘텐츠 (UCC) 제공 같은 Information Services, 소셜 네트워킹, Context기반 광고 같은 Application 분야에 활용 될 수 있다. 이러한 실내 연속 실내 위치 인식 기술에 필요한 Wi-Fi zone의 숫자도 빠른 속도로 증가하면서 광범위한 실내위치기반서비스를 제공할 수 있는 인프라가 확대되고 있다.

○ 무선 통신의 발달로 기지국이나 무선 랜 신호 중계기 등에서 발신되는 다양한 이동 통신 신호가 전 세계 실내외 공간을 빈틈없이 채우고 있다. 그 결과 무선 통신 인프라를 통신 뿐 아니라 측위에도 활용할 수 있는 환경이 마련되었다. 아울러 스마트폰의 폭발적 보급으로 실내에 위치한 스마트폰의 위치 정보에 대한 필요성이 급속히 증가하고 있다. 이동 통신망이나 GPS 위성을 활용하여 획득한 위치 정보를 기반으로 다양한 컨텐츠 및 서비스를 제공하는 위치 기반 서비스는 최근 위치 추적 서비스, 내 위치 조회, 안전 및 보완 서비스, 주변 지역 정보 제공 서비스 등의 많은 분야에서 활용되고 있다. 특히, 위치 정보를 이용한 실내 위치 인식 기술은 실내 내비게이션과 같은 핵심 서비스에서 활용되고 있다. GPS 기술의 경우 인공위성의 위치, 각속도, 신호 감쇄도 등의 정보들을 이용하여 최적의 위치를 제공하기 때문에, 실외에서는 비교적 정확한 위치를 인식할 수 있으나, 실내에는 GPS 신호가 원활하게 도달하지 못한다는 단점이 있어 실내 위치 인식 기술로써 적용되기 어려운 실정이다. 반면 Wi-Fi 기반 위치 인식 기술은 Wi-Fi 환경이 전국적으로 구축이 되어 있고, 대부분의 실내 공간에서 사용될 수 있다는 점 때문에 실내 위치 인식 기술 중에서 가장 주목 받는 기술이 되었다. 하지만, Wi-Fi AP(Access Point)는 인공위성과 달리 데이터 통신만을 위한 채널 할당의 중계 역할만을 수행할 뿐, 모바일 기기의 위치 인식을 위한 기능을 지원하지 않는다.

가. 관련 기업 동향 분석

<표 3-13> 국내·외 관련 기업 동향 분석

기업	SONY	산업기술 종합연구소	SkyHook	Google
동향 분석	▪ 불특정 다수의 AP 로부터 발신되는 전파 정보를 인식하는 PlaceEngine 기술 개발 ▪ AP밀집도에 따라 위치 추정 정도가 달라짐 ▪ 대략 5~100m 정도의 범위내에서 위치 추정	▪ ZigBee를 이용하여 측위 스스템 개발 ▪ 수신한 무선신호의 ID와 강도를 확률 추론에 의해 분석 ▪ 평상시에는 쇼핑이나 관광 전용의 내비게이션 제공 ▪ 비상시는 피난유도 내비게이션 제공	▪ Wardriving을 통해 WiFi HotSpot에 대한 정보 수집 ▪ WiFi와 GPS 두 기술의 장점을 결합하여 위치를 확인하는 방법과 선택적으로 기술을 적용하여 위치를 확인하는 XPS 개발 ▪ Knn, WCL 알고리즘 등을 이용하여 측위에 활용	▪ Google Maps를 통해 실내지도 서비스 기능 제공 ▪ 네트워크와 WiFi 삼각측량 기술을 활용 ▪ 건물주나 상점 주인 등이 직접 수정한 평면도를 Upload 할 수 있는 Google Maps Floor Maker 앱 출시
기업	Qualcomm	Apple	Microsoft	MIT Media Lab, Indoor Atlas
동향 분석	▪ 노키아와 Izat프로젝트 수행 ▪ WiFi와 GPS를 기반으로 측위 시스템 구성 ▪ GNSS의 탑셋모듈을 직접 다루며 세밀한 파워 관리를 함 ▪ Cisco와 기술 파트너를 맺고 RTT방식의 측위기술 사용	▪ 스카이훅에서 제공하는 WiFi정보, 기지국 위치 정보를 제공하여 높은 위치 정확도 보장 ▪ C3 technology, Ploy9 등과 같은 LBS 전문 사업자들을 연이어 인수 ▪ IOS Maps 실패 ▪ WiFiSlam을 인수하여 지도 서비스 사업을 강화	▪ Google Earth에 대항하기 위해 지도관련 서비스 플랫폼 Virtual Earth 개발 ▪ 노키아와 제휴하여 MS Bing 맵에 기술을 활용하여 측위 서비스 제공	▪ MIT Media Lab은 스마트폰의 지자기 센서를 활용하는 자기장 IPS 앱을 개발 ▪ 자기장 데이터의 핑거프린트 방식을 이용 ▪ 핀란드의 Indoor Atlas는 자기장 기반의 위치서비스를 walking survey방식으로 라디오맵 구축하여 제공

나. 국내·외 실내측위 기술 동향 분석

<표 3-14> 실내측위 기술 동향 분석

구분	WiFi	PDR	BLE	Magnetic Field
정확도	2 ~ 3m	< 1m	1 ~ 2m	< 1m
측위 방식	Triangulation Fingerprinting	Step counting, heading	Triangulation Fingerprinting Proximity	Fingerprinting
장점	▪ 현재 가장 범용으로 사용되는 기술 ▪ 기 설치된 AP 및 단말기의 WiFi 수신기를 이용하여 측위	▪ 저전력 ▪ Continuous 측위 가낭 ▪ 휴대단말에 기본적으로 장착된 센서를 활용하여 측위	▪ 휴대단말에 기존 장착된 블루스트 모듈 이용 ▪ 저비용의 H/W 인프라	▪ 측위를 위한 H/W인프라 불필요 ▪ 자기장맵의 재구축이 거의 필요 없음
단점	▪ 각 건물별로 실내측위 인프라에 대한 사전정보 필요(Radio map 등) ▪ 솔루션별로 AP모듈을 직적 설치해야 할 수 있음	▪ 단독측위 불가 ▪ 시간이 지남에 따라 오차가 누적되어 발산함	▪ 각 건물별 인프라 구축 (tag or becon 설치, 태그 위치정보 구축)	▪ 금속물체에 의한 자기장 간섭 대응책 필요 ▪ 특수장비를 이용한 실내 자기장맵 구축 필요 ▪ 최초 위치 ambiguity 발생

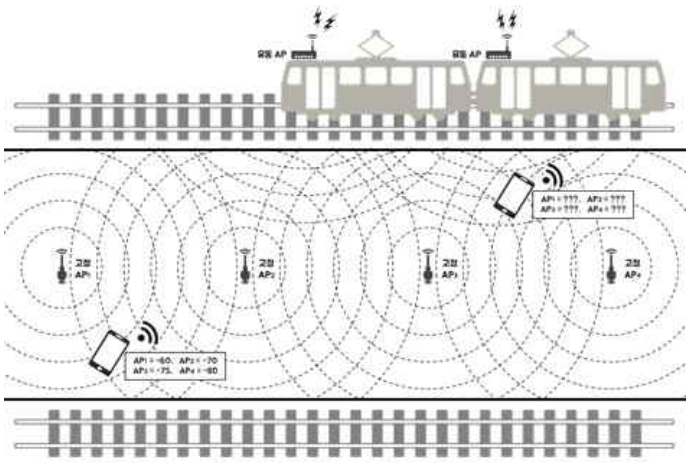
<표 계속> 실내측위 기술 동향 분석

구분	UWB	LED	Ultrasonic	Infrared
정확도	< 15cm	> 10m	< 10cm	< 10cm
측위 방식	Triangulation (TDOA/AOA)	Proximity	Triangulation	Triangulation Proximity
장점	▪ Impulse를 사용하여 측위 정확도가 높음 ▪ 벽에 대한 투과성이 좋음 ▪ Multipath 환경에 강인함	▪ 기존 인프라를 손쉽게 대체 ▪ 별도의 전력공급 불필요 ▪ 상용 솔루션 존재 (ByteLight)	▪ 정확한 위치 측위 가능 ▪ 상용 시스템 존재(cricket) ▪ 룸 식별에 적합	▪ 짧은 인식거리와 LOS확보 시 정확한 측위 가능 ▪ 상용 시스템 존재(Active Bat)
단점	▪ 10m 정도의 근거리 통신용으로 사용되므로 측위 범위가 좁음 ▪ 타 기기에 간섭을 줄 수 있기 때문에 전력제한이 필수적임 ▪ 실내측위용 인프라 구축 필요	▪ 카메라로 식별(가방이나 주머니속 인식 불능) ▪ 인프라 구축 필요(LED 등의 교체 비용 발생)	▪ 송신기 배치에 따라 간섭 문제 발생 ▪ 공간 식별 시 문을 열면 신호가 새어나감 ▪ 실내측위용 인프라 구축 필요	▪ 벽 통과 불능 ▪ 짧은 인식 거리로 제한된 서비스 범위 ▪ 수신기가 방마다 필요 ▪ 태양광(직사광선) 존재할 경우 성능 열화 ▪ 실내측위용 인프라 구축 필요

다. 기존 실내 측위 기술의 철도역사 적용 한계점 분석 및 개선방향 제시

○ 철도 역사는 일반 실내공간과 달리 특수한 환경으로 구성되어 있어서 기존의 실내 측위 기술을 적용하는데 한계가 있음

- 열차의 진출입으로 인해 발생하는 전파의 간섭 문제
- 광장형태의 구조로 인해 발생하는 멀티패스 및 인프라 설치 문제
- 이용객이 많은 역사의 경우 유지보수가 잦은 내부 시설 환경변화로 인한 문제
- 철도 운영기관에서 부담하기 때문에 경제적인 설치 및 유지보수 비용 문제



<열차 진·출입에 따른 전파 간섭 문제>



<서울역 내부 광장형태 구조>

<그림 3-41> 기존 실내측위 기술의 철도역사 한계점

○ 국내 · 외 사례와 기술 동향 분석이 이루어진 후, 분석된 기술들의 현장 적용을 통해 2개의 시나리오로 정확도를 검증하는 실험을 수행함(WiFi, BLE, PDR에 대한 테스트 수행)

1) 신정네거리 시나리오 1

○ 시나리오 1의 현장 조사 및 테스트 결과는 아래에서 제시하고 있음



<그림 3-42> 신정네거리 시나리오 1 현장조사

2) 신정네거리 시나리오 2

○ 시나리오 2의 현장 조사 및 테스트 결과는 아래에서 제시하고 있음



<그림 3-43> 신정네거리 시나리오 2 현장조사

<표 3-15> 시나리오별 측위 기법의 테스트 결과

구분	시나리오 1	시나리오 2
WiFi 측위 기법	3.9 m	5.0 m
BLE 측위 기법	2.5 m	2.5 m
WiFi + PDR 혼합 기법	4.6 m	13.8 m
BLE + PDR 혼합 기법	1.9 m	2.4 m

3) 시나리오 테스트 결과 분석

○ 실험 결과 BLE와 PDR 기법의 융합 측위가 가장 높은 결과를 보였으나, Bluetooth beacon이 테스트 지점을 따라 조밀하게 설치되어 높은 정확도를 도출한 것으로 분석됨

- 테스트 역사와 같이 비교적 작은 규모의 실내 공간 전체에 BLE 기반 특위를 제공하려면 약 200 개의 Bluetooth beacon이 필요한 것으로 분석
- 수도권 전체 역사에 대해 BLE 기반 측위 서비스를 제공하기 위해서는 설치 비용 측면에서 상당한 액수가 요구되며, 배터리 교환 등의 유지 보수 측면에서 현실적이지 않음

○ PDR 기술은 실험 결과의 WiFi + PDR과 같이 매우 부정확한 결과가 도출될 수 있다는 것을 확인하였으며, 초기 방향이 잘못 설정될 경우 오차가 누적되어 큰 에러율을 보일 수 있음

- AP가 설치된 전동차가 진입할 경우 급격한 무선 랜 환경의 변화로 인해 측위 정확도가 현저히 떨어질 수 있다. 역사에 따라 차이는 있겠으나, 층간 이동을 할 경우 해당 층을 정확히 인지하지 못하는 경우가 발생

○ 본 과제에서는 WiFi 기반의 측위 기법을 사용하되, 무선 신호 음영 구간에 대해서는 BLE 기법을 적용해 보완하는 것이 가장 적합한 것으로 분석됨

○ 층간 구분에 혼란이 생길 경우는 BLE beacon이나 압력 센서를 이용해 층 구분에 활용 할 수도 있음

○ 철도 역사의 특수성인 전동차의 플랫폼 진입으로 인한 전파 간섭에 상관없이 정확한 측위를 위해 철도 역사용 WiFi 모듈을 시스템적으로 새로 개발이 필요함

○ PDR 기술의 적용을 위해서는 보정 알고리즘 등의 연구 개발이 필요하며, 단계적으로 시스템에 적용하고 실험을 진행

5. 철도역사의 특수성을 고려한 WiFi기반의 실내측위 기술 개발

가. 연구개발 내용

○ 철도 역사 내에서 정확도 높은 위치 정보를 제공하기 위해 기존 KAILOS의 확장 시스템 인 철도역사용 실내측위 시스템 구축도구 'KAI-R(철도 역사의 특수성을 고려한 WiFi기반의 실내측위 기술)'을 개발을 수행함

- 본 과제에서 개발한 KAI-R의 모태가 되는 KAILOS는 측위 서비스를 지원하는 베타버전 플랫폼으로써 WiFi 기반 측위 기술을 사용하고 있음. 그 특성을 살펴보면, 전체 측위 공정의 계획용 도구 개념이 크고, 모든 무선 환경의 특성을 고려하고 있지는 않아서 응용에 따른 추가적인 개발이 필요. 즉, 서비스를 제공하고자 하는 곳이 건물, 선박, 철도역사 등의 다른 공간이라면 그 공간 특성에 따라 새로운 모듈이 추가/개발 되어야 함. 기존 KAILOS는 WiFi 기술만이 개발되어 있으며, 무선 환경이 좋은 대형 건물에 특화되어 있음. 즉, 무선 환경이 빈번히 변하는 철도 역사의 환경에 적합하지 않음

○ 2차년도에는 KAI-R 시스템의 고도화 및 확장 연구개발, KAI-R 시스템의 서버 개발, UI/UX개발 및 기본 시스템 설정 등을 철도 역사의 환경에 맞추어 확장 및 새로 개발함

○ 3차년도에는 무선랜 신호와 블루투스 신호를 복합적으로 사용하는 측위 기법에 대한 개발과 연구를 선행연구로 진행하고, WiFi, 블루투스, PDR등의 개별 모듈의 개발하고 테스트를 진행한다. 앞 선 과정이 수행되면 신호와 센싱 데이터에 독립적으로 개발되어 있는 시스템을 통합하여 복합 실내 위치 인식 알고리즘과 시스템을 새롭게 개발함

○ 4차년도에는 개발된 KAI-R시스템을 활용하여, 역사별 지도와 라디오맵을 시스템에 탑재하고 시범 운영을 수행함



<그림 3-44> 철도역사용 WiFi 측위기술 개발 개요

나. 센서 측위 시스템 및 복합 위치 인식 알고리즘

1) PDR 측위 기술

○ Wi-Fi 실내 위치 인식은 많은 장점을 가짐과 동시에 Wireless LAN 또는 AP 망이 갖춰지지 않은 위치나 Wireless 신호 반사, 노이즈 등의 불안정 상황에서의 정확도가 떨어지는 문제점을 가지고 있음

○ 이에 각종 센서를 사용하여 보행자의 이동하는 속도나 방향, 거리 등을 파악, 출발 지점으로 부터 상대위치를 산출하는 기술인 PDR(Pedestrian Dead Reckoning)에 대한 연구가 필요함

○ PDR은 각종 센서를 활용할 수 있기 때문에 다른 측위기술과 함께 사용하는 것이 용이하지만, 반면에 센서에 의한 측위오차가 축적되기 때문에 거리가 멀어지면 보정이 필요해 진다는 단점 존재함

○ 또한, 스마트폰에 내장된 센서들의 성능적인 한계와 배터리 문제 등 제약 사항 등이 많이 있어 이를

해결하기 위한 연구를 진행하였음

가) Forward(Heading) Estimation

○ 이동 패턴을 이용한 방향 인식으로 추정된 사용자의 마지막 두 지점의 위치 정보를 통하여 사용자의 이동 방향을 구할 수 있음

○ 하지만 위치 인식의 오차가 발생하기 때문에 다양한 보정기법(칼만 필터, 파티클 필터 등)을 이용하여 이를 보정하고 사용자의 이동 방향을 추정 할 수 있음

나) Step detection

○ Step detection은 흔히 말하는 만보계가 하는 기능으로, 사람의 걸음을 가속도 센서의 변화추이를 통해 정확히 추정하는 것임

○ 본 연구에서는 기존의 보행 인식 기법인 꼭지점 검출 기법과 푸리에 변환 기법을 융합한 알고리즘으로서 두 보행 인식 기법의 장점을 모아 보행자의 걸음수를 기존 보행 인식 기법보다 정확히 인식하도록 하였음

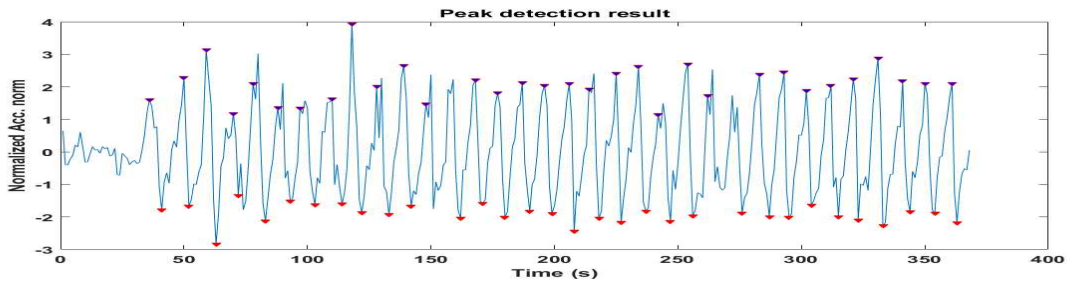
○ 보행 감지 알고리즘은 보행자의 보행 중 스마트폰의 가속도 값이 나타내는 파형을 분석하여 보행자의 보행 여부와 보행자의 걸음 수 그리고 보행자의 걸음 주기를 판단하는 것임

○ 보행자의 파형을 푸리에 변환 기법을 이용하여 주파수 성분을 확보하면, 보행자의 걸음 주기를 알 수 있음

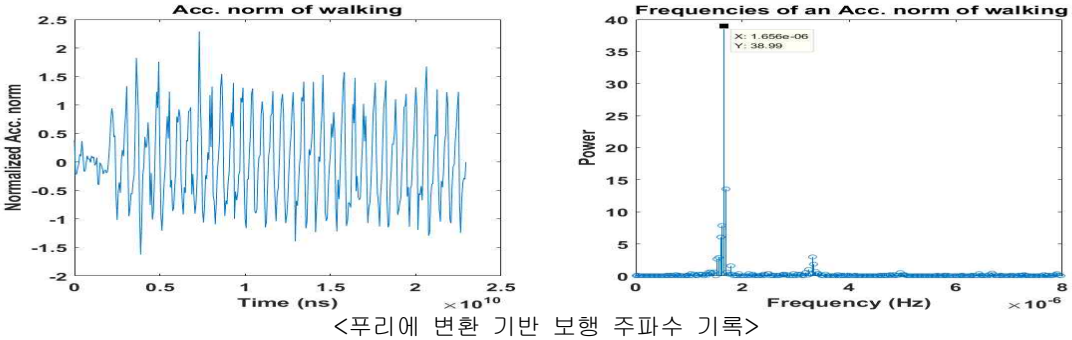
- 보행자의 걸음주기는 보행자의 걸음을 정확하게 인식하는 데에 큰 도움을 주는데, 이는 보행자의 가속도 값의 파형을 보행자의 걸음 주기만큼 보았을 때, 크기가 가장 큰 꼭지점과, 크기가 가장 작은 꼭지점으로 보행자의 걸음을 인식하면 되기 때문임

○ 꼭지점 검출 기법만을 사용하여 보행자의 걸음을 인식하는 경우에는, 국소 최대값과 최소값을 모두 걸음으로 인식하기 때문에, 어느 꼭지점을 보행자의 걸음으로 인식해야 하는 지에 대한 문제가 발생함

○ 그러나 푸리에 변환을 통해서 얻은 보행자의 보행 주파수를 이용하여 일정 시간 동안의 꼭지점의 최대값과 최소값을 찾는 문제로 축소시킬 수 있어서 보행 인식의 정확도를 높일 수 있음



<꼭지점 검출 기반 보행 인식 결과>



<푸리에 변환 기반 보행 주파수 기록>

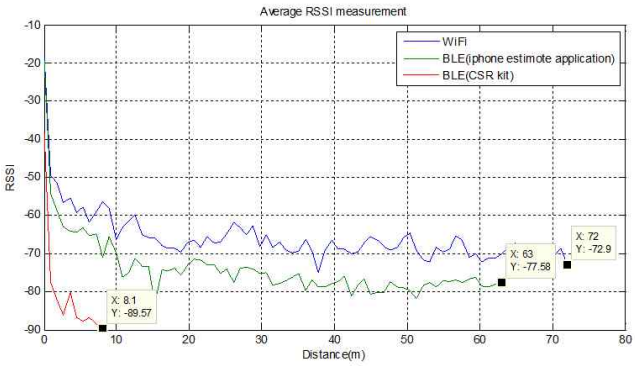
<그림 3-45> PDR 센서 수집 데이터

2) Bluetooth 측위 기술

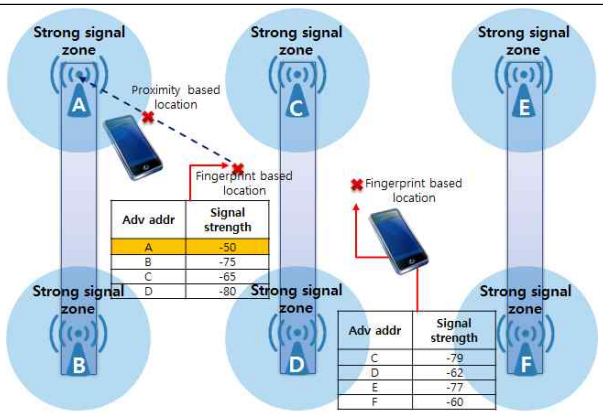
○ WiFi 신호 기반 측위는 이미 대표적인 기술로 자리 잡고 있지만, WiFi 신호가 닿지 않는 음영지역과 같이 WiFi 신호만으로 정확한 측위 결과를 기대하기 어려운 지점이 있음

○ 블루투스 측위 기술은 이러한 WiFi 신호 기반 측위 시스템의 보완 기술 혹은 대체 기술로서 각광받고 있음

- BLE 비콘의 신호 특성을 보면 아래의 그림과 같이 WiFi 신호에 비해 매우 짧은 거리로만 신호를 송출하는 것을 알 수 있으며, 이 특성을 이용하면 더 정확한 측위 결과를 도출할 수 있음



<RSSI Measurements>



<BLE Positioning>

<그림 3-46> 블루투스 측위기술 개요

○ 앞에서 제시한 실험 결과, 위의 특성으로 인해 핑거프린팅 기법만 적용했을 경우보다는 근접 기법까지 적용하는 경우 평균 오차 거리가 개선되는 것을 볼 수 있었으며, 대형 마트와 같은 open space에서는 무선신호 커버리지가 부족함으로 인해 핑거프린팅 방식의 위치 인식 보다는 근접 기법의 활용이 유용할 것으로 분석되었음

- 블루투스 기반 측위의 경우 정밀한 초기 위치 판단이 가능하고 주기적인 위치 보정이 가능할 것으로 보이며, 복합 위치 인식 방법과의 혼합을 통해 보다 정확한 측위 결과를 도출할 수 있음

3) 실내 · 외 전환 감지 알고리즘

○ 실내 · 외 구분 없이 실내 · 외 통합 위치 서비스를 제공하기 위해서는 사용자의 현재 위치가 실내인지 실외인지에 따라 적절한 측위 기술로 위치 서비스를 제공할 수 있어야 하고 사용자가 실내에서 실외로 또는 반대로 이동할 때도 마찬가지로 적절한 측위 기술로 전환할 수 있어야 함

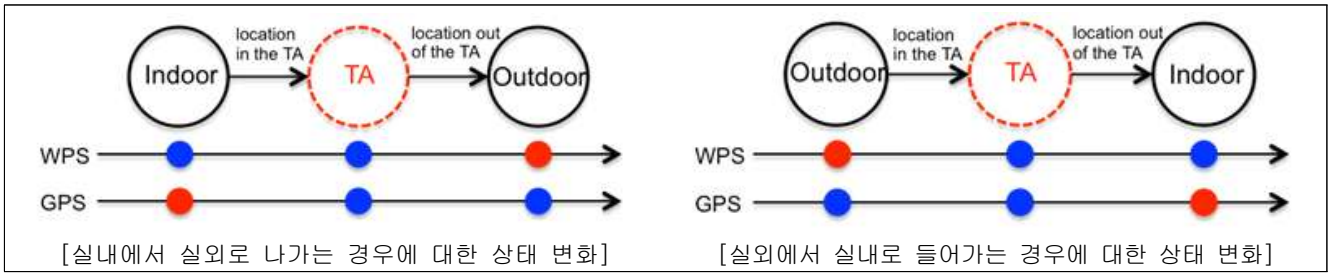
- 이러한 목표를 빠르고 효과적으로 달성하기 위해 사람들이 실내에서 실외로 나갈 수 있는 (또는 반대로) 건물 출입구 밖에 일정 영역(Transition Area, TA)을 지정하여 이 영역에 대한 GPS 위경도 좌표와 WiFi 라디오맵을 수집하였고, 상태 전환 모델을 도입하였음

○ 사람의 위치는 크게 (TA를 제외한) 실외, 실내 그리고 TA 중 하나에 속할 수 있고, 사람들이 실내에서 실외로 나갈 때 또는 반대로 지나갈 때 반드시 TA를 거쳐간다고 가정한다면 이 같은 상황을 다음과 같은 상태 다이어그램(state diagram)으로 표현할 수 있음

○ 사람이 실내에 있으면 Indoor 상태에 있게 되고, Indoor 상태에서는 WPS로 측위를 하게 됨. 이 때 WPS에서 측위 된 사람의 위치가 TA로 나오게 되면(TA에 대한 라디오맵을 수집했기 때문에 WPS로 현재 사람이 TA에 있는지 판단할 수 있음) 현재 상태를 TA로 전환하고 GPS를 가동함

○ TA 영역에서는 WPS와 GPS가 동시에 가동되게 되는데, 그 이유는 WPS로는 사람이 다시 실내(Indoor 상태)로 들어갔는지 판단하고, GPS로는 위경도 좌표로 표현되는 TA 경계 영역을 벗어나 실외(Outdoor 상태)로 빠져나갔지 판단하기 위함. GPS 위치 정보를 가지고 사람이 TA 영역을 벗어나게 되면 그 때부터는 Outdoor 상태로 전환하고 WPS를 꺼서 배터리를 절약함

○ 사람이 실외(Outdoor 상태)에 있으면 GPS 측위로 사람의 위치를 인식하고, GPS 위치 값이 TA 영역 안에 들어오게 되면 현재 상태를 TA 로 전환하고 WPS를 가동함. WPS가 가동되기 때문에 사람이 TA에서 실내로 들어갔는지 판단하게 됨. 그러면 현재 상태를 Indoor로 전환하고 GPS를 끔



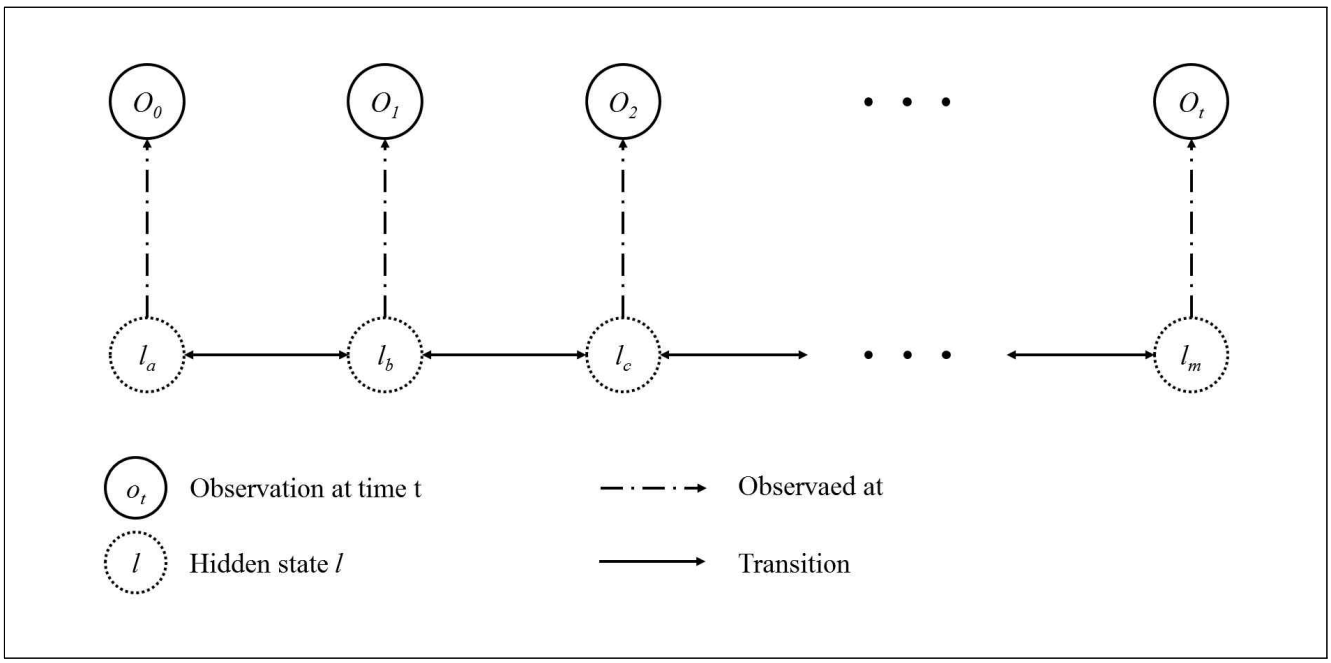
<그림 3-47> 실내·외 전환에 따른 위치인식 기술

4) 확률적 융합 알고리즘

○ 해당 알고리즘은 핑거프린트 기반 실내 위치 측정을 함에 있어서 과거의 측위 결과를 반영하여 현재의 위치 측위 정확도를 향상시키는 알고리즘임

○ 알고리즘을 이해하기 위하여 근간이 되는 Hidden Markov Model (HMM) 을 소개가 필요함

- 해당 모델은 여러 상태들(states)과 한 상태에서 다른 상태로의 전이(transition) 로 이루어진 모델로서, 각 상태마다 관찰 가능한 값(observations)이 발생하는 것을 모델로 하였음. 여기서 은닉된 상태(hidden state)라 함은 관찰된 값은 있지만 어느 상태에서 해당 값이 관찰됐는지는 알지 못함을 의미함



<그림 3-48> Hidden Markov Model

○ 핑거프린트 방식의 실내 위치 인식은 해당 모델로 표현될 수 있을 만큼 그 특징이 유사함

○ 핑거프린트 방식에서는 수집된 Wi-Fi 신호 값이 각 위치마다 다르다는 것에 착안하여, 수집된 신호 값을 가지고 위치를 찾는 방식임

- 수집된(혹은 관찰된) 값은 위치(혹은 상태) 종속적이라는 점에서 Hidden Markov Model 과 유사함. 또한 실제로 실내 측위를 하게 되면 목표물의 위치는 알 수 없지만 해당 목표물이 수집한 신호 값을 알 수 있다는 점에서 은닉된 상태(hidden state)와 유사함

○ 실제로 이와 같은 유사성으로 인해 실내 위치 인식 분야에서 HMM을 응용한 방식이 연구됨

○ 특히 Hidden Markov Model에서 유명한 Viterbi algorithm은 실내 위치 인식에 활용한 연구들이 많이 있어왔음

○ 해당 알고리즘은 크게 다음과 같은 두 가지 단점을 가지고 있음

- 첫째로, 주어진 상태에서의 핑거프린트 관측 확률을 구하기 위해 많은 수의 핑거프린트를 수집하여 신호 분포를 확보해야함

- 둘째로, Wi-Fi로는 신뢰성 있는 전이 확률을 정의하기 어려움

○ 확률적 융합 알고리즘은 이러한 두 가지 단점을 해결하기 위한 연구를 실시하였고, 확률 이론에 근거하여 알고리즘을 개발하였음. 해당 알고리즘은 기존의 Viterbi 알고리즘의 개념적인 사상에 확률 이론에 기인한 수식을 전개하여 얻어진 알고리즘을 융합하여 창출되었음

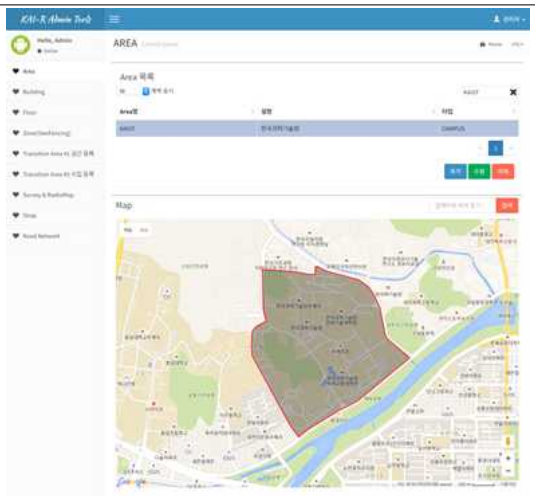
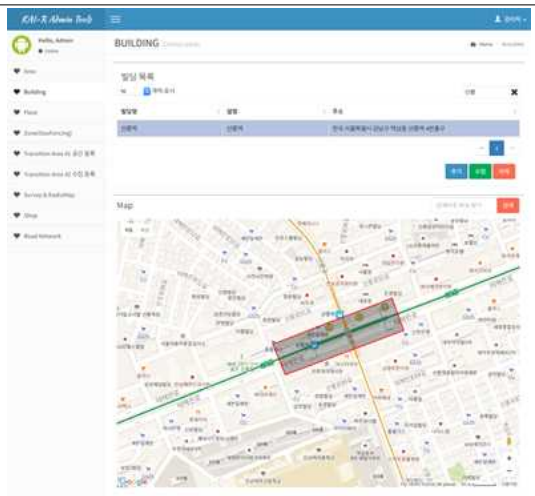
- 도출된 Viterbi 알고리즘의 최종 식은 다음과 같다.

$$V_t(o_t, l_t) \approx P(l_t \mid o_t) * \max_{l_{t-1} \in S(l_t)} [V_{t-1}(o_{t-1}, l_{t-1}) * P(d_{t,t-1} \mid l_t, l_{t-1})] \quad \text{식 (1)}$$

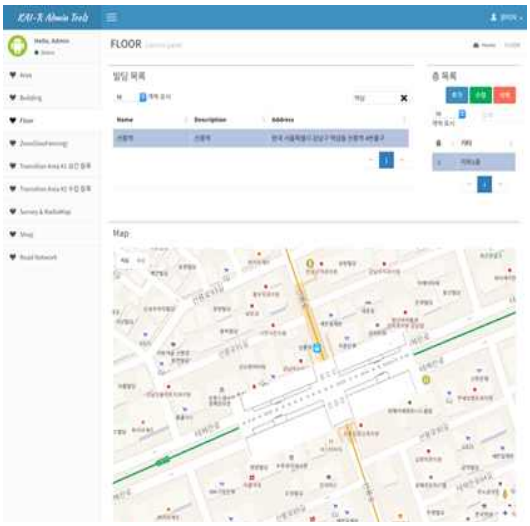
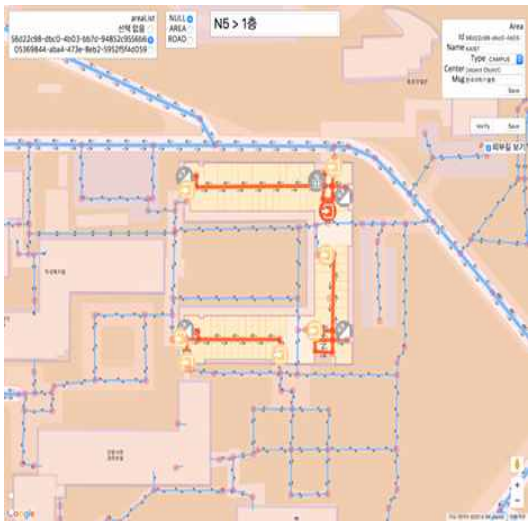
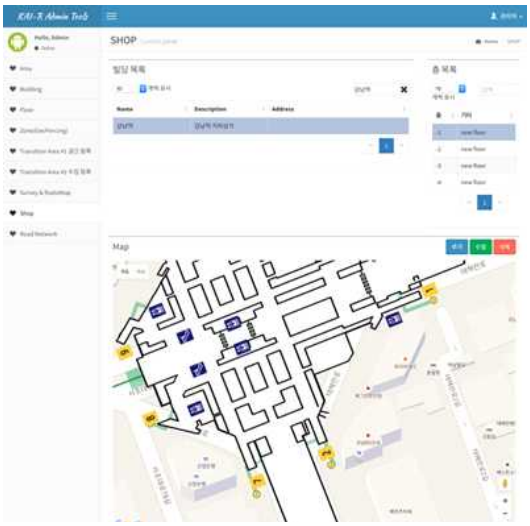
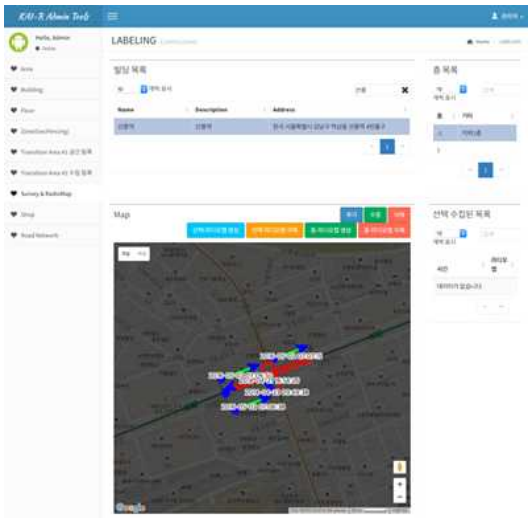
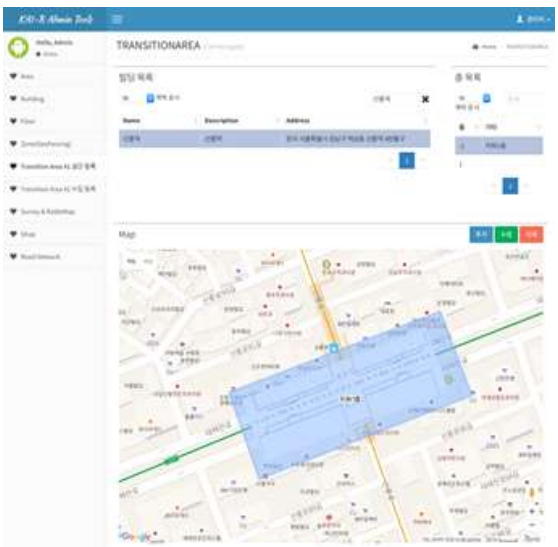
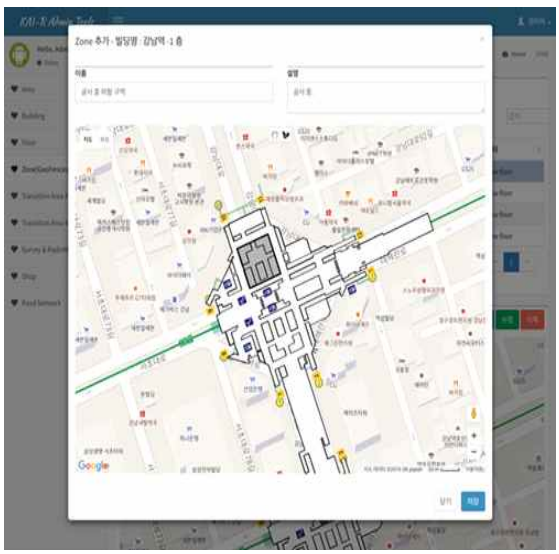
다. KAI-R(철도 역사의 특수성을 고려한 WiFi기반의 실내측위 기술) 개발

○ 철도 역사용 수집 계획 툴인 KAI-R에 대한 개발 내용 및 이미지

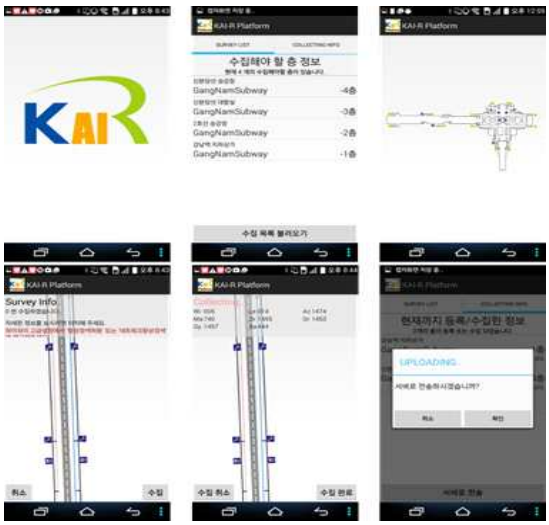
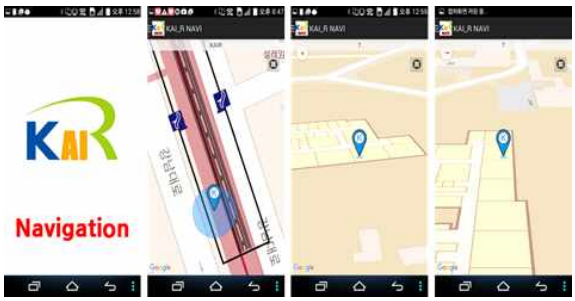
<표 3-16> KAI-R 개발내용

개발 내용	Area : 지역 구분을 위한 데이터, 영역 외에서는 외부 엔진 사용	Building : 측위하고자 하는 건물 등록 및 관리
개발 화면		

<표 계속> KAI-R 개발내용

<table>
<tr><td>개발
내용</td><td>Floor : 등록된 건물에 대해 모든 정보를 관리</td><td>Road network : 길찾기 서비스를 위한 로드 네트워크 구축 관리 메뉴</td></tr>
<tr><td>개발
화면</td><td> 
</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>개발
내용</td><td>Shop : POI 개념 확장, 폴리건 형태</td><td>Survey & Radiomap : 수집계획 관리 및 라벨링</td></tr>
<tr><td>개발
화면</td><td> 
</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>개발
내용</td><td>Transition area: 실내외 구분.
Seamless navigation</td><td>Zone: geofencing 기능 지원</td></tr>
<tr><td>개발
화면</td><td> 
</td><td>  </td></tr>
</table>

<표 계속> KAI-R 개발내용

<table>
<tr><td>개발
내용</td><td colspan="2">Fingerprint Refinement: 서비스 지역의 Wi-Fi 환경 분석, AP 음영지역 분석</td></tr>
<tr><td>개발
화면</td><td colspan="2">  </td></tr>
<tr><td>개발
내용</td><td>KAI-R collector: 데이터 수집</td><td>KAI-R navigation: 방향 정보를 포함한
내비게이션 서비스</td></tr>
<tr><td>개발
화면</td><td>  </td><td>  </td></tr>
</table>

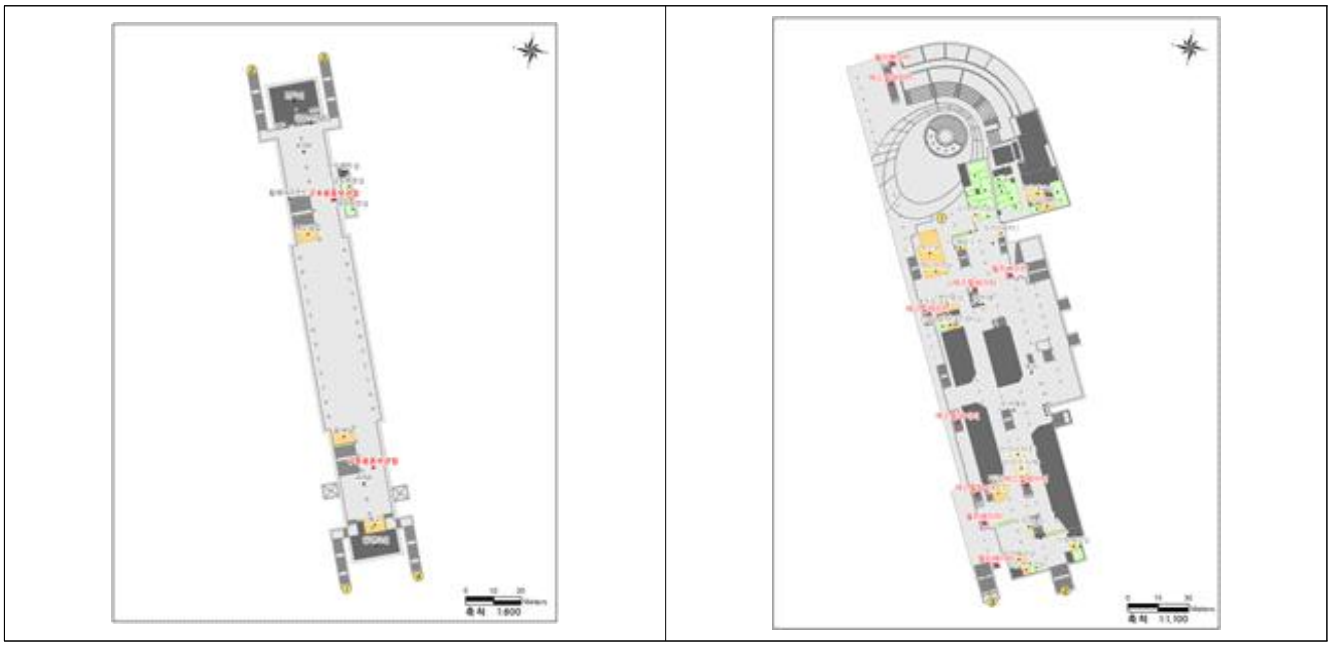
라. 철도역사 내 실내측위 뷰어용 실내맵 제작

○ 철도 역사 실내 경로안내를 위한 시범운영 3개역사 실내맵 제작

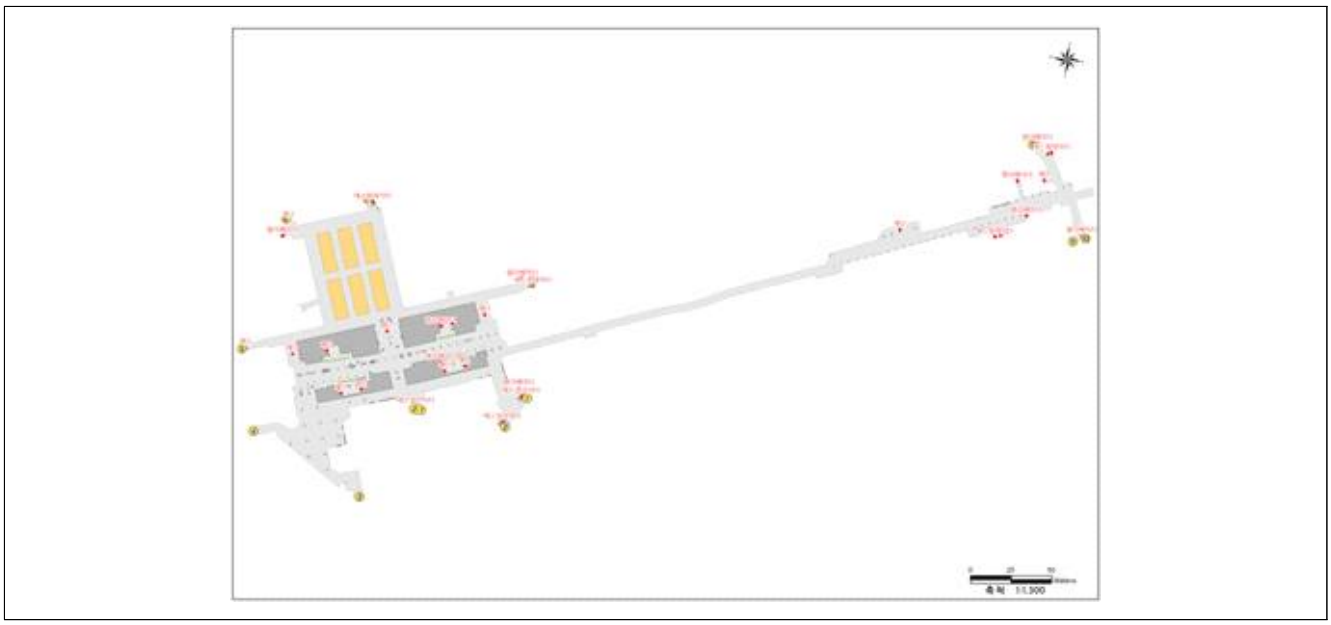
- 건축도면과 현장조사 데이터를 기반으로한 실내맵 구축

<표 3-17> 실내역사 데이터 구축 항목

구분	데이터항목	표출상세
1	서비스 맵	계단, 출입구, E/V, E/S, 상가, 관리실, 기둥 등
2	시설물 POI	자판기, 공중던화, 쓰레기통, 교통카드, 충전소, 물품보관소 등
3	비상시설물 POI	소화기, 소화전, 휴대용 비상조명등, 구호용품보관함 등
4	네트워크 DB	역사 층별 노드, 링크 데이터 등



<그림 3-49> 실내 측위 뷰어용 실내맵(신정네거리역, 신도림역)



<그림 3-50> 실내 측위 뷰어용 실내맵(잠실역)

마. KAI-R 위치측위 정확도 검증

1) 테스트베드 측위 환경 분석

가) 신정네거리역

○ 신정네거리역은 대부분 복도형으로 구성되어 있으며, 출구 지역을 제외하고는 대부분 지역에서 강한 신호의 AP가 존재하여 어느 정도 신뢰성 있는 Wi-Fi 측위가 가능한 환경으로 구성됨

○ 1차년도 및 2차년도의 필드 테스트에서 해당 역사를 테스트베드로 선정하여 WiFi 및 PDR, BLE 등의 단일 센서 측위 및 복합 측위 테스트를 진행하였으며, 그 결과 별도의 인프라 설치 없이도 약 Wi-Fi 기준 2-4m 정도의 측위 정확도를 나타내는 것으로 분석되었음

○ 신정네거리 역사의 라디오맵을 수집하였으며, WiFi 무선 신호만을 이용한 측위 기법과 PDR을 적용시킨 측위 기법에 대한 정확도를 도출하였음

<표 3-18> 신정네거리역 측위 정확도

구분	WiFi + PDR	WiFi
지하1층	2.455586 m	1.56099 m
지하2층	2.470039 m	2.021973 m
지하3층	4.008811 m	3.875736 m

나) 신도림역

○ 신도림역은 지상1층과 지하1,2층 그리고 지선 열차로 환승하는 구간 등 매우 복잡한 구조로 이루어져 있음

- 특히, 신도림역에서 내선순환 열차로 갈아타기 위해서는 다양한 경로를 거쳐 이동해야함

○ 신도림역에는 비교적 다양한 AP들이 존재하며 -70dbm 이상의 신호 세기를 보이는 AP들이 보여지고 있지만, 측위를 위한 최적의 환경은 아닌 것으로 조사됨.

- 일반적으로 3미터 이내의 정확한 측위를 위해서는 약 10개 정도의 강한 신호를 갖는 AP들이 존재해야 하지만 추가적인 인프라 구축 없이도 약 5미터 이내의 정확도를 도출 할 수 있는 환경으로 분석됨

○ 환승구간에서의 경우 소수의 AP들만이 존재하며 무선 신호의 세기 역시 -90dbm 정도로 매우 약한 것으로 조사됨. 이런 환경의 경우 약 10미터 혹은 그 이상의 측위 결과가 나올 수 있으며 정확도의 개선을 기대하기는 어려움.

- 보통 -90dbm의 무선 신호 세기는 스마트폰에서 안테나 아이콘이 한 개 뜨는 정도를 나타내며 데이터 통신을 하기에도 무리가 있는 환경을 나타내며, 이런 경우는 부득이하게 추가적인 AP를 설치하거나 다른 인프라를 설치하여 측위 정확도를 높이는 방법이 적용되야 함

○ 이와 같이, 신도림역은 무선 신호 환경이 좋은 곳과 그렇지 않은 곳이 확연이 구분되는 환경으로, 측위 정확도에 있어서도 환경에 의존적으로 차이가 있을 것으로 보여지며, open space를 포함하고 있어 서베이 라인 구성에 따라 정확도가 크게 달라질 수 있는 환경으로 분석됨

다) 잠실역

○ 시나리오의 종착역인 잠실은 지하철 2호선과 8호선이 교차하는 구간이며, 2호선 라인에서 8호선으로 이동하는 구간이 기다란 터널로 연결되어 있음

○ 시나리오에서 8호선 구간은 제외하였으며, 잠실역 2호선 하차 후 실외로 이동하는 경로를 지정하였으므로, 2호선 구간에 해당되는 지역만 무선 환경에 대한 조사를 진행하였음

○ 매장 구간에서는 다수의 AP들이 관측되며, 신호 역시 매우 양호한 것으로 조사됨. 그러나, 출구쪽으로 갈수록 AP들의 개수가 현저히 줄어들며 측위에 유효한 신호 역시 매장 구간에 비해 감소하는 현상으로 조사됨

○ 잠실역은 지하 1층 대합실의 경우 open space 형태로 존재하며, 끝단으로 갈수록 AP환경이 안 좋아지는 경향을 보이지만, 측위를 하는데 있어 크게 지장은 없을 것이라 예상됨(AP 환경이 좋지는 못함)

○ 그리고 지하 1층 5번 출구 방향 상가 구간은 매장에서 개별적으로 쓰는 AP들과 공용 AP들이 다수 존재하고, 대합실에서 5번 출구 방향으로 가는 삼거리부터 출구까지 좋은 AP 환경이 구성되어 있음

- 출구쪽으로 갈수록 AP환경이 좋지는 못하나, 측위에는 크게 영향이 없을 것으로 판단됨

○ 지하 1층 쇼핑센터 백화점 방향 지역의 경우 상가 5번 출구 방향과 마찬가지로 각 점포에서 개별적으로 쓰는 AP와 공용 AP가 혼재하는 형태로 조사됨

- 비교적 좋은 AP 환경이 구성되어 있으나, 중간 중간 open space가 존재하여 정확도가 떨어질 수 있음

○ 지하 2층 지하철 플랫폼 지역은 끝단으로 갈수록 무선 신호 환경이 좋지 못하나, 만족스러운 측위 결과를 도출 할 수 있을 것으로 분석됨

○ 결론적으로 잠실역은 무선 신호 환경이 비교적 좋은 상태에 속하며, 측위에 유리한 환경을 조성하고 있다고 분석됨. 그러나 간헐적으로 존재하는 open space가 측위 결과에 불리하게 작용할 수 있는 것으로 판단됨

라) 종합

○ 다음 표에서 각 역사에서 실내측위에 사용되는 AP 분포와 무선 신호 세기를 제시하고 있음

- 각 그래프는 AP 별 신호 세기를 나타내며, y축의 값이 높을수록 강한 신호 세기를 표현함

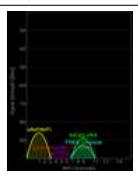
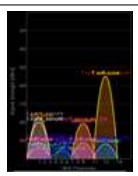
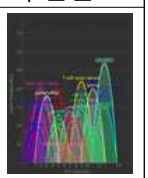
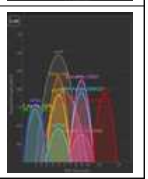
○ 3개 시범역사의 측위를 위한 무선환경 분석 결과 상대적인 정도를 제시하고 있음

<표 3-19> 시범운영 구간 측위환경 분석 결과

<table>
<tr><th>역사</th><th>신정네거리역 (일반적인 역)</th><th colspan="2">신도림역 (환승 역)</th><th colspan="2">잠실역 (상업지구 역)</th></tr>
<tr><td rowspan="3">측위 환경 분석 결과</td><td>▪ 지하1층
-Open space 형태로 무선 환경이 좋지 못함
▪ 지하2층(승강장)
-소수의 AP 존재로 무선환경이 나쁨

∴ 실내측위 환경 나쁨</td><td colspan="2">▪ 지상1층(승강장)
-다양한 AP존재로 무선환경이 좋음
▪ 지하1층(환승구간)
-본선 환승구간은 무선환경 보통
-지선 환승구간은 무선환경 나쁨
▪ 지하2층(승강장)
-승강장 끝단으로 갈수록 무선 환경이 좋지 못함

∴ 실내측위 환경 보통</td><td colspan="2">▪ 대합실
-Open Space 형태로 무선 환경이 좋지 못함
▪ 지하1층(상가)
-상가에서 개별적으로 사용하는 AP가 다수 존재하여 무선환경이 좋음
▪ 지하2층(승강장)
-승강장 끝단으로 갈수록 무선환경이 좋지 못함

∴ 실내측위 환경 좋음</td></tr>
<tr><td>현장실험</td><td>측위위치</td><td>무선신호</td><td>측위위치</td><td>무선신호</td></tr>
<tr><td>  </td><td> 
  </td><td> 
  </td><td> 
  </td><td> 
  </td></tr>
</table>

2) 위치측위 정확도 검증 시나리오 설정

○ 연구개발 목표의 달성도를 평가하기 위한 방법으로 3개 역사(신정네거리, 신도림, 잠실)를 테스트베드로 선정하고 Door to Door 개념을 적용하기 위해 실내 → 실외 → 실내 → 실외의 경로를 설정하였음

① 신정 네거리 투썸플레이스 (실내) 출발

② 투썸플레이스 → 신정네거리 3번 출구 이동 (실외)

③ 신정 네거리 3번 출구 진입 (실내) → 지하 1층 이동 → 지하 2층 이동

④ 신도림 방향으로 지하철 탑승

⑤ 신도림역 하차 후 잠실방향 내선 순환 열차로 환승

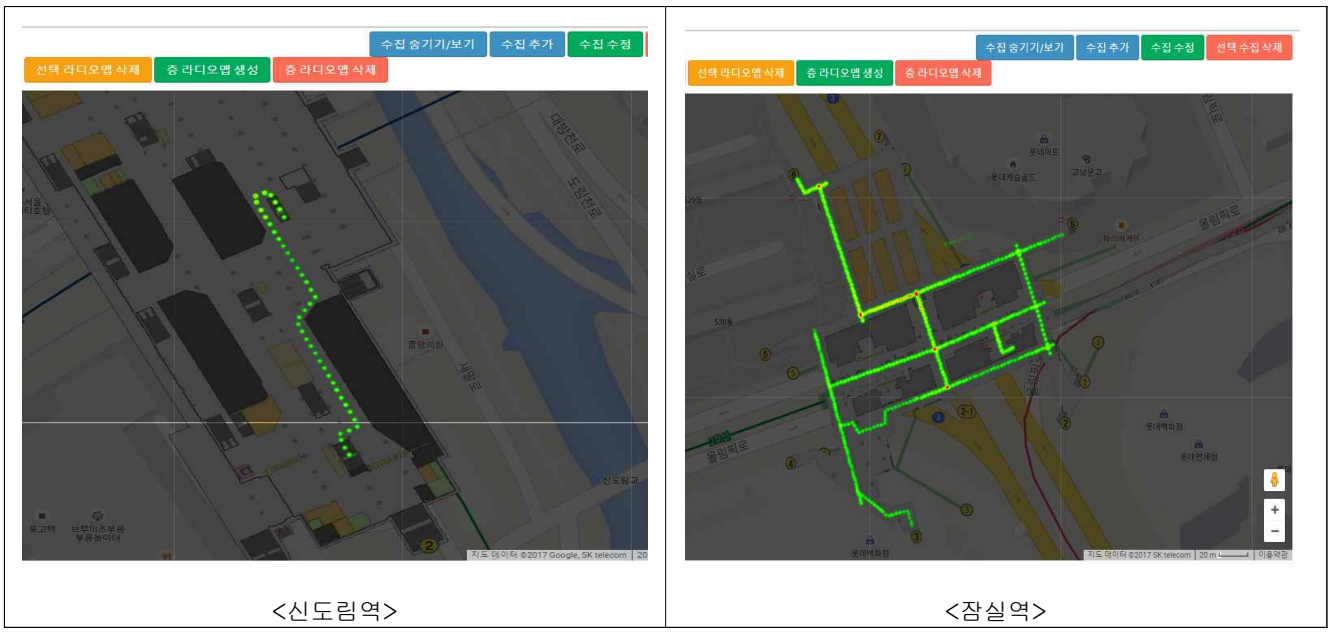
⑥ 잠실역 하차 후 지하 2층 → 지하1층 → 6번 출구로 이동

⑦ 잠실역 6번 출구 진출 (실외)

⑧ 잠실역 6번 출구 앞 버스 정거장에서 내비게이션 종료

○ 신호 수집은 연구진이 개발한 KAI-R 데이터 컬렉터 앱을 이용하였으며, WiFi 신호 데이터가 이 앱을 통해 수집되었음. 실험을 위한 서베이라인 수립 계획 및 테스트 위치 지정은 KAI-R 시스템을 이용하여 진행되었음

○ 주요 테스트 지점은 최종적으로 서비스가 제공되는 도어 투 도어의 개념을 사용하여 실제 사용자가 이동할 수 있는 경로를 설정하여 정확도를 도출하였음



<신도림역> <잠실역>

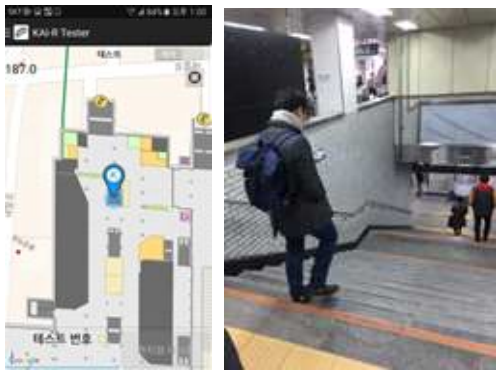
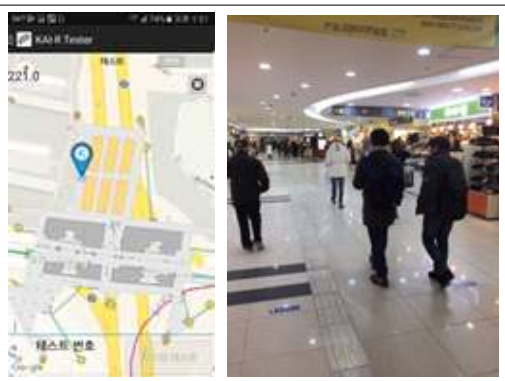
<그림 3-51> KAI-R 구성 모습(신도림, 잠실)

3) 위치측위 정확도 검증 결과

○ 일반 사용자는 내비게이션 앱 상에서 출발지와 목적지를 설정하고, 본 시나리오와 같이 Door to Door 서비스를 제공받을 수 있음

○ 본 연구진은 KAI-R 테스트 내비게이터를 사용하여 설정된 시나리오를 수행하였으며, 모든 구간에서 만족할만한 결과(측위 오차 5m 이내 달성)를 도출하며 시스템이 동작하는 것을 확인하였음

<표 3-20> 시범운영 구간 측위 정확도 도출 결과

구분	min	max	mean	측위모습
신정 네거리역	2.45 m	7.56 m	**3.42 m**	
신도림역	2.47 m	6.02 m	**3.25 m**	
잠실역	2.00 m	6.87 m	**3.21 m**	

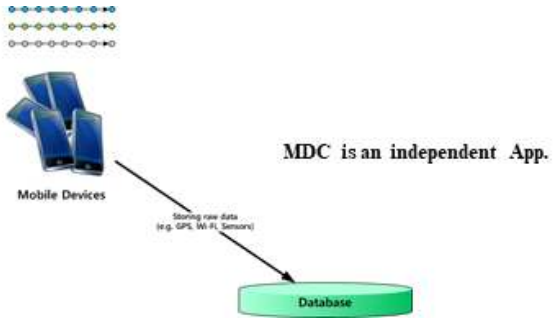
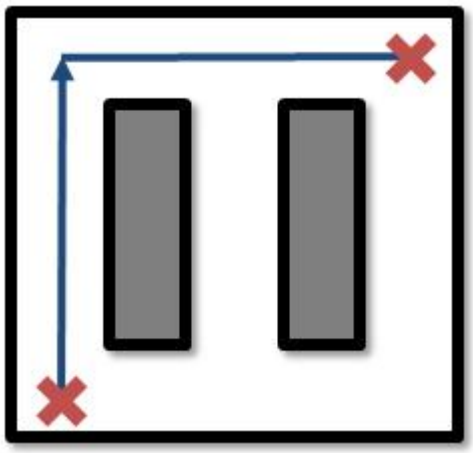
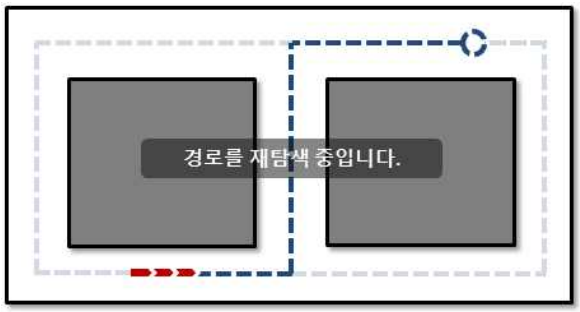
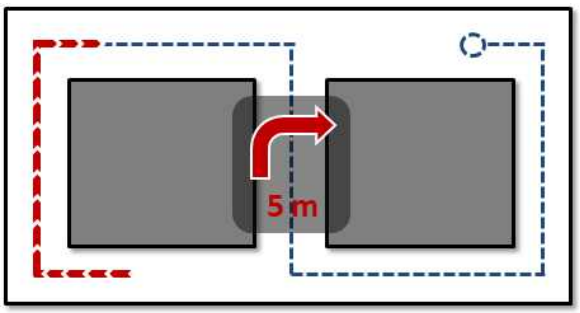
바. 내비게이션 추가 모듈 개발 및 KAI-R 모니터링

1) 내비게이션 추가 모듈 개발

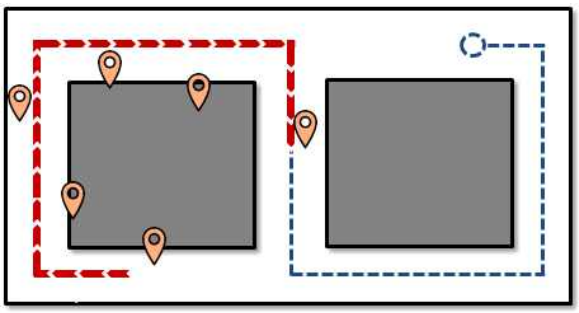
○ 공동연구기관인 유티정보㈜ 기술에서 개발한 D2D 통합 시스템의 실내 내비게이션 추가 기능을 개발하여 시스템 통합을 진행함

○ 실내 내비게이션을 위한 최종 작업으로써 사용자에게 길안내 편의 제공을 위해 필수적으로 구현되어야 하는 기능을 탑재 함

<표 3-21> 내비게이션 추가 모듈 개발

개발 내용	Mobile data collector: 학습데이터 수집을 위한 모바일용 수집 도구	Road network API : 길찾기 서비스를 위한 로드 네트워크 생성 모듈
개발 화면		
개발 내용	Station detection : 지하철 구간 이동시 UI에 표출하는 기술 개발	경로 재탐색 : 안내 경로에서 이탈 시 새로운 경로 제공
개발 화면		
개발 내용	Turn by turn: 경로 안내 시 방향에 대한 안내와 거리에 대한 안내 등을 제공	비상 상황 POI: 비상 상황시 필요한 도구에 대한 POI 제공
개발 화면		

<표 계속> 내비게이션 추가 모듈 개발

개발 내용	Map matching: road network와 측위 지점을 일치 시키는 작업	
개발 화면		

2) 시스템 모니터링

○ 2018년 1월~5월까지 기 개발된 KAI-R 시스템의 현장 테스트 및 보완을 진행하고, 주기적인 모니터링을 통해 정확도 검증을 진행함

○ 본 결과는 내비게이션을 통한 측위 정확도가 아닌, raw 데이터에 대한 정확도를 도출한 것으로써, 실제 내비게이션이 구동될 경우에는 정확도가 현저히 좋아질 수 있음

○ 본 모니터링의 목적은 시간이 지나도 반복적으로 데이터를 수집하지 않고, 기존의 데이터를 지속적으로 활용할 수 있음을 검증하는데 있음

○ 오픈된 공간을 형성하고 있는 지역의 경우 정확도가 떨어질 수 있으나, 내비게이션 서비스를 제공하는데 있어 사용자가 불편함을 느끼는 정도는 아니라고 판단함

<표 3-22> 신정네거리 측위 정확도 모니터링

구분	1월	2월	3월	4월	5월
지하 1층	3.9 m	4.0 m	4.3 m	3.1 m	4.0 m
지하 2층	5.2 m	4.6 m	5.7 m	3.7 m	5.7 m
지하 3층	10.5 m	11.0 m	11.0 m	11.8 m	11.1 m

<표 3-23> 신도림 측위 정확도 모니터링

구분	1월	2월	3월	4월	5월
지하 1층	5.3 m	4.6 m	4.7 m	5.4 m	5.4 m
지하 2층	7.5 m	7.0 m	5.3 m	5.5 m	7.3 m

<표 3-24> 잠실 측위 정확도 모니터링

구분	1월	2월	3월	4월	5월
지하 1층	4.3 m	4.2 m	4.1 m	4.7 m	4.2 m
지하 2층	8.5 m	9.3 m	8.1 m	9.0 m	7.8 m

사. WiFi 기반의 실내측위 기술 적용 대상 및 범위

○ WiFi 기반의 측위 기술을 시범운영 역사가 아닌 다른 역사에 적용하기 위해선 일부 수정이 필요함

- 뷰어용 실내 이미지맵 제작
- 실내측위를 위한 Radio map(전파맵) 구축

○ 실내측위 기술 적용 대상

- WiFi 장치가 설치되어 있는 역사에서는 역사 구조 및 위치에 제약 없이 개발한 실내측위 기술을 적용할 수 있음(역사 구조에 의해 측위정확도의 차이는 발생 할 수 있음)
- 지상역사, 지하역사, 실내역사, 실외역사 적용 가능

○ 실내측위 기술 적용 범위

- WiFi 기반의 실내측위 기술은 일반적인 역사 조건에서 적용이 가능하도록 개발하였음
- 일반적인 역사에 관한 적용 조건은 다음 표에서 제시하고 있음

<표 3-25> WiFi 실내측위 기술의 적용 범위 (일반적인 역사 조건)

구분	적용 범위
조도	제한 없음
역사 크기	제한 없음
지하 깊이	제한 없음
통신망	IEEE 802.11 a/b/g/n
AP 설치 분포	$90m^2$ 당 3개 이상
실내역사 재질	제한 없음
실내역사 구조	복도형 구조에서 원활한 구동이 가능하나, 오픈형 구조에서는 구동 효율이 떨어짐

아. 추가 연구내용

○ 스마트폰에 내장되어 있는 관성센서 및 PDR 센서를 활용한 정확도 보완 기술 개발

- AP환경이 좋지 않은 곳에서도 높은 측위 정확도를 위한 추가 연구 개발 필요

6. GPS 음영지역 극복을 위한 스마트폰 카메라와 마커를 활용한 실내측위 기술

가. 마커측위 기술 개요

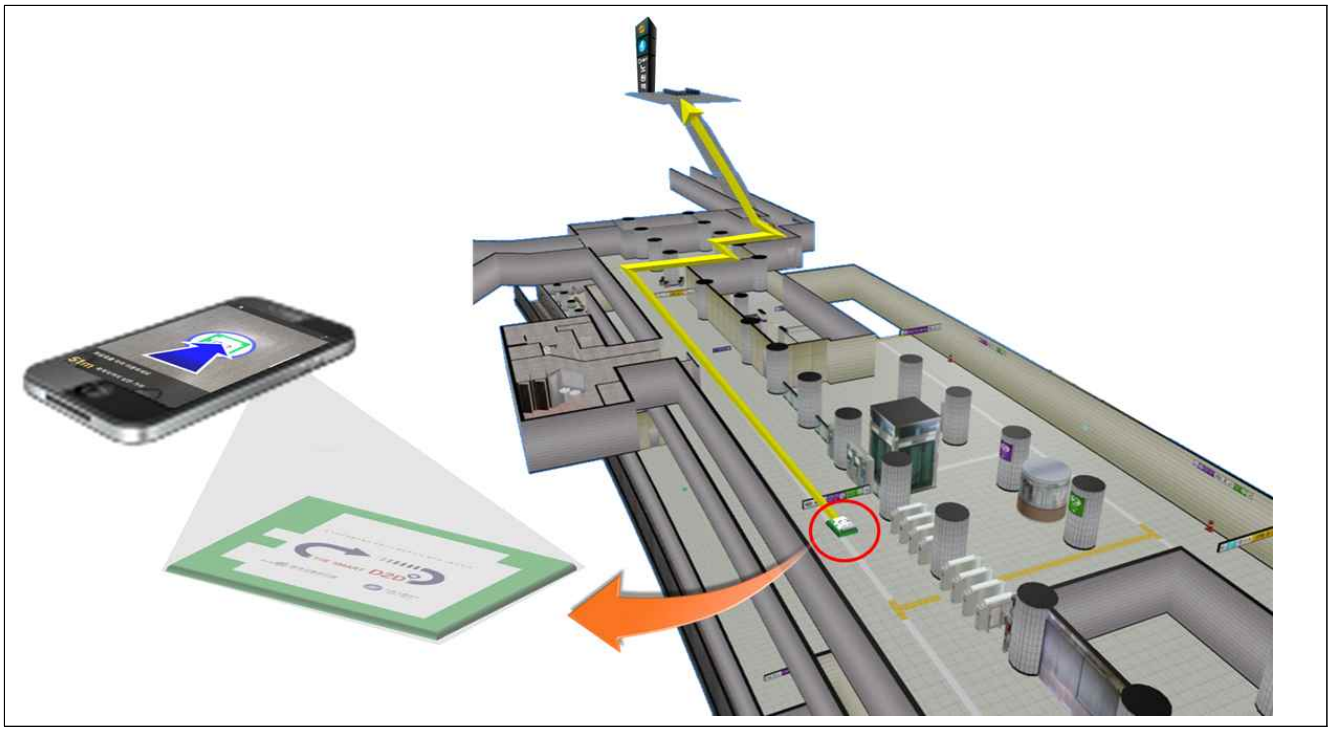
○ 스마트폰 카메라로 바닥면에 부착된 마커를 인식함으로써 실내에서 현위치를 측위할 수 있는 기술

○ 기존 실내측위 기술과의 차별성

- Android와 IOS 소프트웨어 모두 적용이 가능한 기술
- 마커 인식에 따른 오차가 없는 높은 측위정확도
- 바닥면에 마커를 부착하는 형태로 다른 측위기술에 비해 설치가 간편
- 설치 및 유지·보수 시 위한 경제적인 비용

○ 정보약자(외국인, 초행자, 고령자)에게 직관적인 증강현실 기반의 경로안내 기술

○ 철도 역사 뿐만 아니라 경로안내가 필요한 복합쇼핑몰, 실내주차장, 공항 등에 적용이 가능



<그림 3-52> 스마트폰 카메라와 마커측위기술 개념

나. 마커 구성

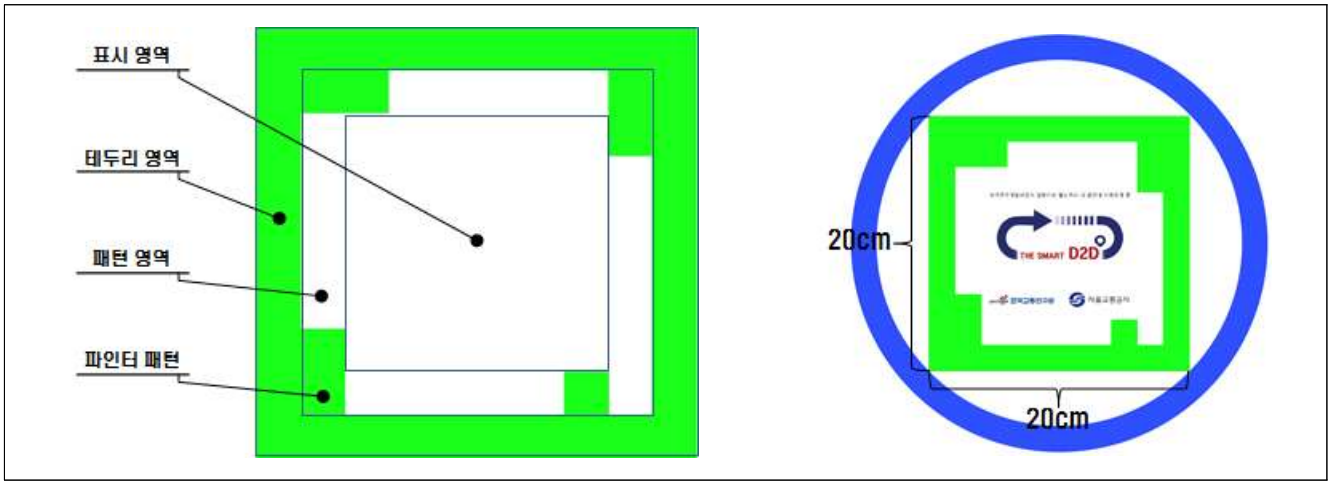
○ 마커는 동일한 너비를 갖는 10×10 셀로 구성되어 있음

○ 보행자의 심미성과 마커의 원활한 인식을 위해서 20cm×20cm의 크기로 구성되어 있음

○ 보행자의 눈에 띄기 쉬운 밝은 녹색과 흰색으로 구성되어 있음

○ 역할에 따라 각기 다른 4개의 영역으로 구성되어 있음

- 테두리영역 : 가장 바깥 셀에 위치하고 있으며, 카메라가 마커를 인식하는 기준이 되는 영역
- 패턴영역 : 테두리영역 바로 안쪽에 위치하고 있으며, 마커의 정보를 포함하고 있는 영역
- 파인더패턴 : 패턴영역 내 모서리 부분에 위치하고 있으며, 마커의 방향정보(회전정보)를 포함하고 있는 영역
- 표시영역 : 마커의 가장 안쪽에 위치하고 있으며, 이용객들에게 시각적 정보를 제공할 수 있는 영역



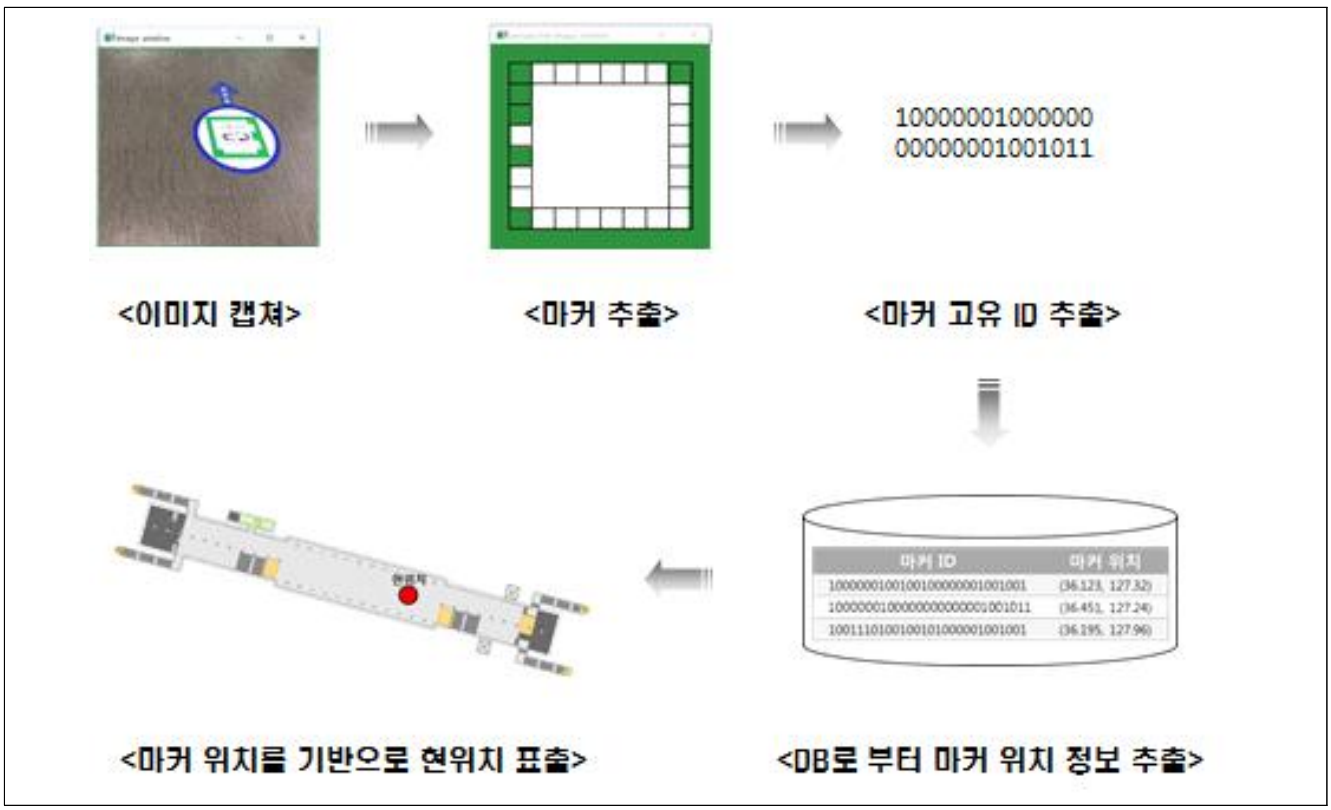
<그림> 마커 구성

다. 스마트폰 카메라를 활용한 마커 인식 기술

○ 마커 인식 기술은 카메라 화면 이미지를 다양하게 변환하고 분석하는 작업이 필수적이기 때문에 대표 이미지 처리 라이브러리인 OpenCV를 개발 기술에 적용함

○ 마커는 3단계로 구분하여 인식

- 1단계 : 마커의 이미지를 스마트폰 카메라를 통하여 캡쳐
- 2단계 : 캡쳐한 이미지를 HSV색상 모형을 변환하여 빛에 대한 영향을 줄여 마커의 윤곽선을 추출
- 3단계 : 추출한 윤곽선에서 패턴영역을 이진법으로 변환하여 마커 고유의 ID를 추출
- 4단계 : 추출한 마커 고유의 ID와 경로안내 DB를 비교
- 5단계 : 경로안내 DB에서 인식한 마커의 좌표를 불러와 현 위치를 표출



<그림 3-53> 마커인식 기술

라. 경로안내 DB 구성

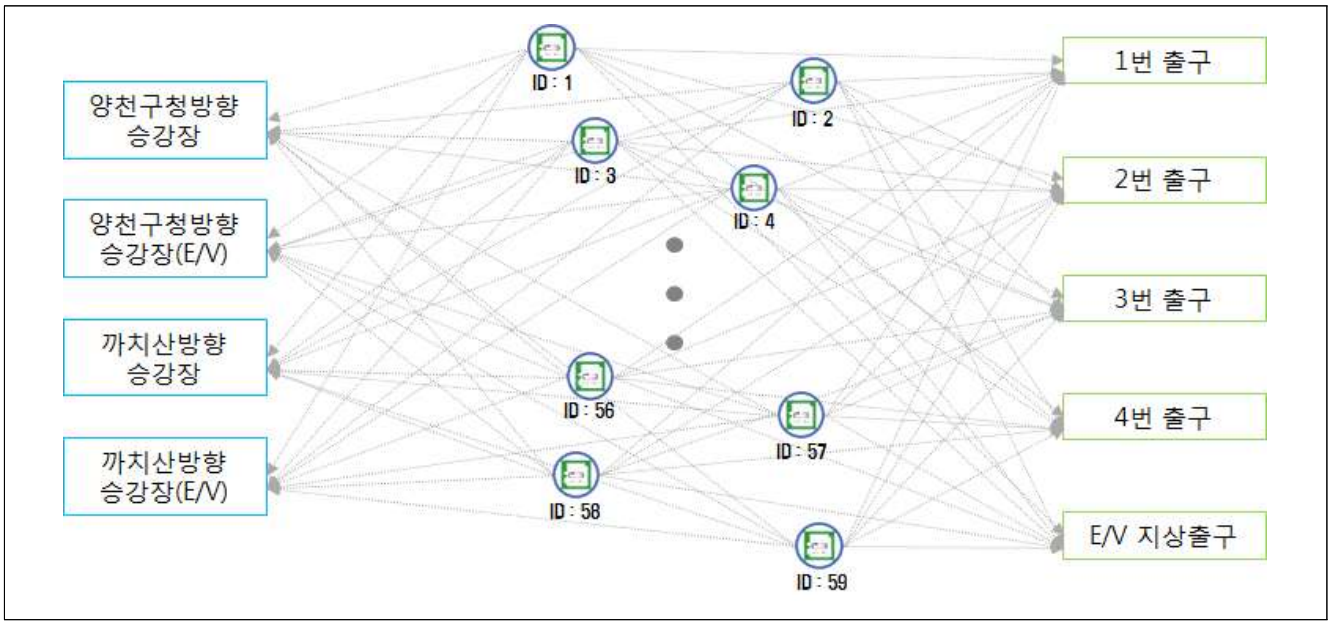
1) 최종목적지 선정

○ 경로안내 DB 구성을 위해서는 최종목적지 선정이 필요함

○ 신정네거리역의 통행패턴을 파악해서 최종목적지를 정의하였음

- 열차 승차를 위한 통행
- 타 교통수단 환승 및 외부 목적지를 향한 통행

○ 최종목적지는 9개로 양향뱡 승강장과 각 출구를 선정하였음



<그림 3-54> 마커와 최종목적지 간 경로안내

○ 각 마커로부터 최종목적지까지 경로안내가 가능한 네트워크 수는 총 531가지로 구성되었음

○ 일반 목적지와 E/V 목적지의 구분은 교통약자를 배려한 경로안내를 위해 구성되었음

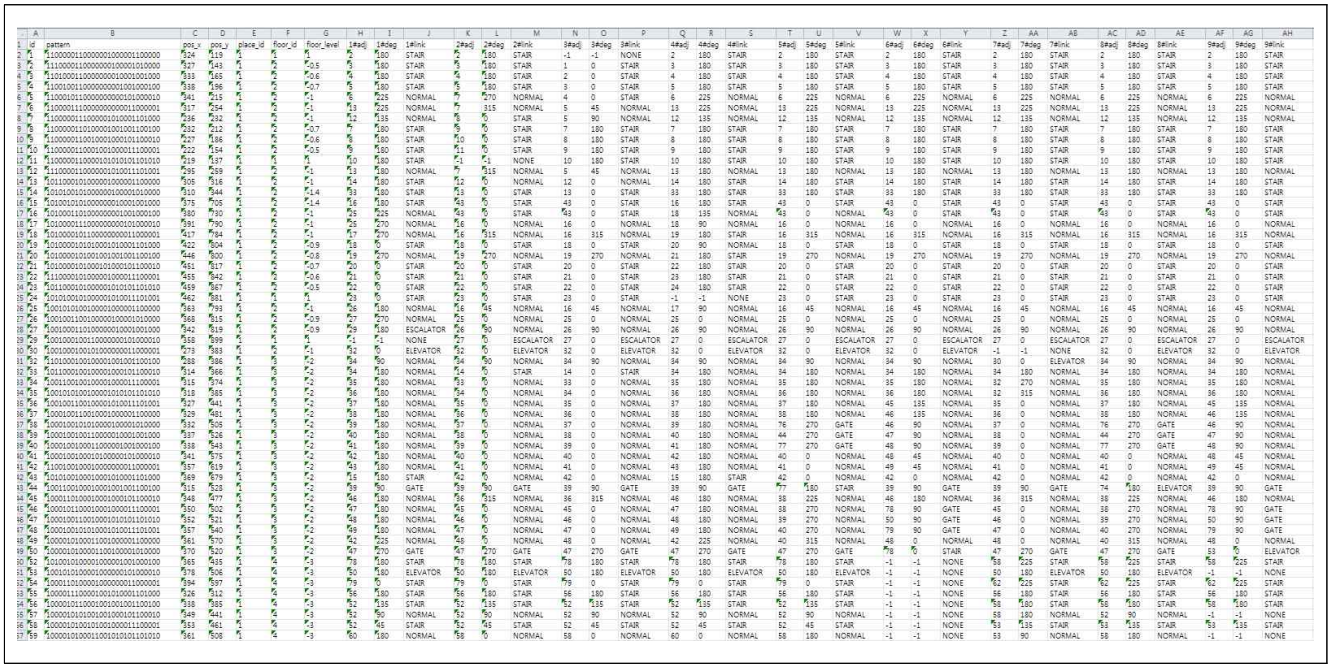
- E/V 목적지를 선택하는 이용객은 통행에 불편이 있는 교통약자라고 판단하여 이동 중의 경로에 계단을 제외한 E/V를 통한 경로안내를 제공해주기 위해서 구분

2) 경로안내 DB

○ 스마트폰 카메라와 마커를 활용한 실내측위 기술을 위해서는 각 마커 ID에 따른 위치좌표, 각 목적지로의 방향 및 거리, 속성정보 등이 포함된 DB(DataBase)가 필요함

<표 3-26> 경로안내 Database 항목 설명

구분		내용
ID		설치 및 관리를 위한 마커 고유의 ID
패턴		마커를 인식해서 이진법으로 변환한 고유의 패턴
위치좌표		마커의 현위치를 표출하기 위한 X, Y 좌표
층		마커의 현위치를 표출하기 위한 층(Z) 좌표
위계		같은 층에 포함되어 있는 계단이나 경사를 구분하기 위한 위계 좌표
N 목적지	방향	목적지로 이동하기 위한 다음 마커까지의 방향
	거리	목적지까지의 남은 거리
	속성	보행로의 속성(ex 계단, E/V, E/S 둥)



<그림 3-55> 스마트폰 카메라와 마커를 활용한 측위기술 경로안내 DB

마. 증강현실을 적용한 보행 내비게이션 기술

○ 바닥에 부착한 마커를 인식 할 때 정방향으로 인식하지 않는 경우가 대부분이기 때문에 이를 위해 마커를 회전해서 인식하는 보정 솔루션이 필요함

- 인식 소프트웨어에서 파인더패턴을 활용해서 정방향으로 기울어진 각도를 추출함
- 추출한 각도를 기존에 저장되어 있는 DB의 목적지방향으로의 각도에 보정하여 이용객에게 표출함
- $\acute{\theta} = \theta + \alpha$ (1)

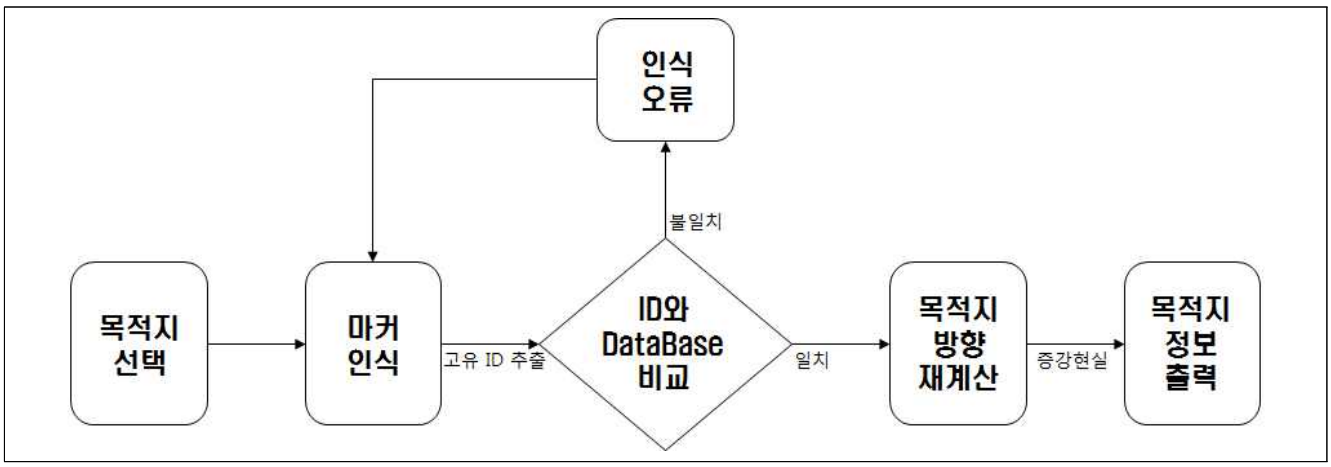
여기서, $\acute{\theta}$ = 인식 각도를 보정한 증강현실 기반의 표출 각도

θ = DB 목적지 방향 각도

α = 정방향 대비 인식 각도

- 이용객은 인식방향에 관계없이 목적지로의 정확한 방향을 증강현실 기반으로 제공받을 수 있음

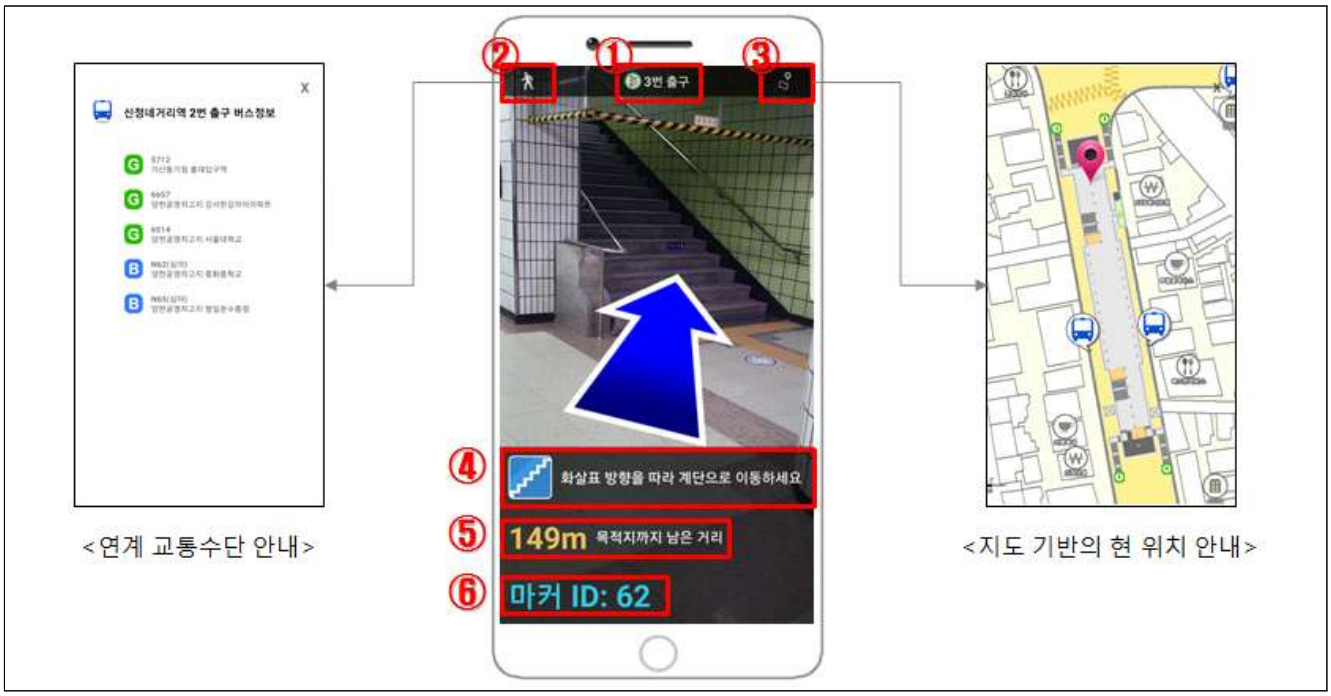
○ 이용객에게 경로를 안내하는 알고리즘은 스마트폰 카메라로 마커를 인식하고 해당 마커 ID의 DB를 호출하여 목적지 방향을 보정한 정보를 증강현실 기반의 화면에 제공하는 방식으로 동작함



<그림 3-56> 경로안내 알고리즘

○ 카메라 화면에 목적지의 방향을 화살표로 표출하는 증강현실을 통한 경로안내

① 목적지 표출　② 연계 교통수단 안내　③ 지도 기반의 현 위치 안내
④ 부가정보 안내　⑤ 목적지까지의 남은 거리 안내　⑥ 인식 마커 ID(관리 목적)



<그림 3-57> 증강현실 기반의 철도 보행 내비게이션 UI 구성



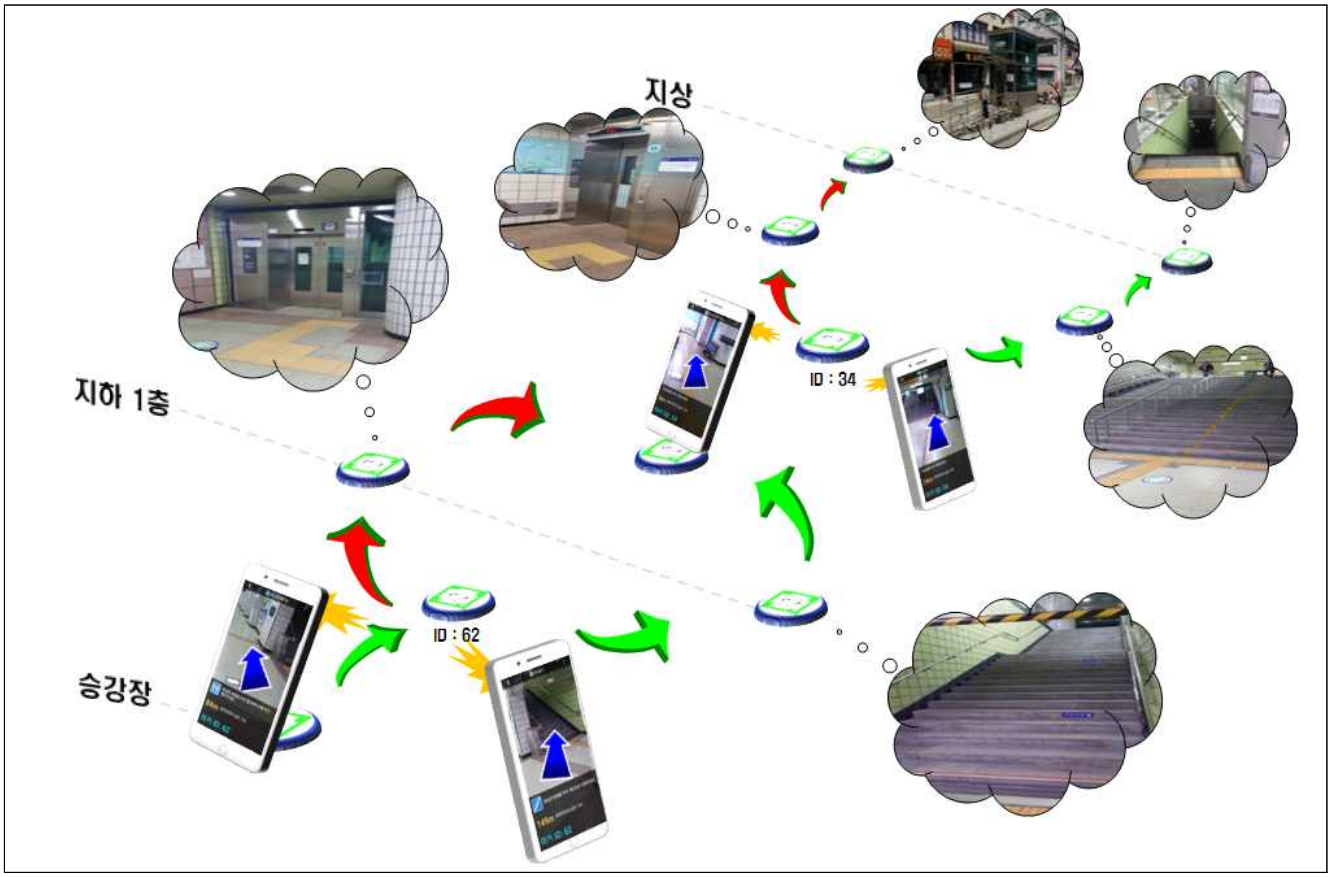
<그림 3-58> 증강현실 기반의 철도 보행 내비게이션

○ 철도 보행 내비게이션에 부가정보를 다양한 분야에 활용이 가능함



<그림 3-59> 부가 정보를 포함한 경로안내 UI 사례

○ 최종목적지 선택에 따라 교통약자와 일반보행자의 유형에 실내경로 제공이 가능함
- 동일한 마커를 인식하였을 때, 교통약자는 아래 그림에서 왼쪽경로로 안내하여 계단을 통해 이동하지 않는 경로로 제공함



<그림 3-60> 교통약자와 일반 보행자 유형에 맞춘 경로 안내

바. 시범운영

1) 시범운영 역사 선정

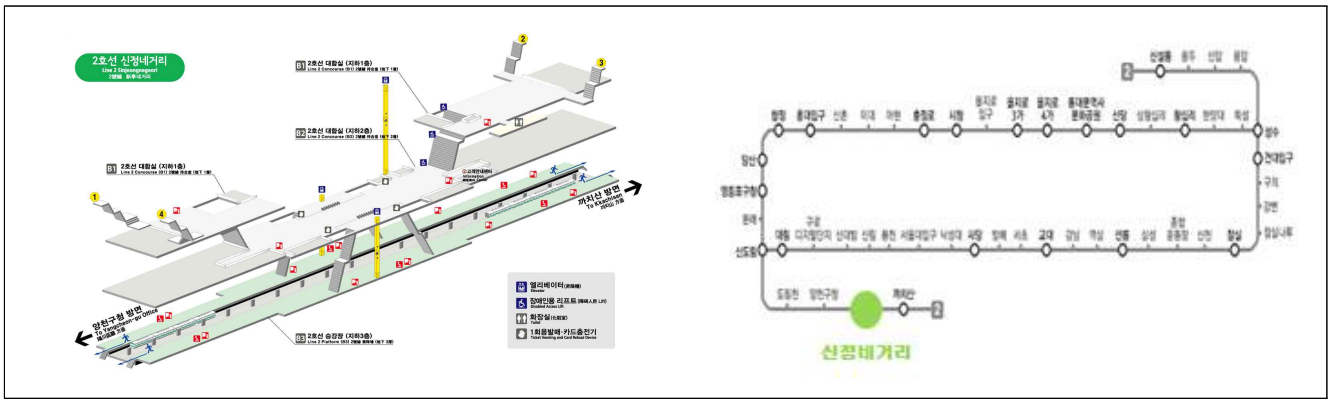
○ 서울도시철도 운영기관인 서울교통공사와 협의하여 서울도시철도 2호선 중 신도림역에서 연결되는 지선의 “신정네거리역”으로 시범운영 선정

○ 신정네거리역은 지하 1층, 지하 2층, 지하 3층으로 구성되었으며, 승강장은 양방향으로 구성되어 있음

- 지하 1층 : 지상과 연결되는 출구
- 지하 2층 : 개찰구, 역무원실
- 지하 3층 : 승강장

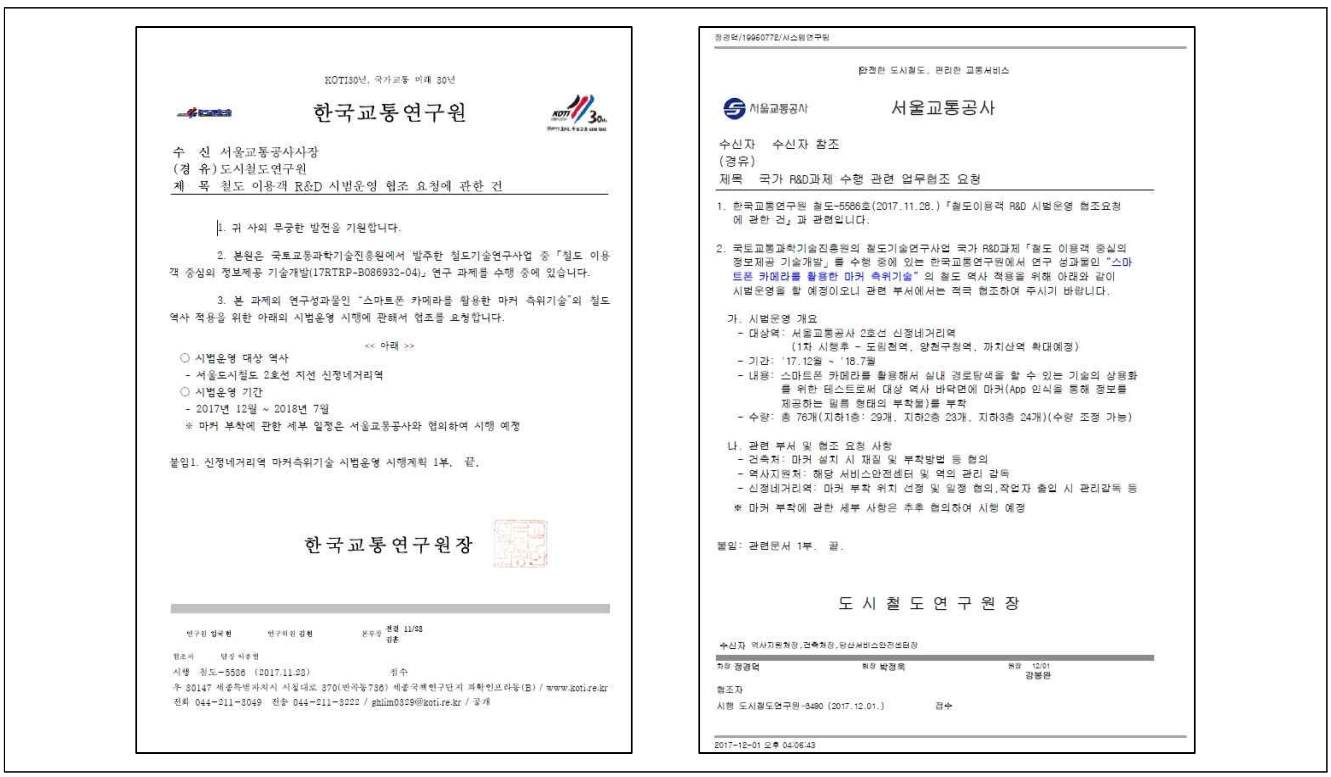
○ 신정네거리역은 일통행량이 많지 않은 작은 규모의 역사

- 서울도시철도 2호선 전체 역사 일평균 통행량 : 61,136명
- 신정네거리역 일평균 통행량 : 19,887명
- 신정네거리역은 2호선 50개 역사 중 44번째 일평균 통행량



<그림 3-61> 신정네거리역 구성 및 위치

○ 과제 종료 시 까지 시범운영 설치 협조 완료



KOTI30년, 국가교통 미래 30년

한국교통연구원

수 신 서울교통공사사장
(경 유)도시철도연구원
제 목 철도 이용객 R&D 시범운영 협조 요청에 관한 건

1. 귀 사의 무궁한 발전을 기원합니다.

2. 본원은 국토교통과학기술진흥원에서 발주한 철도기술연구사업 중 「철도 이용객 중심의 정보제공 기술개발(17RTRP-B086932-04)」 연구 과제를 수행 중에 있습니다.

3. 본 과제의 연구성과물인 “스마트폰 카메라를 활용한 마커 측위기술”의 철도 역사 적용을 위한 아래의 시범운영 시행에 관해서 협조를 요청합니다.

<< 아래 >>

○ 시범운영 대상 역사
- 서울도시철도 2호선 지선 신정네거리역

○ 시범운영 기간
- 2017년 12월 ~ 2018년 7월

※ 마커 부착에 관한 세부 일정은 서울교통공사와 협의하여 시행 예정

붙임1. 신정네거리역 마커측위기술 시범운영 시행계획 1부. 끝.

한국교통연구원장

시행 철도-5586 (2017.11.28) 접수

우 30147 세종특별자치시 시청대로 370(반곡동 736) 세종국책연구단지 과학기프라동(B) / www.koti.re.kr
전화 044-211-3049 전송 044-211-3222 / shlim0329@koti.re.kr / 공개

쾌적한 도시철도, 편리한 교통서비스

서울교통공사

수신자 수신자 참조
(경유)
제목 국가 R&D과제 수행 관련 업무협조 요청

1. 한국교통연구원 철도-5586호(2017.11.28.)「철도이용객 R&D 시범운영 협조요청에 관한 건」과 관련입니다.

2. 국토교통과학기술진흥원의 철도기술연구사업 국가 R&D과제 「철도 이용객 중심의 정보제공 기술개발」를 수행 중에 있는 한국교통연구원에서 연구 성과물인 “스마트폰 카메라를 활용한 마커 측위기술” 의 철도 역사 적용을 위해 아래와 같이 시범운영을 할 예정이오니 관련 부서에서는 적극 협조하여 주시기 바랍니다.

가. 시범운영 개요
- 대상역: 서울교통공사 2호선 신정네거리역
  (1차 시행후 - 도림천역, 양천구청역, 까치산역 확대예정)
- 기간: '17.12월 ~ '18.7월
- 내용: 스마트폰 카메라를 활용해서 실내 경로탐색을 할 수 있는 기술의 상용화를 위한 테스트로써 대상 역사 바닥면에 마커(App 인식을 통해 정보를 제공하는 일종 형태의 부착물)를 부착
- 수량: 총 76개(지하1층: 29개, 지하2층 23개, 지하3층 24개)(수량 조정 가능)

나. 관련 부서 및 협조 요청 사항
- 건축처: 마커 설치 시 재질 및 부착방법 등 협의
- 역사지원처: 해당 서비스안전센터 및 역의 관리 감독
- 신정네거리역: 마커 부착 위치 선정 및 일정 협의,작업자 출입 시 관리감독 등

※ 마커 부착에 관한 세부 사항은 추후 협의하여 시행 예정

붙임: 관련문서 1부. 끝.

도 시 철 도 연 구 원 장

수신자 역사지원처장,건축처장,양산서비스안전센터장

협조자

시행 도시철도연구원-8480 (2017.12.01.) 접수

2017-12-01 오후 04:06:43

<그림 3-62> 신정네거리역 시범운영 협조공문

2) 마커의 역할과 특성에 따른 분류

○ 설치되는 마커의 역할에 교차점, 표지점, 속성변화점, 끝점(최종목적지)로 구분할 수 있으며, 각 마커의 특성을 정의하였음. 각 특성에 따라 최적의 설치 위치를 선정을 할 수 있음

- 교차점 : ▪ 목적지로 가는 방향 의사결정이 필요한 지점에 설치하는 마커
  ▪ 여러 갈래로 나누어지는 개찰구 앞과 같은 의사결정이 필요한 지점에 설치
- 표지점 : ▪ 정보의 연속성을 위해 설치하는 마커
  ▪ 마커 측위기술의 특성상 점적인 경로안내가 이루어지기 때문에 교차점 마커간의 거리가 멀 경우 정보의 연속성을 보완하기 위한 지점에 설치
- 속성변화점 : ▪ 보행로의 속성이 달라지는 지점에 설치하는 마커
  ▪ 속성변화점 마커를 통해서 이용객에게 부가정보를 제공함으로써 편의성 증진
- 끝점 : ▪ 경로안내가 끝나는 지점에 설치

<표 3-27> 마커의 역할에 따른 특성 분류

마커 역할	마커 특성	예시
교차점	방향 의사결정이 필요한 지점	교차로, 개찰구 앞
표지점	경로의 모니터링을 위한 지점	마커 간의 거리 5m 이상 시 설치
속성변화점	보행로의 속성이 변하는 지점	계단, E/V, E/S
끝점(최종목적지)	경로안내가 끝나는 지점	승강장, 출구번호

3) 시범운영 설치를 위한 현장조사

○ 마커 설치를 위해 현장조사 수행

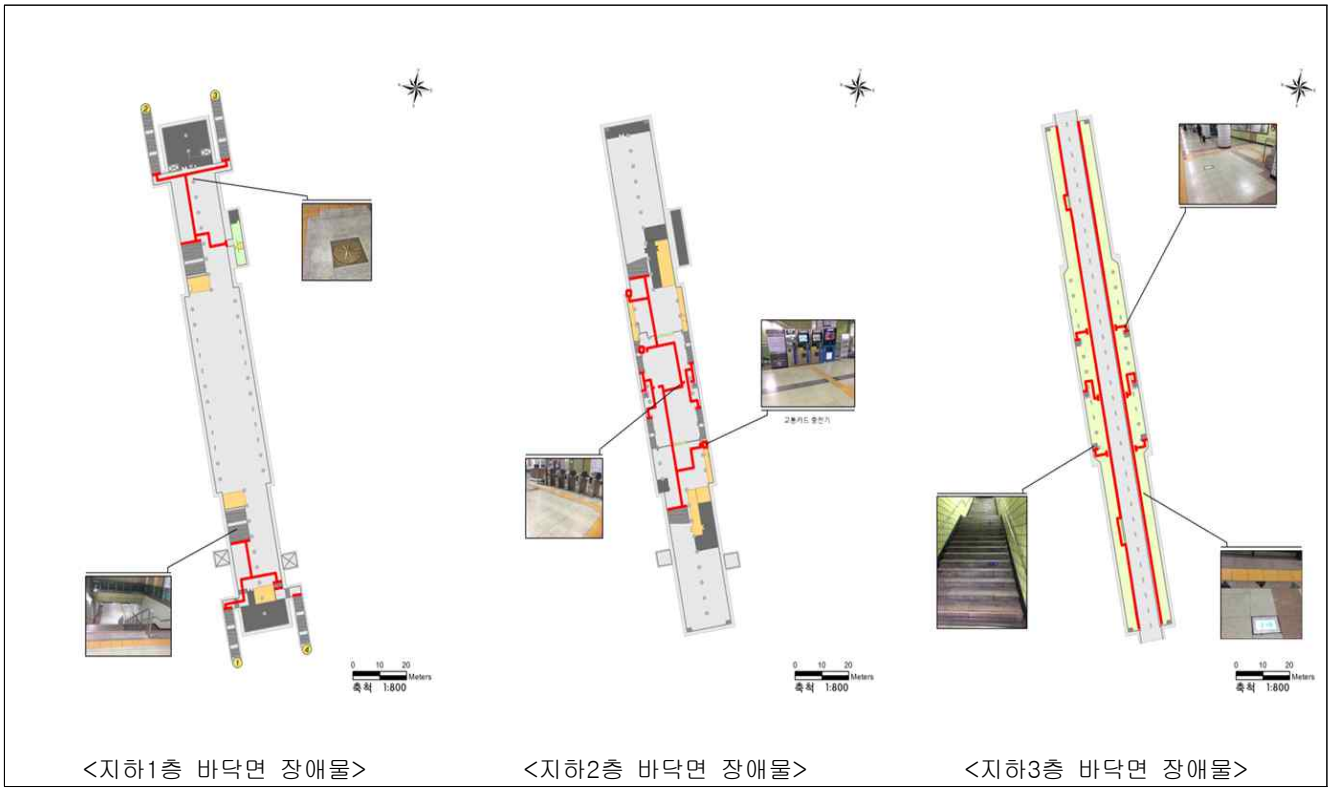
○ 바닥면 마커 설치를 위한 장애물 확인, 바닥재질 확인, 조명에 의한 반사지점 확인 등의 사항에 대한 조사



<그림 3-63> 신정네거리역 현장조사

○ 신정네거리역의 바닥면에는 점자블럭과 비상방향 표시등 외에는 특별한 장애물이 없는 것으로 조사됨

- 안내가 필요한 주요지점 점자블럭이 설치되어 있기 때문에 마커 설치 시 회피하여 설치 필요



<지하1층 바닥면 장애물> <지하2층 바닥면 장애물> <지하3층 바닥면 장애물>

<그림 3-64> 신정네거리역 바닥면 장애물 조사 결과

4) 마커 설치 위치 선정

○ 마커측위기술 시범운영을 위해서 신정네거리역 바닥면에 총 59개의 마커 위치 선정함

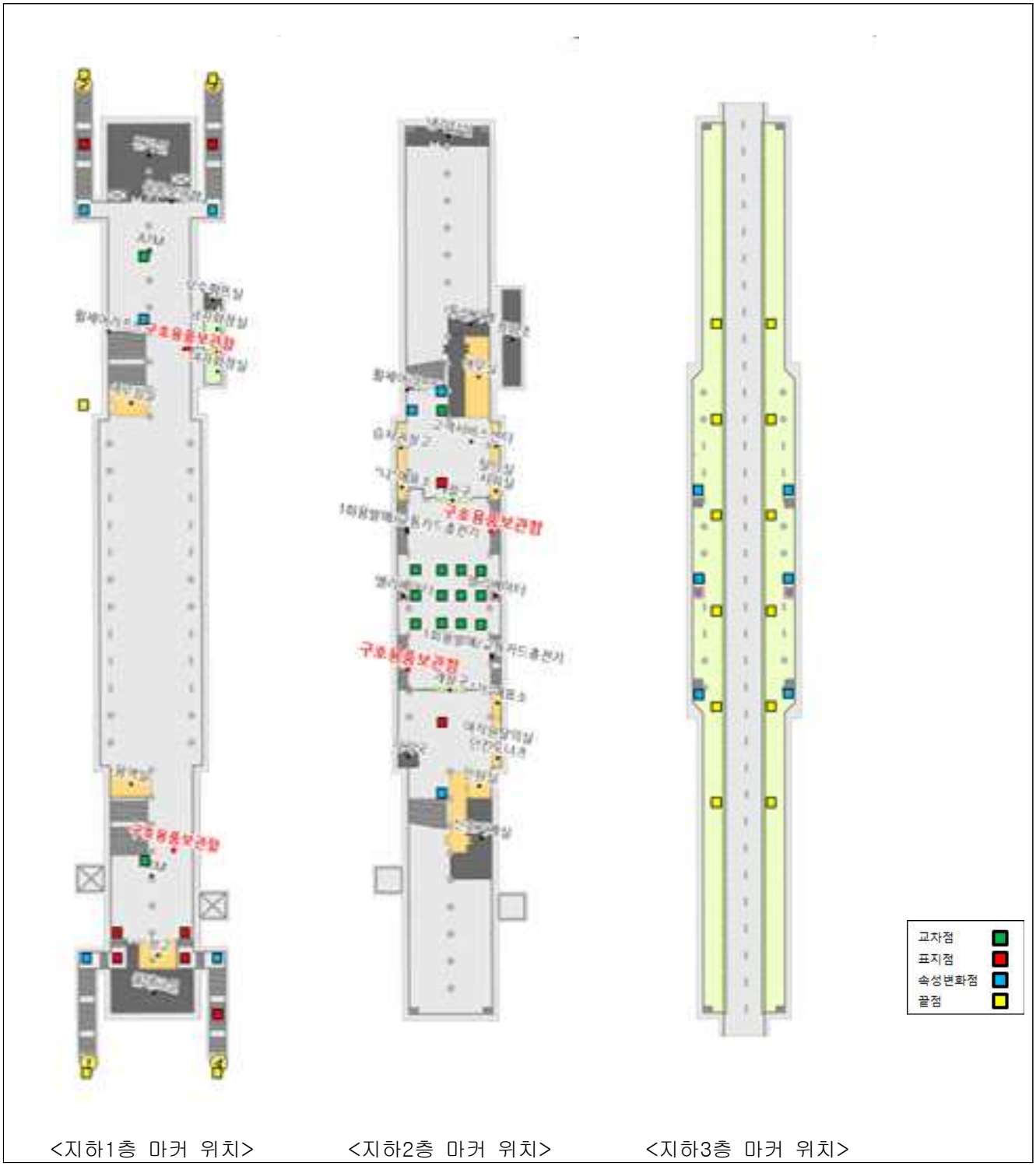
- 지하 1층 21개, 지하 2층 20개, 지하 3층 18개 선정

○ 주요 의사결정 지역인 개찰구 근처에는 격자형태로 마커를 설치해서 의사결정에 도움을 줄 수 있도록 구성함

○ 승강장 지역은 신정네거리역에 도착하는 6량 편성의 열차를 대비하기 위해 각 량별로 마커를 구성함

<표 3-28> 시범운영 마커 역할에 따른 설치 개수

구분	지하 1층(개)	지하 2층(개)	지하 3층(개)	전체(개)
교차점	3	13	0	16
표지점	7	2	0	9
속성변화점	6	5	6	17
끝점(최종목적지)	5	0	12	17
합계	21	20	18	59



<지하1층 마커 위치> <지하2층 마커 위치> <지하3층 마커 위치>

<그림 3-65> 신정네거리역 마커 설치 위치

5) 마커 설치

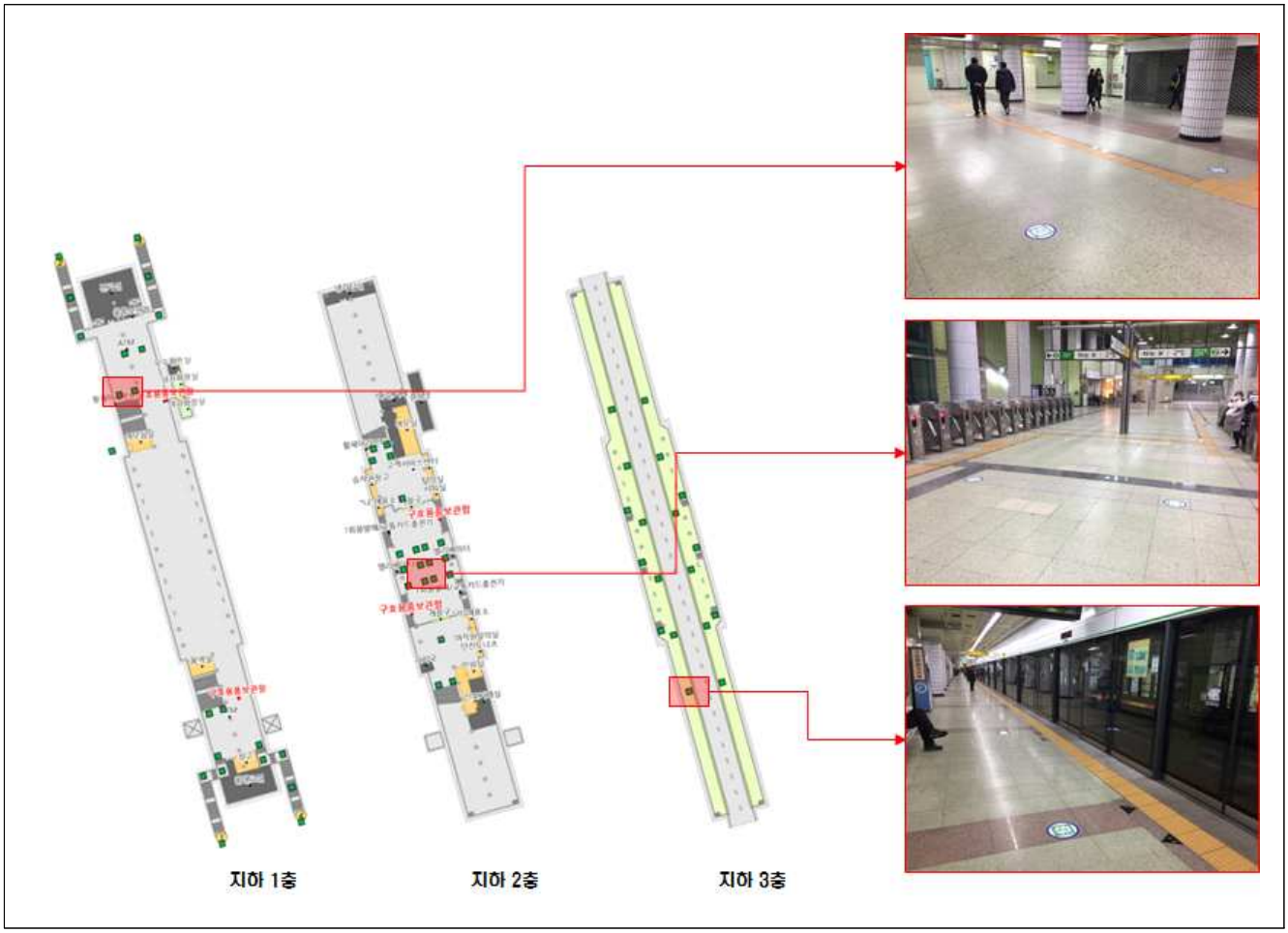
○ 신정네거리역의 경로안내를 위해 마커를 선정한 위치에 설치
- 2018년 1월 17일 15:00~16:30 (1시간 30분 소요)

○ 스티커형태로 제작하여 바닥면에 시공



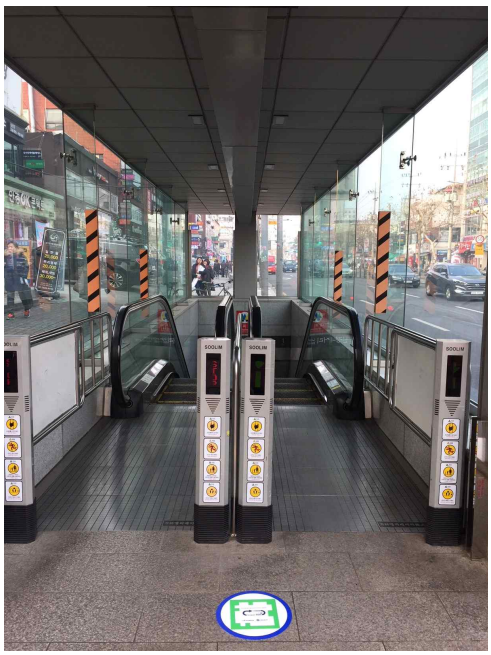
<그림 3-66> 신정네거리역 설치 마커 및 시공 모습

○ 신정네거리역의 정해진 위치에 마커 시공

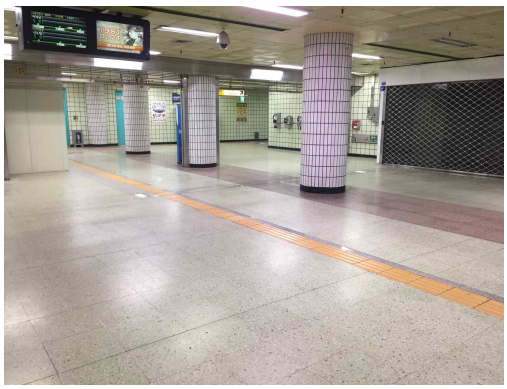
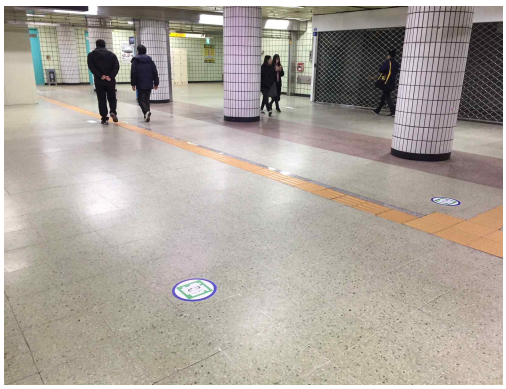
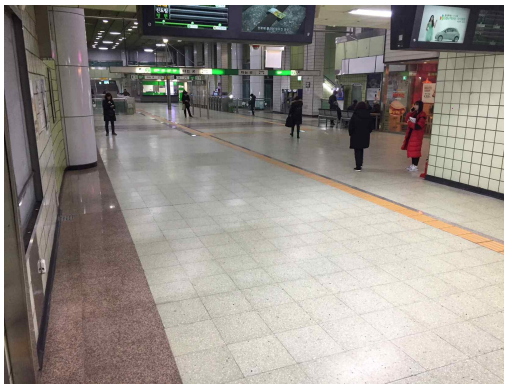
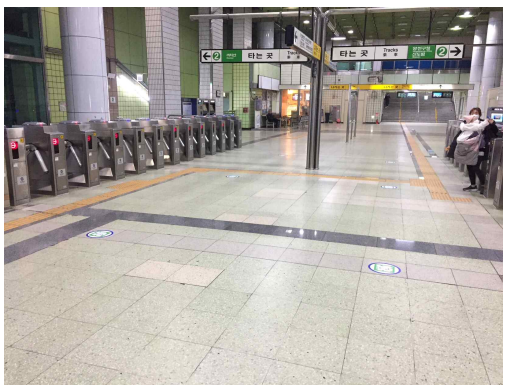
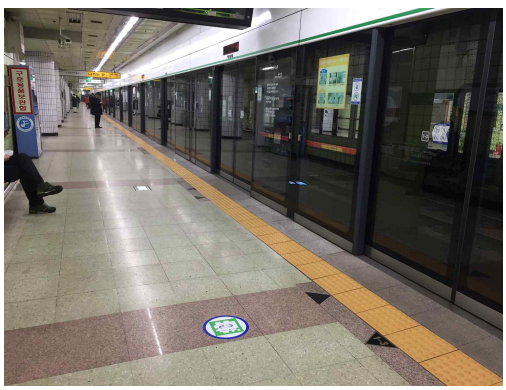


<그림 3-67> 신정네거리역 마커 시공

<표 3-29> 마커 설치 전후 모습

구분	설치 전	설치 후
지상출구		

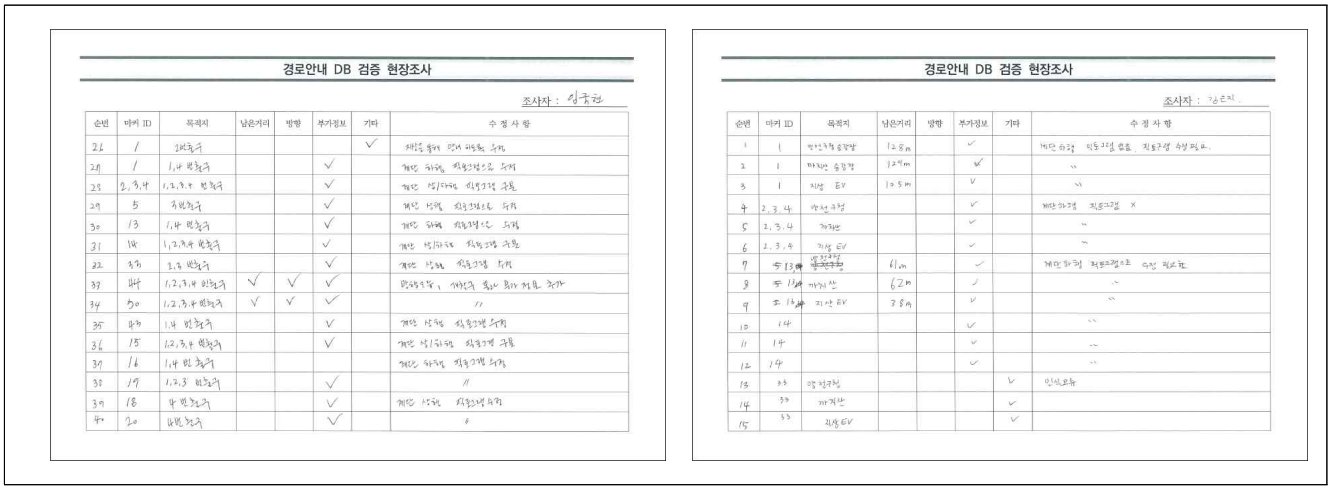
<표 계속> 마커 설치 전후 모습

구분	설치 전	설치 후
지하1층		
지하2층		
지하2층 (개찰구)		
승강장		

6) 운영 및 유지보수

○ 경로안내를 위한 DB 수정 및 유지보수를 수행함 (4차 DB검증 완료)

- 각 마커로부터 목적지까지의 방향, 거리, 부가정보 등의 오류 유지보수



<그림 3-68> 경로안내 DB 현장조사

○ 마커 관리를 위한 운영일지 작성



<그림 3-69> 유지보수 및 관리를 위한 운영 일지

사. 마커 기반의 실내측위 기술 적용 대상 및 범위

○ 마커 기반의 측위 기술을 다른 역사에 적용하기 위해선 일부 수정이 필요함

- 경로안내를 위한 마커 설치 지점 선정
- 경로안내를 위한 DB 구축
- 새로운 마커 제작 및 설치

○ 실내측위 기술 적용 대상

- 마커 기반의 측위기술은 실내 역사를 대상으로 개발되었으며, 지하와 지상의 구분에는 제약 없이 개발한 기술을 적용할 수 있음

○ 실내측위 기술 적용 범위

- 마커 기반의 실내측위 기술은 일반적인 역사 조건에서 적용이 가능하도록 개발하였음
- 일반적인 역사에 관한 적용 조건은 다음 표에서 제시하고 있음

<표 3-30> 마커 실내측위 기술의 적용 범위(일반적인 역사 조건)

구분		적용 범위
조도	대합실	200 lx ~ 500 lx
	발매기앞	200 lx ~ 500 lx
	계단	30 lx ~ 300 lx
	승강장	30 lx ~ 300 lx
역사 크기		제한 없음
바닥면 재질		대리석 등 스티커 접착이 가능한 바닥면. 바닥면에 마커 부착이 힘들 경우 벽면을 활용한 측위 가능
기타		강설, 강우에 따른 마커 손실과 태양 빛 간섭에 의한 마커 인식률 저하로 실외 공간 설치 불가능

아. 추가 연구내용

○ 경로안내 DB 자동구축을 위한 자동화 Tool 개발

○ 마커 자동생성을 위한 자동화 Tool 개발

○ 최적의 마커 설치 간격 및 위치 선정을 위한 매뉴얼 제작

○ 사용자 편의성 확보를 위한 철도 보행내비게이션 음성 안내 기능 개발

7. 철도이용객 경로제공 알고리즘 효과평가

가. 알고리즘 평가 도구 선정

1) 교통수요분석 프로그램

○ Planung Transport Verkehr(독일)에서 개발한 프로그램은 전 세계적으로 대도시, 지역도시, 사회기반시설이 커지는 도시 계획에서 사용되어 왔으며, 교통계획 및 전략을 위한 프로그램임

○ 교통수요 4단계 모형 및 개별행태모형을 기반으로 다양한 통행배정 기법을 통한 수요분석이 가능하며, Tflow-fuzzy 기능으로 현재 교통상황 분석용 O/D Matrix를 생성하기 위한 모형으로 수리적으로 표현하는 정산기법을 사용함

○ 개별차량 및 대중교통 분석이 가능하며, 교통흐름분석 프로그램과 연계가 가능함

○ 또한, PrT(Private Transport), PuT(Public Transport)를 다양한 통행배정기법을 활용한 수요분석 가능하며, 다양한 분석 값(통행시간(t-cur), 통행거리(distance), 저항값(impedance))을 통하여 이용자의 요구를 반영한 최적경로 분석이 가능함

2) 교통흐름분석 프로그램

○ Planung Transport Verkehr(독일)에서 개발한 프로그램으로 보행자 분석기능이 포함되어있으며, 보행자 및 대중교통 간의 복합적 분석이 가능함

○ 차종특성 및 차종비 입력이 가능하여 해당기능을 시행 시 흔하지 않은 교통수단에 대하여 추가적인 설정이 및 특정차량에 대한 분석이 가능함

○ 동적배정이 가능하여 O/D Matrix를 이용하여 네트워크 내에 교통량 분산을 통하여 통행배정이 가능하며, 분석 시 실시간으로 분석데이터를 관찰할 수 있음

○ Output 데이터의 종류(대기행렬, 지체시간, 차량대수, 통행시간, 통행속도 등)의 다양성으로 인하여 네트워크 구축 시 얻을 수 있는 정보량이 많아 필요한 정보를 선택하여 사용이 가능함

○ 교통흐름분석 프로그램 내에서 차량과 보행자 분석이 동시적으로 가능하며, 차량과 보행자를 나누어 분석이 가능하고 차량과 보행자의 상충을 고려하여 현실적인 모델 구축이 가능함

3) 보행자 분석 프로그램

○ Social Force Model을 기초로 활용한 Pedestrian Simulation으로 보행행태를 반영하여 현실과 유사하도록 모형구축이 가능하여 통합교통계획 및 보행자의 흐름 관리에 적합한 프로그램임

○ Social Force Model은 보행자 행태 모형으로 보행의 목적지 도착 의향, 보행자 사이의 간격, 다른 사람이나 벽과의 충돌하지 않으려는 의도와 일정한 방향으로 주어진 속도로 움직인다는 모델로 실제 보행 흐름과 유사함을 보임

○ Pedestrian 모형의 장점은 미세한 현황에 대한 모형구축이 가능함과 동시에 다양한 시나리오를 분석할 수 있으며, 보행자의 특성(나이, 성별 등)을 설정하여 다양한 보행자를 표현 할 수 있음

○ 또한, 실내 및 실외 환경에 대한 사람의 보행행태에 대한 요구사항 반영이 가능하며, 최적경로 및 실시간 공간밀도 확인을 통한 우회경로 제공 분석이 가능함

○ 교통흐름분석 프로그램과 상호 연동이 가능하여 각각의 교통수단(버스, 지하철, 택시 등)과 보행자 분석이 가능한 프로그램임

나. 교통수요분석 프로그램 시뮬레이션 네트워크 구축

○ 교통수요분석 프로그램은 출발지와 목적지 간의 가장 짧은 최단경로 도출이 가능하고 대중교통 환승 효율분석 및 대중교통의 운행계획, 배차시간 환승을 고려한 분석이 가능한 프로그램으로 본 연구에서 교통수요분석 프로그램을 활용하여 역사 외부의 최적경로를 도출하고자 함

1) 네트워크 구축

○ 본 연구에서 대중교통 최적 노선을 분석할 시 대상지의 네트워크(교통망)가 필요하며, KTDB 네트워크와 Navigation 네트워크, 국가 표준 Node/Link 및 OSM에서 제공하는 GIS 기반 지도를 활용하여 네트워크를 구축함

○ 행정동 단위 존 대비 Block 단위 존으로 구축 시 Centroid 증가 및 실제 환경과 유사한 출입구를 고려하여 Connector 구축으로 정확성을 높임

○ 대중교통 카드데이터를 활용하면서 대중교통 이용자의 통행경로를 알 수 있기 때문에 이용자 행태를 반영할 수 있으며, 카드데이터 가공을 통해 손실된 이력데이터 보완 및 수정을 진행함

○ 시민들의 통행행태가 유사한 인구그룹을 정의하고 이들 그룹별 통행체인을 분석하여 통행 발생량을 추정하고 Zone별 통행 유/출입 크기를 결정하는 사회경제지표에 근거하여 통행배분 후 Logit 모형을 이용하여 수단 선택 시 사용함

2) 대중교통 구축

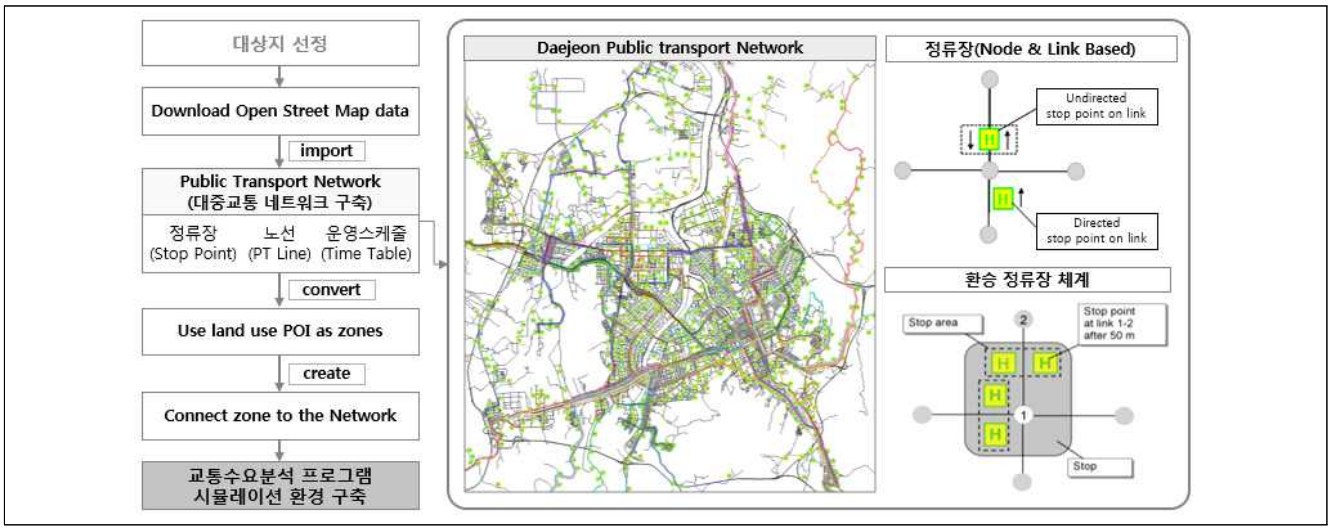
○ 대중교통에서 가장 중요한 정보는 도로망, 노선, 정류장, 수단(지하철, 버스 등), 운행스케줄의 입력이므로 구축한 네트워크에 추가적으로 입력함

○ Open source 지도인 OSM(Open Street Map)의 대중교통 관련 네트워크(Stop Point, Link 등)를 교통수요분석 프로그램에 Import하여 구축함

○ OSM(Open Street Map)을 Import할 시 Node, Link 등의 기초데이터 외에 유동적으로 변화하는 대중교통 데이터(정류장, 환승센터, 환승체계 등)는 오차가 발생할 수 있으므로 현황데이터와의 대조가 필요함

○ OSM을 기본으로 하여 현황과 맞는 네트워크를 확인하고 결절점, 통행발생지역, 도로 등에 따른 정류장, 복합환승센터, 환승체계를 추가적으로 작업하여 구축함

○ 따라서 방향을 고려한 대중교통 환승 연계뿐만 아니라 환승을 위한 환승보행의 정확한 보행 거리 및 보행시간을 분석할 수 있게 정밀화 된 모형을 구축함



<그림 3-70> 교통수요분석 프로그램 시뮬레이션 환경 구축 Flow chart

다. 교통흐름분석 프로그램 시뮬레이션 네트워크 구축

○ 교통흐름분석 프로그램은 보행자 행태분석이 가능한 시뮬레이션 프로그램으로 실내 및 실외 환경에 대한 사람의 보행행태에 대한 요구사항 반영이 가능하며, 최적경로 및 실시간 공간 밀도 확인을 통한 우회경로 제공 분석이 가능함

1) 네트워크 구축

○ 각 층별로 높이를 설정한 후 역사 CAD도면 및 지도를 Import하여 Area 기능을 이용하여 각각의 층별 보행자가 이동하는 보행공간 모델링을 실시함

○ Queuing 설정을 통하여 대기행렬을 만들 수 있으며 Time distribution을 이용하여 보행자의 서비스 처리시간을 고려하여 Gate 통과 시간, 매표 발권시간 등을 구현 할 수 있음

○ 또한, 대기공간 설정을 통하여 열차의 탑승 대기공간을 설정할 수 있으며, Platform edge를 설정하여 보행자들이 열차 및 차량에 탑승할 탑승구역을 구축함

○ 계단의 경우 총 계단 길이, 계단의 수, 계단 폭, 계단 층계 하나의 높이 등을 설정할 수 있으며, Escalator, Moving walk의 경우 속도 조절 및 탑승 위치 등 다양한 옵션을 통하여 구현하였음

2) Route 구축

○ Static Route는 보행자의 기본적인 O/D를 구축하는 경로로써 시작 지점으로부터 정의되어 목적지까지의 하나의 경로 또는 여러 경로에 대하여 고정된 비율을 사용하여 해당 경로에 대한 보행량을 설정함

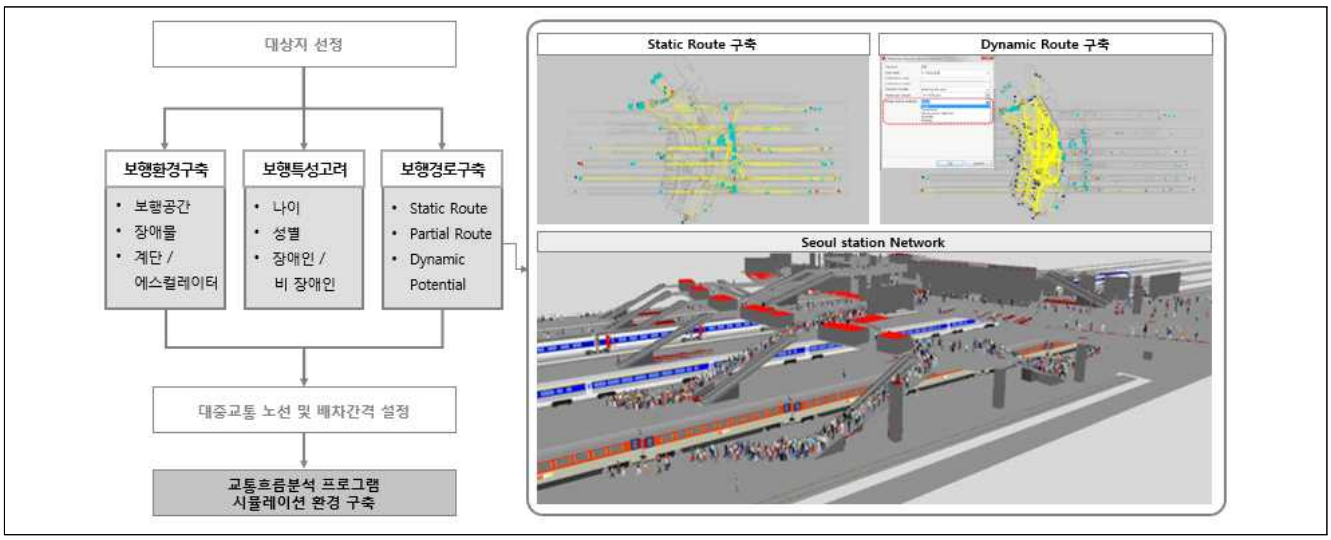
○ 기본 경로로써 최종 출발지와 최종 목적지 설정 시 사용하며, Dynamic Potential 기능을 활용하여 Shortest Route(최단경로)뿐만이 아니라 Quickest Route(최적경로) 선택이 가능함

○ Partial Route는 최종 출발 목적지가 정해진 Static Route내에 또 다른 경로를 선택할 수 있게 하며, Static Route보다 복잡한 경로 및 경유하는 경로(서울역 입구→매표소→3번 승강장 등)를 설정하는데 사용함

3) 대중교통 구축

○ 대중교통(버스, 기차 등)의 도착시간을 조절 할 수 있으며, 운행시간표 및 대중교통 배차간격, 승·하차 데이터를 입력하여 현실적인 시뮬레이션 환경을 구축함

○ 승강장내 타 역과의 배차시간을 조절하기 위하여 승강장 내 정차하는 경우를 고려하여 평균 Dwell time을 입력하였으며, 버스 승하차로 인해 지연 출발하는 현실적인 경우를 고려하여 해당 설정정보를 입력함으로써 지체요인을 고려함



<그림 3-71> 교통흐름분석 프로그램 시뮬레이션 환경 구축 Flow chart

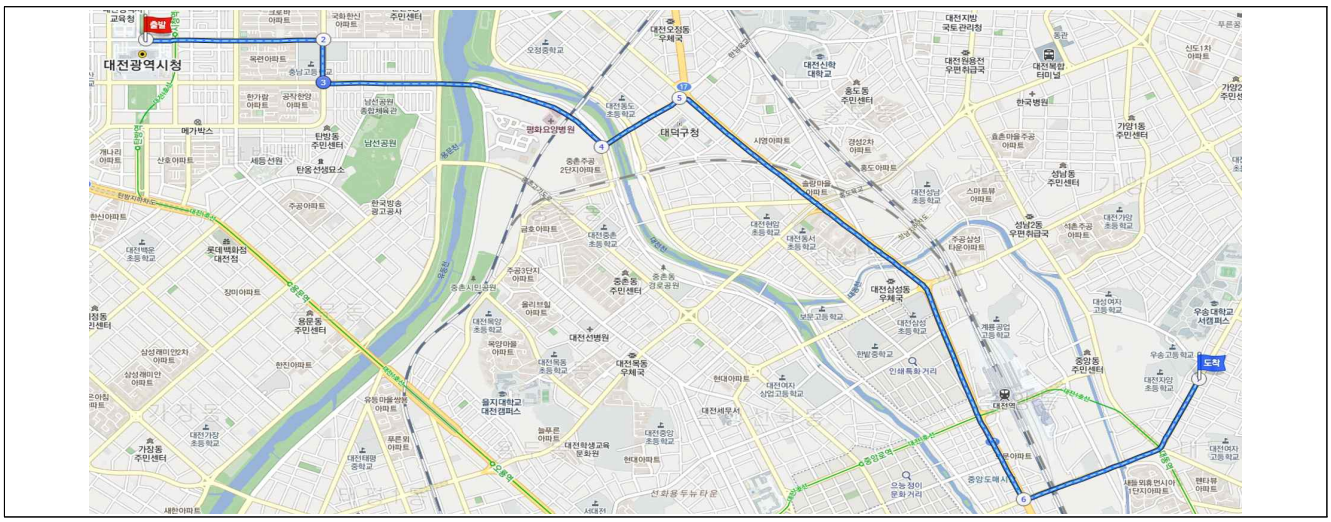
라. 시뮬레이션 프로그램 최적경로 분석

1) 통행거리별 시나리오 설정

○ 대상지는 대전광역시로 통행거리별 시나리오를 설정하여 데이터를 분석하고자 하며, 대중교통 통행거리기준으로 중거리(15km), 장거리(20km) 일 때의 시나리오를 설정함

가) 중거리 시나리오 설정(대전광역시청-우송대학교서캠퍼스)

○ 대전광역시청에서 우송대학교서캠퍼스까지 자동차 기준으로 최단거리 통행은 7.5km, 총 24분 소요되는 경로임



<그림 3-72> 중거리 시나리오(대전광역시청~우송대학교서캠퍼스) 위치도

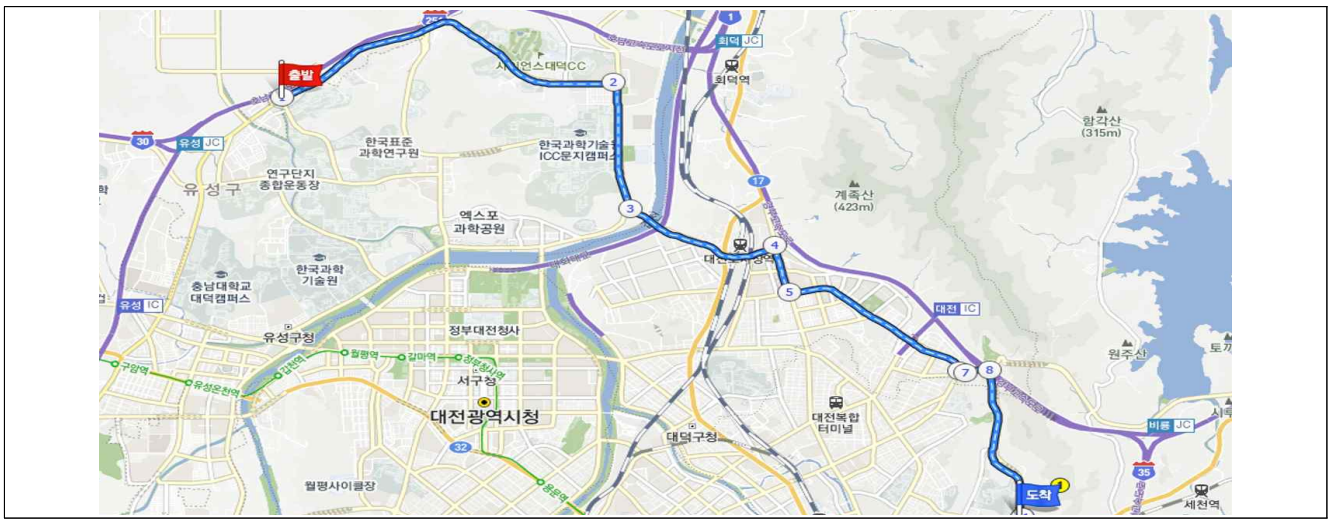
○ 버스이용 시 최단시간 기준 경로는 총 통행시간 37분, 통행거리 9.1km로 탐색됨(Daum 포털사이트 지도 길찾기 기준)

○ 지하철이용 시 최단거리 기준 경로는 총 통행시간 29분, 통행거리 8.3km로 탐색됨(Daum 포털사이트 지도 길찾기 기준)

○ 버스와 지하철 이용 시 총 통행시간 32분, 통행거리 5.0km로 탐색됨(Daum 포털사이트 지도 길찾기 기준)

다) 장거리 시나리오 설정(한국기계연구원-대전대학교)

○ 한국기계연구원에서 대전대학교까지 자동차 기준으로 최단거리 통행은 16.4km, 총 34분 소요되는 경로임



<그림 3-73> 장거리 시나리오(한국기계연구원~대전대학교) 위치도

○ 버스이용 시 최단시간 기준 경로는 총 통행시간 1시간 25분, 통행거리 20.5km로 탐색됨(Daum 포털사이트 지도 길찾기 기준)

○ 버스와 지하철 이용 시 총 통행시간 1시간 8분, 통행거리 22.1km로 탐색됨(Daum 포털사이트 지도 길찾기 기준)

2) 통행거리별 시나리오 분석결과

가) 중거리 시나리오 분석결과(대전광역시청-우송대학교서캠퍼스)

○ 지하철을 이용하여 통행하는 방법이 최단통행은 106번 버스와 102번 버스를 환승한 2번 경로가 최소시간을 보였으며, 버스와 버스의 환승 시 대기시간이 발생하여 총 통행이 길어짐

<표 3-31> 중거리 교통수요분석 프로그램 결과값

구분	수단	정류장		통행시간	대기시간	통행거리
		출발지	목적지			
1	도보	대전광역시청	시청역	3min 59s	-	0.265km
	지하철	시청역	대동역	13min 58s	-	7.809km
	도보	대동역	우송대학교	6min 42s	-	0.449km
	Total			24min 39s	-	8.523km
2	도보	대전광역시청	대전광역시청	1min 52s	-	0.124km
	106번 버스	대전광역시청역	복합터미널	13min 31s	-	6.203km
	환승	복합터미널	복합터미널	-	3min 19s	-
	102번 버스	복합터미널	우송대학교정류장	6min 33s	-	2.544km
	도보	우송대학교정류장	우송대학교	16s	-	0.017km
	Total			25min 16s	3min 19s	8.884km
3	도보	대전광역시청	시청역	3min 59s	-	0.265km
	지하철	시청역	오룡역	5min 27s	-	3.454km
	도보	오룡역	동성로네거리	1min 32s	40s	0.102km
	103번 버스	동성로네거리	우송대학교정류장	13min 42s	-	4.974km
	도보	우송대학교정류장	우송대학교	16s	-	0.017km
	Total			25min 36s	40s	8.812km

나) 장거리 시나리오 분석결과(한국기계연구원-대전대학교)

○ 버스를 이용하여 통행하는 방법이 최소시간 및 최단시간으로 분석되며, 장거리의 경우 버스와 버스의 환승 시 대기 및 환승시간으로 총 통행이 길어짐

<표 3-32> 장거리 교통수요분석 프로그램 결과값

구분	수단	정류장		통행시간	대기시간	통행거리
		출발지	목적지			
1	도보	충열사정류장	한국기계연구원	3min 30s	-	0.232km
	606번 버스	한국기계연구원	효동주민센터	46min 46s	-	17.528km
	환승	효동주민센터	대전역/중앙시장	-	1min 9s	-
	612번 버스	대전역/중앙시장	대전대학교종점	11min 57s	-	3.891km
	도보	대전대학교종점	대전대종점정류장	47s	-	0.052km
	Total			1h 2min 50s	1min 9s	21.703km
2	도보	충열사정류장	한국기계연구원	3min 30s	-	0.232km
	911번 버스	한국기계연구원	효동주민센터	37min 35s	-	17.528km
	환승	효동주민센터	효동주민센터	22min 26s	22min 4s	-
	611번 버스	효동주민센터	대전대학교종점	8min 31s	-	4.189km
	도보	대전대학교종점	대전대종점정류장	12min 26s	-	0.052km
	Total			1h 24min 28s	22min 4s	22.001km
3	도보	충열사정류장	한국기계연구원	3min 30s	-	0.232km
	604번 버스	한국기계연구원	대전역	45min 30s	-	17.215km
	환승	대전역	대전역/중앙시장	7min 1s	26min 11s	0.468km
	605번 버스	대전역/중앙시장	대전대학교종점	13min 26s	-	5.993km
	도보	대전대학교종점	대전대종점정류장	47s	-	0.052km
	Total			1h 10min 23s	26min 11s	20.842km

마. 알고리즘 검증 분석

1) 개발 알고리즘 / 교통수요분석 프로그램 / 포털 사이트

○ 중거리와 장거리 시나리오를 분석한 결과, 지하철의 경우 1-2분의 오차로 모든 타 포털사이트와 교통수요분석 프로그램이 유사한 것으로 분석되나, 버스의 경우 교통수요분석 프로그램 통행 속도가 2배 가까이 빠른 것을 확인 할 수 있음(개발알고리즘의 경우 환승 통행시간이 나오지 않아 분석이 불가능함)

○ 이는 각 프로그램의 알고리즘별 상이한 파라미터 값(환승 보행시간, 정류장간 버스 통행시간 등) 으로 인해 발생하는 것으로 판단 됨

○ 또한, 교통수요분석 프로그램은 Timetable기법으로 지체 없이 정시에 출·도착을 하는 것으로 분석되나, 포털사이트의 경우 Timetable이 없는 버스의 통행시간은 거리대비 평균속도 환산 및 가중치를 더하여 적용하기 때문에 차이가 나는 것으로 판단 됨

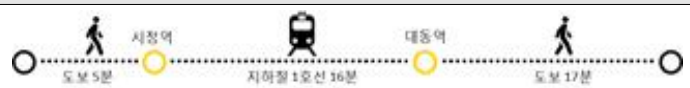
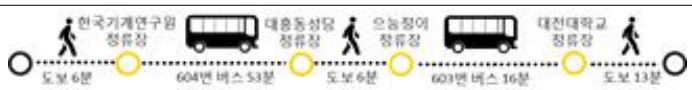
가) 최소시간 비교

<표 3-33> 시나리오별 분석값 비교 – 최소시간

구분			수단	통행시간	통행거리
중거리	개발알고리즘			36min	9.30km
	교통수요분석 프로그램			30min	8.52km
	포털 사이트	Daum		32min	8.50km
		Naver		32min	8.75km
장거리	개발알고리즘			1h 7min	20.03km
	교통수요분석 프로그램			1h 18min	22.00km
	포털 사이트	Daum		1h 8min	22.10km
		Naver		1h 25min	20.00km

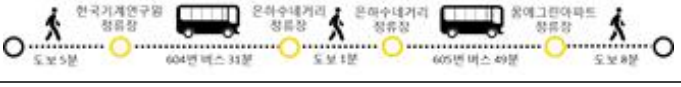
나) 최단거리 비교

<표 3-34> 시나리오별 분석값 비교 – 최단거리

구분			수단	통행시간	통행거리
중거리	개발알고리즘			38min	8.90km
	교통수요분석 프로그램			30min	8.52km
	포털 사이트	Daum		48min	8.00km
		Naver		41min	8.52km
장거리	개발알고리즘			1h 20min	16.60km
	교통수요분석 프로그램			1h 22min	20.84km
	포털 사이트	Daum		1h 34min	20.90km
		Naver		1h 34min	23.28km

다) 유사노선 비교

<표 3-35> 시나리오별 분석값 비교 - 유사노선

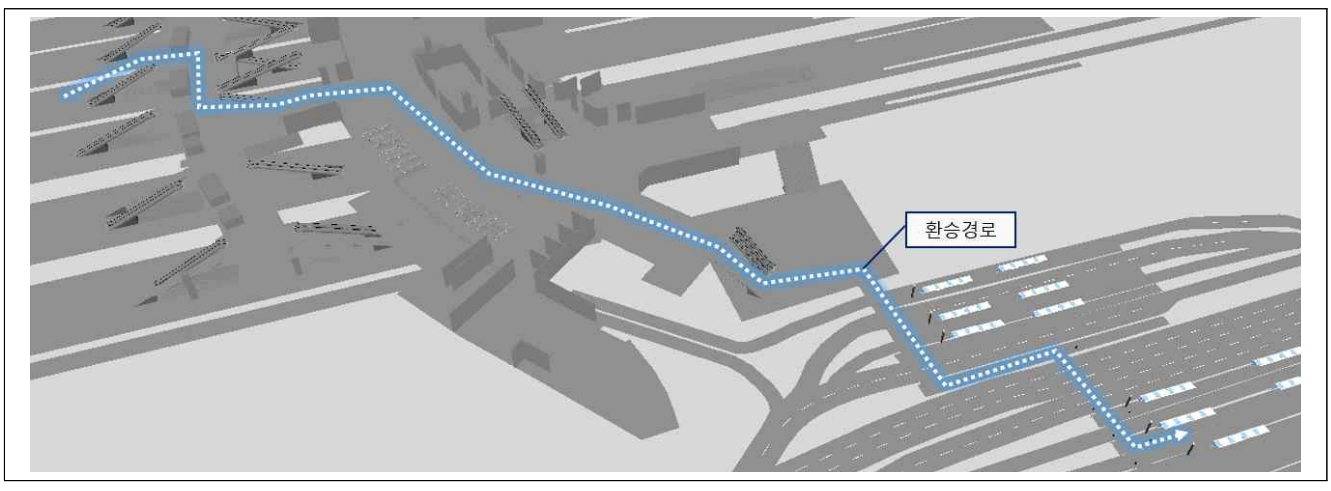
구분			수단	통행시간	통행거리
중거리	개발알고리즘			36min	9.21km
	교통수요분석 프로그램			27min	8.81km
	포털 사이트	다음		34min	9.20km
		Naver		31min	8.54km
장거리	개발알고리즘			1h 32min	21.10km
	교통수요분석 프로그램			1h 17min	23.41km
	포털 사이트	다음		1h 38min	22.10km
		Naver		1h 30min	21.30km

바. 역사 내 알고리즘 최적경로 탐색에 따른 효과평가

1) 시뮬레이션 프로그램 내 알고리즘 효과평가

○ 서울기차역 8번 승강장에서 서울역 버스환승센터로의 환승경로는 신호등이 있는 횡단보도 2개 및 신호등이 없는 횡단보도(3개), 계단(2개), 하행 에스컬레이터를 거쳐 보행함

○ 버스환승센터와의 연계의 경우 신호대기에 따라 총 보행 시간의 차이가 있을 수 있음



<그림 3-74> 교통흐름분석 프로그램 시뮬레이션 서울역 6번 승강장-버스환승센터 노선

○ 현장조사 시 총 통행시간은 4분 25초이며, 교통흐름부석 프로그램 시뮬레이션 시 총 통행시간은 4분 49초로 관측 및 분석값이 유사한 것으로 분석됨

○ 서울역 내부 보행공간에서 상이한 요인은 현장 조사 시 역사 내 많은 보행자들과 특정구역의 혼잡(전광판을 보는 이용객들이 입구에 몰림)으로 원활한 보행이 힘들어, 우회하거나 보행속도를 줄이게 되면서 차이가 발생함

○ 또한 버스정류장 횡단보도는 5차로를 횡단하는 횡단보도로 언제 도착하느냐에 따라 신호대기시간이 다르며, 신호대기시간이 보행시간 같이 분석되어 차이가 나는 것으로 분석됨

○ 그러나 대체적으로 유사한 통행을 보이며, 관측자료(역사 Map, CAD 도면 등)에 따른 유사한 환경만 구축한다면, 현장 조사 없이 프로그램 상으로 분석이 가능하다 판단됨

<표 3-36> 교통흐름분석 프로그램 데이터 비교 분석

수단		개발 알고리즘	현장 데이터
Area 3	8번 platform	-	-
Ramp/Stair 230	계단	20s	38s
Area 356	서울역	33s	40s
Area 11	서울역내부 보행공간	68s	75s
Area 586	1번 출입구	14s	9s
Ramp/Stair 248	1번 출구 앞 계단	19s	17s
Area 587	광장	16s	17s
Pedestrian link13	택시 승강장 횡단보도	26s	22s
Pedestrian link 15	버스정류장 횡단보도	93s	47s
Area 591	버스정류장	-	-
Total time		4min 49s	4min 25s

사. 개발 알고리즘 보완 및 검증

1) 철도 이용객 경로안내 개발 알고리즘 보완

○ 철도 이용객 경로정보 제공에 대한 효과를 평가하고 응용하는 알고리즘을 검증하여 최종적으로 철도 이용객 중심의 정보제공 기술개발에서 도출되는 시제품에 대한 신뢰성을 향상시킴

○ 따라서 철도 이용객 중심의 정보제공 경로안내 알고리즘의 분석결과를 토대로 오류율을 줄이며, 보완사항을 제시하여 이용자들이 이용할 수 있는 신뢰성 높은 시스템 시제품을 도모함

○ 또한 철도 이용객 경로안내 정보제공 기능을 개발 알고리즘과 알고리즘 분석도구를 활용하여 지속적으로 비교분석 및 feedback 함으로써 철도 이용객 정보제공 시스템 시제품 시범운영 평가를 수행함

2) 통행거리별 시나리오 비교 분석에 따른 개발 알고리즘 보완

○ 철도 이용객 중심의 경로 탐색 알고리즘을 분석하기 위해 개발 알고리즘, 교통수요분석 프로그램의 Timetable 기반 알고리즘, 타 포털 사이트(Daum 길찾기, Naver 길찾기)와의 최단거리 및 최소시간 경로를 분석하였음

○ 개발 알고리즘은 수도권 권역으로 구축이 되었기 때문에 공주대학교의 대상지인 대전광역시 대상지는 정확한 분석이 어려움

<표 3-37> 중거리 시나리오 비교

구분		대안1		대안2		대안3	
		통행시간	통행거리	통행시간	통행거리	통행시간	통행거리
개발 알고리즘		36min	9.30km	38min	8.90km	36min	9.21km
교통수요분석 프로그램		30min	8.52km	30min	8.52km	27min	8.81km
포털 사이트	Daum	32min	8.50km	48min	8.00km	34min	9.20km
	Naver	32min	8.75km	41min	8.52km	31min	8.54km

○ 중거리 시나리오의 경우 교통수요분석 프로그램 및 포털 사이트 결과값은 유사하나 개발 알고리즘의 통행시간 및 통행거리는 약간씩 상이하게 분석됨

<표 3-38> 장거리 시나리오 비교

구분		대안1		대안2		대안3	
		통행시간	통행거리	통행시간	통행거리	통행시간	통행거리
개발 알고리즘		1h 7min	20.03km	1h 20min	16.60km	1h 32min	21.10km
교통수요분석 프로그램		1h 18min	22.00km	1h 22min	20.84km	1h 17min	23.41km
포털 사이트	Daum	1h 8min	22.10km	1h 34min	20.90km	1h 38min	22.10km
	Naver	1h 25min	20.00km	1h 34min	23.28km	1h 30min	21.30km

○ 장거리 시나리오의 경우 모든 프로그램의 결과값이 유사하게 분석되어지는 것을 볼 수 있으며, 개발 알고리즘이 장거리 경로 탐색에 있어서는 단거리, 중거리에 비해 정확성이 높다 판단됨

3) 개발 알고리즘 보완사항 도출

○ 현재로써는 개발 알고리즘의 경로 탐색 시 환승 및 버스 등 저항 가중치가 커서 통행시간 및 통행거리에서 차이가 발생하는 것으로 예상되며, 경로에 따른 환승데이터를 분석하여 세부 통행거리 및 통행시간을 분석할 필요가 있음

○ 개발 알고리즘 및 포털 사이트의 환승 보행시간은 보행거리당 평균보행속도를 기준으로 하였으며, 보행시설물(계단, 에스컬레이터, 횡단보도 등)에 따라 변화하는 보행속도 및 보행시간을 추정하지 못하였음

○ 이에 따라, 공주대학교에서는 서울역 역사 내 환승 보행시설물에 따른 보행자의 경로 분석 데이터를 분석하였으며, 실제 현장데이터와 프로그램 상 데이터가 유사한 것을 판단하였음

○ 또한, 분석데이터는 서울역에 국한한 데이터로 환승 보행지표를 일반화하기 위한 일원으로 선행연구를 진행하였으며, 향후 환승저항식을 개발에 따른 교통흐름분석 프로그램을 활용하여 환승저항식 검증이 필요함

○ 이를 고려하여 개발 알고리즘에 도입한다면, 역내 환승에 따른 정확한 보행경로탐색이 가능하다 판단됨

8. 철도 이용객 선호에 따른 Impedance 개발

○ 이용자의 선호 여부에 따른 최적경로 탐색을 위해 안전, 환경과 관련된 교통수단 별 Impedance를 개발하여 향후 이용자선호에 따른 경로탐색 알고리즘을 도입할 시 개발 알고리즘을 평가하고자 함

안전 Impedance

- 통행자들에게 교통안전적요소로는 교통사고 발생률이 낮은 도로 및 수단을 이용하는 것임
- 안전에 따른 Impedance 산정을 위한 원단위로는 교통사고 분석시스템(도로교통공단)에서 제공하는 도로유형별 교통사고 발생비율 원단위를 차량증감률에 따라 현재 연도를 기준으로 반영하여 적용함

사고 유발지역과 같은 환경의 도로유형별 사고 원단위를 이용하여 안전 Impedance를 산정함



도로유형	사망자 수	부상자 수
고속국도	0.79	16.97
일반국도	2.11	107.27
지방도	2.40	73.61

환경 Impedance

- 본 연구에서는 활용하고자 하는 수단별 배출가스는 CO_2만을 고려하여 Impedance를 추출함
- 온실가스 배출량 산정은 차종별 등록대수, 차종별 주행거리 및 차종별 평균연비 자료를 활용하여 원단위를 산정하고 교통수단별 대기오염 배출가스에 따른 거리당 환경 비용을 적용함

차종별 온실가스 배출량이 다르므로 수단별 온실가스 배출량 원단위를 활용하여 환경 Impedance를 산정함



교통수단	온실가스 배출량	도시철도 대비 환산계수
승용차	173	9.6
버스	55	331
지하철	18	1

<그림 3-75> 안전과 환경을 고려한 경로탐색

가. Impedance 지표

1) 안전 Impedance

○ 안전에 따른 Impedance 산정을 위한 원단위로는 도로교통공단 교통사고분석시스템에서 제공하는 도로유형별 교통사고 발생비율 원단위를 차량증감률에 따라 현재 연도를 기준으로 반영하여 적용함

○ 교통사고 원단위는 차량의 대수와 거리당 사망자 및 부상자수로 환산되어 있으며, 이를 활용하여 네트워크 내 Link당 통과하는 차량대수 및 Link 거리에 따른 원단위를 적용하여 최종적으로 네트워크 내 도로 유형별 안전 Impedance를 도출함

2) 환경 Impedance

○ 대기오염 물질 비용 원단위 추정방법은 다양한 방법이 있으나, 도로 및 철도 부문사업의 예비타당성 조사 지침에 제시된 원단위를 적용함

○ 수단별 배출가스는 CO2외에 HC, NOx등 다양한 배출가스가 있으나, 환경 배출가스 종류별 거리당 수단별 등 본 연구에서는 활용하고자 하는 지표에 따라 CO_2 만을 고려하여 Impedance를 추출함

○ 따라서 안전에 따른 저항값은 도로유형별로 화폐화하고 환경은 수단별 온실가스배출량을 화폐화하며, 기존 분석알고리즘에 안전, 환경 Impedance Fare(요금)을 가중하여 경로를 도출하였음

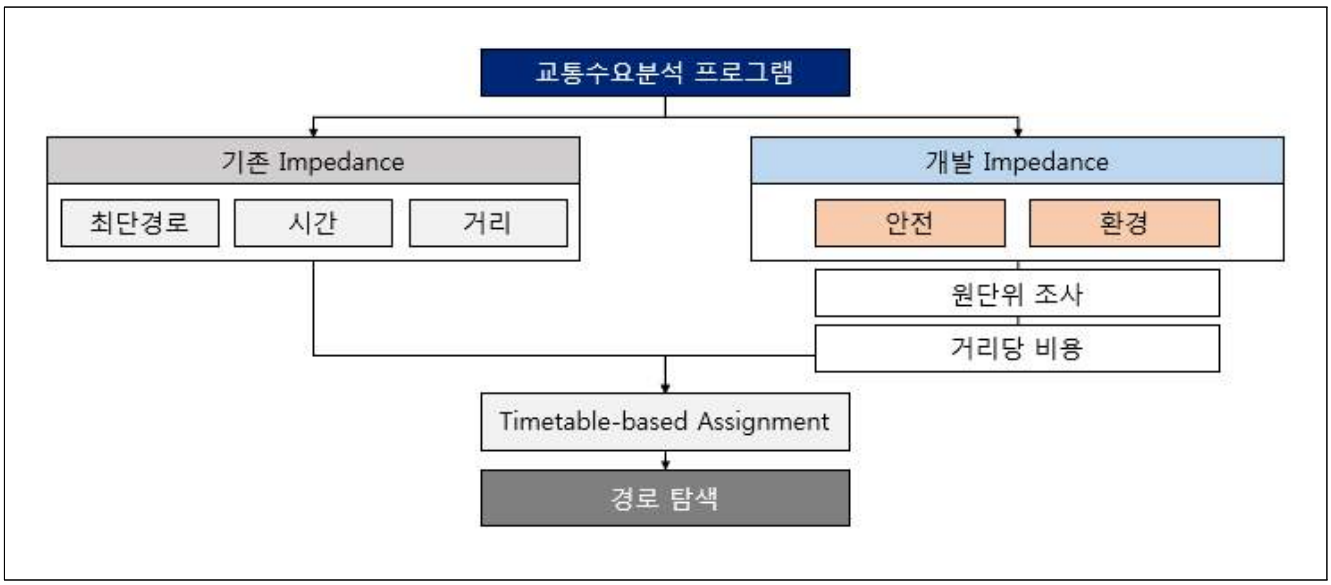
나. Impedance를 고려한 경로탐색 방법론

○ 대전광역시 내 알고리즘 평가 프로그램에 적용하여 경로를 도출함으로서 안전, 환경 Impedance를 포함한 개발 알고리즘 평가방안을 도출하며, 시나리오에 따른 분석으로 기본 결과값을 도출함으로서 안전, 환경 알고리즘이 경로탐색에 미치는 영향을 검토함

○ Timetable-base assignment기법의 Branch & Bound 알고리즘을 활용하여 경로를 도출하고자 하며, 안전 및 환경관련 Impedance를 거리대비 비용으로 환산하여 경로탐색 알고리즘에서 요금 저항값(TSys-Imp)을 추가로 부여하여 경로를 도출함

$$SearchIMP = JRT + NTR + TSys - Imp + VehJ - Imp$$

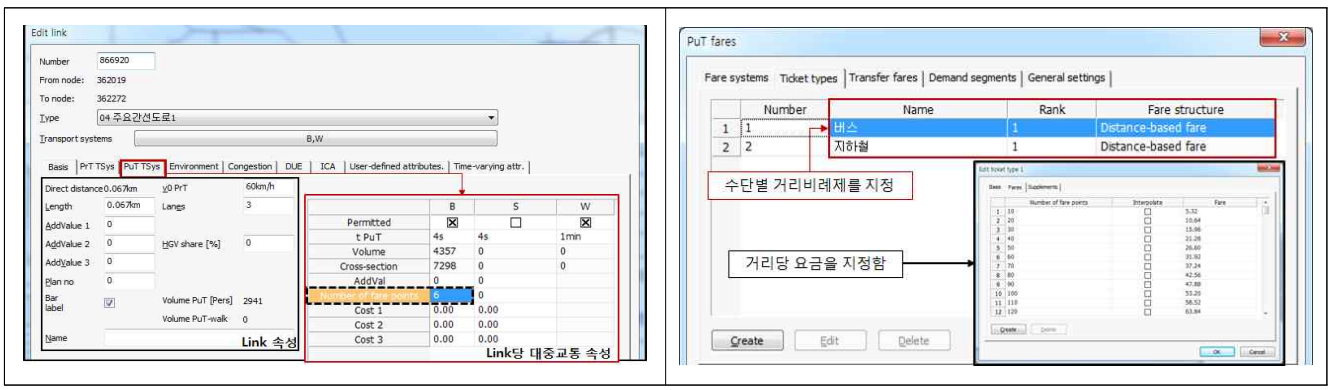
여기서, JRT(Journey time) : 소요시간
NTR(Number of transfers) : 환승횟수
TSys-Imp : 요금
VehJ-Imp : 환승저항값



<그림 3-76> Impedance 경로탐색 Flow chart

○ 수단별 fare points를 설정한 후 안전, 환경 Impedance 요금을 설정하여 출발지 목적지간의 경로에서 fare points 개수에 따른 안전, 환경 비용 도출함

○ 사고 저항값을 고려하기 위해 경로탐색 알고리즘 평가도구를 통해 대상지내 거리당 Number of fare points를 link상에 설정함



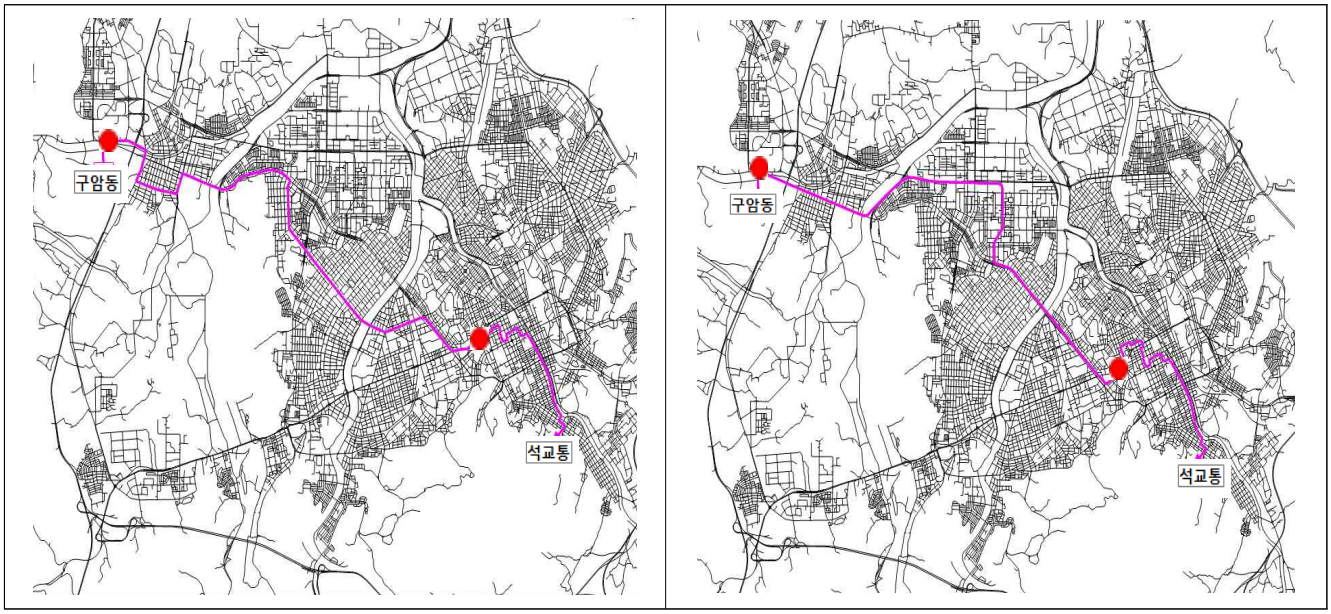
<그림 3-77> Link 거리당 Number of fare points 설정(좌), 수단별 요금 설정(우)

다. 안전, 환경 Impedance를 고려한 경로탐색

1) 안전 Impedance 적용에 따른 경로탐색

○ 사고비용을 교통수요분석 프로그램 네트워크에 Link의 거리, 교통량당 입력하여 Assignment를 하여 나온 경로가 안전 Impedance를 고려한 통행경로임

○ 대전광역시 구암동에서 석교동으로 대중교통을 이용한 통행의 최단경로와, 안전 Impedance를 적용한 경로를 분석함



<그림 3-78> 최단경로(왼), 안전을 고려한 경로(오)

○ 대전광역시 기본 대중교통 네트워크에서 구암동에서 석교동으로 가장 최소시간으로 도달하는 최단경로에서 103번 버스를 이용하는 통행 외 버스 간 환승, 버스와 지하철의 환승 등 총 43개의 경로통행이 발생함

○ 최단시간을 이용한 대전광역시 구암동에서 석교동을 통행한 경로 중 103번 버스를 이용하여 통행하였을 때 시간은 1시간 5분이 소요되며, 거리는 14.38km 소요 됨

<표 3-39> 대전광역시 구암동에서 석교동 - 최단경로

출발정류장	도착정류장	수단	통행시간	통행거리
350288	373299	-	1h 5min	14.38km
-	350288	도보	9min	1.71km
350288	373299	103번 버스	32min	11.01km
373299	-	도보	24min	1.66km

○ 안전 Impedance를 고려한 통행에서는 상대적으로 사고 Impedance의 가중치가 가장 적은 지하철을 이용한 경로만 분석되었음

○ 안전 Impedance를 고려한 경로 중 최적경로는 상대적으로 안전 비용이 높은 지하철을 이용한 경로로 통행시간은 1시간 6분 소요되며, 통행거리는 14.74km임

<표 3-40> 대전광역시 구암동에서 석교동 - 안전 Impedance를 고려한 경로

출발정류장	도착정류장	수단	통행시간	통행거리
444735	444747	-	1h 6min	14.74km
-	444735	도보	13min	0.69km
444735	444747	대전 1호선 지하철	25min	12.20km
444747	-	도보	28min	1.85km

○ 최단경로와 안전을 고려한 경로에서 구암동에서 석교동까지의 총 이동시간과 거리는 유사하게 도출되었으나 수단 및 수단별 이동시간에 차이를 보임

○ 각 경로에서 대중교통을 이용한 시간은 각각 32분, 25분으로 최단경로에서 8분가량 대중교통 통행시간이 길며, 최단경로는 버스를 이용하였고, 안전을 고려한 경로는 지하철을 이용하였음

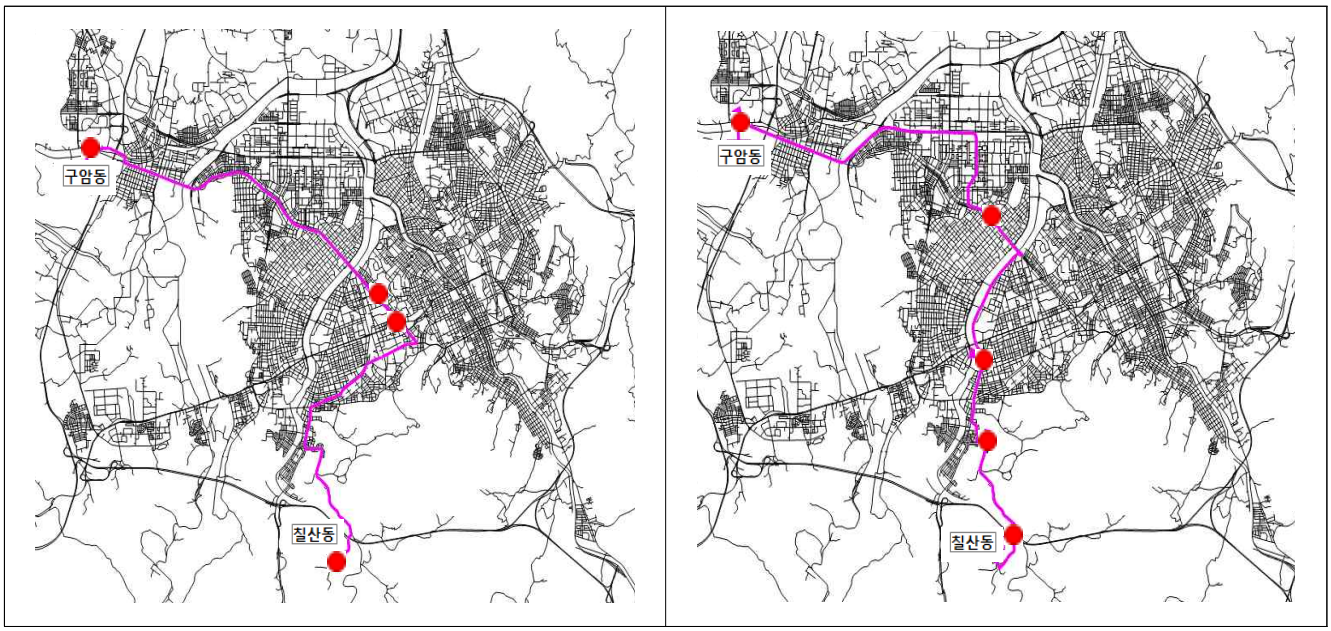
○ 이는, 안전 Impedance를 고려하였을 때, 출발·목적지 간 여러 경로 중 버스에 비해 저항값 비용이 적은 지하철을 이용한 수단을 선택함

○ 또한, 출발지에서 정류장까지, 하차 후 도착지까지의 도보를 이용한 보행시간을 보았을 때 최단경로에 비해 안전경로가 보행시간이 긴 것으로 분석됨

○ 수단별 요금 가중이 없는 보행을 최대로 이용하는 경로를 선택하여 최종적으로 통행에 따른 사고비용이 가장 적은 경로를 도출함

2) 환경 Impedance 적용에 따른 경로탐색

○ 알고리즘 평가 프로그램에서 수단별 대기오염 배출가스에 따른 거리당 환경 비용을 적용함



<그림 3-79> 최단경로(왼), 환경을 고려한 경로(오)

○ 대전광역시 구암동에서 칠산동까지의 I-J간 통행에서 대중교통을 활용해 이동할 수 있는 경로는 총 71개로 분석됨

○ 최단시간을 이용한 대전광역시 구암동에서 칠산동까지 통행하는 경로 중 107번 버스와 33번 버스를 환승하여 통행한 경로의 통행시간은 1시간 8분, 통행거리는 19.66km 소요 됨

<표 3-41> 대전광역시 구암동에서 칠산동 - 최단경로

출발정류장	도착정류장	수단	통행시간	통행거리
350288	366930	-	1h 8min	19.66km
-	350288	도보	9min	0.61km
350288	370062	107번 버스	21min	9.36km
370062	370968	환승	7min	0.51km
370968	404819	33번 버스	20min	7.35km
404819	-	도보	8min	0.56km

○ 대전광역시 구암동에서 칠산동까지 환경원단위를 고려하여 통행하는 경로는 총 10가지로 분석되었으며, 모든 경로에서 상대적으로 버스보다 온실가스 배출량이 적은 지하철을 이용하여 통행하는 경로로 분석됨

○ 환경원단위를 고려한 통행 중 도시철도와 613번 버스를 환승하여 통행하는 경로 중 통행시간은 1시간 29분이 소요되며, 통행거리는 17.69km 소요 됨

<표 3-42> 대전광역시 구암동에서 칠산동 - 환경 Impedance를 고려한 경로

출발정류장	도착정류장	수단	통행시간	통행거리
444735	404819	-	1h 29min	17.69km
-	444735	도보	10min	0.69km
444735	444744	대전 1호선 지하철	15min	8.84km
444744	366038	환승	29min	1.96km
366038	404819	613번 버스	11min	4.73km
404819	-	도보	21min	1.46km

○ 환경 Impedance를 고려한 경로 도출시 최단경로와 비교하였을 때, 총 통행거리는 환경을 고려한 경로가 작게 나오나, 통행시간에서는 약 20분 차이나는 것을 볼 수 있음

○ 환경비용이 작은 지하철을 최대한 이용하여 통행하는 경로로 도출되었으며, 경로 상 환경비용이 없는 도보를 최대로 이용하게 되면서 발생하는 차이임

○ 보행시간으로 봤을 때, 최단경로에 비해 환경경로가 보행시간이 긴 것으로 분석되며, 보행할 수 있는 최대 시간까지 보행하여 통행하는 것으로 분석됨

3) 안전, 환경 Impedance 적용에 따른 경로탐색 종합 결과

○ 안전, 환경을 고려한 경로와 기존 최단경로와의 비교를 실시하였을 때, 안전과 환경 Impedance를 적용한 경로에서 동일 출발지 목적지간의 경로는 요금 가중치의 차이만이 발생하여, 경로 도출이 유사하게 도출됨

○ 안전, 환경 Impedance를 적용 시 출발·목적지간의 다양한 수단 중 버스보다 상대적으로 비용이 적은 최대한 지하철을 이용하는 경로를 선택하려함

○ 또한, 안전, 환경 Impedance로 수단 선택에 제한이 생기면서 동일한 출발지-목적지 간 경로에서 최단경로에 비해 경로의 개수가 감소하는 것으로 분석됨

○ 안전 Impedance보다 환경 Impedance의 가중치가 작기 때문에 안전보다 환경에서 좀 더 다양한 경로가 도출됨

라. 시나리오에 따른 Impedance를 고려한 경로탐색

○ 시나리오를 설정하여 각 최단경로, 사고를 고려한 경로, 환경을 고려한 경로별로 분석된 다양한 결과 값 중 교통수요분석 프로그램 분석 시 I-J간 O/D Trips이 가장 높은 경로를 추출함

○ 또한, 분석값을 포털사이트인 Daum 길 찾기와, Naver 길 찾기를 이용하여 비교분석을 실시함으로서, 실시간 기반의 현실 데이터와 비교하여 알고리즘 평가 정확성을 높이고자 함

○ 시나리오 설정은 I-J간 경로에서 최단경로에서는 환승을 1회 이상하며, 두가지 이상의 수단을 활용한 시나리오 2의 경로가 나올 수 있으나, 안전 및 환경을 고려한 경로에서는 환승은 1회 이상하나 한가지 수단만을 이용하는 시나리오1과 같은 경로가 도출될 수 있음

- 시나리오 1 : 환승 없이 통행하는 경로
- 시나리오 2 : 환승을 1회 이상 하며, 한가지의 수단을 이용한 경로
- 시나리오 3 : 환승을 1회 이상 하며, 두가지 이상의 수단을 활용한 경로

1) 시나리오 1 (유성초등학교-시청역)

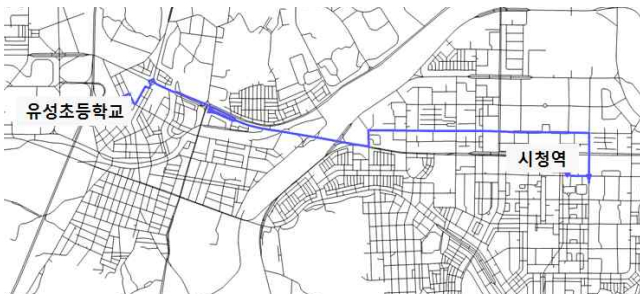
○ 시나리오 1은 최단경로를 기준으로 환승 없이 통행하는 경로로 유성초등학교에서 시청역까지의 경로를 설정함



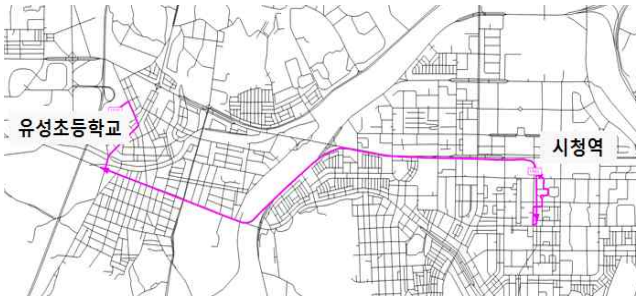
<Daum 길 찾기>



<Naver 길 찾기>



<최단거리, 환경 Impedance 적용>



<안전 Impedance 적용>

<그림 3-80> 시나리오 1의 분석경로별 노선

○ 알고리즘 분석 프로그램에서 대전 유성초등학교에서 시청역까지의 최단거리 경로로는 108번 버스를 이용하는 경로로 도출되었으며, 통행시간 28분, 통행거리 5.9km 소요됨

○ 환경 Impedance를 적용하였을 때. 버스보다 지하철을 이용한 비용이 더 적으나 안전에 비해 상대적으로 환경 가중치가 적고 출발지, 목적지간 거리가 짧아 지하철과의 비용이 유사하게 나와 더 짧은 거리 통행인 버스를 이용하는 통행이 도출됨

<표 3-43> 시나리오 1 - 환경 Impedance 적용

출발정류장	도착정류장	수단	통행시간	통행거리
355575	366338	-	28min 38s	5.89km
-	355575	도보	13min 10s	0.88km
355575	366338	108번 버스	10min 36s	4.69km
366338	-	도보	4min 52s	0.32km

○ 안전 Impedance를 적용한 경로는 총 통행시간 37분 통행거리 7.84km인 지하철을 이용한 경로로 도출되었으며, 지하철로 통행한 거리는 10분 소요됨

<표 3-44> 시나리오 1 - 안전 Impedance 적용

출발정류장	도착정류장	수단	통행시간	통행거리
444736	444742	-	37min 48s	7.84km
-	444736	도보	16min 47s	1.12km
444736	444742	지하철	10min 32s	6.02km
444742	-	도보	10min 29s	0.70km

○ 시나리오 1의 경로를 비교하였을 때 알고리즘 평가 프로그램의 최단거리 및 환경 Impedance의 경로가 가장 통행거리와 통행시간이 짧은 경로로 도출됨

○ 포털사이트 Daum의 통행시간은 알고리즘 평가 프로그램과 유사하나, 통행거리에서 차이가 있으며, 지하철을 11분 탑승하나 그 외 통행은 도보로 통행함

○ 이는 버스를 이용한 통행은 알고리즘 평가 프로그램과 유사하나, 버스를 이용한 거리가 더 긴 것으로 나타나며, 모든 경로에서 가장 도보 비중이 적은 것으로 분석됨

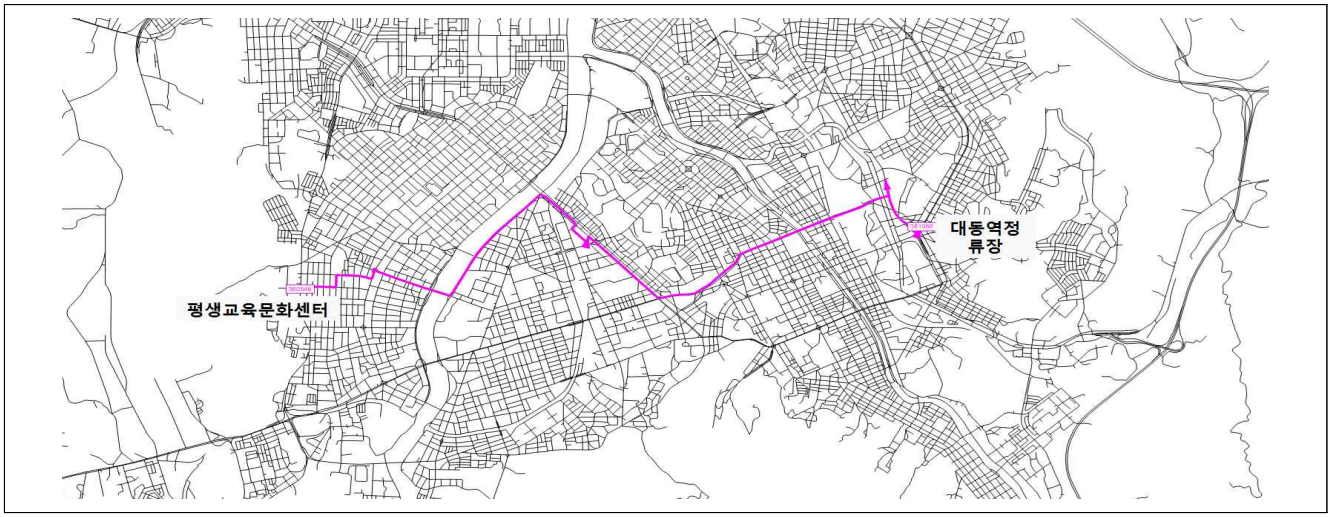
○ 안전 Impedance와 환경 Impedance를 적용하였을 때, 분석 값에서 차이를 보이며 안전 저항값에 비해 상대적으로 적용값이 작은 환경을 고려한 경로에서는 버스를 이용하는 경로로 도출됨

<표 3-45> 시나리오 1 - 종합 (유성초등학교-시청역)

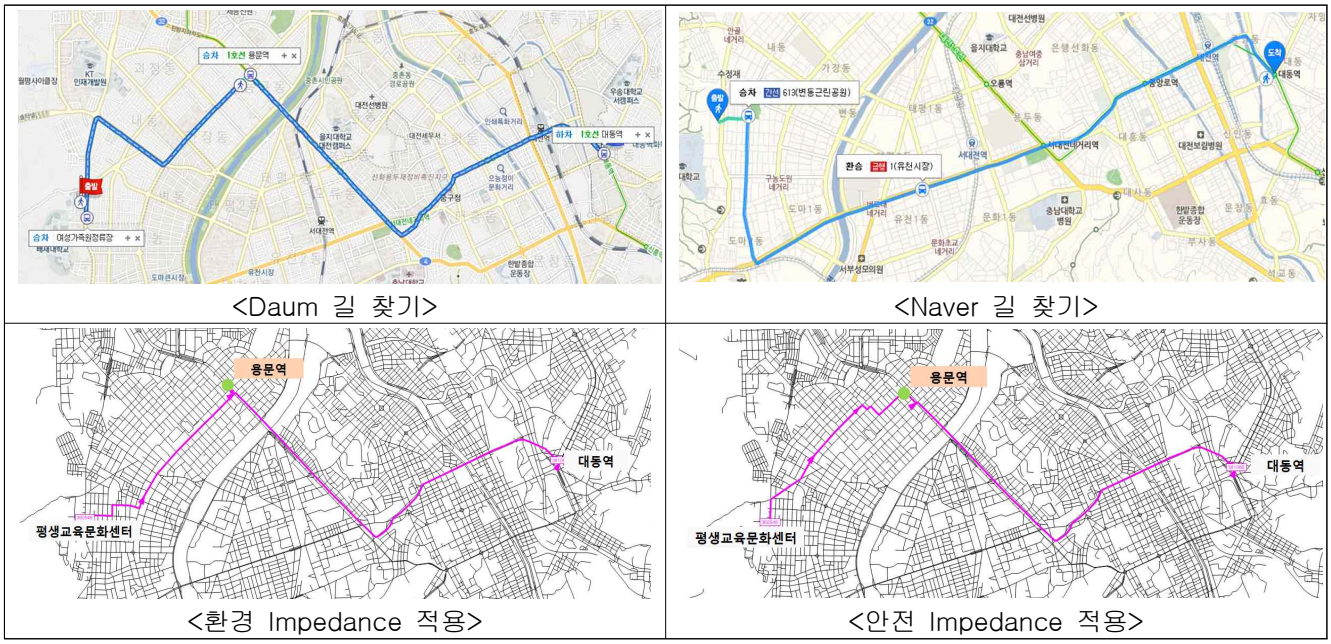
구분		수단	통행시간	통행거리
포털 사이트	Daum	지하철	29min	6.90km
	Naver	버스	33min	6.85km
알고리즘 평가 프로그램	최단경로	버스	28min	5.89km
	안전 Impedance	지하철	37min	7.84km
	환경 Impedance	버스	28min	5.89km

2) 시나리오 2 (평생교육문화센터-대동역)

○ 시나리오 2는 최단경로를 기준으로 환승을 1회 이상 하며, 한 가지 수단으로 통행하는 경로로 대전광역시 내 평생교육문화센터에서 대동역까지의 경로를 분석함



<그림 3-81> 시나리오 2의 최단경로



<Daum 길 찾기>

<Naver 길 찾기>

<환경 Impedance 적용>

<안전 Impedance 적용>

<그림 3-82> 시나리오 2의 분석경로별 노선

○ 대전광역시 내 평생교육문화센터 정류장에서 대동역 정류장으로의 최단경로는 버스도 2번 환승하는 경로로 분석되며 통행시간은 29분, 통행거리는 8.28km 소요됨

<표 3-46> 시나리오 2 - 최단거리

출발정류장	도착정류장	수단	통행시간	통행거리
360546	444750	-	29min 1s	8.28km
-	360546	도보	34s	0.04km
360546	405192	612번 버스	8min 34s	3.09km
405192	444745	도보	11min 11s	0.75km
444745	444750	918번 버스	7min 51s	4.36km
444750	-	도보	51s	0.06km

○ 환경 Impedance를 고려한 경로에서는 총 통행시간 31분, 통행거리 8.8km가 소요되었으며, 버스와 지하철을 환승하여 통행하는 경로로 도출됨

<표 3-47> 시나리오 2 - 환경 Impedance 적용

출발정류장	도착정류장	수단	통행시간	통행거리
360546	381066	-	31min 15s	8.86km
-	363224	도보	12min 20s	0.82km
363224	364707	211번 버스	5min 13s	1.96km
364707	444744	도보	2min 33s	0.17km
444744	444750	지하철	10min 18s	5.84km
444750	-	도보	51s	0.06km

○ 안전을 고려한 경로의 경우 출발지인 평생교육문화센터에서 버스를 이용하여 환승지인 용문역에서 하차 후 지하철로 환승하여 통행하였음

○ 버스에 비해 더 안전한 수단인 지하철을 이용하려는 경로로 도출되는 것을 확인 할 수 있음

<표 3-48> 시나리오 2 - 안전 Impedance 적용

출발정류장	도착정류장	수단	통행시간	통행거리
360546	381056	-	48min 56s	9.16km
	362717	도보	18min 15s	1.22km
362717	364811	603번 버스	2min 27s	0.90km
364811	444744	도보	17min 5s	1.14km
444744	444750	지하철	10min 18s	5.84km
444750	-	도보	51s	0.06km

○ 시나리오 2 분석 시 알고리즘 평가 프로그램의 최단경로가 통행거리 및 통행시간이 가장 짧은 것으로 분석되고 안전 Impedance와 포털사이트 Daum 길 찾기는 유사한 경로를 이용하는 것으로 분석되며, Daum 길 찾기의 경로가 통행거리 대비 통행시간이 짧은 것으로 도출됨

○ 이는, 도보를 이용한 경로에서 차이를 보이고 있으며, 안전 Impedance는 수단에 따른 저항값으로 인해 경로선택 시 도보를 최대한 이용하여 통행하기 때문에 발생한 차이로 분석됨

○ 최단경로의 경우 최단거리로 환승 없이 통행을 하였고, 안전경로와 환경경로에서는 버스보다 상대적으로 저항값이 적은 지하철로 환승하는 경로가 도출되었음

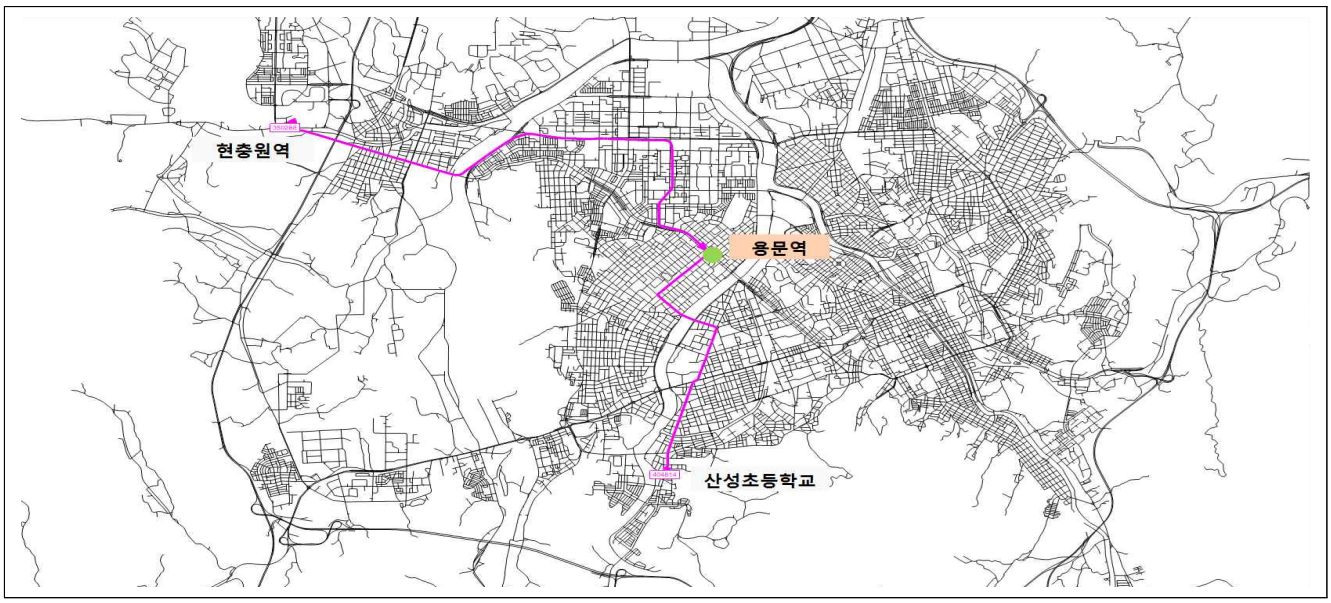
○ 안전 Impedance를 산정할 때, 각 Link를 통과하는 차량 대수도 같이 환산하기 때문에 혼잡한 도로는 저항값이 높아 우회하는 경로나 한산한 도로를 이용하는 경향이 발생하여 노선선택에서 차이가 발생함

<표 3-49> 시나리오 2 - 종합 (평생교육문화센터-대동역)

구분		수단	통행시간	통행거리
포털 사이트	Daum	버스, 지하철	39min	9.90km
	Naver	버스, 버스	41min	9.22km
알고리즘 평가 프로그램	최단경로	버스, 버스	29min	8.28km
	안전 Impedance	버스, 지하철	48min	9.16km
	환경 Impedance	버스, 지하철	31min	8.86km

3) 시나리오 3 (현충원역-산성초등학교)

○ 시나리오 3은 환승을 1회 이상하며, 지하철과 버스를 이용하는 경로로 현충원역 정류장에서 산성초등학교 정류장까지의 경로를 도출하였음



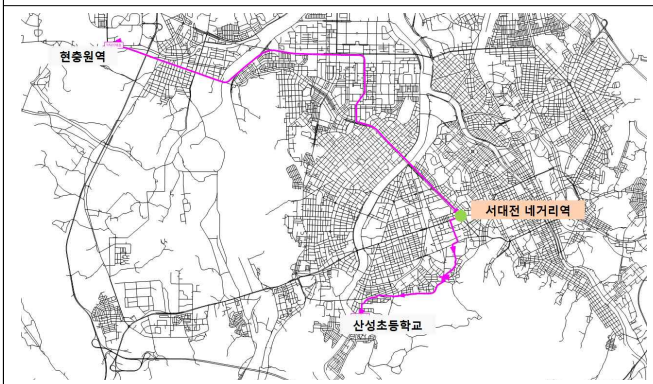
<그림 3-83> 시나리오 3의 최단경로



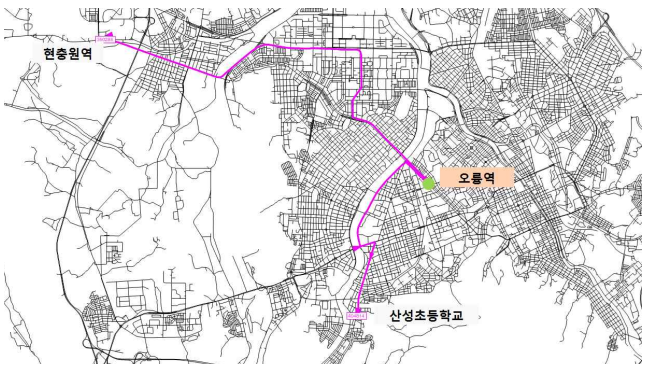
<Daum 길 찾기>



<Naver 길 찾기>



<환경 Impedance 적용>



<안전 Impedance 적용>

<그림 3-84> 시나리오 3의 분석경로별 노선

○ 알고리즘 분석 프로그램에서 최단거리를 이용한 현충원역에서 산성초등학교까지 지하철을 이용하여 통행하다 용문역에서 316번 버스로 환승하는 경로로 도출됨

<표 3-50> 시나리오 3 - 최단거리

출발정류장	도착정류장	수단	통행시간	통행거리
444745	404814	-	30min 58s	14.35km
-	444735	도보	3min 46s	0.25km
444745	444744	지하철	10min 28s	8.84km
444744	366903	도보	1min 30s	0.10km
366903	404814	316번 버스	14min 40s	5.12km
404814	-	도보	34s	0.04km

○ 안전을 고려한 경로의 경우, 현충원역에서 서대전네거리역까지 지하철 탑승시간이 20분 소요되며, 이후 버스로 환승하여 목적지까지 도착한 경로가 탐색됨

<표 3-51> 시나리오 3 - 안전 Impedance 적용

출발정류장	도착정류장	수단	통행시간	통행거리
444735	367676	-	68min 35s	16.37km
-	444735	도보	3min 46s	0.25km
444735	444746	지하철	20min 10s	11.31km
444746	405187	도보	19min 17s	1.29km
405187	370342	317번 버스	1min 30s	0.70km
370342	404805	도보	1min 10s	0.08km
404805	367676	311번 버스	3min 3s	1.44km
367676	-	도보	19min 39s	1.31km

○ 환경을 고려한 경로의 경우, 현충원역에서 오룡역까지 지하철을 이용하고 후에 버스로 환승하며, 지하철 탑승시간은 총 12분으로 최단경로보다는 탑승시간이 긴 것으로 분석되며, 총 통행시간 57분, 통행거리 14km로 분석되었음

○ 대중교통 수단 중 지하철의 경우 온실가스 배출량이 낮아 저항값이 적기 때문에 최단경로와 비교하였을 시 환경을 고려한 경로에서 지하철을 더 선호하는 것으로 분석됨

<표 3-52> 시나리오 3 - 환경 Impedance 적용

출발정류장	도착정류장	수단	통행시간	통행거리
444735	366038	-	57min 22s	13.96km
-	444735	도보	3min 46s	0.25km
444735	444745	지하철	12min 15s	10.33km
444745	369012	도보	17min 50s	1.19km
369012	366038	113번 버스	1min 34s	0.73km
366038	-	도보	21min 57s	1.46km

○ 시나리오 3에서의 최단경로는 최소시간을 기반한 경로로 가장 짧은 통행시간을 보이며, 저항값을 고려한 안전, 환경 경로에서는 상대적으로 저항값이 작은 지하철 이용하는 시간이 최단경로보다 많은 것으로 분석됨

○ 환경경로보다 저항값이 높은 안전경로의 경우 우회하더라도 지하철을 최대한 이용하는 경로로 도출됨

○ 환경을 고려한 경로는 통행거리는 가장 짧으나 통행시간은 긴 것으로 분석되었으며, 이는 환승을 위한 보행동선이 길어 생긴 것으로 분석되며, 안전을 고려한 경로에 비해 지하철 탑승시간은 총 12분으로 최단경로보다 한 정거장 더 이용한 경로로 도출되었음

○ 이는, 지하철의 경우 온실가스 배출량이 낮아 저항값이 적어 환경을 고려한 경로를 선택할 시 지하철을 선호하는 것으로 분석됨

<표 3-53> 시나리오3 - 종합(유성초등학교-시청역)

구분		수단	통행시간	통행거리
포털 사이트	Daum	지하철, 버스	47min	15.70km
	Naver	지하철, 버스	47min	14.70km
알고리즘 평가 프로그램	최단경로	지하철, 버스	30min	13.35km
	안전 Impedance	지하철, 버스, 버스	68min	16.37km
	환경 Impedance	지하철, 버스	57min	13.96km

4) 각 시나리오에 따른 Impedance 적용 경로탐색 종합결론

○ 알고리즘 평가 프로그램에 Impedance를 적용하여 안전, 환경 Impedance이 들어간 개발 알고리즘 평가 환경을 구축하였음

○ 안전 Impedance는 각 도로종별 각 Link당 교통량에 따른 저항값을 입력하기 때문에 안전에 비해 수단간 저항값이 높으며, 동일한 버스를 이용하더라도 노선이 지나는 도로에 따라 경로가 변화함

○ 환경 Impedance의 경우 수단간 저항값을 적용하였기 때문에 환승여부에 따라 변화하는 경로 도출이 가능함

○ 또한, 거리에 따른 저항값으로 수단을 이용한 통행거리가 길수록 저항값이 강하게 적용되어 보행을 최대로 이용하는 경로로 도출됨

○ 따라서 시나리오 1의 경우 환경을 이용한 경로보다 안전을 고려한 경로가 수단에 따른 저항값이 더 크기 때문에 안전을 고려한 경로에서만 저항값이 작은 지하철을 이용하여 통행하는 결과로 도출됨

○ 시나리오 2의 경우 최단경로 시 버스만을 이용한 경로에서 Impedance를 적용하면 지하철을 이용하는 수단으로 변화하는 것을 확인 할 수 있음

○ 시나리오 3의 경우 다양한 수단을 이용하는 경로 시 안전 및 환경을 고려하였을 때에 따라 각 수단별 통행시간이 달라지는 것을 확인 할 수 있음

마. 안전, 환경 Impedance 실효성 판단

○ 철도 이용객 선호도를 고려한 개발 Impedance의 실용성을 판단하고 철도 이용객 경로안내 개발 알고리즘을 선정된 평가 도구를 활용하여 비교 및 평가를 수행하고자 하며, 지속적인 비교분석을 통해 철도 이용객 정보제공 시스템 시제품 신뢰도 향상을 도모함

1) 설문 배경 및 목적

○ 현재 도시교통 정책은 신속한 이동성과 자동차 통행의 편리성을 우선시하며, 통근, 여가 및 레저생활, 쇼핑 등 다양한 목적에 따른 기존 경로안내는 통행거리, 통행시간, 비용 등의 계수로 최단시간 경로탐색에 국한되어있는 실정임

○ 최근 사람의 선호도, 생각, 행동, 특성 등 보행 경로 선택에 미치는 다양한 요인에 대한 관심이 높아지고 있으나 대중교통 이용객들의 다양한 요인들을 고려한 경로안내 제공이 어려움

○ 차량 증가로 인한 도심부의 지·정체 발생 및 교통사고 비율이 증가하고 있으며, 사고다발지역 데이터를 기반으로 안전을 고려한 경로안내와 대중교통, 자전거, 보행 등 친환경 교통수단에 대한 중요성이 높아지고 있는 상황을 통해 환경을 고려한 경로안내를 탐색하고자 함

○ 기존 경로안내와 함께 철도 이용객의 안전과 환경 선호도를 고려한 경로안내에 대한 통행거리,

통행시간, 이용교통수단 정보를 제공하고자 하며, 기존 경로안내와 안전, 환경을 고려한 경로안내를 제공하였을 때 실질적으로 철도 이용객이 어느 경로를 이용할지에 대한 실용성을 판단하고자 함

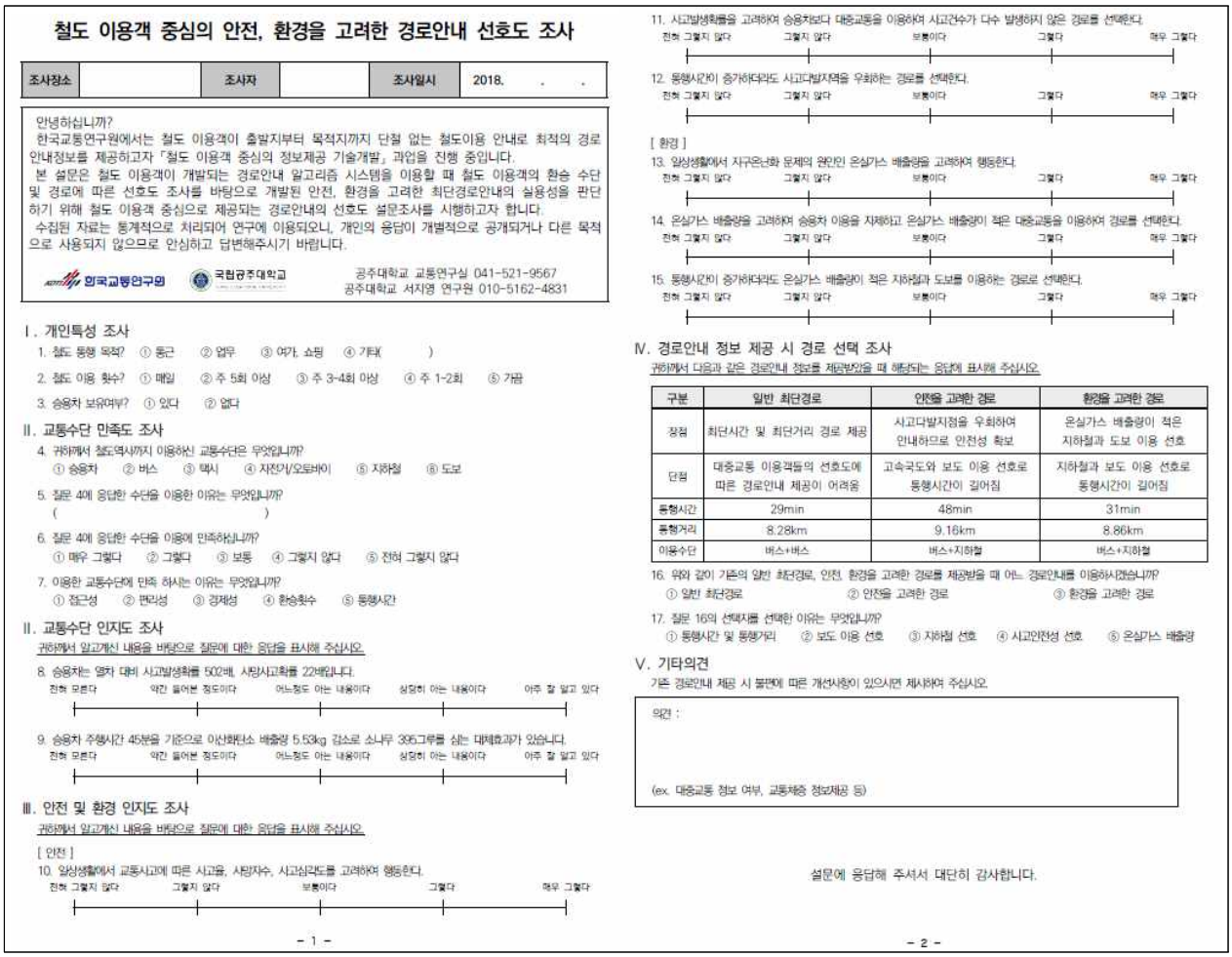
2) 설문 내용

○ 철도 역사까지 이용 교통수단 만족도 조사 및 대중교통 이용에 따른 사고발생률 및 이산화탄소 배출량 자료를 제시하여 차량과 대중교통 대비효과에 따른 인지도 조사를 수행함

○ 차량 및 대중교통 이용 시 사고심각도에 따른 안전을 고려한 경로, 온실가스 배출량에 따른 환경을 고려한 경로 제공에 대한 통행 여부를 조사함

○ 안전을 고려한 경로는 도로유형별 사고원단위를 활용하여 사고다발지역에 따른 교통사고 발생률이 낮은 경로를 탐색하며, 환경을 고려한 경로는 차종별 온실가스 배출량 원단위를 활용하여 친환경교통수단에 따른 온실가스 배출량이 적은 경로를 탐색함

○ 기존 최단경로, 안전 및 환경을 고려한 경로를 통행시간, 통행거리와 함께 제시하여 이에 따른 경로 선택 결과를 산출하고자 함



철도 이용객 중심의 안전, 환경을 고려한 경로안내 선호도 조사

조사장소 | 조사자 | 조사일시 2018. . .

안녕하십니까?
한국교통연구원에서는 철도 이용객이 출발지부터 목적지까지 단절 없는 철도이용 안내로 최적의 경로 안내정보를 제공하고자 「철도 이용객 중심의 정보제공 기술개발」 과업을 진행 중입니다.
본 설문은 철도 이용객이 개발되는 경로안내 알고리즘 시스템을 이용할 때 철도 이용객의 환승 수단 및 경로에 따른 선호도 조사를 바탕으로 개발된 안전, 환경을 고려한 최단경로안내의 실용성을 판단하기 위해 철도 이용객 중심으로 제공되는 경로안내의 선호도 설문조사를 시행하고자 합니다.
수집된 자료는 통계적으로 처리되어 연구에 이용되오니, 개인의 응답이 개별적으로 공개되거나 다른 목적으로 사용되지 않으므로 안심하고 답변해주시기 바랍니다.

한국교통연구원 국립공주대학교
공주대학교 교통연구실 041-521-9567
공주대학교 서지영 연구원 010-5162-4831

Ⅰ. 개인특성 조사
1. 철도 통행 목적? ① 통근 ② 업무 ③ 여가, 쇼핑 ④ 기타( )
2. 철도 이용 횟수? ① 매일 ② 주 5회 이상 ③ 주 3-4회 이상 ④ 주 1-2회 ⑤ 가끔
3. 승용차 보유여부? ① 있다 ② 없다

Ⅱ. 교통수단 만족도 조사
4. 귀하께서 철도역사까지 이용하신 교통수단은 무엇입니까?
① 승용차 ② 버스 ③ 택시 ④ 자전거/오토바이 ⑤ 지하철 ⑥ 도보
5. 질문 4에 응답한 수단을 이용한 이유는 무엇입니까?
( )
6. 질문 4에 응답한 수단을 이용에 만족하십니까?
① 매우 그렇다 ② 그렇다 ③ 보통 ④ 그렇지 않다 ⑤ 전혀 그렇지 않다
7. 이용한 교통수단에 만족 하시는 이유는 무엇입니까?
① 접근성 ② 편리성 ③ 경제성 ④ 환승횟수 ⑤ 통행시간

Ⅱ. 교통수단 인지도 조사
귀하께서 알고계신 내용을 바탕으로 질문에 대한 응답을 표시해 주십시오.
8. 승용차는 열차 대비 사고발생확률 502배, 사망사고확률 22배입니다.
전혀 모른다 약간 들어본 정도이다 어느정도 아는 내용이다 상당히 아는 내용이다 아주 잘 알고 있다
9. 승용차 주행시간 45분을 기준으로 이산화탄소 배출량 5.53kg 감소로 소나무 395그루를 심는 대체효과가 있습니다.
전혀 모른다 약간 들어본 정도이다 어느정도 아는 내용이다 상당히 아는 내용이다 아주 잘 알고 있다

Ⅲ. 안전 및 환경 인지도 조사
귀하께서 알고계신 내용을 바탕으로 질문에 대한 응답을 표시해 주십시오.
[안전]
10. 일상생활에서 교통사고에 따른 사고율, 사망자수, 사고심각도를 고려하여 행동한다.
전혀 그렇지 않다 그렇지 않다 보통이다 그렇다 매우 그렇다

- 1 -

11. 사고발생확률을 고려하여 승용차보다 대중교통을 이용하여 사고건수가 다수 발생하지 않은 경로를 선택한다.
전혀 그렇지 않다 그렇지 않다 보통이다 그렇다 매우 그렇다
12. 통행시간이 증가하더라도 사고다발지역을 우회하는 경로를 선택한다.
전혀 그렇지 않다 그렇지 않다 보통이다 그렇다 매우 그렇다
[환경]
13. 일상생활에서 자구온난화 문제의 원인인 온실가스 배출량을 고려하여 행동한다.
전혀 그렇지 않다 그렇지 않다 보통이다 그렇다 매우 그렇다
14. 온실가스 배출량을 고려하여 승용차 이용을 자제하고 온실가스 배출량이 적은 대중교통을 이용하여 경로를 선택한다.
전혀 그렇지 않다 그렇지 않다 보통이다 그렇다 매우 그렇다
15. 통행시간이 증가하더라도 온실가스 배출량이 적은 지하철과 도보를 이용하는 경로로 선택한다.
전혀 그렇지 않다 그렇지 않다 보통이다 그렇다 매우 그렇다

Ⅳ. 경로안내 정보 제공 시 경로 선택 조사
귀하께서 다음과 같은 경로안내 정보를 제공받았을 때 해당되는 응답에 표시해 주십시오.

구분	일반 최단경로	안전을 고려한 경로	환경을 고려한 경로
장점	최단시간 및 최단거리 경로 제공	사고다발지점을 우회하여 안내하므로 안전성 확보	온실가스 배출량이 적은 지하철과 도보 이용 선호
단점	대중교통 이용객들의 선호도에 따른 경로안내 제공이 어려움	고속국도와 보도 이용 선호로 통행시간이 길어짐	지하철과 보도 이용 선호로 통행시간이 길어짐
통행시간	29min	48min	31min
통행거리	8.28km	9.16km	8.86km
이용수단	버스+버스	버스+지하철	버스+지하철

16. 위와 같이 기존의 일반 최단경로, 안전, 환경을 고려한 경로를 제공받을 때 어느 경로안내를 이용하시겠습니까?
① 일반 최단경로 ② 안전을 고려한 경로 ③ 환경을 고려한 경로
17. 질문 16의 선택지를 선택한 이유는 무엇입니까?
① 통행시간 및 통행거리 ② 보도 이용 선호 ③ 지하철 선호 ④ 사고안전성 선호 ⑤ 온실가스 배출량

Ⅴ. 기타의견
기존 경로안내 제공 시 불편에 따른 개선사항이 있으시면 제시하여 주십시오.
의견 :
(ex. 대중교통 정보 여부, 교통체증 정보제공 등)

설문에 응답해 주셔서 대단히 감사합니다.

- 2 -

<그림 3-85> 경로안내 선호도조사 설문지

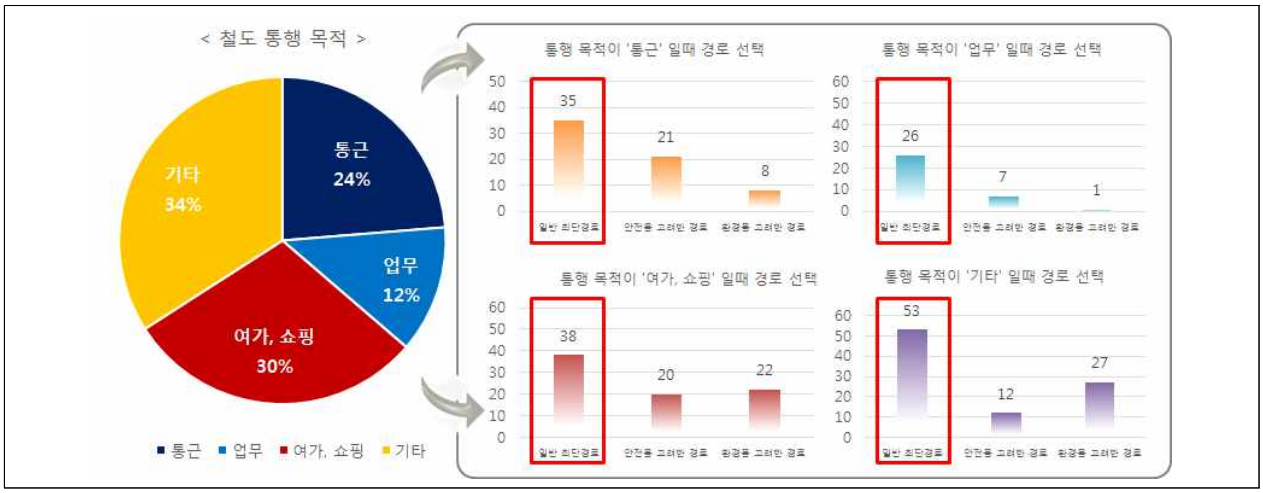
3) 설문 결과

○ 본 설문조사 응답자는 철도역사까지 버스 37%(99명), 지하철 30%(81명)을 대다수 이용하였으며, 응답자 47%(129명)의 만족에 대한 이유로는 편리성(45%), 경제성(22%), 접근성(19%) 순으로 분석됨

○ 대부분의 철도 이용객은 차량에 비해 대중교통 사고발생률 및 이산화탄소 배출량에 대한 인지도가 어느 정도 있다고 분석되나 안전 및 환경에 대한 인지도가 있음에도 불구하고 일반 최단경로를 이용하겠다는 결과가 도출되어 일반 최단경로 정보를 제공하는 것이 실용성이 있다고 판단됨

○ 또한, 통행 목적이 통근일 경우 응답자 55%는 최단경로를 선택하였으며, 다음으로 업무일 경우도 응답자 76%가 최단경로를 선택함

○ 이에 비해 통행 목적이 여가 또는 쇼핑일 경우 최단경로를 가장 많이 선택하였으나 안전 및 환경을 고려한 경로에도 비등하게 선택되어짐



<그림 3-86> 통행 목적별 경로안내 설문 결과

제4장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

1. 목표 달성도

구분	연구 목표	달성도
1차년도	▪ 철도이용객의 정보제공기술의 동향분석	100%
	▪ 철도이용객의 정보니즈 분석	
	▪ 철도이용객의 정보제공 목표 설정	
	▪ 열차운행정보와 혼잡정보의 인터페이스 현황 분석	
	▪ 타 교통수단 정보 연계 범위 설정	
	▪ 타 교통수단 정보연계 기본설계	
	▪ 철도 이용객의 정보제공 알고리즘 검증 및 효과 평가 방법론 개발	
	▪ 국내외 실내측위 기술동향 분석	
	▪ 기존 실내측위 기술의 철도역사 적용 한계점 분석 및 개선방향 제시	
2차년도	▪ 실시간 철도 차량 및 역사 운행도 정보제공 방안	100%
	▪ 실시간 철도 차량 및 역사 운행도 정보 연계 시스템 개발	
	▪ 도시철도 역사 표준맵 설계 및 구축	
	▪ 철도 네트워크 설계 및 구축	
	▪ 타 교통수단 POI 데이터 구축(2차)	
	▪ 타 교통수단 정보 연계 핵심기술개발(2단계)	
	▪ 도시철도 역사간 지하구간 내 이용자 위치측정 기술 개발	
	▪ 철도 이용객 경로안내 핵심기술 개발(1단계)	
	▪ 철도 이용객 경로안내 핵심기술 평가(1차)	
	▪ 철도 이용객 비상상황 경로탐색 알고리즘 설계	
	▪ 철도역사의 철도이용객 위치파악을 위한 융합적 실내측위 기술 개발	
	▪ 철도 이용객 유형별 경로안내 시뮬레이션 검증	
3차년도	▪ 철도 이용객 상황별 정보제공 모듈 개발	100%
	▪ 철도 이용객 상황별 정보제공 핵심기술 및 S/W 개발	
	▪ 철도 이용객 상황별 정보제공 핵심기술 및 S/W 테스트 및 보완	
	▪ 타 교통수단 연계 정보 시스템 고도화	
	▪ 타 교통수단 연계 정보 제공 평가	
	▪ 도시철도 이용객 중심 경로안내 핵심기술 개발 고도화 및 평가(2단계)	
	▪ 도시철도 역사 비상상황 정보제공 기술 개발	
	▪ 역사 간 지하구간 철도 이용객 위치 측정 핵심기술 개발	
	▪ 철도 이용객 위치 파악을 위한 융합적 실내측위 장치 구축	
	▪ 철도 이용객 유형별 경로안내 시뮬레이션 검증	
4차년도	▪ 철도 중심의 경로탐색 구현을 위한 연계 교통수단 DB 갱신	100%
	▪ 복합 교통수단(Multi-modal) 경로 탐색	
	▪ D2D APP 시범운영 및 모니터링	
	▪ Wi-Fi 기반 실내측위 기술 시범운영(신정네거리~잠실역)	
	▪ IOS 위치 서비스를 위한 기술 확보	
	▪ D2D APP IOS 버전 개발	
	▪ 철도 이용객 경로안내 알고리즘 보완사항 제시	
	▪ D2D 시스템 시제품 시범운영 평가결과 분석	

2. 관련 분야 기여도

가. 기술적 파급효과

○ 철도와 타 교통수단 정보 연계 및 결제 연계를 통해서 One-Pass 시스템 구축
- 철도 중심의 타 교통수단과의 연계 경로안내 개발 기술 확보
- 링크를 통한 결제 연계 시스템 확보
- 철도 이용객 통행편의 및 안전향상 기술 확보

○ 증강현실을 기반한 철도 보행 내비게이션 개발
- 일반이용객과 교통약자를 구분한 맞춤형 정보제공 기능 구현
- 정보약자(외국인, 초행자, 고령자)에게 증강현실을 기반으로 하여 직관적인 화살표를 통한 정보제공 기능 구현
- 핵심기술의 실용화를 위한 시범운영을 통하여 기술 고도화 확보
- 대형쇼핑몰, 실내주차장, 공항 등의 실내경로안내가 필요한 곳에 적용 가능

나. 경제 · 사회적 파급효과

○ 철도 중심의 복합경로안내 기술 확보에 따라 철도 이용의 극대화에 따른 수익 및 환경 보호의 경제적 효과

○ 철도 이용객의 이동 및 타 교통수단 이용 시 발생할 수 있는 연계 미확보 요소를 줄여 사회적/개인적 비용 감소 효과

○ 기존의 실내측위 기술 대비 설치 및 유지·보수 비용 절감으로 인한 경제적 효과 기대

○ 수집된 Big Data를 활용하여 국토교통부, 문화체육관광부 등의 정부부처에서 정책 의사결정에 활용 효과
- 관련된 자료조사 및 수집 등에 소요되는 정부 예산 절감 기대

제5장. 연구개발성과의 활용계획

1. 연구성과 활용방안

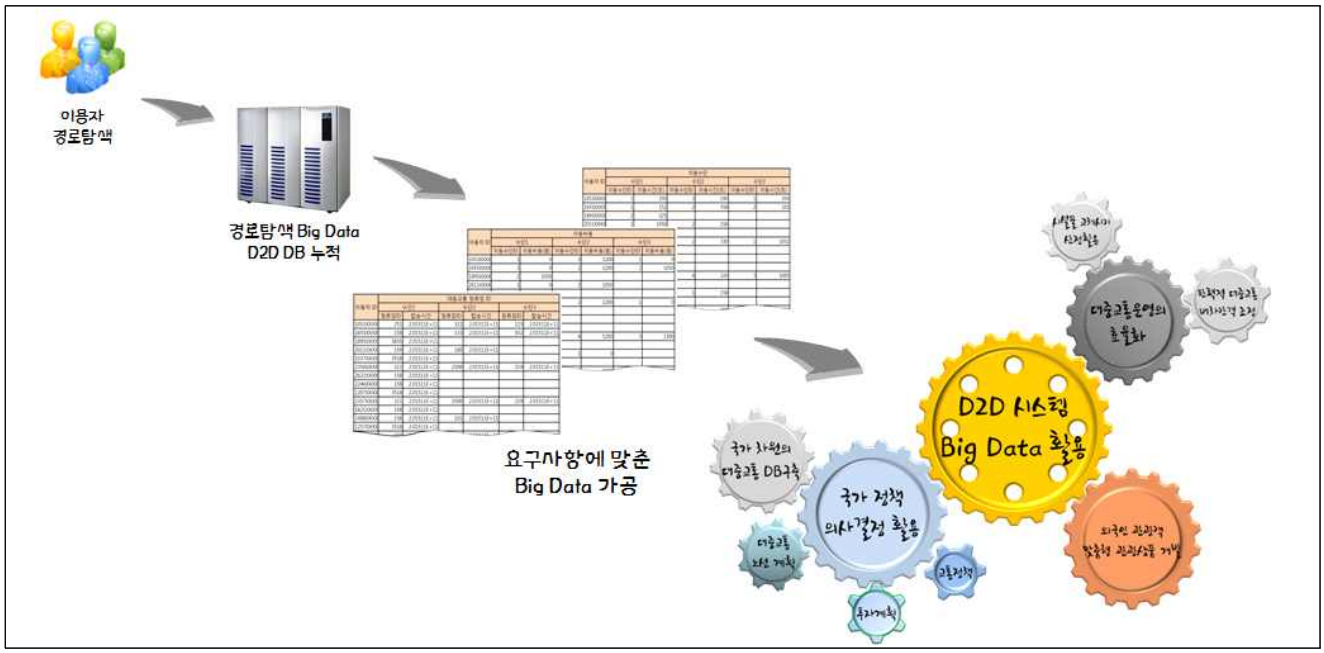
○ GPS 음영구간 측위기술 시범운영(서울 도시철도 2호선 신정네거리역~잠실역)구간에 대해서 구축 후 시범운영을 통한 기술 고도화 및 홍보

○ Big Data 구축과 이를 활용한 철도교통 정책수립 및 평가 시스템 활용(국토교통부)

- 5년 단위로 시행중인 국가교통 DB 구축을 위한 조사사업 예산 절감 효과
- 철도 경영 효율성 및 서비스 평가, 수요에 대응 가능한 탄력적 철도운영 조정

○ 외국관광객의 Big Data기반 소비행태 및 관광행태 분석과 관광상품 개발(문화체육관광부)

○ 철도 이용객의 충성도 확보와 철도운영 기관 부가가치 창출(철도 운영기관)



<그림 5-1> 연구성과 활용방안(BigData 활용)

2. 연구성과 실용화 계획

○ 2세부 과제의 핵심 기술을 활용한 내국인 서비스(카카오, SKT, 구글코리아 등)과 외국인 서비스(Konesko) 이원화 시킨 실용화 방안 추진

- (내국인 서비스) : 포탈 사이트와 연계하여 기존 실용화 효과 극대화 추진 (SKT, 구글코리아)
- (외국인 서비스) : 일본인 및 중국인 대상 해당국 언어 지도 및 경로 표출 서비스만으로 제한적인 상황. 이를 적극 공략하기 위해 기존 고객층을 확보하고 있는 Konesko 서비스와 연계한 서비스 확대 (경로 탐색, 안내, 내비게이션 기능 추가) 추진

○ 비즈니스 모델은 외국인 사용자가 무료 어플 서비스를 받고, 호텔예약/교통카드이용 등의 수수료와 쇼핑/레스토랑/관광 등의 사업자가 광고 런칭에 대한 가입비를 수입원으로 지속 가능한 운영 유지 가능

○ GPS 음영구간 내 측위기술을 활용한 쇼핑몰, 지하주차장 등의 기술구현 및 정보약자(외국인, 초행자, 고령자 등)에게 맞춤형 정보제공을 통한 실용화 추진

○ The Smart D2D 핵심기술의 기술이전(카카오, 구글코리아, SKT 등)

<표 5-1> 핵심기술 별 성과활용계획

핵심기술	성과내용 및 성능	활용방안
철도와 타 교통수단 연계를 위한 기술	▪ 복합교통수단(Park&Ride, 카쉐어링) 연계 경로안내 기술	▪ 카쉐어링 등을 관광상품과 연계해서 외국인 관광객 등에게 활용 가능 ▪ 기존 경로안내 제공 회사(Kakao, naver)에 핵심기술 이전을 통한 활용
철도 이용객 정보제공을 위한 통합 D2D App	▪ 철도, 항공, 해운 등 링크를 통한 통합 App ▪ 연구를 통해 개발한 핵심성과물을 통합한 App	▪ 이력데이터를 분석해서 Big Data로 정부 의사결정에 활용 가능
철도 역사용 WiFi기반 실내측위 기술 개발	▪ 철도 역사의 특수성을 고려한 WiFi 기반의 실내측위 기술 ▪ 측위 오차 5m이내 달성	▪ 철도 역사 내 정확한 위치 측위를 통한 IOT기술과 연계 활용 가능 ▪ 기존 경로안내 제공 회사(Kakao, naver)에 핵심기술 이전을 통한 활용
마커 기반 실내측위 기술을 활용한 보행내비게이션 개발	▪ 스마트폰 기종에 상관없이 적용 가능 ▪ 증강현실 기반의 보행내비게이션 ▪ 일반 보행자와 교통약자의 유형에 따른 경로안내	▪ 경로안내가 필요한 지하주차장, 공항, 터미널 등 활용 가능 ▪ 기존 경로안내 제공 회사(Kakao, naver)에 핵심기술 이전을 통한 활용
이용객 유형별 경로안내 알고리즘 개발	▪ 안전(교통 수단의 사고 위험도)을 고려한 경로안내 ▪ 환경(교통수단의 Co_2 배출량)을 고려한 경로안내	▪ 미세먼지 저감 대책 등의 일환으로 활용가능 ▪ 기존 경로안내 제공 회사(Kakao, naver)에 핵심기술 이전을 통한 활용

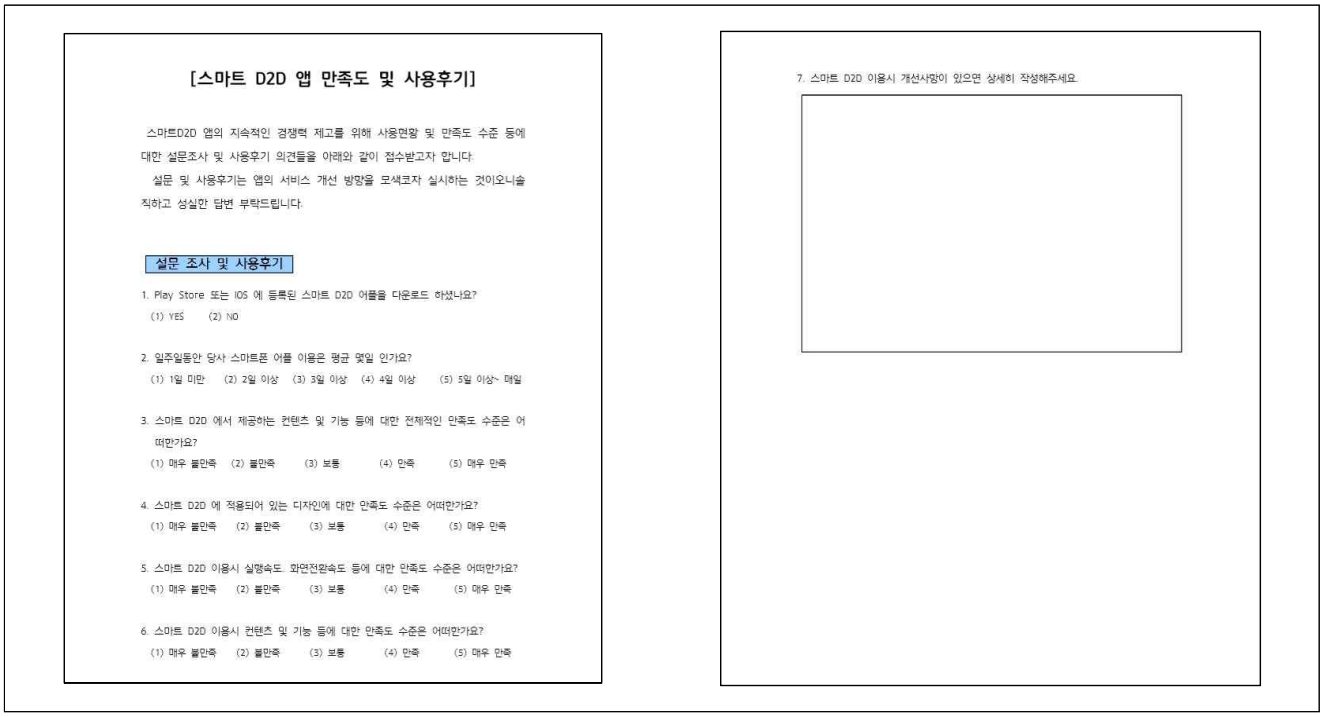
3. 향후 추가 연구아이템

가. 통합 D2D App

○ 지속적인 업데이트를 통한 경로제공 App의 안정화

○ D2D 앱 만족도 및 사용후기 설문조사를 위한 설문조사와 마켓과 앱스토어의 사용자 평가 및 리뷰를 통한 만족도 조사 및 요구사항에 따른 업데이트 활동

○ 스마트 D2D 앱 만족도 및 사용후기 설문조사


[스마트 D2D 앱 만족도 및 사용후기]

스마트D2D 앱의 지속적인 경쟁력 제고를 위해 사용현황 및 만족도 수준 등에 대한 설문조사 및 사용후기 의견들을 아래와 같이 접수받고자 합니다.
설문 및 사용후기는 앱의 서비스 개선 방향을 모색코자 실시하는 것이오니솔직하고 성실한 답변 부탁드립니다.

설문 조사 및 사용후기

1. Play Store 또는 IOS 에 등록된 스마트 D2D 어플을 다운로드 하셨나요?
(1) YES (2) NO

2. 일주일동안 당사 스마트폰 어플 이용은 평균 몇일 인가요?
(1) 1일 미만 (2) 2일 이상 (3) 3일 이상 (4) 4일 이상 (5) 5일 이상~ 매일

3. 스마트 D2D 에서 제공하는 컨텐츠 및 기능 등에 대한 전체적인 만족도 수준은 어떠한가요?
(1) 매우 불만족 (2) 불만족 (3) 보통 (4) 만족 (5) 매우 만족

4. 스마트 D2D 에 적용되어 있는 디자인에 대한 만족도 수준은 어떠한가요?
(1) 매우 불만족 (2) 불만족 (3) 보통 (4) 만족 (5) 매우 만족

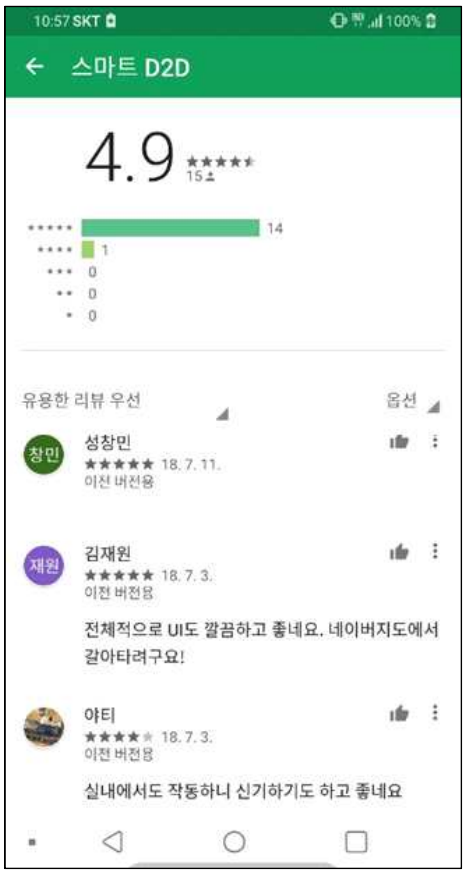
5. 스마트 D2D 이용시 실행속도, 화면전환속도 등에 대한 만족도 수준은 어떠한가요?
(1) 매우 불만족 (2) 불만족 (3) 보통 (4) 만족 (5) 매우 만족

6. 스마트 D2D 이용시 컨텐츠 및 기능 등에 대한 만족도 수준은 어떠한가요?
(1) 매우 불만족 (2) 불만족 (3) 보통 (4) 만족 (5) 매우 만족

7. 스마트 D2D 이용시 개선사항이 있으면 상세히 작성해주세요.

<그림 5-2> 사용자 만족도 및 사용후기

○ 마켓과 앱스토어의 사용자 평가 및 리뷰



<Android>



<IOS>

<그림 5-3> 사용자 평가 및 리뷰 만족도

○ 만족도 조사에 따른 보완 계획
- 보완 일정은 올해 말까지 Android, IOS 마켓에서의 의견 수렴 후 보완 예정
- 현재 사용자 수가 많지 않아 평가에 대한 내용이 부족하므로 추가 적으로 사용자 평가의 의견을 더 받은 후 설문조사의 결과와 함께 의견을 수렴하여 가능한 추가 개발비용이 들지 않는 범위 내에서 보완 예정
- 스마트 D2D 앱 업데이트를 통해 앱을 설치한 사용자가 자동으로 업데이트가 가능하도록 적용할 예정

○ 2018년 10월까지 만족도 및 사용 후기를 통해 나온 의견은 다음과 같음
- 실내경로 안내역의 확대
- 카셰어링 및 주차요금 결제 시스템 연계
- 바닥 마커의 크기 축소
- 검색 결과 저장과 불러오기 기능 추가
- 자동차 내비게이션 중 Tmap 추가
- 반응속도의 개선

나. 실내측위기술

○ 기술의 실용화와 사용자 편의성 향상을 위해서는 다음의 추가적인 연구내용이 개발되어야 함
- 철도 보행내비게이션 음성 안내 기능 개발
- 경로안내 DB 자동구축을 위한 자동화 Tool 개발
- 스마트폰에 내장되어 있는 관성센서 및 PDR 센서를 활용한 정확도 보완 기술 개발

4. 기대효과

○ 철도 중심의 타 교통수단 정보 접근성이 One pass 서비스 가능

- 1개 이상의 서비스 어플 사용에서 One Pass 서비스

○ 단절 없는 경로 탐색/안내/내비게이션 서비스 가능

- 지하와 터널 구간에서도 단절 없이 수집·전송하여 GPS 음영지역에서도 경로안내가 가능한 기반기술 확보로 더 스마트한 내비게이션 서비스에 활용
- 스마트폰 기종에 제약 없는 서비스 가능

○ 철도 미래가치 요인 Big Data 구축과 이를 활용한 정책개발 및 평가 가능

제6장. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

제7장. 연구개발성과의 보안등급

보안등급 분류	보안	일반
		√
결정 사유	일반 수행 과제	

제8장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황

구입 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)	비고 (설치 장소)	NTIS장비 등록 번호

제9장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적

제10장. 연구개발과제의 대표적 연구 실적

1. 논문

번호	구분	논문명	소속 기관명	역할	논문 게재지	영향력 지수	논문 게재일	사사 여부	특기 사항
1	논문	철도 이용객 정보제공 효과평가 방법론 연구	공주 대학교		한국ITS학회 논문지		2015.06	단독	
2	논문	Sound based indoor and outdoor environment detection for seamless positioning handover	한국 과학기술원		ICT Express		2015.12	중복	
3	논문	이동통신 기지국 기반 도시철도 지하 역사 및 구간 위치 측위 기술 연구	엘비씨 소프트		한국전자통신학회 논문지		2016.05	단독	
4	논문	Performance Evaluation of Radio Map Construction Methods for Wi-Fi Positioning System	한국 과학기술원		IEEE Transactions on Intelligent Transportation System		2016.08	중복	SCI
5	논문	교통안전, 환정지표의 저항값을 고려한 대주교통 경로탐색 알고리즘 개발	공주 대학교		한국ITS학회 논문지		2017.02	단독	
6	논문	AMID:Accurate Magnetic Indoor Localization Using Deep Learning	한국과학기술원		MDPI-sensors		2018.05	중복	SCI
7	논문	Maas의 다양한 공공교통수단 연계에 따른 구현 방안	공주 대학교		한국ITS학회 논문지		2018.04	단독	
-	발표	방위탐지가 가능한 입체바코드를 활용한 실내측위에 관한 연구	한국 교통연구원		한국ITS학회 학술대회		2016.04		
-	발표	무선통신 기반 매몰자 위치 탐색 연구	한국 과학기술원		한국ITS학회 학술대회		2015.10		
-	발표	기압계 및 층 고도 정보를 활용한 실채 층 인식 기법	한국 과학기술원		한국ITS학회 학술대회		2015.10		
-	발표	라디오맵 구축 기법 성능평가	한국 과학기술원		한국ITS학회 학술대회		2015.10		

2. 특허

번호	구분	특허명	소속 기관명	역할	특허 등록 국가	영향력 지수	특허 등록일	사사 여부	특기 사항
1	특허 등록	버스운행관리시스템의 정보를 이용하여 교통정보를 생성하는 방법	한국 교통연구원		대한민국		2017.05		10-2016-0189273
2	특허 출원	대중교통 이용자 D2D(Door to Door) 실내외 통합 대중교통 정보제공 및 경로안내 시스템	엘비씨 소프트		대한민국		2016.05		10-2016-0059486
3	특허 출원	철도 이용객의 정보 수집 및 전송장치	엘비씨 소프트		대한민국		2017.03		
4	특허 출원	철도 이용객 중심의 경로안내 시스템	엘비씨 소프트		대한민국		2017.03		10-2017-0042268
5	특허 출원	철도 이용객 중심의 여행 경로 제공 시스템 및 이를 이용한 방법	유티 정보		대한민국		2018.06		2018-0068569
6	특허 출원	카 쉐어링 및 렌트카 서비스 연계형 여행 경로 제공 시스템 및 이를 이용한 방법	유티 정보		대한민국		2018.06		2018-0068571

3. 저작권 등록

번호	구분	저작권명	소속 기관명	역할	등록 국가	영향력 지수	저작권 등록일	사사 여부	특기 사항
1	S/W	도시철도 정보연계 API(S/W)	엘비씨 소프트		대한민국		2016.05		C-2016 -012176
2	S/W	타 교통수단 연계 API(S/W)	엘비씨 소프트		대한민국		2016.05		C-2016 -012178
3	S/W	타 교통수단 데이터 처리 모듈 S/W	엘비씨 소프트		대한민국		2016.05		C-2016 -012179
4	S/W	기지국 데이터 측정 어플레케이션	엘비씨 소프트		대한민국		2015.12		C-2015 -033370
5	S/W	모바일 WIFI 수집 및 측정 어플리케이션 S/W	엘비씨 소프트		대한민국		2016.05		C-2016 -012177
6	S/W	D2D MULTI-MODAL S/W	엘비씨 소프트		대한민국		2016.05		C-2016 -012180
7	S/W	The Smart D2D(Door to Door) 어플리케이션 S/W	엘비씨 소프트		대한민국		2017.03		C-2017 -007978
8	S/W	철도 이용객 중심의 정보제공 시스템 모듈 S/W	엘비씨 소프트		대한민국		2017.03		C-2017 -007979
9	S/W	Smart D2D Android (스마트 디투이 안드로이드)	유티 정보		대한민국		2018.06		C-2018 -016123
10	S/W	Smart D2D IOS (스마트 디투디 아이오에스)	유티 정보		대한민국		2015.06		C-2018 -016124

제11장. 기타 사항

○ 해당 사항 없음

제12장. 참고 문헌

1. 보고서

[1] 대중교통 연계 및 환승정보서비스 표준화 방안 연구, 한국교통연구원, 김태형, 2013.04

[2] Route Planning in Transportation Networks, Hannah Bast, 2016.11

[3] Modeling an Integrated Public Transportation System a case study in Dublin, Ireland, Prabhat Shrivastava, 2009

[4] 김학용, 무선랜 기반 위치정보 서비스, Telecommunication Review, 2006

[5] 한국인터넷진흥원보고서, 국내외 LBS산업 현황 및 동향조사, 2011

[6] 애플의 실내 위치찾기 기술업체 WiFiSLAM 인수배경, 정보통신산업진흥원, 2013

[7] 윤두희, 글로벌 IT 기업들의 위치 추적 기술 동향, NIPA, 2013

[8] NIPA, LBS 시장 및 업체동향, 2011. 05

[9] RISS, 위치 기반 서비스의 최근 동향, 2011

[10] LBS를 위한 무선랜 RTT 기반 측위 기술, ETRI, 2011

[11] 국내외 LBS 산업 현황 및 동향조사, 한국인터넷진흥원, 2011

[12] 위치정확도 제고에 따른 긴급구조 효율성 향상 및 산업적 파급효과 연구, 한국정보보호진흥원, 2009.06

[13] LBS 산업육성 및 사회안전망 고도화를 위한 위치정보 이용 활성화 계획. 서울: 방송통신위원회, 2010.06

[14] THE MOBILE Mobile trend and insight for global market,한국무선인터넷산업연합회, 2012.11

[15] 실내 HotSpot 지역에서의 보행자 INS/WLAN 결합 위치추적 시뮬레이션, 한국통신학회, 2014

[16] 실내공간에서의 시간 가변적 최적경로 탐색, 한국공간정보시스템학회, 2009

[17] 철도역사 조도기준 정립(안),한국철도시설공단, 2011

[18] 교통조사지침, 국토교통부, 2016

[19] 선호도 기반 최단경로 탐색을 위한 휴리스틱 융합 알고리즘, 대한전자공학회, 2010

[20] 무인지상차량의 안전주행을 고려한 최적경로 생성 방법, 한국군사과학기술학회, 2010

[21] 유전 알고리즘 기반의 다변수 환경을 고려한 경로탐색 알고리즘, 한국정보과학회, 2011

[22] MANET 환경에서 Zone Routing Protocol을 이용한 안전한 경로설정 보안 알고리즘 S-ZRP, 대한전자공학회, 2006

[23] 안전운전을 위해 위험지역을 회피하는 내비게이션 경로 탐색, 대한전자공학회, 2013

[24] VISSIM User Manual

[25] VISUM User Manual

[26] VISWALK User Manual

2. 논문

[1] M. Lee, D. Han, “Voronoi Tessellation Based Interpolation Method for Wi-Fi Radio Map Construction”, IEEE Communications Letters, Vol. 16, Issue 3, pp. 404-407, 2012.

[2] M. Lee, H. Yang, D. Han, C. Yu, “Crowdsourced Radiomap for Room-Level Place Recognition in Urban Environment”, 1st IEEE PerCom Workshop on Smart Environments (SmartE 2010), 2010.

[3] S. Jung, C. Lee, D. Han, “Wi-Fi Fingerprint-based Approaches Following Log-Distance Path Loss Model for Indoor Positioning”, IEEE MTT-S IMWS-IRFPT, 2011.

[4] C. Lee, G. Yoon, D. Han, “A Probabilistic Place Extraction Algorithm Based on a Superstate Model”, IEEE Transactions on Mobile Computing, preprint, 2012

[5] H. Yang, G. Yoon, D. Han, “Floor Accuracy Improvement of Wireless LAN based Large Scale Indoor Positioning”, IEEE MTT-S IMWS-IRFPT, 2011

[6] J. Shin, S. Jung, G. Yoon, D. Han, “A Multi-Classifier Approach for WIFi-Based Positioning System”, Lecture Notes in Electrical Engineering, Vol. 90, pp. 135-147, 2011

[7] C. Lee, M. Lee, D. Han, “Energy-efficient Location Logging for Mobile Device”, 10th Annual International Symposium on Applications and the Internet (SAINT 2010), 2010

[8] D. Han, M. Lee, L. Chang, H. Yang, “Open Radio Map Based Indoor Navigation Service System”, IEEE PerCom, 2010

[9] 윤성근, 채진, 119 위치정보 시스템의 개선방안에 관한 연구.“한국위기관리논집” 제8권 제5호 2012. 10

[10] 신성일, 박제진, 이종철, 하태준, “대중교통 정보제공을 위한 맞춤형 경로탐색 알고리즘 개발”, 대한토목학회논문집 제28권 제3호, 2008

[11] 김응철, 김태호, 최은진, “교통약자의 대중교통환승을 위한 K경로 알고리즘 적용성 연구”, 한국도로학회지 제13권 제1호, 2011

[12] 이도영, “GIS기반 길안내 정보 시스템에서의 효율적인 최단경로탐색 알고리즘”, 논문, 2007

[13] Sutapa Samanta, Manoj K. Jha, Charles O. Oluokun, ‘Travel Time Calculation With GIS in Rail Station Location Optimization”, 25th ESRI International User Conference, 2005

[14] Soethout, T.M, “Applying Path Planning Algorithms to Train Schedules”, Theses, 2012

[15] P.G. Gipps, B. Marksjö, “A Micro-Simulation Model for Pedestrian Flows”, Mathematics and Computers in Simulation, 1985

[16] 장성민, 이종호, 오승훈, “NetLogo를 이용한 미시적 보행시뮬레이션의 구현”, 대한토목학회논문집 제30권 제2호, 2010

3. 인터넷 사이트

[1] http://www.navcours.com/biz/biz_0204.asp

[2] http://www.boannews.com/

[3] http://www.vbuilders.co.kr/

[4] http://www.placeengine.com/en

[5] http://www.google.com/earth/index.html

[6] http://www.senionlab.se/

[7] http://www.microsoft.com/maps/

[8] http://www.indooratlas.com/

[9] https://niklaus.wordpress.com/

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통부에서 시행한 철도기술연구사업의 연구보고서입니다.

2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구개발성과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.