

## 스마트 모빌리티

Technical Report [2부-1권]

스마트시티  
혁신성장동력 프로젝트

[2-1세부과제]  
주관연구기관-한국교통연구원



국토교통부



과학기술정보통신부



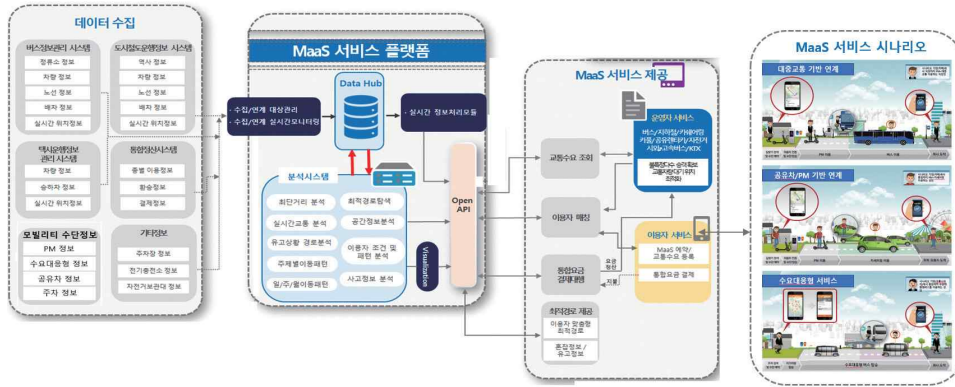
국립교통과학기술진흥원



DEAPCITY  
National Strategic Smart City Program

과제명	스마트 모빌리티	연구기간	'18.09 ~ '22.12 (4년 5개월)
		예산	총 67.5억원(정출금: 45.5억원)

## 개념도 (서비스 시나리오)

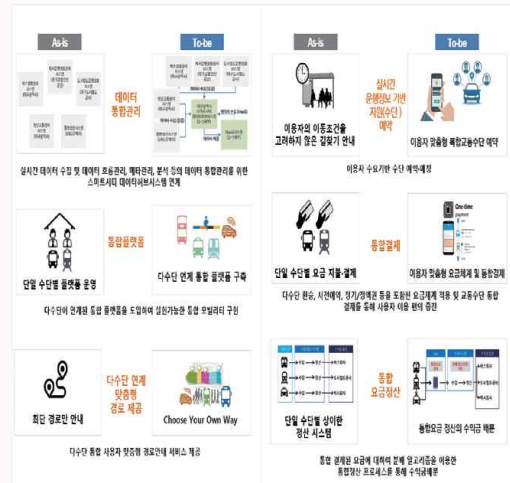


KPI (성과지표)	통행시간 감소율	35%	스마트 모빌리티 만족도	80%
------------	----------	-----	--------------	-----

## 과제 개요

- (배경) 대중교통 통행시간, 불규칙한 배차간격, 환승체계 불편, 단조로운 대중교통체계 등 대중교통의 서비스 질을 개선하고자 다양한 이동 수단을 연계 활용한 통합모빌리티 서비스 제공 필요
- (목적) 스마트 모빌리티 통합서비스 제공을 통한 대중교통 및 개인 이동수단에 대한 편의 증진, 대중교통 활성화 및 도심 교통혼잡 해소하고자 하는 목적
- 주요 연구내용
  - 스마트 모빌리티 서비스 시나리오 실증 및 평가
  - 실시간 교통현황, 이동수단, 이동정보 수집기술 개발
  - 맞춤형 빅데이터 분석 및 최적경로 알고리즘 개발
  - 맞춤형 스마트 모빌리티 서비스 제공기술 개발
  - 스마트 모빌리티 이동수단 연계 및 제공 기술

## 기술적 차별성



## 기대효과

<b>개인 측면</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 개인 이용자의 이동편의성</li> <li>○ 이동수단의 "소유"에서 "공유"로의 인식전환</li> </ul>	<b>공공 측면</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 승용차 이용억제를 통한 도시교통 문제 해결</li> <li>○ 대중교통 서비스 만족도 제고</li> <li>○ 대중교통 수송분담률 증진</li> <li>○ 도심 주차공간 부족 문제 해결</li> </ul>	<b>경제·산업 측면</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 도시 혼잡으로 인한 혼잡비용·환경비용 감소 기여</li> <li>○ 새로운 모빌리티 비즈니스 출현으로 신규사업 및 일자리 창출에 기여</li> </ul>	<b>기술 측면</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 개방형 플랫폼 기반의 도시 통합교통정보 수집, 가공 및 제공기술 확보</li> <li>○ 새로운 서비스 창출을 위한 기반 조성</li> <li>○ 교통기술과 신기술(CT, IoT, Big Data, Mobile 등)과의 융·복합 및 도시교통문제 적용을 통한 지속적인 혁신기술 확보</li> </ul>
--	--	--	---

## 참여기관

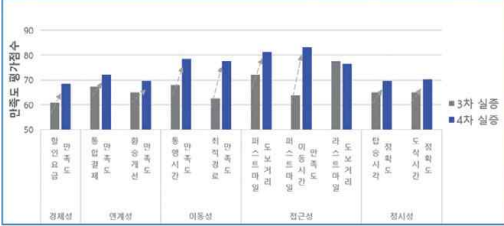


## 실증경과 및 결과

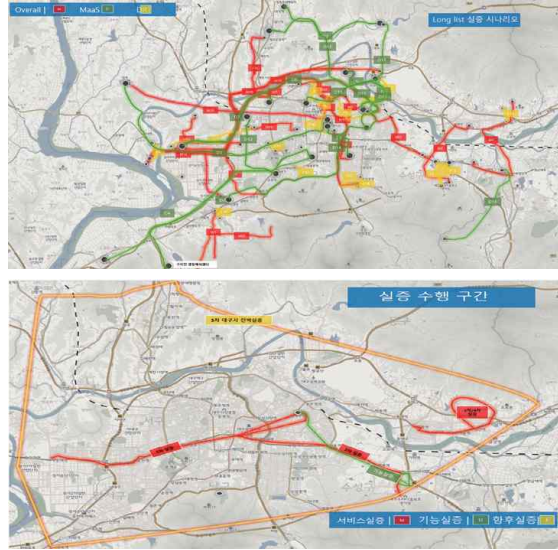
실증	목적	참여인원	이용관수	연계 수단	통합결제	최적 경로탐색	복합수단예약
1차 실증 (28.11)	총체 (사내/외장)	25명	632건	대중교통, PM, DRT	통합결제	최적 경로탐색	복합수단예약 (DRT)
2차 실증 (21.09)	여가 (사내/외장)	2명	-	대중교통, PM, DRT	통합결제	다수단 연계 경로탐색 (이동로, PM, DRT)	복합수단예약 (DRT)
3차 실증 (21.10)	출퇴근 (직장인)	42명	124건	대중교통, PM, DRT, 공유차	통합결제 정산	다수단 연계 경로탐색 (대중로, PM, DRT, 공유차)	복합수단예약 (DRT, 공유차)
4차 실증 (22.05)	출퇴근 (직장인)	68명	319건	대중교통, PM, DRT, 공유차	통합결제 정산 고도화	다수단 연계 경로탐색, 차량박 (대중로, PM, DRT, 공유차)	복합수단예약 (DRT, 공유차)
5차 실증 (22.10 예정)	출퇴근 여가 특별 (직장인)	200명 이상 (예정)	2,000건 이상 (예정)	대중교통, PM, DRT, 공유차, 주차	통합결제 정산 고도화	이용자 맞춤형 다수단 연계 경로탐색, 차량박 (대중로, PM, DRT, 공유차 등)	복합수단예약 (DRT, 공유차 등) 연소배출량 표출

### 통합모빌리티 실증 평가 결과

(이동 만족도) 3, 4차 실증 평가 비교 결과, 경제성, 연계성, 이용성, 접근성, 정시성, 경시성 9개 세부항목에서 평가 개선 (평균 12% ↑)



## 실증 대상지



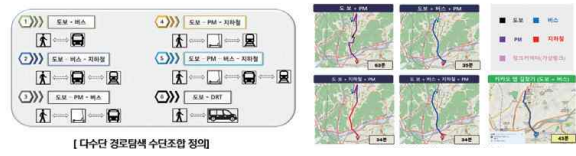
## 단위서비스 및 요소기술

### 데이터 수집 및 실시간 연계 시스템



[데이터추적 및 모니터링] [MaaS 데이터수집 시스템]

### 이용자 맞춤형 최적경로 알고리즘 개발



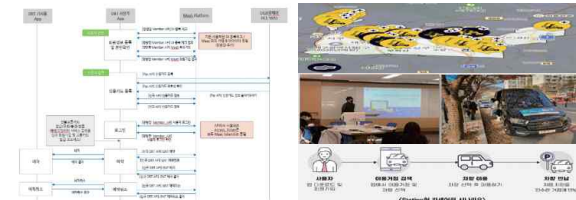
[다수단 경로탐색 수단조합] [다수단 다중경로탐색 검증]

### 통합모빌리티 플랫폼 및 앱 구현



[플랫폼 아키텍처] [통합모빌리티 앱 UI]

### 스마트 모빌리티 이동수단 연계 및 제공기술



[연계프로세스] [단위 서비스 실증 수행]

## 실증을 통한 시사점

- 다양한 공공 및 민간 데이터 연계/통합/활용을 위한 체계화된 거버넌스 체계 구축 및 운영 필수
- 통합모빌리티 서비스의 원활한 서비스 제공 및 운영을 위한 관련 개별 수단의 규제완화(예, 규제샌드박스) 및 법적·정 등 제도적 지원 필요
- 통합모빌리티 요소기술의 구현을 위한 기술 고도화 및 정책의 지원 필요(예, 통합결제 NFC 기능의 IOS 사용자 활용 가능 정책 및 관련 기술 등)

## 타 지자체 확산방안

- 통합모빌리티 서비스 솔루션의 전국 보급확산을 위한 정부의 다양한 스마트시티 사업과의 연계추진 필요(예, 데이터허브 확산사업, 스마트시티 챌린지 사업, 광역권 통합모빌리티 시범사업 등)
- 대구광역시 실증사업을 통해 개발된 요소기술의 타 지자체 확산 및 활용을 위한 기술공유 및 기술이전 추진(예, 스마트시티 국가시범도시(세종, 부산), 광역권 통합모빌리티 시범사업 등)



연구책임자  
한국교통연구원  
김태형 선임연구위원  
thkim@koti.re.kr



집필자(문의처)  
한국교통연구원  
박형근 연구원  
yhygod8411@koti.re.kr



담당자  
한국교통연구원  
김동욱 연구원  
tgokdu09@koti.re.kr

• 목차 •

**제1장**    **개요**

- 1. 스마트 모빌리티 배경 및 필요성 .....22
- 2. 스마트 모빌리티 서비스 특징 .....23
- 3. 스마트 모빌리티 KPI 설정 .....24
- 4. 스마트 모빌리티 기대효과 .....25

**제2장**    **연구 개발 성과**

- 1. 스마트 모빌리티 서비스 실증 시나리오 개발...27
- 2. 스마트 모빌리티 서비스 제공 기술개발 .....30
- 3. 스마트 모빌리티 요소 기술 .....32

**제3장**    **실증 경과**

- 1. 스마트 모빌리티 실증 체계 .....44
- 2. 스마트 모빌리티 실증 수행 및 평가 .....46
- 3. 스마트 모빌리티 실증 결과 .....49

**제4장**    **확산 방안**

- 1. 스마트 모빌리티 서비스 민간 확산 방안 .....56
- 2. 스마트 모빌리티 서비스 타 지자체 확산 방안...57

**제5장**    **Lesson Learned**

- 1. 스마트 모빌리티 규제 현황 및 개선 방향향 ...58
- 2. 스마트 모빌리티 개발 및 운영 이슈사항 .....59
- 3. 스마트 모빌리티 협의체 구성/운영 .....61

•  용어 정리 •

용어	정의
KPI	특정 목표 달성을 위해 관리해야 할 각각의 요소들의 성과지표 (Key Performance Index)
스마트 모빌리티	스마트 기술을 이용하여 기존 교통수단과 다른 신개념 운송기술 및 수단을 통칭(Smart Mobility)
POI	주요 시설물, 역, 공항, 터미널, 호텔 등을 좌표로 전자 수치 지도에 표시하는 데이터(Point of interest)
OD	기종점(Origin Destination)
통합모빌리티 서비스	단일 플랫폼에서 대중교통을 포함한 다양한 교통수단에 대한 복합 교통 정보를 제공하고, 통합 예약 및 요금 결제 서비스를 제공(MaaS, Mobility as a Service)
수요대응형 교통서비스	노선을 미리 정하지 아니하고 여객의 수요에 따라 운행구간, 정류장 등 탄력적으로 운행되는 여객 운송 서비스(Demand Responsive Transit)

• 표 목차 •

〈표 2-1〉 연계 시스템 데이터 유형과 항목	30
〈표 2-2〉 연계 시스템 데이터 유형과 항목	33
〈표 2-3〉 통합모빌리티 입력자료 테이블 설명	35
〈표 2-4〉 스마트 모빌리티 앱 UI/UX	41
〈표 3-1〉 스마트 모빌리티 실증 체계	45
〈표 3-2〉 스마트 모빌리티 기능 실증 과정	46
〈표 3-3〉 스마트 모빌리티 기능 실증 과정	47
〈표 3-4〉 스마트 모빌리티 서비스 실증 개요	48
〈표 3-5〉 스마트 모빌리티 서비스 기능 실증 검증사항	50
〈표 3-6〉 2차 서비스 실증 시나리오별 결과	52
〈표 3-7〉 평가지표 기반 3차 서비스 실증 이용자 만족도 점수	55
〈표 3-8〉 평가지표 기반 4차 서비스 실증 이용자 만족도 점수	55
〈표 5-1〉 스마트 모빌리티 규제 개선(안)	59
〈표 5-2〉 스마트 모빌리티 개발 및 운영 이슈사항	60

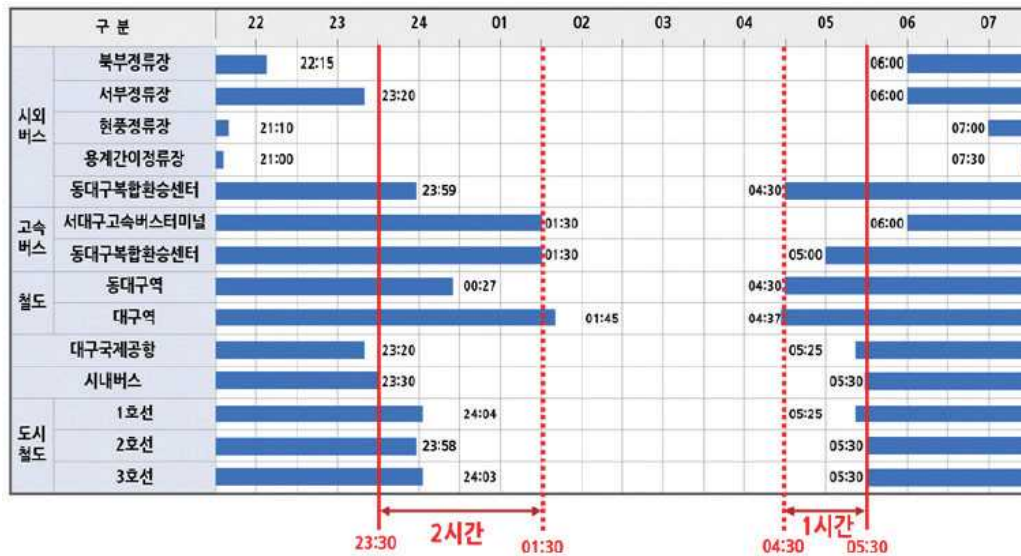
## · 그림 목차 ·

〈그림 1-1〉 대구광역시 대중교통 운행시간 패턴 분석 결과	22
〈그림 1-2〉 스마트 모빌리티 서비스 시나리오 개념도	23
〈그림 1-3〉 기술 차별성 개념도	24
〈그림 1-4〉 스마트 모빌리티 KPI 지표	25
〈그림 1-5〉 스마트 모빌리티 서비스 개발의 기대효과	26
〈그림 2-1〉 시나리오 추출 방법론	27
〈그림 2-2〉 통행목적별 시나리오 Long-list	29
〈그림 2-3〉 스마트 모빌리티 아키텍처 수립	32
〈그림 2-4〉 연계시스템 대시보드	33
〈그림 2-5〉 모니터링 시스템 대시보드	34
〈그림 2-6〉 Dijkstra 알고리즘 의사코드 및 최단경로 탐색과정	35
〈그림 2-7〉 다수단 경로 탐색 알고리즘 결과 시각화	36
〈그림 2-8〉 스마트 모빌리티 서비스 구성도	37
〈그림 2-9〉 앱 교통카드 모듈 발급과정	42
〈그림 2-10〉 수집된 데이터의 정산 및 수익금 이체과정	42
〈그림 2-11〉 비접촉 결제 단말기 동작방법	43
〈그림 3-1〉 스마트시티 앱 구현화면	49
〈그림 3-2〉 1차 서비스 실증 결과	50
〈그림 3-3〉 3차 서비스 실증 결과	53
〈그림 3-4〉 3차 서비스 실증 내역	53
〈그림 3-5〉 4차 서비스 실증 결과	54
〈그림 3-6〉 4차 서비스 실증 내역	54
〈그림 4-1〉 SPC 운영 조직(예)	56
〈그림 5-1〉 대구광역시 스마트 모빌리티 협의체 구성원	62

## 1 | 스마트 모빌리티 배경 및 필요성

### 1D 스마트 모빌리티 배경

- 이용자 관점에서 개인 통행 맞춤형 최적 교통정보 및 경로제공, 수단 예약 및 결제 까지 통합형 맞춤형 통행 서비스 제공 환경이 도래하고 있다.
- 대구광역시 대중교통 현황은 자가용 대비 긴 통행시간, 불규칙한 배차 간격, 환승체계 불편, 단조로운 대중교통체계 등 대중교통에 대한 서비스 질 개선 목적으로 시나리오를 개발하고자 한다.
- 도시철도와 시내버스의 운행 종료시간 불일치, 버스 막차 운행 중 종료 등으로 인해 심야시간 대중교통 서비스가 부족한 실정이다.



〈그림 1-1〉 대구광역시 대중교통 운행시간 패턴 분석 결과



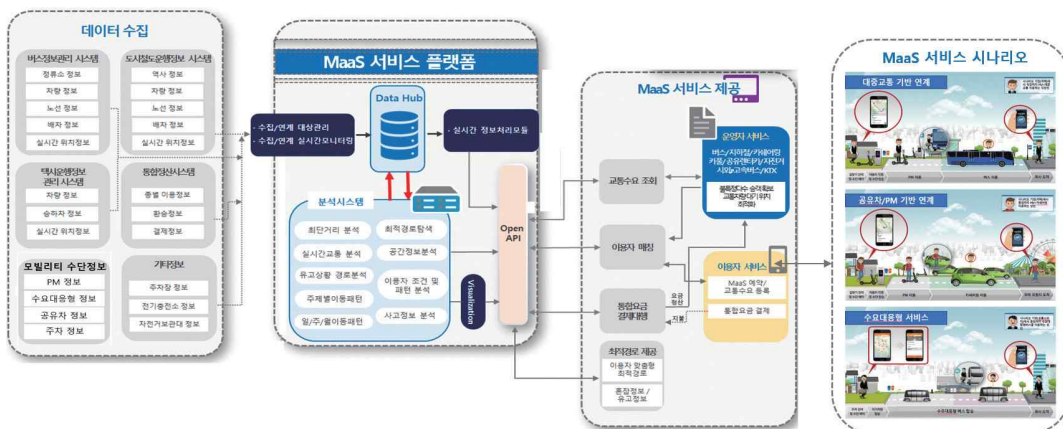
## 1 스마트 모빌리티 필요성

- 스마트 모빌리티 통합서비스 제공을 통한 대중교통 및 개인 이동수단에 대한 편의성 증진, 대중교통 활성화 및 도심 교통 혼잡을 해소하기 위해 통합모빌리티 서비스 제공이 필요하다.
- 기존 대중교통(버스, 지하철) 및 택시 중심으로 제공되는 모빌리티에 다양한 공유개념의 이동수단을 연계 활용하여 통합모빌리티 서비스 제공이 필요하다.
- 4차 산업혁명 기술 기반의 이용자 중심 Door-to-Door Seamless 통행서비스가 등장했다.
- ICT, IoT, Big Data, Mobile 예약 및 결제 등의 4차 산업 신기술 등장과 교통서비스로의 적용이 필요하다.

## 2 | 스마트 모빌리티 서비스 특징

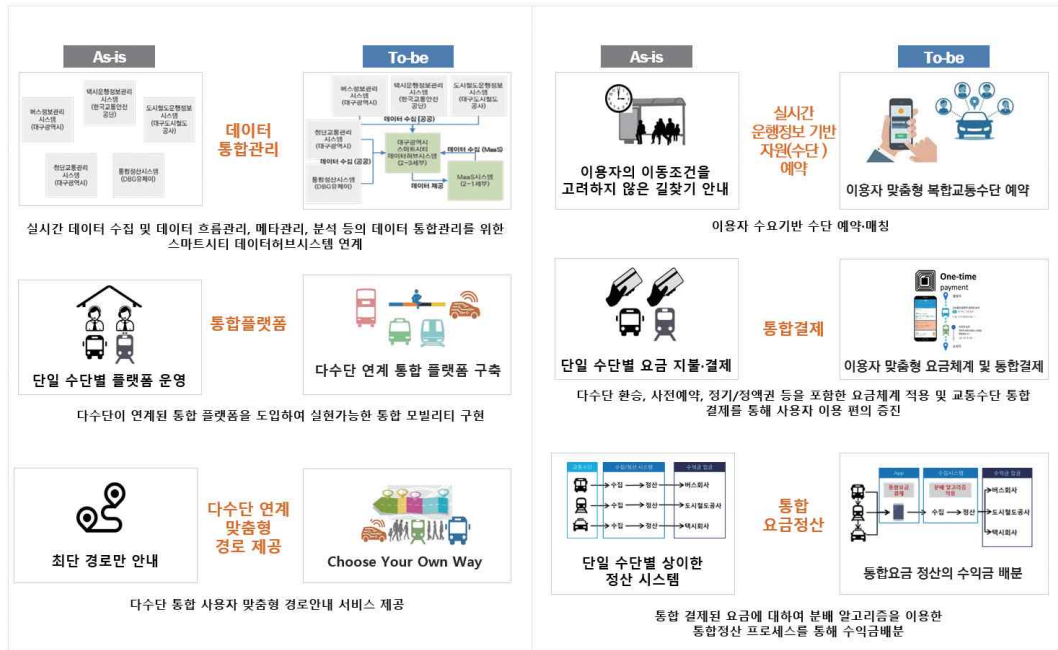
### 1 스마트 모빌리티 개념도

- 통합 모빌리티 서비스 플랫폼에서 대중교통을 포함한 다양한 교통수단에 대한 최적 경로를 제공하고 수단, 예약, 통합 결제 및 정산하는 서비스를 제공하고자 한다.
- 분산된 모빌리티 데이터를 하나의 센터에 수집하고 이를 통합 모빌리티 서비스 및 오픈 API를 통해 대 시민에게 공개하는 서비스를 별도 개발 및 운영하고 있다.



〈그림 1-2〉 스마트 모빌리티 서비스 시나리오 개념도

# 스마트 모빌리티 기술적 차별성

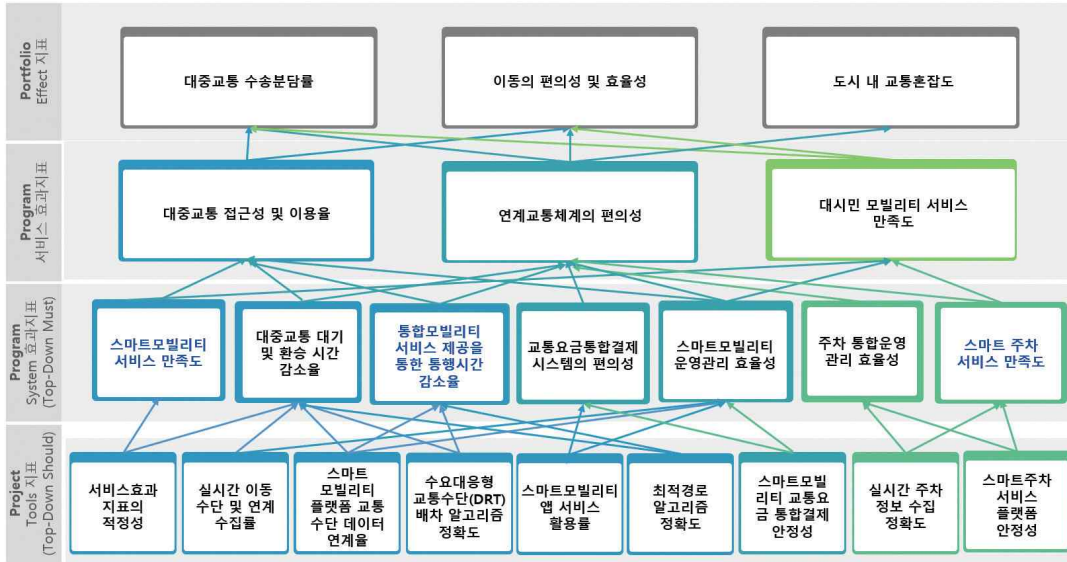


〈그림 1-3〉 기술 차별성 개념도

- 데이터 통합관리
  - 실시간 데이터 수집 및 데이터 흐름관리, 메타관리, 분석등의 데이터 통합관리를 위한 스마트시티 데이터허브 연계
- 통합플랫폼
  - 다수단이 연계된 통합 플랫폼을 도입하여 통합 모빌리티 실현
- 다수단 연계 맞춤형 경로 제공
  - 다수단 통합 사용자 맞춤형 경로안내 서비스 제공
- 실시간 운행정보 기반 자원 예약
  - 이용자 수요기반 수단 예약·매칭
- 통합결제
  - 다수단 환승, 사전예약, 정기/정액권 등을 포함한 요금체계 적용 및 교통수단 통합 결제를 통해 사용자 이용 편의 증진
- 통합 요금 정산
  - 통합 결제된 요금에 대해 분배 알고리즘을 이용한 통합정산 프로세스로 수익금배분

### 3 | 스마트 모빌리티 KPI 설정

- 스마트 모빌리티 서비스 KPI 지표를 <그림1-3>과 같이 산정하였으며, 이 중 대표 KPI로 스마트 모빌리티 서비스 만족도 80% 이상, 통합 모빌리티 서비스 제공률에 근거하여 통행시간 감소율 10% 이상으로 선정하였다.

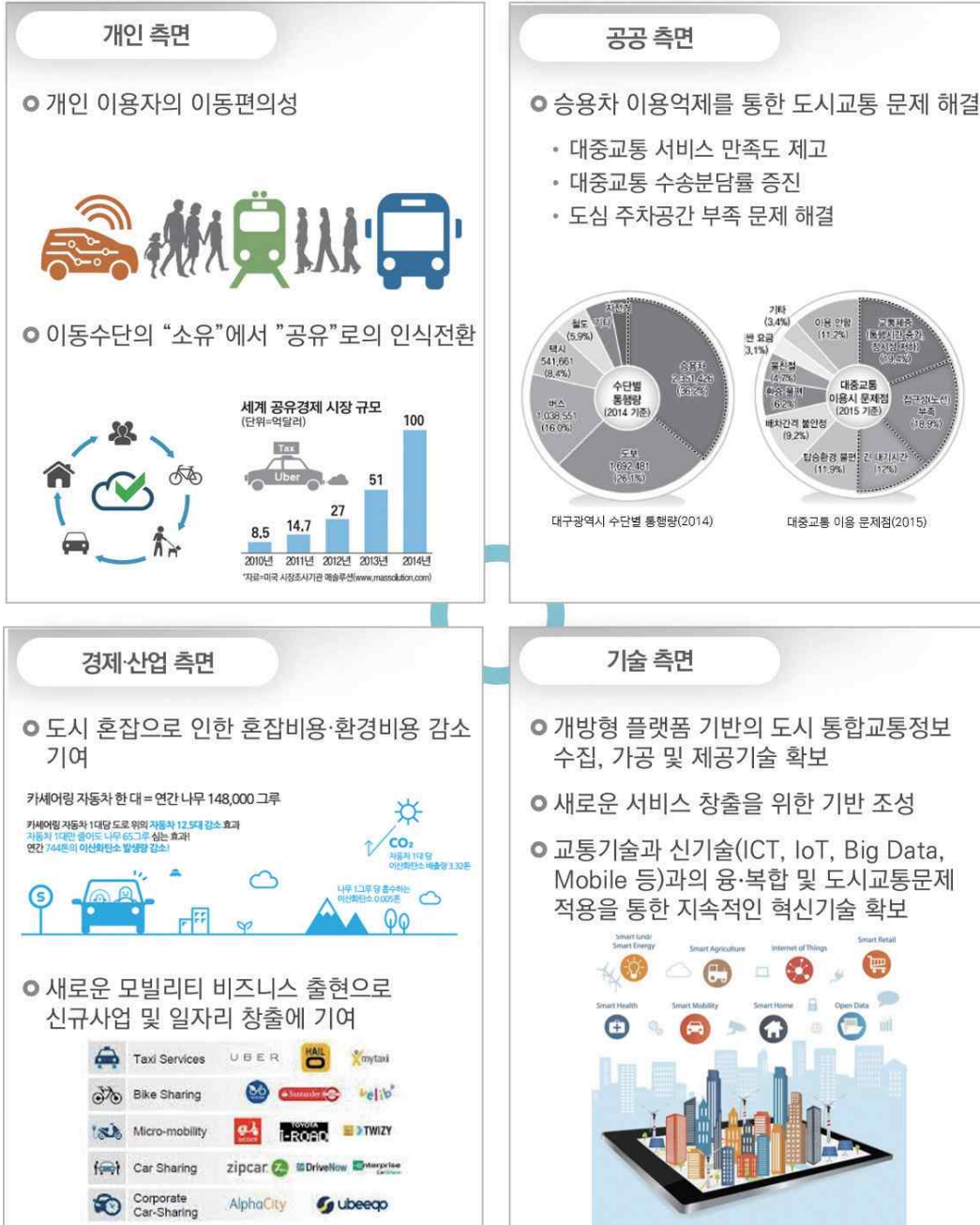


<그림 1-4> 스마트 모빌리티 KPI 지표

### 4 | 스마트 모빌리티 기대효과

- 개인측면
  - 개인 이용자의 이동편의성
  - 이동수단의 “소유”에서 “공유”로의 인식전환
- 공공측면
  - 승용차 이용억제를 통한 도시교통 문제 해결
- 경제·산업측면
  - 도시 혼잡으로 인한 혼잡비용·환경비용 감소에 기여
- 기술측면
  - 개방형 플랫폼 기반의 도시통합교통정보 수집, 가공 및 제공기술 확보
  - 새로운 서비스 창출을 위한 기반 조성

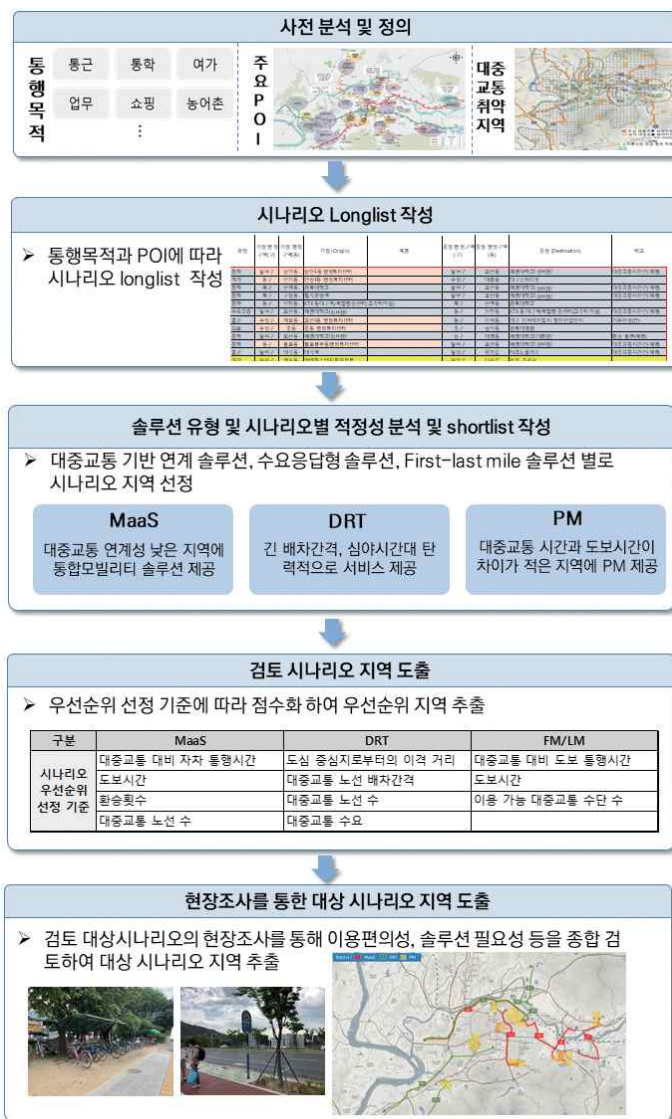
- 교통기술과 신기술(ICT, IoT, Big Data, Mobile 등)의 융복합 및 도시교통문제 적용을 통한 지속적인 혁신 기술 확보



<그림 1-5> 스마트 모빌리티 서비스 개발의 기대효과

## 1 | 스마트 모빌리티 서비스 실증 시나리오 개발

## 1.1 스마트 모빌리티 시나리오 개발 목적 및 방법론



〈그림 2-1〉 시나리오 추출 방법론

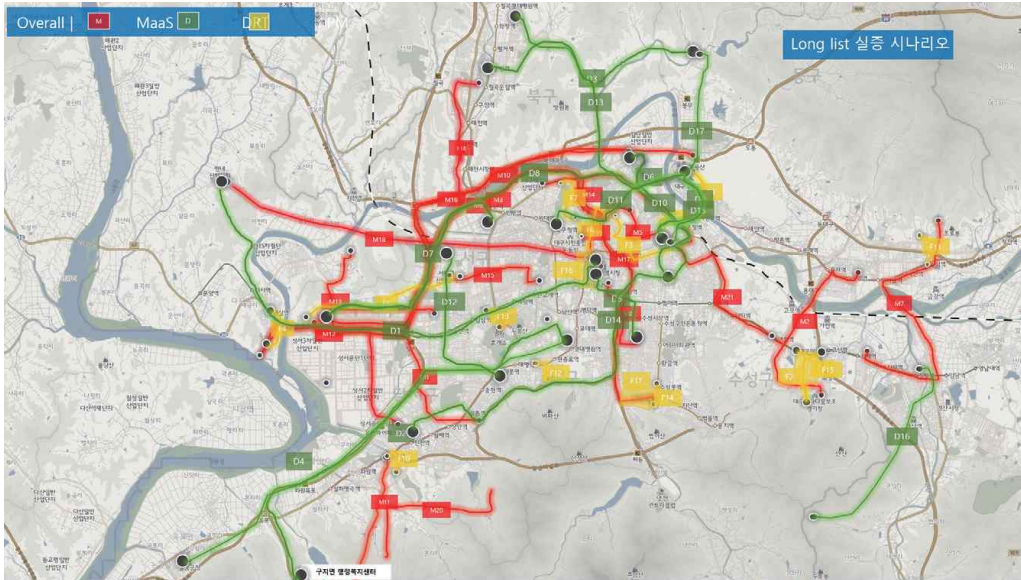
- 대구광역시 내 스마트 모빌리티 서비스 도입에 앞서 다양한 솔루션별 시나리오 개발 및 검증을 통한 서비스의 당위성을 확립시키고자 한다.
- 스마트 모빌리티 시나리오 목적에 기반하여 최적화된 시나리오 개발을 위한 방법론을 위의 <그림 2-1>과 같이 정립하였다.

## **D** 통합목적 정립 및 주요 POI 도출

- 대구광역시 교통현안, 대구광역시 행정단위 특성 분석, 대중교통 노선통행 현황 등을 통해 대구광역시 구·군별 주요 집객시설을 추출하여 주요 POI를 도출하였다.
- 대구광역시는 다핵도시구조로 형성되어, 신서혁신도시, 수성알파시티, 서대구 역세권 개발 등으로 이루어져 있다.
- 대구광역시의 교통 특성으로는 도심을 직접 통과하거나 거쳐야 하므로 통과 교통 및 단거리 시내교통의 합류로 도심 교통량이 집중되고 있는 실정이다.
- 또한 도시 공간구조의 다핵화, 지역 개발로 인해 도시 확대가 이루어지고 있으며, 신개발지역에 대한 대중교통에 대한 요구가 증가하고 있다.
- 승용차의 수단분담률은 계속해서 증가하고 있으나 대중교통 수송 분담률은 감소하는 추세이다
- 해당 대구광역시의 교통 현안 및 행정단위 특성을 반영하여, 스마트 모빌리티 서비스 도입을 위한 주요 POI를 도출하였다.

## **D** POI 및 통행 목적에 따른 시나리오 Long-list 개발

- 다양한 통행 목적(통학, 출근, 의료, 여가, 쇼핑 등)에 따라 주요 POI 지점을 매칭하여 시나리오 개발을 위한 기종점(O/D) 리스트를 활용하여 Long-list를 개발하였다.
- 중복지점을 제외하고 27개의 시나리오 리스트를 보완하여, 목적 및 주요집객시설, 주거지역, 대중교통 취약지점을 연계한 전체 82개 시나리오 대상 우선순위를 <그림 2-2>와 같이 선정하였다.
- 중복지점을 제외하고 27개의 시나리오 리스트를 보완하여, 목적 및 주요집객시설, 주거지역, 대중교통 취약지점을 연계한 전체 82개 시나리오 대상 우선순위를 <그림 2-2>와 같이 선정하였다.



〈그림 2-2〉 통행목적별 시나리오 Long-list

- 다수단 연계 서비스인 통합 모빌리티 서비스는 기존 대구광역시 대중교통 연계성이 떨어져, 대중교통만을 이용하여 목적지까지 이동이 불편한 곳에 추가 모빌리티 수단을 연계하는 솔루션이다.
- 대중교통 연계성을 높이기 위해 퍼스널 모빌리티 서비스(PM)와 연계하여 제시
- 시나리오 우선순위 도출: 도보거리 3km 이상 지역을 대상으로 분석을 수행하였다.
- 대중교통 대비 자차 통행시간, 도보 시간, 대중교통 환승 횟수, 이용 가능한 대중교통 노선 수에 따라 점수화하여 고득점 시나리오 순으로 우선순위를 산정하였다.
- 대중교통 대비 자차 통행시간 점수(ScoreT)는 대중교통 연결성을 판단하는 중요 변수이므로 가중치를 2배로 부여해 점수화하였다.

$$score T = (T_{pt} / T_{pc}) * 2$$

$T_{pt}$  = 대중교통 통행시간

$T_{pc}$  = 자가용 통행시간

- 도보 시간 점수(ScoreA)는 대중교통 이용 통행에서 도보 이동 시간으로 분류하여 도보 시간 구간 값에 점수를 부여(1~4점)하였다.

## 1 통합 모빌리티 서비스(MaaS) 실증 시나리오 선정

- 현장 조사 검토 결과를 고려하여 아래 선정 기준에 따라 도출된 실증 시나리오를 최종 선정하였다.
  - 대중교통 연계가 어려운 지점
  - PM을 연계하여 활용성이 높은 지역
  - 다수단 연계가 가능한 시나리오 지역의 출-도착지를 연계 및 중복 고려
  - 현장 조사를 통해 실제 이동 경로 및 수단 활용 편의성 검토
- 각 시나리오 지점에 따라 대중교통 연계가 어려운 지점을 대상으로 조사가 진행되었으며, 최종적으로 <표 2-1>과 같이 5가지의 시나리오를 선정함

<표 2-1> 연계 시스템 데이터 유형과 항목

시나리오 구분 번호	유형	Origin (POI)	Destination (POI)
MaaS	여가	안심1동 행정복지센터	수성알파시티(대구스타디움)
	주요 교통	계명대학교(성서캠)	KTX 동대구역/ 복합환승센터 (고속터미널)
	여가	산격4동 행정복지센터	수성못
	대구시 요청	KTX 동대구역/ 복합환승센터 (고속터미널)	수성알파시티(대구스타디움)
	주요 교통	계명대학교(성서캠)	KTX 동대구역/ 복합환승센터 (고속터미널)

## 2 | 스마트 모빌리티 서비스 제공 기술개발

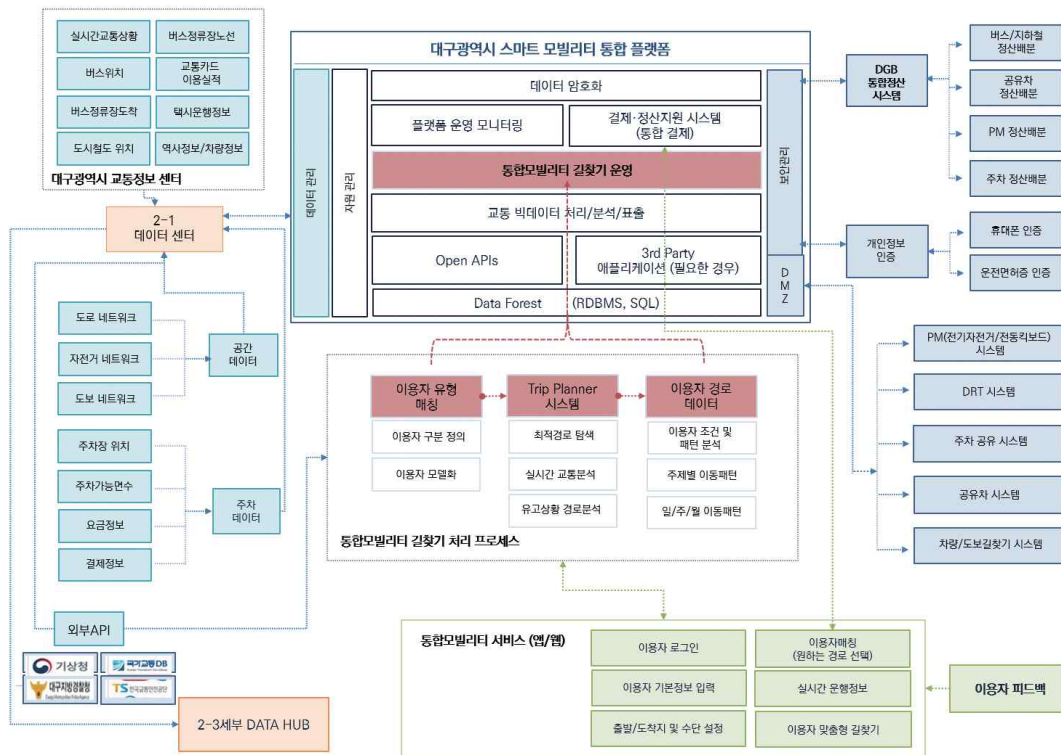
- 대구광역시 스마트 모빌리티 통합 플랫폼 구축을 통해 서비스 연계 및 제공의 항목 들은 <그림 2-3>과 같이 4가지의 스마트 모빌리티 서비스 기술 항목으로 구성하여 아키텍처를 수립하였다.



- 실시간 교통현황 및 이동수단, 이동정보 수집기술 개발 및 통합
  - 대구광역시의 실시간 교통현황 및 이동수단, 이동정보 수집기술을 통합하는 수집연계시스템 개발하여 대구스마트시티센터 내에 모빌리티 데이터 센터를 구축하였다.
  - 다양한 교통 데이터들을 통합하고 수집하여 통합 데이터 센터 내 데이터를 수집하고, 수집된 데이터를 스마트 모빌리티 서비스 플랫폼에 연계하여, 이용자들에게 정보를 제공한다.
  - (실시간 교통상황, 대중교통(버스/지하철) 노선 및 운행정보, 택시운행정보, 도로/자전거/도보 네트워크, 주차장 위치 및 정보 등)
  
- 이용자 맞춤형 빅데이터 분석 및 최적경로 알고리즘 기술개발
  - 빅데이터 기반 스마트 모빌리티 서비스 제공을 위하여 다양한 교통수단, 최단경로, 실시간 교통상황 등 이용자의 편성이 반영된 최적경로 알고리즘을 개발하여 스마트 모빌리티 플랫폼에 연계한 서비스를 제공하는 기술을 개발했다.
  - 수요대응형 서비스 운영을 위한 실시간 배차 및 승객수요 예측 기술 등 스마트 모빌리티 서비스를 이용하는 이용자 맞춤형 빅데이터 분석을 통한 경로 알고리즘 기술을 개발하여 수요대응형 수단 서비스를 제공하는 연구기관과 연계기술을 협력하였다.
  
- 이용자 맞춤형 스마트 모빌리티 서비스 제공
  - 스마트 모빌리티 이용자 및 운영자인 대구광역시 재정지원 등을 고려하여 구독형, 할인형 등 다양한 요금제를 정립하였다.
  - 통합 결제·정산이 가능한 시스템, 빅데이터 기반의 최적경로 찾기 서비스 제공, 수단별 서비스 제공 연계, 데이터 정보 등을 스마트 모빌리티 플랫폼을 구축하였다.
  - 이용자가 스마트 모빌리티 서비스 제공 및 편리한 이용을 위해 안드로이드 기반의 앱을 개발하였다.
  - 대중교통 모바일 NFC 기반의 결제 기능으로 인해 IOS 플랫폼 기반의 핸드폰은 이용할 수 없는 실정이며 이를 보완하기 위한 연구개발이 필요하다.
  - 대구광역시 대중교통 정산사업자인 DGB유페이 협력을 통해 결제 및 정산시스템 연계기술을 개발하여 플랫폼 내 통합 결제 및 정산 기능을 구축하였다.

○ 스마트 모빌리티 서비스 이동수단 및 제공

- 대중교통(버스, 지하철) 이외 퍼스널모빌리티(전동킥보드, 전기자전거), 수요대응형(DRT), 공유차, 스마트 주차 등 다양한 이동수단을 플랫폼과 연계하여 스마트 모빌리티 서비스를 제공할 수 있도록 개발하였다.



〈그림 2-3〉 스마트 모빌리티 아키텍처 수립

### 3 | 스마트 모빌리티 요소 기술

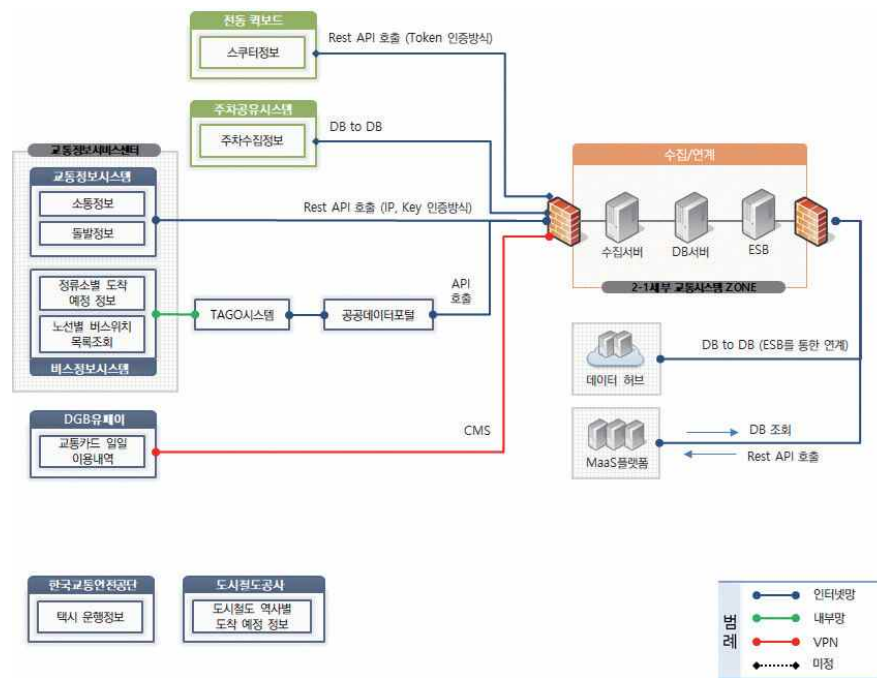
#### 1 데이터 수집 및 실시간 연계 시스템

- 대구광역시에서 분산된 모빌리티 데이터를 스마트시티 데이터 센터 내 실시간 데이터 수집/연계 및 데이터 수집하는 시스템을 구축하였다.
- 실시간 데이터 연계 및 시스템 구축은 <표 2-2>와 같이 데이터 유형 및 항목, 그리고 카탈로그를 수립한 후 분산된 데이터를 센터에 통합하는 과정을 개발하였다.

〈표 2-2〉 연계 시스템 데이터 유형과 항목

데이터 유형	데이터 항목
정적 데이터	파일로 관리되는 정보 연계 (전기차 충전소, 자전거 보관대, 주차장(실내/실외/부설 등), 버스 정류소, 지하철역 등)
동적 데이터	실시간 정보 연계 (소통정보, 돌발정보, 버스 정류소별 도착 예정 정보, 전동스쿠터(킵보드)/전기바이크 위치 정보 등)

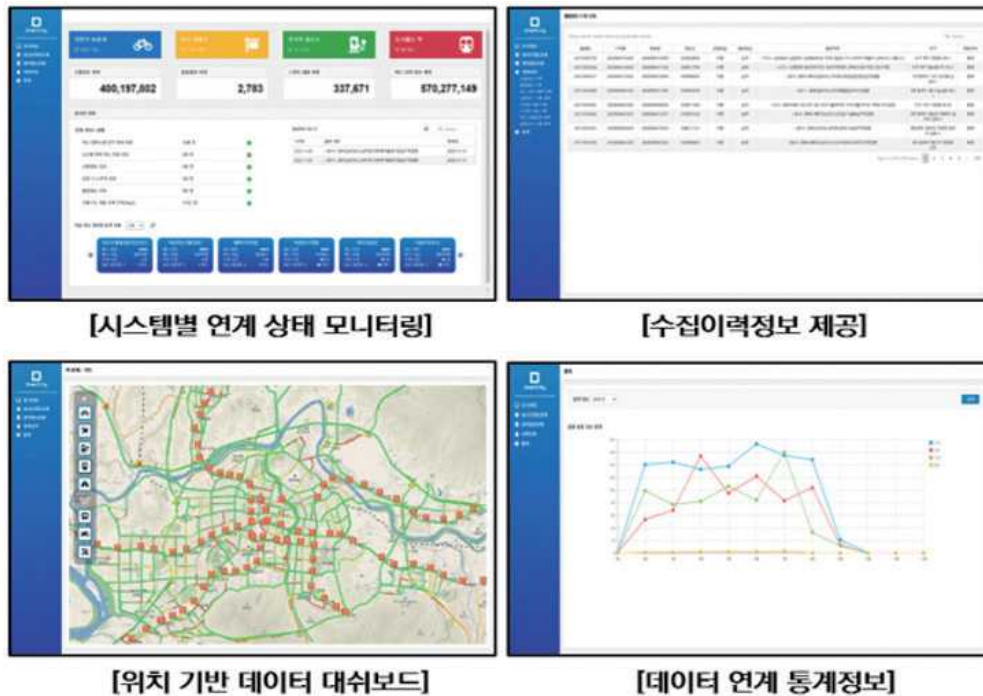
- 스마트 모빌리티 플랫폼과 실시간 연계를 통해 모빌리티 데이터 센터는 보유하고 있는 데이터를, 플랫폼은 보유 서비스 데이터를 연계하는 기술을 구축하였다.
- 대구광역시 스마트시티 데이터허브 센터와의 필요 데이터에 한정하여 상호연계를 위해 〈그림 2-4〉와 같이 제공하는 기술을 개발하였다.



〈그림 2-4〉 연계시스템 대시보드

- 실시간 데이터 연계 및 시스템의 운영·관리를 위해 모니터링 시스템을 개발 및 운영을 〈그림 2-5〉와 같이 나타낼 수 있다.
- 정적/동적 데이터 수집/연계 모니터링, 이력 정보 등 수집/연계한 모빌리티 데이터 관리 화면 제공하고 있다.

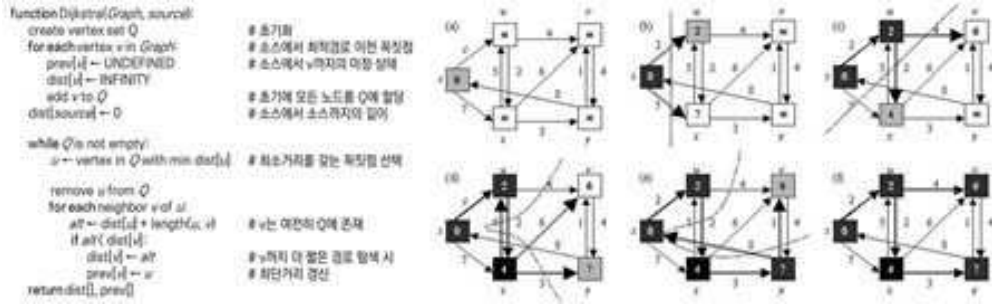
- 수집 정보 중 좌표값이 있는 데이터 지도(GIS)상 표시를 기반으로 실시간 모빌리티 이동 현황 및 소통정보를 모니터링한다.
- 시간별/일별/월별/연도별, 침투시간별 등 다양한 통계 및 지표를 제공한다.



〈그림 2-5〉 모니터링 시스템 대시보드

## 1 사용자 맞춤형 최적경로 알고리즘 개발

- 대표적인 경로 탐색 알고리즘인 Dijkstra 알고리즘 방법론에 기반하여 스마트 모빌리티 최적경로 알고리즘을 개발하였다.
- Dijkstra 알고리즘은 하나의 정점에서 다른 모든 정점까지의 최단경로를 구하는 방법론이다.
- 첫 기점을 기준으로 연결된 정점들을 추가하면서 최단거리를 갱신하며, 정점 연결 전까지는 기점을 제외한 정점들이 모두 무한대 값을 가지는 것으로 전제하고 있다.



〈그림 2-6〉 Dijkstra 알고리즘 의사코드 및 최단경로 탐색과정

- 알고리즘의 탐색속도 향상을 위해 사전에 경로 데이터를 DB에 저장하고 탐색 과정에 필요한 데이터만 DB에서 가져와 경로를 구성하는 기법을 고안하였다.
- 본 연구에서 개발한 기법을 시스템 적용 시 알고리즘의 연산 리소스를 최소화하고 검색 시간을 단축하는 효과가 나타났다.
- DB를 구성하는 입력 자료는 총 7개 테이블로 구성되며, 구득 가능한 데이터를 가공하여 구축한다.
- 입력 자료의 스키마 정의와 원천 자료의 이용이 가능하도록 가공하는 과정이 필요하다.

〈표 2-3〉 통합모빌리티 입력자료 테이블 설명

테이블명	테이블 설명
네트워크	통합 모빌리티에서 고려하는 6개 수단의 네트워크 링크, 노드 속성정보가 정의된 테이블
회전정보	도로 네트워크의 회전정보에 대한 속성정보가 정의된 테이블
실시간 PM 정보	PM 위치정보, 이용 가능 여부 정보가 정의된 테이블
대중교통 노선	대중교통 노선에 대한 정보가 정의된 테이블
대중교통 노선(링크기반) 경유 정보	대중교통 노드에 대한 속성정보가 정의된 테이블
통행 정보 입력	이용자 통행 정보를 입력받는 테이블
실시간 링크 소통 정보	링크의 실시간 소통정보를 반영하기 위해 설계된 테이블

- 스마트 모빌리티 서비스 특성에 맞게 다수단을 고려한 다중경로들이 노출될 수 있도록 수단 조합별 최단 경로 계산 결과 중 합리적인 경로만 집계하여 이용자에게 제공하는 형태의 알고리즘을 개발하였다.
- 수단 조합은 통합 모빌리티 수단을 기반으로 사전에 정의(보행, PM, 버스, 지하철 등)하였다.
- 알고리즘 탐색 결과로 다양한 수단 조합별 경로 탐색이 가능하도록 구현하였다.

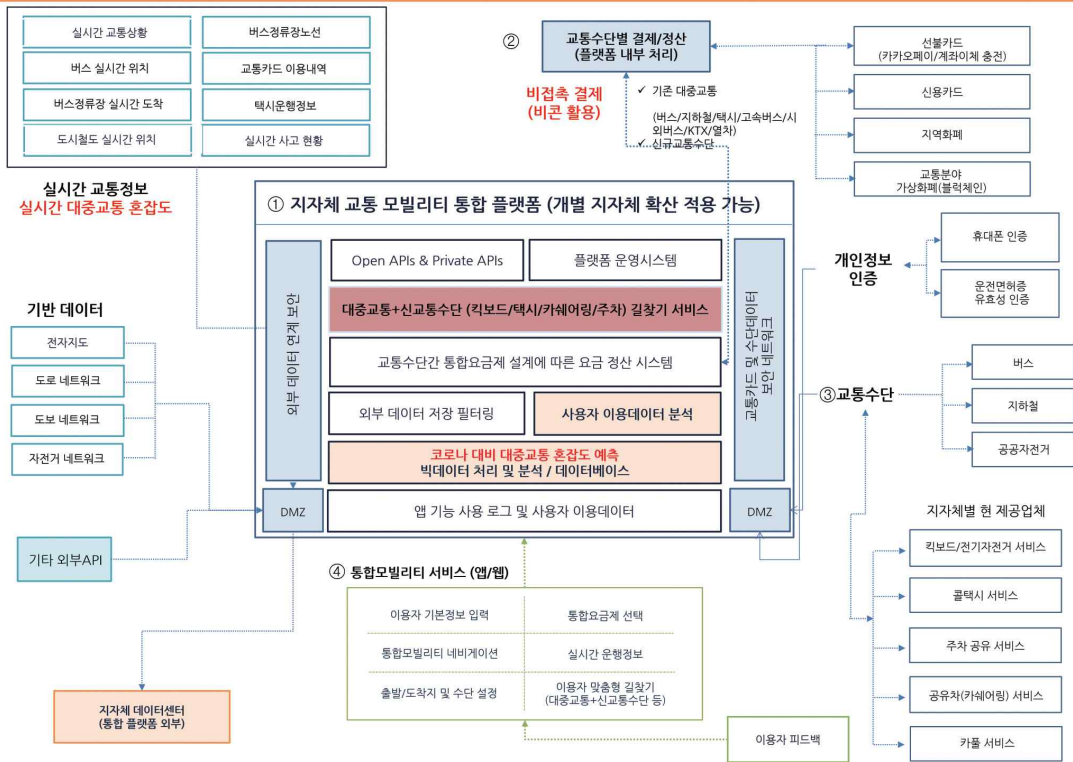


〈그림 2-7〉 다수단 경로 탐색 알고리즘 결과 시각화

- JAVA Swing을 활용하여 DB 연결, 경로 탐색, 탐색 결과화면을 포함하는 UI를 생성하였다.
- UI 상에서 출발지와 목적지 및 수단 조합을 선택하면 최적경로의 궤적과 통행 거리, 소요 시간 등의 정보가 도출되는 구조이다.

## 1 스마트 모빌리티 플랫폼 개발

- 대구광역시 스마트 모빌리티 플랫폼은 실시간 교통정보(버스, ITS 등), 다양한 교통수단, 통합 결제·정산 등을 이용자 편의성을 위해 아래 그림과 같은 스마트 모빌리티 서비스 구성도에 기반하여 플랫폼을 개발하였다.



〈그림 2-8〉 스마트 모빌리티 서비스 구성도

- 여러 교통수단 간 통합 결제 정산을 위한 데이터 연계 확보와 결제 처리 기능
- 차량 공유, DRT, 킵보드 등의 새로운 교통수단과 대중교통 간의 통합연계 길찾기 서비스 제공을 위한 교통수단 간 운영 및 예약정보 통합 프로세스 처리
- 교통수단 간 통합회원관리를 위한 시스템 구축
- 전자지도 및 자동차/도보 길찾기 서비스 외부도입
- 앱 기능 구현 및 실행 지원
- 이용자 및 실시간 BIS데이터 분석하여 사용자 맞춤형 MaaS서비스 제공

○ 대중교통용 HCE 모바일 카드를 중심으로 교통수단 간 요금결제가 가능하다.

- 대중교통(지하철 버스) 내에 설치된 태그 결제 지원
- 차량 공유, DRT, 킵보드 통합연계 이용에 따른 요금정보 API를 활용하여 QR코드 MPM방식으로 결제 지원
- HCE 모바일 카드 조회/삭제/충전/환불 지원
- 통합요금 설계에 따른 결제 정산 처리 지원/모빌리티 서비스를 제공한 각 교통수단

업체를 대상으로 요금 수익금 분배

- 스마트 모빌리티 회원정보 통합 연동이 이루어진다.
  - 스마트 모빌리티 서비스에 한 번의 회원가입으로 통합 연계된 교통수단을 이용
  - 회원가입 탈퇴 지원 및 이용 결제내역 상세 조회 지원
  
- 스마트 모빌리티 실시간 버스정보 빅데이터 연동이 가능하다.
  - 스마트 모빌리티 서비스의 도시지역 **BIS** 실시간 데이터를 연동하여 운행시간 테이블을 자동생성 (향후 예정)
  - 사용자 이력 데이터를 분석하여 맞춤형 모빌리티 서비스로 전환 (향후 예정)
  
- 스마트 모빌리티 앱 서비스의 기능 구현을 위해 필요한 API를 지원한다.
  - 이용 내역 저장 및 조회 등
  
- 플랫폼 서비스는 도메인별로 구분하여 독립적으로 개발되었으며, 독립적으로 구동되므로 개별 서비스 장애 시 전체 서비스에 영향이 가지 않아 장애를 최소화할 뿐 아니라 유연한 확장이 가능하다.
  - 회원(Smartcity-member) : 회원가입/탈퇴/인증 등 회원의 전반적인 정보를 담당한다.
  - 공통(Smartcity-common) : 앱 알림 메시지 발송, 공지사항, App 로그 저장 등 공통적인 정보를 담당한다.
  - 결제(Smartcity-payment) : 본인인증, 선불카드 가입, 충전, 지불 등 결제 처리를 위한 사항을 담당한다.
  - 교통(Smartcity-trip) : 대중교통, PM, 주차 등 외부 기관과의 서비스를 연계하고 관련 정보를 제공한다.
  - 데이터(Smartcity-legacy) : 타 기관에서 수집한 데이터(도로 정보 등)를 이용하여 표준화된 데이터 포맷으로 서비스를 제공한다.
  - 콘텐츠 관리(Cms) : 스마트시티 서비스 이용현황을 관리할 수 있는 시스템이다.



## 스마트 모빌리티 플랫폼 연계 기술

- MaaS 플랫폼과 다른 서비스 플랫폼 사이의 연계를 통하여 MaaS 이용자는 다른 플랫폼의 서비스를 직/간접적으로 이용할 수 있다. 이를 위해 MaaS 플랫폼과 일부 다른 플랫폼 간에는 회원정보를 최소한으로 공유하는 회원정보 통합 연동이 필요하다.
- 이(Hetero)기종 간의 연계방식은 크게 두 가지로 구분된다.
  - DB Direct Access : 플랫폼 서비스에서 연계하는 데이터베이스에 직접 연결하는 형태로, 요청 시마다 필요한 데이터를 조회하는 방식이다.
  - Restful API : http(https) 프로토콜을 이용한 open API 방식으로 특정 요청이 있을 때마다 서비스 제공사에서 제공해준 API를 호출하여 응답 결과를 전달받는 방식이다.
- 스마트 모빌리티 플랫폼에는 교통수단, 결제 관련 처리 등 실제 서비스 제공사와의 연계를 통해 실제적인 서비스를 제공한다.
  - 결제 : DGB Upay 시스템 연동, Restful API 방식으로 연계되며 DGB 시스템 인증처리를 위하여 플랫폼 내부에서 인증에 관련된 처리 등을 담당한다.
  - 교통정보 : 위니텍 데이터 수집 시스템 연동, DB 직접 접근방식으로 연계되며 요청에 따른 정보를 직접 조회한다.
  - DRT : DRT 시스템 연동, Restful API 방식으로 연계되며 회원정보를 공유한다. 회원가입, DRT 배차 등과 같이 양쪽 플랫폼 간의 API 호출이 가능하다.
  - 스쿠터/전기자전거 : PUMP 시스템 연동, Restful API 방식으로 연계되며 회원정보를 공유한다.
  - 공유자동차 : 피플카 시스템 연동, Restful API 방식으로 연계되어있다.
  - 주차 : 주차 플랫폼 연동, Restful API 방식으로 연계되어있다.
- 플랫폼과 기기종 간의 연계를 위해 플랫폼에서는 연계 시 요청/응답에 따른 로깅 등을 지원하고 있으며, 연계서비스 오류 발생 시 로깅 데이터 추적을 통해 원인을 분석하고 처리할 수 있다.

## 스마트 모빌리티 앱 UI

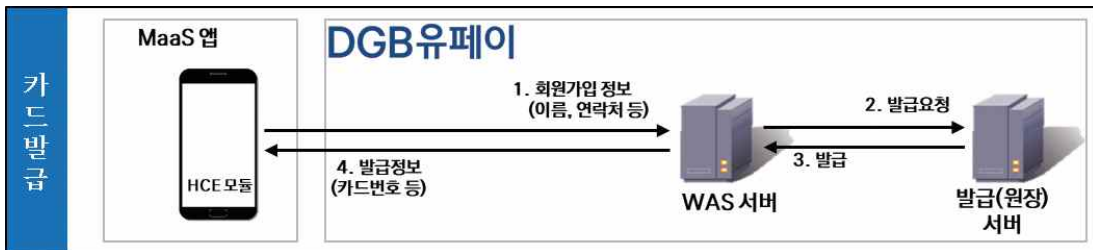
- 스마트 모빌리티 플랫폼을 통해 개발된 기술을 이용자가 사용하기 편리하도록 스마트 모빌리티 사용자 어플리케이션을 개발 및 실증하였다.
  - 모빌리티 관련 사업 경험 및 노하우를 MaaS앱에 적용
  - 호출형 승차공유 서비스(라이드헤일링) TADA를 운영, 획득한 기술 및 UX/UI 적용
  - 다수 모바일 지불 기능 연동 경험을 지불 결제 모듈 연동과 디자인에 응용
  - 사용자 편의성 및 맞춤형 서비스 제공을 위한 UI/UX 고도화 목표
  - 통합 모빌리티 플랫폼 내 이용자 피드백을 반영한 빅데이터 분석 및 분석 결과를 반영한 서비스 제공을 목표로 디자인 진행
  - 실시간 버스/지하철 등 대중교통의 위치 데이터를 반영한 UI/UX 고도화
  - 통합모빌리티 길찾기 및 이용자 맞춤형 UI/UX 고도화
  - 의견 고도화 및 정제를 통한 Design Material 구현
  
- 실증 통해 발생한 플랫폼 및 통합 스마트 모빌리티 앱 UI/UX 고도화 내용은 다음과 같다.
  - 통합 스마트 모빌리티 서비스 : 이용자 로그인(사용자 동의, 약관, 권한 등), 이용자 매칭, 실시간 운행정보, 최근 경로, 맞춤형 길찾기 등
  - 모바일 교통카드 : 신용카드 자동충전(일정 금액 이상 선불자동충전 외), 휴대폰 소액충전 등
  - 교통수단 선택 : 선호 교통수단 선택 및 수정(대중교통, 전기자전거, 차량 공유, 킥보드 등), 주차예약 기능 등
  - 이용내역 : 사용자 이용내역 상세, 실시간 대중교통 내비게이션, 다음 탑승 교통수단 안내, 상세 결제내역 안내, 실시간 버스 도착 안내 등
  
- 통합 스마트 모빌리티 앱 주요 UI/UX <<표 2-3>>

〈표 2-4〉 스마트 모빌리티 앱 UI/UX

<p>1. 회원가입 및 로그인</p>	<p>2. 모바일 교통카드</p>	<p>3. 결제 카드 등록 대우페이 연동</p>	<p>4. 교통카드 자동충전</p>
<p>5. 개인정보 관리</p>	<p>6. 고객센터와 기타정보</p>	<p>7. 위치기반 통합교통 예약</p>	<p>8. 통합교통 예약 - 교통수단 추천</p>
<p>9. 위치기반 통합교통 예약 - DRT</p>	<p>10. 위치기반 통합교통 예약 - 대중교통 티켓</p>	<p>11. 위치기반 통합교통 예약 - 키포드</p>	<p>12. 위치기반 통합교통 예약 - 차량 공유</p>

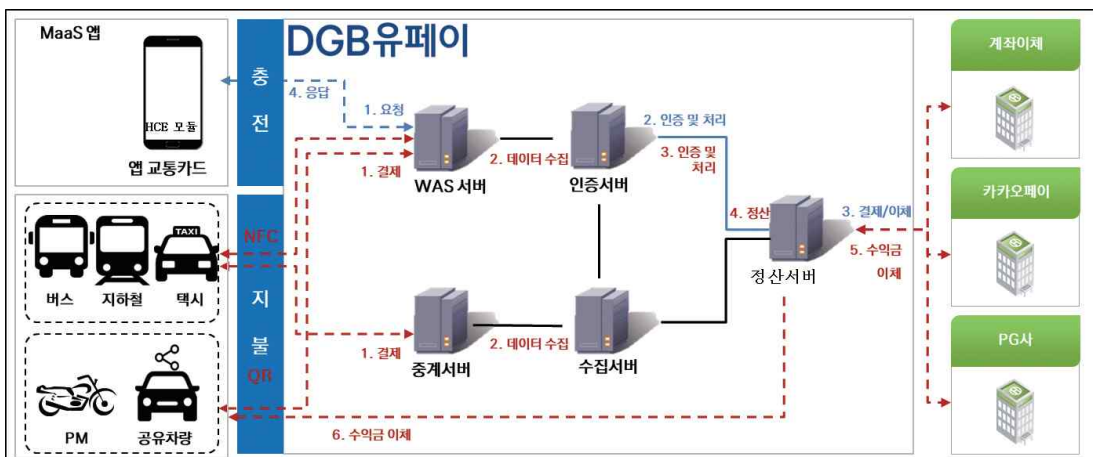
## 1 스마트 모빌리티 통합 결제 및 정산

- 스마트 모빌리티 이용자가 이동수단 및 경로를 선택하고 이용한 수단에 대해 개별적 결제가 아닌 교통카드 모듈 기반의 통합결제시스템을 개발하여 플랫폼에 연계하였다.
- 스마트 모빌리티 플랫폼 가입 시 <그림 2-9>와 같이 교통카드 모듈이 발급되어 휴대폰에 저장된다.



<그림 2-9> 앱 교통카드 모듈 발급과정

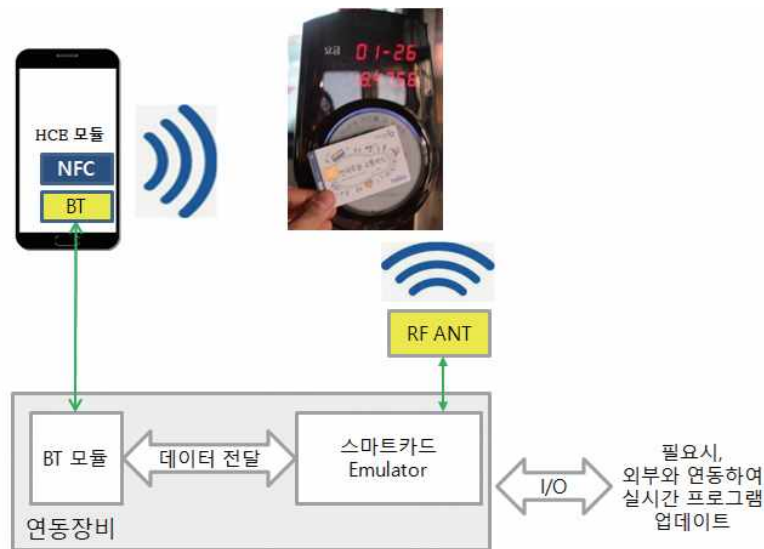
- 플랫폼 내 결제 가능한 선불 교통카드 모듈에 기반하여 인프라 사업자에게 수익금을 배분하는 시스템 개발하고, <그림 2-10>과 같이 플랫폼에 연계하였다.
- 플랫폼 내 선불 교통카드 모듈 적용 및 인프라 사업자에게 수익금을 배분한다.
- 결제데이터는 정산사 서버로 수집되며, 인증과정을 거쳐 정산을 진행한다.
- 정산 결과를 이용하여 이체 데이터를 생성, 결제 인프라 사업자에게 수익금을 배분한다.



<그림 2-10> 수집된 데이터의 정산 및 수익금 이체과정

## 1 비접촉 단말기 개발

- 대구광역시 및 일부 경북지역의 미 환승 고객의 경우 시내버스 하차 시 교통카드 태깅이 불필요하여 하차데이터 부재로 정확한 이동정보 수집이 불가능하다. 따라서 비접촉 서비스가 필요하여 기존 시제품을 제작 개발하였다.
- 최근 코로나19 전염병 등의 요인으로 비접촉 결제에 대한 시민들의 요구사항이 증가하고 있다.
- 기 운용 중인 결제 단말기의 변경이 필요하지 않은 시제품 제작을 통해 인프라 변경 비용을 최소화하는 장점이 있다.
- <그림 2-11>과 같이 스마트 모빌리티 앱의 교통카드 NFC 결제방식과 결제방식으로 동작하여 연동장비의 RF(Radio Frequency) 안테나를 통해 Bluetooth 모듈과 통신하여, 결제정보를 단말기에 전달하는 방식이다.



<그림 2-11> 비접촉 결제 단말기 동작방법

## 1 | 스마트 모빌리티 실증 체계

### 1D 스마트 모빌리티 실증 수행 및 평가 계획

- 스마트 모빌리티 기술개발에서 도출한 실증 시나리오와 대구광역시의 현재 대중교통이 취합한 '민원 발생 통근 지역'을 시나리오 구간으로 선정하여 실증 및 평가 계획을 수립하였다.
- 대중교통 및 스마트 모빌리티 서비스에 관련된 기술조사를 수행하여 본 서비스 실증에 적합한 다양한 평가 지표를 도출하고자 계획하였다.
- 실증을 참여하는 시민참여단에게 실증 전·후 통행시간, 이동수단, 환승여부 등 통행패턴에 대해 설문조사를 진행해 서비스 만족도, 통행시간 감소 등의 KPI 결과를 도출하고자 계획하였다.

### 1D 스마트 모빌리티 실증 운영방안

- 스마트 모빌리티 실증의 원활한 서비스 제공을 위해 기술적, 행정적 차원의 운영 방안을 수립하였다.
  - 다수단이 연계되어 서비스를 제공하는 스마트 모빌리티 플랫폼의 시스템 연동 및 운영 평가를 위한 검증 방안을 정립하였다.
  - 스마트 모빌리티 플랫폼 내 구현되어 있는 통합 결제 및 정산시스템, 최적경로 제공, 이용자의 어플리케이션 등 점검 목록을 정의하여 실증 운영 시 기능적 평가도 정립하였다.
  - 또한 평가지표는 다양한 분야에 종사하는 전문가 대상으로 AHP 설문기법을 활용하여 신규지표 발굴, 우선순위 선정, 적정 지표 개수 선정 등의 성과에 기반해 경제성, 연계성, 접근성, 이동성, 정시성의 실증 평가지표를 정립하였다.

- 스마트 모빌리티 수단별 수립된 실증 시나리오에 근거하여 실증 단계별 수행 체계를 구조화하여 분류하였다.
- <표 3-1>은 교통수단별 실증 체계를 정립한 것으로, 기능실증에서는 수단별 API 연계를 중심으로 실증 수행하며, 스마트 모빌리티 앱에서 연계 기능을 종합적으로 수행하였다.
- 서비스 실증에선 수요 및 니즈에 따라 수단 배치가 이루어지며, 시나리오별로 정해진 실증구간 내 실증을 진행한다. 그 후 평가한 결과에 따라 확대 실증은 실증구간을 넓혀 서비스 실증에 도입된 수단별 배치를 증가시켜 확대 운영하여, 향후 전역으로 스마트 모빌리티를 수행할 계획을 수립할 수 있도록 했다.

<표 3-1> 스마트 모빌리티 실증 체계

구분	기능 실증	서비스 실증	확대 실증
통합모빌리티 서비스 (MaaS)	통합모빌리티 앱 기능 및 다양한 수단 연계 기능 실증	실증구간 내 시민대상 서비스 실증	5개 이상의 실증구간 내 시민대상 확대 실증
PM (공유형 전동킥보드 및 전기자전거)	MaaS 서비스와 API 연계 기능 실증	전기자전거 200대 도입 및 운영 지역 확장	전동킥보드 300대 증차 및 확장 지역 대상 실증
DRT	대중교통 취약지역 이동 지원시나리오 테스트 및 API 연계 실증	통근 이용자 수요 및 대구시 니즈를 고려한 실증	이해관계자 협의 및 실증 지역 확대 운영
공유차	출퇴근 및 여가 시나리오 테스트 및 API 연계 실증	통근, 생활밀착형 등 이용자 수요 기반 실증	통합모빌리티 서비스 연계를 통해 대구광역시 전역 서비스 실증

## 실증 개요 및 대상

- 스마트 모빌리티 서비스 실증 전 개발한 플랫폼 및 앱, 연계 교통수단(대중교통, PM, DRT, 공유차)의 기술 검증을 위해 기능 실증을 수행하였다.

- 기능 실증은 과제 연구진을 대상으로 5개의 실증 시나리오에 대한 실증을 수행하였다.
- 시나리오 기반의 스마트 모빌리티 서비스 실증을 대구시민을 대상으로 수행하였다.
- 대구시민참여단은 교통수단 간의 연계 및 환승, 결제 프로세스, 앱 구동 등 스마트 모빌리티의 전반적인 서비스를 다양한 시나리오에 따라 체험하였다.
- 서비스 실증 이후 대구광역시 전역에서 스마트 모빌리티 서비스 확대 실증을 수행할 예정이다.
- 수행한 서비스 실증의 결과에 따라 기술적, 행정적 등 주요 이슈사항을 보완 및 고도화하여 대구광역시 전역 서비스에 대한 효과를 분석하고자 한다.

## 2 | 스마트 모빌리티 실증 수행 및 평가

### 1 스마트 모빌리티 기능 실증 및 평가

- 스마트 모빌리티 서비스 실증 전 개발한 플랫폼 및 앱, 연계 교통수단(대중교통, PM, DRT, 공유차)의 기술 검증을 위해 기능을 총 5회 실증 수행하였다.
- 20년도 6월, 8월, 10월, 21년 6월, 9월 등 총 5번의 앱 기능 검증을 위한 테스트를 진행하였다.
- 기능 실증을 통해 스마트 모빌리티 플랫폼 및 기능, 최적경로 및 다양한 교통수단 연계, 통합 결제 및 정산 등 기술적 검증을 <표 3-2>와 같이 수행하였다.

<표 3-2> 스마트 모빌리티 기능 실증 과정

일정	시나리오	실증 수단	실증 참가자
2020. 06.03	동대구역 → 대구디지털산업진흥원	버스, 지하철, 전동킥보드	내부연구진 5명
2020. 08.12	계명대학교 → 동대구역 산격4동 행정복지센터 → 수성못	버스, 지하철 DRT, 전동킥보드	내부연구진 20명
2020. 10.21	동대구역 → 계명대학교 대구디지털산업진흥원 → 동대구역수성못 → 산격4동행정복지센터	버스, 지하철, DRT, 전동킥보드	내부연구진 14명



2021. 06.23	동대구역 → 계명대학교	버스, 지하철, DRT, 전동킥보드, 전기자전거, 주차공유시스템	내부연구진 10명
2021. 09.14	동대구역 → 대구디지털산업진흥원	버스, 지하철, DRT, 전동킥보드, 전기자전거, 공유차	내부연구진 10명, KAIA 5명

## 1차 스마트 모빌리티 서비스 실증 및 평가

- 1차 서비스 실증은 '20.11.17일부터 19일까지 총 3일간 계명대학교 성서캠퍼스 인근에 PM, DRT 서비스를 배치하여 스마트 모빌리티 서비스 운영을 수행하여 기존 등하교 시간 대비 스마트 모빌리티 서비스 이용 시 효과에 대해 실증을 수행하였다.
- 1차 서비스 실증에서는 대중교통 중심에 전동킥보드, 수요대응형(DRT) 신규 수단이 연계된 한정된 서비스 실증을 수행하였다.
- 다수단을 <표 3-3>에 지정된 POI 기반의 시나리오로 시민참여단이 실증을 수행하는 방식이었다.

<표 3-3> 스마트 모빌리티 기능 실증 과정

시나리오	시나리오	실증 수단	실증 참가자
MaaS	계명대학교 성서캠퍼스 → 동대구역	버스, 지하철, 전동킥보드	대구광역시 시민 25명
DRT		전동킥보드, DRT	

- 2차 서비스 실증은 동대구역에서 대구스타디움으로 통행하는 여가 통행 목적의 서비스를 제공하여 기존 대중교통 이용과 통합 모빌리티 서비스 이용에 대한 차별성을 검증하였다.
- 3차 서비스 실증은 대구 신서혁신지구의 교통 불편사항인 버스노선의 부족, 긴 대중교통 대기시간, 낮은 정시성 등의 교통 문제를 해소하기 위해 통합 모빌리티 서비스를 제공하고 그 효과를 검증하였다.

〈표 3-4〉 스마트 모빌리티 기능 실증 개요

일시	통합 모빌리티 실증 수행 내용	실증 수단	실증 지역	참여자
'20.11.17~ 19	계명대학교 성서캠퍼스로 등하교하는 통학 목적의 시민 대상 통합 모빌리티 서비스 제공	대중교통, PM, DRT	계명대학교 성서캠퍼스	시민체험 단 25명
'21.09.14	동대구역에서 대구스타디움으로 여가 통행하는 시민 대상 통합 모빌리티 서비스 제공	대중교통+PM 대중교통 +DRT	동대구역 → 대구스타디움	시민체험 단 3명
'21.10.27~ 29	대구 신서혁신지구로 직장인들이 출퇴근 통행하는 시민 대상 통합 모빌리티 서비스 제공	대중교통, PM, 전기자전거, DRT, 공유차	대구 신서혁신지구	시민체험 단 42명
'22.05.09~ 13	대구 신서혁신지구로 직장인들이 출퇴근 통행하는 시민 대상 통합 모빌리티 서비스 제공	대중교통, PM, 전기자전거, DRT, 공유차	대구 신서혁신지구	시민체험 단 58명

## 스마트 모빌리티 서비스 실증 운영

### 실증 운영 방안

- 실증 참가자들은 출발지 또는 목적지가 실증 지역일 경우, ‘대구스마트시티’ 앱을 활용하여 통행하도록 체험 기간 내 설명회 개최를 통해 앱 이용 방법 등을 안내하였다.
- 신규 수단의 경우 실증 지역 범위 내 활용 가능하며, 외부로 통행 시 대중교통을 이용할 수 있게 진행하였다.



〈그림 3-1〉 스마트시티 앱 구현화면

### 3 | 스마트 모빌리티 실증 결과

#### 1 스마트 모빌리티 기능 실증 결과

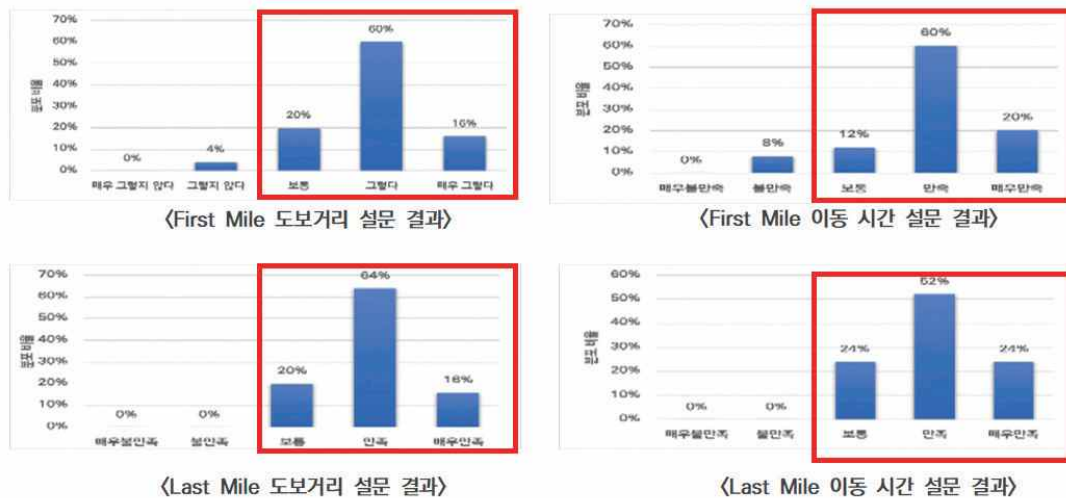
##### ● 기능 실증 결과 보완사항 도출

- 다수단(전동킥보드, 전기자전거, DRT, 공유차, 주차공유) 연계/결제 시스템 검증에 대해 보완 필요성이 제시되었으며, 또한 수단 연계 길찾기 서비스의 개선이 필요하며 사용자 맞춤형으로 서비스 고도화가 필요한 것으로 나타났다.
- 통합 결제 시스템(신용카드 충전 추가, 결제 이슈, 알뜰교통카드 등)에 대해서도 사용자가 이용에 불편함을 겪는 이슈 사항을 파악하여 방지하고자 하였다.
- 사용자 인터페이스 고도화 등을 통해 더욱 MaaS 앱을 편리하게 사용하고, 직관적으로 이해하기 편하도록 보완 설계했다.

## 1 스마트 모빌리티 서비스 실증 결과

### 1차 서비스 실증을 통한 사전/사후 설문조사 결과 (‘20.11.17~19)

- 실증 체험전 사전설문 조사 결과 응답자 대부분 등/하교 시 대중교통을 이용하는 행태이며 응답자의 30%가 대중교통 이용 시 목적지까지의 통행시간, 대중교통 시설 접근 도보거리 및 이동 시간에 대해 불편하다고 응답하였다.
- 실증 체험 후 사후설문 조사결과 스마트 모빌리티서비스 이용 이후 응답자의 70% 이상이 스마트 모빌리티서비스에 만족한다고 답변하였다.
- 특히 First & Last Mile의 도보거리와 이동 시간은 실증 참가자들의 약 90%가 스마트 모빌리티서비스 도입으로 인해 만족스럽다고 답변하였다.



〈그림 3-2〉 1차 서비스 실증 결과

〈표 3-5〉 스마트 모빌리티 서비스 기능 실증 검증사항

검증 항목	검증 내용
수단 플랫폼 연계	전동킥보드, 전기자전거 대여, 반납, 결제, 정산 기능 확인
	DRT 대여, 반납, 결제 정산 기능 확인
	주차공유시스템 결제 기능 미구현으로 검증 미수행
	공유차 대여, 반납 기능 확인/결제, 정산 기능 추가 검증 필요

다수단 연계 길찾기 서비스	신규 수단 포함 다수단 연계 길찾기 표출 기능 검증
	다수단 연계 길찾기 고도화 필요
사용자 맞춤형 서비스	운전면허증 여부에 따른 수단 조합 가능, 운전면허증 등록 간소화 필요
	버스/지하철 하차 안내(도착 예정 시간 등) 제공 불가
	통행에 대한 요약(통행시간, 요금) 제공 불가
	BIS 연계 기능 미구현으로 실시간 버스 정보를 반영한 서비스 검증 미수행
통합 결제 시스템 (선불카드 충전 기능 추가)	이용 금액 부족 시 자동 충전 기능 및 신용카드 충전 기능 확인
	광역알뜰교통카드탑재 기능 확인
	버스단말기에 개발앱 연동 문제 → 버스단말기 운영서버 연동 완료
	PM 이용 시 앱 내 QR코드 사용 인증 오류 발생 등 → 오류 발생 원인 수정·보완 완료
기타사항	경로 검색 속도 개선 필요
	수단이 바뀔 시 음성 안내 기능 추가 및 도움말 기능 추가 필요

### ● 1차 서비스 실증 참여단 의견 피드백

- 앱 내 발생 오류(승하차 태깅, 결제/반납 오류 등)로 인한 불편함이 있다.
- DRT/PM 등 수단 요금제 개선이 필요하다. (DRT 이용 금액 인하)
- 날씨에 맞는 교통수단 안내 및 경로상의 교통 흐름이 반영된 경로 안내가 필요하다.
- 안드로이드를 제외한 나머지 기종에서도 사용될 필요성이 있다.
- 발생한 이슈 사항은 확대 실증 시 앱 고도화, 요금체계 마련 등 보완 예정이다.

### ● 2차 서비스 실증 결과 ('21.09.14)

- 버스 정류장까지의 낮은 접근성 및 긴 환승 대기시간에 따른 불편사항이 발생하였다. (시나리오 1-대중교통)
- 기존 통행 대비 환승시간 및 도보 이동시간이 감소하였으며, 추후 기상상황을 반영한 맞춤형 경로 추천으로 보완될 필요성이 있다. (시나리오 2-대중교통+PM)

- 통합 앱 이용은 간편하고 편리한 이동이 장점이었으며, 예약을 통해 대기 없이 바로 이용하여 소요시간이 감소하는 등 편의성이 증대되었다. (시나리오 3-대중교통+DRT)

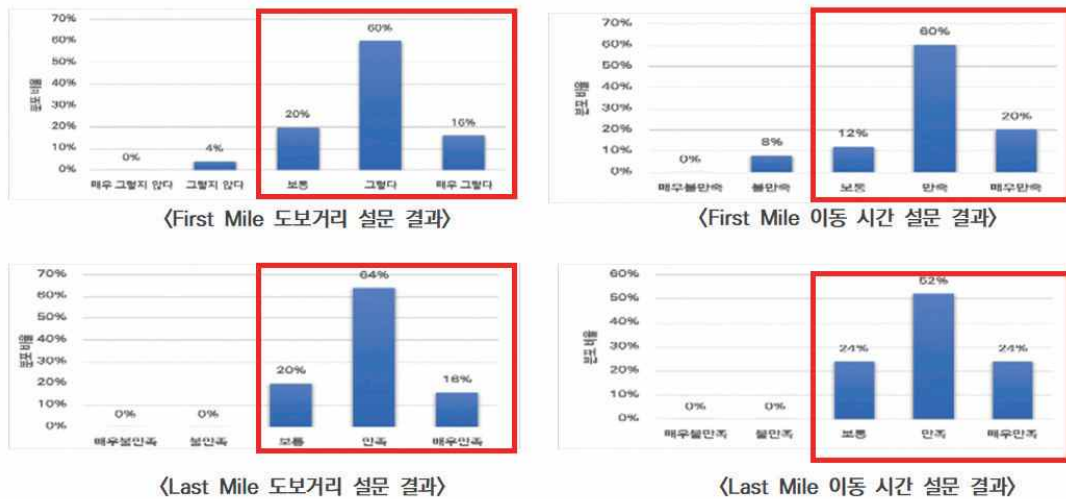
〈표 3-6〉 2차 서비스 실증 시나리오별 결과

실증 시나리오	실증 경로	실증결과	
시나리오 1 (대중교통)	도보~버스 ~환승~버스 ~도보		
시나리오 2 (대중교통 +PM)	도보~버스 ~ 전동킥보드		
시나리오 3 (대중교통 +DRT)	도보~지하철 ~환승~ 지하철~DRT		

### ● 3차 서비스 실증 결과 ('21.10.27-29)

- 3차 서비스 실증 수행 결과 42명의 직장인이 출퇴근 시 121회의 MaaS 서비스를 이용하였다. (인당 일평균 1회 이용)
- (자차 이용자) 기존 대비 약 60%의 출퇴근 통행에서 MaaS를 이용하였다.
- (대중교통 이용자) 기존 대비 약 48%의 출퇴근 통행에서 MaaS를 이용하였다.
- (통행시간 변화) 대중교통을 포함한 MaaS 이용의 경우, 출퇴근 소요시간이 기존 대비 35% 감소한 것으로 나타났다. (평균 21분~13분)

- 통합 모빌리티의 서비스 만족도 부분에서도 참가 중 93%가 서비스에 만족하다고 답변하였으며, 마찬가지로 통행시간, 결제 시스템 등 다양한 지표에서 체험자들이 만족하다고 답변하였다.
- 통합 모빌리티의 서비스의 장점으로서는 다양한 수단과의 연계성이 큰 장점으로 나타났다으며, 그다음 수단과의 접근성 이동성 순으로 나타났다.



〈그림 3-3〉 3차 서비스 실증 결과



〈그림 3-4〉 3차 서비스 실증 내역

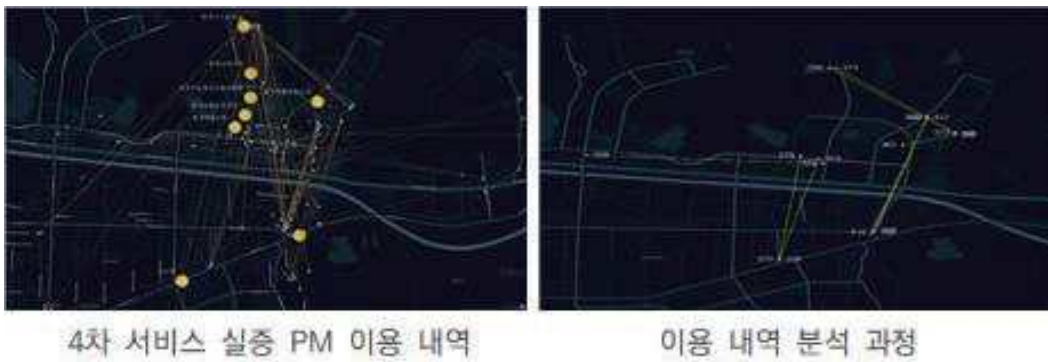
### ● 4차 서비스 실증 결과 (‘21.10.27-29)

- 4차 서비스 실증 수행 결과 5일간 58명의 직장인이 출퇴근 시 MaaS 서비스를 319 회 이용한 것으로 나타났다. (3차 실증 대비 이용량 약 2.6배 증가)

- POI 지점별 통근 이용 내역 분석 진행 중에 있으며, (단일수단별 이용) 조합별 사용에 따라 연계 환승 비율 파악이 필요함을 제시하고자 한다.
- (통행시간 변화) 대중교통을 포함한 MaaS를 이용한 경우, 출퇴근 이동 시간 절감률을 산출하고자 한다.
- (사용자별 이용) 사용자별 출·도착 정보를 통해 수단별 재배치 및 전역 실증에 보완될 수 있도록 피드백을 도출하고자 한다.



〈그림 3-5〉 4차 서비스 실증 결과



〈그림 3-6〉 4차 서비스 실증 내역

### ● 스마트 모빌리티 실증 평가지표 도출

- 실증 참가자 대상으로 설문조사를 시행하여 본 연구단에서 수행 중인 스마트 모빌리티 서비스에 부합하는 다양한 평가지표를 도출하였다.
- 도출된 평가지표는 교통 분야에서 종사하고 있는 전문가를 대상으로 자문 회의를 수행하여 신규지표 발굴, 우선순위 선정, 적정 지표 개수 선정 등의 성과를 도출하였으며, 이용자 만족도를 측정할 수 있는 설문 문항을 개발하였다.
- 최종적으로 스마트 모빌리티 서비스 실증 평가를 위해 경제성, 연계성, 접근성, 이동성, 정시성의 5가지 평가지표에 대한 점수를 도출하여 서비스 실증 분석 결과를 제시한다.



○ 스마트 모빌리티 실증 평가지표 결과

- 3, 4차 실증 평가 비교 결과, '경제성', '연계성', '이동성', '접근성', '정시성' 등 9개 세부 항목에서 평가 개선되었다. (평균 12%↑)

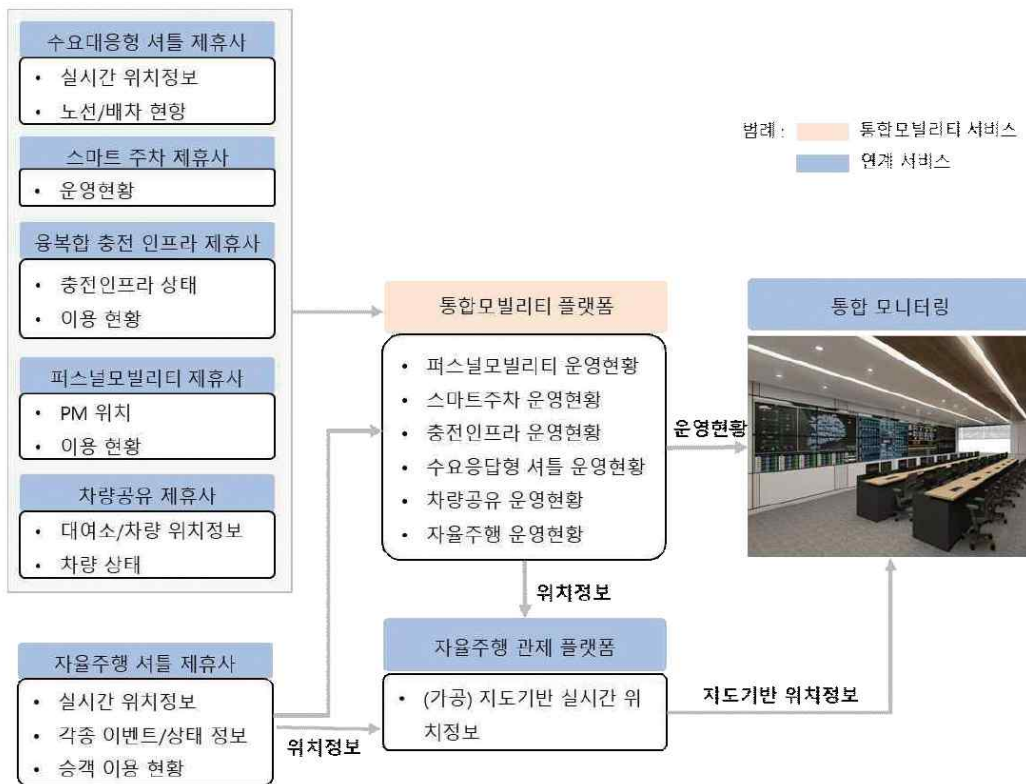
〈표 3-7〉 평가지표 기반 3차 서비스 실증 이용자 만족도 점수

평가지표별	평가지표별 평균점수(점)	지표별 가중치	최종 이용자 만족도 점수(점)
경제성	60.1	0.1077	65.66
연계성	63.1	0.2637	
이동성	65.2	0.2044	
접근성	72.5	0.2227	
정시성	64.9	0.2015	

〈표 3-8〉 평가지표 기반 4차 서비스 실증 이용자 만족도 점수

평가지표별	평가지표별 평균점수(점)	지표별 가중치	최종 이용자 만족도 점수(점)
경제성	64.9	0.1077	71.2
연계성	64.9	0.2637	
이동성	77.9	0.2044	
접근성	76.8	0.2227	
정시성	70.0	0.2015	

1 | 스마트 모빌리티 서비스 민간 확산 방안



〈그림 4-1〉 SPC 운영 조직(예)

- 통합 모빌리티 서비스를 운영하는 방안으로 공공이 직접 또는 위탁운영하거나 공공과 민간이 별도의 법인을 설립하여 운영하는 방안에 대해 검토가 필요하다.
- (공공) 공공과 민간의 통합된 모빌리티 정보를 단일 플랫폼을 통해 직접 또는 위탁운영, 스마트 챌린지 사업(인천광역시, 경기 부천시, 강원 강릉시)

- (SPC) 모빌리티 플랫폼 기반의 사업법인(SPC) 설립을 통해 통합 모빌리티(퍼스널 모빌리티, 자율주행, 수요응답형, 스마트주차, 차량공유 등) 서비스 제공 및 운영

## 2 | 스마트 모빌리티 서비스 타 지자체 확산 방안

- 스마트 모빌리티 서비스 솔루션의 전국 보급확산을 위한 정부의 다양한 스마트시티 사업과의 연계 추진을 통해 성과에 대한 확산이 필요하다.
- 예를 들어 데이터 허브 확산사업, 스마트시티 챌린지 사업, 광역권 통합모빌리티 사업 등 국가가 주도적으로 서비스 보급확산 사업을 진행할 필요가 있다.
- 대구광역시 실증사업을 통해 개발된 요소기술의 타 지자체 확산 및 활용을 위한 기술 공유와 기술이전을 추진할 수 있는 이어달리기 사업이 필요하다.

## 1 | 스마트 모빌리티 규제 현황 및 개선 방향

### 1 스마트 모빌리티 규제 현황

- 통합 모빌리티 플랫폼 기반의 이용자 맞춤형 다수단(공공, 민간수단) 연계 방식의 모빌리티 서비스 제공에 있어 다양한 개별 수단의 규제로 인해 통합 모빌리티 서비스도 같이 규제 대상이 되고 있는 실정이다.
- 퍼스널 모빌리티(전기자전거, 전동킥보드), 차량공유, 수요대응형, 자율주행 모빌리티 등 각 모빌리티 서비스에서 다양한 규제사항들이 존재하고 있다.
- 이에, 통합 모빌리티 플랫폼에서 통합적인 서비스 운영 및 제공에 한계가 많은 실정이며, 법제도적으로 개선이 시급하다.
- 이용수요에 따라 대중교통 노선 및 스케줄을 탄력적으로 운영하는 수요대응형 서비스(DRT) 규제 완화가 필요하다.
  - 기존 놓여준 기종점, 대중교통 부족지에서만 운영이 가능한 수요대응형 서비스를 도심지에서 서비스할 때 기존 법 제도 내에서는 한계가 있다.
  - 대안으로 규제샌드박스를 통한 한정면허 발급을 통해 수요대응형 서비스를 추진 중이나 기존 택시 산업계와의 갈등으로 한정면허 발급에도 한계가 있다.
- 차량공유서비스 활성화를 위한 주차공간 자유롭게 주·정차 가능한 프리플로팅(Free-floating) 서비스 제공을 위한 차량공유서비스 규제 완화가 필요하다.
  - 현재 스마트시티 국가시범도시(세종5-1생활권, 부산에코델타시티)에 한정되어 적용되는 공유차량 특례가 국내 전 지역으로 확대될 필요가 있다.
  - 개인형 이동수단(PM)이 first/last mile 서비스로 각광받으며 이용규모가 증가하였으나, '21년 도로교통법 개정으로 안전모 착용이 의무화됨에 따라 공유 PM 이용량이 절반 수준으로 급감한 실정이다.

- 현재 업계에서 많은 어려움을 겪고 있고 이용자들 또한 실질적으로 안전모 착용을 거의 하지 않거나 배치한 안전모 분실률이 높은 실정이다.

## 스마트 모빌리티 규제 개선 방향

〈표 5-1〉 스마트 모빌리티 규제 개선(안)

구분	규제이슈/쟁점	현행	개선
수요 대응형 서비스	수요대응형 모빌리티의 제한적 운행 허용 문제	「여객운수사업법」 제3조에 의하여 수요대응형 모빌리티 사업은 농어촌을 기점 또는 종점으로 하는 경우 또는 대중교통이 부족하다고 인정되는 지역을 대상으로만 운행이 허용됨	지자체에서 지역주민의 교통수요 및 기존 교통체계 등 교통환경을 고려해 수요대응형 도입지역을 결정할 수 있게 「여객운수사업법」 제3조의3 개정 필요
차량공유 서비스	공유 자동차 편도 이용 시 장기 주차 제한	「여객운수사업법」 시행규칙 제64조 제3항에 의하여 공유 자동차를 편도로 이용함으로써 주사무소 또는 영업소를 달리하여 반환될 경우 15일을 초과하여 상시 주차 또는 영업을 금지됨	공유 자동차 편도 이용 시 타 지역에서의 상시 주차 또는 영업 시 시간 제한을 적용하지 않는 방안 마련 필요
개인형 이동수단 (PM)	안전모 착용이 의무화됨에 따라 공유 PM 이용량 급감	「도로교통법」 개정에 의하여 안전모 착용이 의무화	개인형 이동수단의 안전모 착용 의무를 권고 수준으로 완화(단, 18세 이하는 착용 의무화 유지)

## 2 | 스마트 모빌리티 개발 및 운영 이슈사항

- 대구광역시 스마트 모빌리티 서비스 개발 및 운영에 있어 기술적, 제도적, 환경적인 주요한 이슈 사항의 발생 및 해결방안에 대해 〈표 5-2〉와 같이 정리하였다.

〈표 5-2〉 스마트 모빌리티 개발 및 운영 이슈사항

구분	주요 이슈사항	이슈 해결방안
기술 개발 측면	시민 체감형 서비스 설계 한계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구진 내 대구지역 학교 및 업체 등의 지역전문가 활용</li> <li>• 시민 참여포털 등을 활용한 지역 의견 적극 수용</li> <li>• 빅데이터 분석 기반에 시나리오 및 운영 기술개발</li> </ul>
	정확한 경로 탐색 서비스를 위한 실시간 교통정보 수집 및 활용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MaaS 경로 탐색에 포함되는 여러 교통수단의 실시간 정보가 반영될 수 있도록 운영기관의 사전 협조가 필요하며, MaaS 시스템에서 별도의 처리 작업 없이 즉시 활용될 수 있도록 데이터 표준이 정립되어야 함</li> <li>• 다양한 교통수단에서 여러 매체를 통해 수집되는 이종 데이터 간 결합/융합을 원활히 수행하여 경로 탐색 알고리즘에 반영되어야 함</li> </ul>
	실시간 버스 BIS 연계 한계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대구광역시 교통정보센터 위탁업체와 지속적 업무협의</li> </ul>
기술 활용 및 실증 측면	MaaS의 국내 도입 후 운영(대중교통 운영주체: 민영/공영) 측면의 장애 발생	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 광역 단위의 통합 모빌리티 서비스 제공을 위한 해당 수단 업체(철도, 항공 등)의 참여 유도를 위한 협의 진행</li> <li>• 관련 기관과의 협의를 통한 통합 모빌리티 운영을 위한 유기적인 협의체 구축</li> <li>• 이용자 및 운영자의 의견 수렴 후 통합 모빌리티 운영에 관한 개선방안 도출</li> </ul>
	경로 탐색 서비스에 적용되는 다양한 교통수단 간 환승 문제 해결	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MaaS 선진국의 경험을 바탕으로 서비스 이용자 관점에서 가장 중요한 요소인 교통수단 간 환승 여건을 정밀하게 DB로 구축하고, 경로 탐색 과정에 반영되어야 함</li> <li>• 또한, MaaS 서비스 이용자의 만족도를 향상시키기 위해서는 이용자별 불편 사항을 파악하여 실질적으로 환승 여건이 개선되어야 함</li> </ul>
	서비스 운영 및 확산 시 기존 운송사업자 등과의 이해갈등 관리 및 위험관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 핵심 갈등 이해당사자 파악 및 개선방안 협의</li> <li>• 관계 기관 및 운수회사 등을 포함하는 스마트 모빌리티 협의체를 구성하여 정례적으로 운영하며 공감대를 형성</li> <li>• 지역 택시운송조합과 MaaS 도입에 따른 이슈 사항 파악</li> </ul>

수요대응형 교통수단과 이해당사자 간 사전 협의를 통한 구체적인 방안 필요	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 최근 국내에서 발생하는 여러 모빌리티 산업과 기존 교통산업의 충돌을 통해 대구 실증도시에서 적용하고자 하는 새로운 교통수단, 특히 수요대응형 교통수단에 대한 고려가 필요한 시점임</li> <li>• 이해당사자 간 예상되는 문제점들을 사전에 파악하고, 협의체를 통해 문제를 사전에 조율하여 향후 실증 단계에서 마찰이 없도록 하며, 협의를 통해서 새로운 교통수단의 서비스 방안을 수립하는 것이 필요함</li> <li>• 협의를 결과를 바탕으로 MaaS 교통수단별 서비스 방안을 수립 후에 경로 탐색 알고리즘에 이를 반영하여 MaaS 이용자인 실증도시의 시민과 기존 교통산업의 이해당사자 모두가 만족할 수 있는 서비스를 제공하는 것이 중요함</li> </ul>
민간 사업자 주차장 개방 및 실증사업 참여 유도 방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 민간사업자 주차장 개방 및 실증사업 참여 유도 필요</li> </ul>
법제도 측면	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국토부, 대구시, 운송기관 간 지속적 협의를 통한 합의 도출</li> <li>• 이해관계자 간 지속적 협의를 통해 서비스 도입을 위한 합의점 도출</li> </ul>
서비스 실증 관련 현 법제도 및 규정과의 충돌	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 예상 문제점에 대해 국토교통부 및 대구광역시와 협의, 규제샌드박스 등 도입 추진</li> <li>• 통합 모빌리티 구현을 위한 장애 요소 제거 및 활성화를 위한 제도적 개정방안 마련</li> </ul>

### 3 | 스마트 모빌리티 협의체 구성/운영

#### 스마트 모빌리티 협의체 개요

- 스마트 모빌리티 서비스 실증을 위한 관, 교통수단 운영자, 시민 등의 의견을 통해 대구광역시에 최적화된 실증 시나리오 및 서비스를 도출할 수 있도록 전문적인 협의체 체계를 구성하였다.
- 스마트 모빌리티 협의체 참여관계자별 서비스 시나리오 검증, 기술 검증, 법제도 등 분과별 역할을 정립하여 참여 중심의 협의체 모델을 추진하였다.
- 스마트 모빌리티 서비스 실증 수행을 위해 대구광역시와 주관연구기관인 한국교통연구원 중심으로 산·학·연 협의체 체계를 구성하고 성공적인 스마트 모빌리티 서비

스 구현을 목표하였다.

## **D** 스마트 모빌리티 협의체 운영방안

- 스마트 모빌리티 협의체 구성은 대구광역시 스마트시티와 한국교통연구원 중심으로 대구광역시 자치구 및 산하기관 담당자, 모빌리티 업계, 시민 등 이해관계자가 위원으로 참여하였다.



〈그림 5-1〉 대구광역시 스마트 모빌리티 협의체 구성원



