

디지털 트윈 기반 GTX 환승안전 및 혁신기술 개발 기획

- 최종보고서 -

요 약 문

과제명	디지털 트윈 기반 GTX 환승안전 및 혁신기술 개발 기획				
연구개발단계	기초[○] 응용[] 개발[] 기타	기술성숙도 (해당 시 기재)		착수시점 기준() 종료시점 목표()	
최종 목표	<ul style="list-style-type: none"> GTX 수혜지역 확대와 대심도 환승센터 이용객의 보행 안전을 위한 접근편의성 향상 기술 및 디지털 트윈 기반 안전관리 기술 개발·실증 				
전체 내용	<ul style="list-style-type: none"> 이용자 중심의 GTX 환승센터 접근편의성 향상 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> GTX 수혜범위 확대를 위한 지능형 최적 연계교통 체계 도출 기술 개발, GTX 환승센터 특성을 반영한 이용자 맞춤형 최적 경로 탐색 기술 개발 등 디지털 트윈 및 생성형 AI 기반 GTX 환승센터 안전성 향상 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> 디지털 트윈 기반 GTX 환승센터 비상상황 사전 예방 기술 개발, 생성형 AI 기반 비상상황 신속 대응 및 자동 제어 기술 개발 등 GTX 환승센터 편의·안전 기술 실증 및 법제도 개선 <ul style="list-style-type: none"> GTX 환승센터 실증을 위한 통합 운영 시스템 개발 및 편의·안전 기술 실증, 이용자 체감형 서비스 시범운영, 실증 결과를 반영한 법제도 개선 등 				
연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	<ul style="list-style-type: none"> GTX 환승 안전성 및 편의성 확보를 위한 국가 R&D 도출 신규 GTX 환승센터 등 향후 건설될 대규모·대심도 환승센터에 대해서 실시설계 단계에서 이용자 접근편의성, 안전성 등을 사전에 진단하고 보완할 수 있는 제도적(인증제도 도입 등) 및 기술적(고정밀 시뮬레이션 기반 정량적·객관적 검증 기술 등) 체계 마련 환승안전 및 체계혁신 기술의 표준 마련, 법제도 개선을 통해, 전국 확산 로드맵 수립 등 국민 환승편의성을 향상할 수 있는 전략 상세화 현 환승시설에 대한 문제점을 도출하고, 환승시설 트렌드 변화 대응을 위한 법제도 개선(안) 도출 GTX의 접근 및 환승 편의성 개선을 통해 대중교통 이용분담률 제고 기대 KTX, GTX, UAM, 자율주행, 로봇 등 첨단 교통 및 물류 기술 연계, 첨단 모빌리티 허브의 구축 및 실증 운영을 통해, 글로벌 선두그룹의 물리 AI 및 디지털 트윈 분야의 마중물, 징검다리 기술 확보 				
국문핵심어 (5개 이내)	광역교통	환승시설	안전성	접근성	디지털 트윈
영문핵심어 (5개 이내)	Metropolitan Transportation	Transfer Infra	Sfety	Accessibility	Digital Twin

목 차

제1장 연구 과제의 개요	1
제1절 연구 배경 및 필요성	3
제2절 연구 목표 및 내용	12
제2장 GTX 환승 요구변화를 고려한 광역교통 정책지원 연구	19
제1절 국내 환승시설 연구 및 정책 동향 조사	21
제2절 국내·외 환승시설 동향 조사	69
제3절 환승시설 국가통계(안) 구축 방안	138
제4절 철도 환승통계 활용 및 운영계획 수립	169
제3장 디지털 트윈 기반 GTX 환승안전 및 혁신기술 개발 기획	189
제1절 사업추진 중점분야 도출 및 사업 범위 설정	191
제2절 핵심기술 및 구성기술 도출	228
제3절 핵심기술 개발 계획	247
제4절 사업 운영계획 및 소요예산	260
제5절 경제적 타당성 분석	281
제4장 기대효과 및 활용 계획	289
제1절 연구 성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도	291
제2절 연구 성과의 관리 및 활용 계획	297
부록. 설문조사 결과	299
참고문헌	309

제1장

연구 과제의 개요

제1절 연구 배경 및 필요성

제2절 연구 목표 및 내용

제1장 연구 과제의 개요

제1절 연구 배경 및 필요성

1. 연구의 배경

- (모빌리티 공급 다양화·확대) 최근 퍼스널 모빌리티, 수요응답형 대중교통 등 신규 모빌리티가 보급·확산되고 있으며, 앞으로 자율차, UAM 등 혁신 모빌리티가 곧 일상화될 것으로 전망
 - GTX-A 수서-동탄 개통(2024년), 자율주행 레벨4 노선형버스(2025년) 및 구역형 서비스(2027), 도심 UAM(2030년) 등 로드맵에 따라 새로운 모빌리티 상용화 추진
 - PM 관련 인프라의 확충, 민간 중심의 공유서비스 확대를 위한 환경 조성(규제완화 등), 수소·전기차 보급 확대, DRT(수요응답형 서비스) 서비스 범위(신도시, 심야시간대 등) 확대, 기존 대중교통 서비스의 수요기반 탄력적 운영 확산 등으로 기존 모빌리티의 변화 예상



그림 1-1-1 미래 교통수단 및 모빌리티 서비스 개발·상용화 계획

- 버스, 지하철 등 기존 수단과 새로운 수단 등 다양한 교통수단의 대규모 도입이 예상되는 모빌리티 환경에서, 각 수단별 독자적으로 개발·도입되고 있는 모빌리티의 시장 실패 가능성 완화 및 이용 편의 극대화를 위해서는 수단간 효율적인 연결이 중요
 - 탄소중립 및 교통혼잡 완화를 위한 친환경 교통수단 보급 및 대중교통 이용 촉진, 교통 수단간 에너지 효율적 운영에 대한 중요성이 점차 증가할 것으로 예상
- (이용자 중심의 생태계) 모빌리티 산업은 점차 이용자 경험이 핵심인 생태계로 변화하고 있으며, 모빌리티 서비스의 이용자 요구사항·수준은 높아지고 다양화되는 추세
- 모빌리티 산업의 디지털 전환으로 영역이 확장되면서 디지털화, 앱 기술 등 서비스 기반 부문이 모빌리티 산업 경쟁력의 중요한 부문으로 주목받고 있으며, 이에 모빌리티 산업은 점차 ‘이용자’의 ‘수요’ 중심으로 패러다임이 빠르게 변화중
 - 이동시간이 ‘소비’에서 ‘이용’으로 전환되며 이동시간의 가치가 점차 커지고, 이용자의 D2D 솔루션에 대한 수요가 증가함에 따라 교통수단간 매끄럽고, 편리하고, 시간 효율적인 이동 경험을 제공(연계·환승)을 위한 서비스 품질에 대한 수요 및 중요성이 증가
 - 고령화(교통약자 접근성), 1인 가구 증가(개인 이동서비스 수요 증가) 등 인구구조 변화, 지역간 인구분포 불균형(비수도권의 고령인구 비중↑) 등에 따른 모빌리티 서비스 수요가 급변할 전망
 - 도시 집중화(수도권 인구집중) 및 도시규모 증가에 따른 광역통행량의 지속적 증가, 도시 양극화(국토면적 10% 수준인 수도권에 전체 인구 과반 돌파, 향후 30년 내 시군구 37% 소멸 우려) 등에 따른 공간구조 변화에 따른 도시-비도시간 교통복지 격차 심화 등 사회적 수요 대응 필요
 - 이동가치와 목적(여가 통행 증가)도 다양하게 변화, 여가 통행은 타 목적 통행에 비해 통행발생량은 적지만 평균 통행거리가 길어 이동시간의 질적 요인에 큰 영향을 받을 수 있으며, 이동의 질적향상에 따른 통행거리 증가는 외곽지역 통행량을 증가시킬 것으로 전망
- (연계·환승 불편 지속) 교통혼잡 문제해결을 위한 새로운 교통수단 보급, 대중교통 활성화 등을 위한 다양한 정책 추진에도 불구하고 교통 문제해결의 실효성은 낮은 수준
- 대도시권내 지역간 통행의 열악한 환승체계로 인해 대중교통의 통행시간 경쟁력 부족 (평균 환승소요시간 : 10.9분/통행(광역통행), 9.5분/통행(비광역통행)), 교통체증 및 혼잡문제 가중
 - 수도권은 신도시 확대로 인해 지역과 연계된 주요 도로 및 철도시설의 교통량 증가 및 혼잡이 심화될 것으로 예상되며, 이에 따른 도심내 교통혼잡 가중으로 인한 긴 환승거리/시간으로 이용자 불편 지속으로 대중교통 수단분담률 제고효과 미흡
 - 비수도권은 대중교통 통행 중 환승 비율은 수도권 대비 낮은 수준이며, 환승 연결성

(철도↔버스 간)이 부족하여 대중교통 환승 이용에 한계

- 철도 환승역 중 107개 역을 대상으로 환승 서비스 수준 분석 결과, 전체 69%가 LOS D 수준 이하였으며, 비교적 최근 구축된 환승역인 경우에도 LOS D 이하가 73%→ 환승시 긴 도보이용거리, 수직수평 이동경로 복잡성 증가, 교통약자 환승 불편, 과도한 환승수요로 인한 승객 안전 우려
- **(교통혼잡문제 심화)** 도로교통 혼잡비용은 지속적으로 증가 중이며, 도로 인프라의 물리적 확장의 한계 극복 및 탄소중립 실현을 위해 대중교통 중심의 교통수단 전환 필요
 - 수도권 및 지방 혁신도시를 중심으로 도시인구는 지속적으로 증가하여 우리나라 전체 인구의 약 80%가 대도시권에 거주하고 있으며, 도로교통 혼잡비용은 GDP의 3.67%(2019년 기준)
 - 도시 개발 등에 따른 대도시권 내 주변도시 성장으로 기존 중심도시와 주변 도시간 연결 현상에 의한 광역화가 진행 중이며, 이에 따른 출퇴근 통행거리 및 소요시간의 지속적 증가와 더불어 나홀로 차량비중도 증가하고 있어, 교통혼잡 및 대기오염의 악순환 지속
 - 이러한 문제 해결방안으로 대중교통 중심의 이동수단 전환이 대두되고 있으나 수단분담율은 답보 상태이며, 실제 최근 5년간 서울시 수단분담율의 경우 승용차는 지속적으로 증가하는 반면 대중교통은 소폭 감소하는 것으로 나타나 시민들이 여전히 승용차 이용을 선호하고 있음을 반영하며, 이러한 개인차량 소유 증가로 인해 교통혼잡이 가중되는 실정
 - 이에 현 대중교통 운영체계의 혁신을 통해 승용차에 비해 접근성, (환승)편의성, 효율성, 쾌적성 등 만족도 개선은 대중교통 활성화를 위한 필수 선결과제, 특히 철도서비스 부족 지역, 신규 택지 개발 지역 등 수요 변동 지역의 대중교통 공공성 확보를 위한 버스 서비스 요구 증대
- **(ICT 기술혁신이 모빌리티 발전 유인)** 빅데이터, 인공지능, IoT, Network, VR/AR 등 다양한 ICT 기술혁신은 모빌리티 시스템 변화의 주요 동인으로 작용, 산업 발전을 유인
 - 빅데이터 기술은 인공지능, IoT 등과 융합을 통해 단순히 정보를 수집/저장하는 단계에서 분석·예측하는 고도화된 기술로 빠르게 발전 중이며, 자율주행 장치와 편의 장치에의 센서 장착 확대로, 이로 인한 데이터양이 기하급수적으로 증가할 것으로 예상됨에 따라 빅데이터를 수집, 처리 및 저장하기 위한 기술이 확대되는 중
 - 데이터 스토리지, 빅데이터 가용성 및 디지털 생태계의 발전은 시·공간에서 거리공간을 최대한 활용할 기회를 제공, AI는 차량의 안전 및 향상된 운행에 기여하며, DB 인프라가 잘 갖춰진 도시의 경우 AI를 적용하여 교통 인프라가 구축 공간 및 시기를 예측하고, 효과적인 모빌리티 경로(corridors)를 결정하는데 기여 할 수 있음

2. 연구의 필요성

가. 정책적 필요성

- ‘2024 교통 3대 전략: 속도감 있는 국민 편의 증진’
 - 출퇴근 30분 시대 정책 실현을 위해, 효율적인 국가재정 운영 및 국민 체감형 서비스 향상 필요
 - 30분가량 차내 통행시간 절감을 위해, 4조원 이상 예산을 투입하여 GTX를 도입하였으나, 환승에서 절감된 시간을 낭비하는 現 과도기적인 교통체계 개선은 필수적임



그림 1-1-2 2024 교통 3대 전략

- [국정과제 2-8-39 빠르고 편리한 교통혁신] GTX 신속추진 등 30분 출퇴근 시대 실현에 기여 필요
 - GTX 환승 안전 및 불편 이슈에 신속하게 대응하고, 12대 국가전략기술로 지정된 첨단 모빌리티(자율주행, UAM)를 수용할 수 있는 환승 체계 필요
- (국토부 정책) 국토부는 「모빌리티혁신 로드맵」, 「제2차 환승센터 및 복합환승센터 구축 기본계획」 및 「제4차 대도시권 광역교통 기본계획」 등을 통해, 모빌리티 개발·상용화·확산의 주요 마일스톤과 수단간 접근성 및 이동효율 향상을 위한 편리한 대중교통체계 구현 계획을 제시, 다양한 모빌리티 등장에 적시적 대응을 위한 연계·환승 지원을 위한 기술개발 필요성 대두
 - 특히, 「제3차 환승센터 및 복합환승센터 구축 기본계획(2021~2025)」을 통해 ① 환승 인프라 2배 확충, ② 3분 이내 환승 체계 구축 비율 2배 확대, ③ 주요 역사의 환승 거리 1/2 단축 목표 제시
 - 수준 높은 서비스의 환승센터 및 복합환승센터 구축을 목표로 GTX 역사 환승센터

- 20곳 외 27개의 환승센터 구축을 계획하고 있음
- 철도시설 등 건설 前 선제적인 환승 체계 검토를 의무화함으로써, 최적의 환승 체계 구축을 위한 제도 혁신 추진

모빌리티 혁신 로드맵 (국토부, 2022.9)		제2차 대도시권 광역교통기본계획 (2021~2040, 국토부, 2021.10)	
<p>○ 문제점</p> <ul style="list-style-type: none"> -분야간 경계가 모호해지는 상황, 산발적 정책 추진으로 종합적 체계적 준비 부족 *예시: 자동차/비행기체 등 -이동수단 개발보급 등 HW 측면 정책조정, 규제개선, 실증지인 등 SW 측면 소홀 -모빌리티가 도시계획, 건축 용도, 도로설계 등 공간구조 전반에 미칠 영향 감안 필요 *예시: 연계 모빌리티 복합개발 등 	<p>○ 전략과제 및 목표</p> <ul style="list-style-type: none"> -완전자율주행 시대 개막 *노선형(25) 및 구역형 서비스(27) -채증 없는 항공 모빌리티 구현 *UAM 서비스 도입(25)→ 도심 내 버티포트 운용(30) -맞춤형 배송체계 구축 *자율주행 화물 운송 서비스(27) -다양한 이동서비스 확산 *미래형 환승센터 추진(23~), 전국 단위 MaaS 구현(35) -모빌리티와 도시 융합 *모빌리티 복합도시(M-City, 24~) 	<p>○ 문제점</p> <ul style="list-style-type: none"> -제2차 광역교통기본계획(18~20) 추진은 37% 부진 *일도/BRT/환승센터 추진 미흡 -철도역 중심의 환승통행 증가와 환승편의 부족 *환승화수(광역/비광역): 1.75회/0.32회 환승시간: 10.9분/1.4분 -교통혼잡 비용 증가 *09년 10.1조원 → 19년 18.4조원 -대중교통 동행시간 경향력 부족 *수도권(승용차 70분, 대중교통 74분), 부산울산권(43분, 93분) 	<p>○ 전략과제 및 목표</p> <ul style="list-style-type: none"> -광역교통 기본권 확보를 위한 인프라 확충 *대도시권내 30분대 생활권 실현 -이용자 중심의 광역교통 운영체계 개선 *광역버스 혼잡율 DRO, 동행환승할인제 확대 수도권(20)→전국(30) -친환경 스마트 교통시스템 구축 *수소전기 광역버스 보급률 50%(30) → 100%(40) *광역권 MaaS(30) 후 전국 확대 -광역교통체계 지속가능성 확보

제3차 환승센터 및 복합환승센터 구축 기본계획(2021~2025, 국토부, 2021.8)	
<p>○ 문제점</p> <ul style="list-style-type: none"> -제2차 계획시 반영된 외곽 중 가시화된 사업은 5곳에 불과 *중부(동대구역) 광역권1 설계3 → 5곳 모두 철도선미역사완공후 환승시설 별도 건설하여 개선 한계 -환승센터 개발 초기부터 준공까지 환승편의 검토 필요 -주요 철도 환승역(107개) 중 74곳(69%)가 LOS D 이하 *Level Of Service, A ~ F 등급 -미래형 교통수단 확대에 따른 환승수요 대응 필요 *자율기동차량(Lv4), UAM 등 	<p>○ 전략과제 및 목표</p> <ul style="list-style-type: none"> -환승센터 및 복합환승센터 47곳* 구축 *수도권 32곳, 비수도권 15곳 -최적 환승체계 구축을 위한 제도 혁신 *환승센터 건설前 환승체계 검토의 부와 환승 종합계획단 운영 등 *3분 이내 환승체계 구축 비용 2배 *주요 역사의 환승거리 1/2 단축 -공해혼잡 걱정 없는 미래환승 구현 *저탄소·그린 환승시설 확충 *자율차 및 UAM 상용화에 맞춰 환승센터 표준모델 개발 및 기준 정비

기술개발 니즈
<ul style="list-style-type: none"> ○ 다양한 교통수단 연계를 위한 Data 수집기공 표준화·연동·통합관리 등 기술 ○ 신규 환승센터 계획 단계시 '새교통수단' 고려한 환승센터 표준모델, 환승편의 시설 및 환승체계 개선 기술 *PM, DRT, 공유모빌리티, 자율차, UAM 등 ○ GIX 중심의 수도권 대중교통체계 개편 예상, 환승 통행량 증가 대비 기술 ○ 환승센터 거점 친환경 공유 모빌리티 전환 유도를 위한 '하브 기능' 강화 기술 ○ 발전하는 모빌리티에 따른 도로 건축 도시, 자립 등 공간 계획 및 융합 기술

그림 1-1-3 국토부 정책

나. 경제적 필요성

- 미래 핵심 성장동력으로서 모빌리티 경쟁력 강화를 위해서는 모빌리티 혁신으로 인한 이 동수단간의 연결성 강화를 위한 연계·환승체계 혁신이 필수
 - 글로벌 모빌리티 산업·시장은 자율차, UAM, MaaS 등 다양한 분야가 급격하게 성장 할 것으로 전망되는 상황에서, 주요 국가 및 기업들은 주도권 선점을 위한 노력이 심 화되는 추세
 - 글로벌 차량 공유 시장은 2025년 2,000억 달러에서 2040년 3조 3,000억 달러 로, MaaS의 시장규모는 2021년 670억 달러에서 2030년 7,450억 달러까지 연평균 약 30% 수준으로 모빌리티 서비스 시장은 빠르게 성장할 것으로 전망¹⁾
 - 글로벌 자율주행 자동차 시장 규모는 2025년 약 4,028억 달러에서 2030년 약 2조 2,176억 달러 규모로 연평균 약 40% 성장, UAM의 시장규모는 2040년까지 1조 달 러 규모로, 2050년에는 약 9조달러 규모로 GDP 대비 최대 약 11~12%까지 성장할 것으로 전망²⁾
 - 모빌리티 서비스는 인력의 이동성을 증진시키고 일자리·주거지 선택의 유연성을 향상 시켜 개인들에게 더 많은 일자리 선택의 기회를 제공하며, 이동 효율을 높혀 생산성 향상에 기여
 - 모빌리티 서비스는 일자리·주거지간 이동을 용이하게 함으로써, 일자리에 대한 지리 적 제한이 줄어들고, 주거지 선택의 유연성이 높아지며, 개인의 경제력과 삶의 질 향상에 기여
 - 모빌리티 서비스를 통해 이동 편의성, 효율성이 증가하면 근로자들은 출퇴근 시간을 단축시키거나, 이동 중에도 업무 처리를 통해 생산성을 향상에 기여
 - 모빌리티 서비스의 도입 및 관련 인프라의 발전은 지역간, 도시간 연결성을 강화하여 지역경제 활성화를 도모하며, 지역사회와 기업간 협력을 통해 여행·관광업, 요식업, 숙박업 등 이종산업과의 결합을 통해 새로운 가치, 상품, 사업 기회를 창출
- 공간적 관점에서의 지역간 연결성 강화를 통해 지역경제 균형발전 유도 필요
 - 교통은 사람·화물의 원활한 이동을 통해 지역의 경제·사회·문화 활동을 촉진하는 국토 균형발전의 핵심부문이나, 급격한 도시화와 효율성·경제성 위주의 교통 서비스 혁신· 투자로 인해 최근 각 도시간 발전 정도의 차이가 커지는 추세³⁾
 - 수도권은 서울과 주변도시가 교통망으로 촘촘히 연결되어 있어 교통 결절점을 중심

1) <https://www.amecoresearch.com/market-report/mobility-as-a-service-market-276790>

2) eVTOL/Urban Air Mobility TAM Update: A slow Take-off But Sky's the Limit, Morgan Stanley Research, 2021.5.6.

3) <http://ccej.or.kr/79486>

- 으로 기업과 인재가 집중되고 있는 반면, 비수도권은 교통 인프라 및 교통망 기반의 광역적 연계체계가 미흡
- 다양한 이동수단 및 서비스 등장이 예상되면서, 기존의 버스, 지하철, 기차와 같은 대중교통 뿐 아니라 공유자전거, PM, 공유차량 등 다양한 공유 모빌리티와 승용차, 택시 등 다양한 이동수단간의 이동을 연결하는 공간으로써 모빌리티 허브의 역할·기능이 중요해지고 있음
 - 모빌리티 허브의 핵심기능은 다양한 이동수단간의 끊김없는(Seamless) 연계이지만, 많은 이용자가 모이는 장소이니 만큼 모빌리티 서비스 제공을 넘어서 주변지역의 발전에 커다란 영향
 - 이동수단 및 이동공간의 효율적 활용을 통한 국민편의 증대 및 환경적 비용 저감 필요
 - 2018년 기준 수송부문은 우리나라 탄소 총 배출량 7억 2,760만톤 CO2eq의 13.7% 수준인 98백만톤 CO2eq을 배출하고 있으며, 2030년까지 37.8%, 2050년까지 A안 97.1% 또는 B안90.6% 감축할 것을 목표로 제시 (2018: 98.1 → 2030: 61.0 → 2050: A안2.8 또는 B안9.2백만톤)
 - 수송부문의 탄소 배출은 주로 내연기관, 차량·항공기 등 화석연료(휘발유·CNG 등) 사용에 따른 배출로 차량이 95% 이상 차지
 - 수송부문의 탄소감축 주요 수단으로 ①전기·수소차 보급 가속화와 함께 ②대중교통 활성화, 수요관리를 병행하여 내연차 총 주행거리를 감축할 것을 추진과제로 제시
 - [친환경차 보급] A안도로부문 전기·수소차 등으로 전면 전환, B안도로부문 내연기관차의 대체연료(e-fuel 등) 사용을 가정하고 있으며, 정책수단으로는 기존 수송 산업의 친환경 산업으로의 전환지원, 친환경 수송수단 비중 확대를 위한 규제 및 인센티브 마련, 친환경·중·대형차 기술개발 및 무공해차 전환유도를 위한 인센티브 방안 마련 등을 제시
 - [대중교통 활성화] 고품질의 대중교통수단 확대, 다양화, 편리한 환승연계 등으로 자가용보다 편리한 대중교통 체계 혁신을 위해 고속철도역과 중소혁신도시를 연계하는 BRT(간선급행버스체계), S-BRT 노선확충, M버스 지방대도시권까지 확대, 환승센터 구축 및 PM-대중교통거점과 연계, 수요자 맞춤형 교통서비스 공급, 공유 모빌리티 활성화를 통한 자가용 수요관리 등을 제시
 - 도로교통 혼잡비용은 지속적으로 증가, 2018년 67.76조원, 2019년 70.6조원으로 매년 증가추세를 보이다가 2020년 코로나19 영향으로 57.64조원으로 감소, 이는 GDP의 3.0~3.7%에 이를 비용으로 국가 경제활동에 큰 영향을 미치고 있음⁴⁾

4) e-나라지표, 도로교통혼잡비용

(https://www.index.go.kr/unity/potal/main/EachDtlPageDetail.do;jsessionid=FKj_EDvqlt6yqd3Dk6ITjBr16taQQuwJ29YdW8GK.node11?idx_cd=1248)

- 교통혼잡비용(차량운행비용, 시간가치비용)이 GDP에서 차지하는 비율은 미국은 0.92%, 영국은 0.36%, 독일은 0.15%임을 감안할 때, 우리나라의 3%대의 비중은 매우 높은 수준⁵⁾
- 이러한 교통혼잡이 심화되면 이에 따른 비용 손실과 함께, 국가·도시의 경쟁력이 저하되는 악영향을 고려해 볼 때, 이를 감소하기 위한 대책이 필요하며, 이러한 문제 해결방안으로 이동수단간 효율적 연계 및 효율적 공간활용을 통한 대중교통 중심의 이동을 촉진이 필요
- 환승센터는 타 광역교통시설 대비 저비용-고효율 시설로서 대중교통 이용자 편의 개선이 가능⁶⁾
- 김순관 외(2013)에서는 대중교통 출근자의 종합적인 질 평가를 나타내는 대중교통 행복지수를 산정하고 이를 구성하는 여러 항목에 대한 불만족 개선효과 조사결과 환승시간이 가장 높은 것으로 나타나 대중교통 정책 우선순위로서 환승시간 단축을 중요하게 꼽음
- 또한 이동시간 1분 절감을 위해 소요되는 환승센터 평균 사업비는 127억원으로 철도급행화 사업(464억원), 혼잡도로 개선사업(531억원) 등 철도/도로 사업비의 1/4 수준에 불과하므로 환승센터 사업은 국민의 출퇴근시간 저감을 위한 저비용-고효율 해결책이 될 수 있음⁷⁾

표 1-1-1 대중교통 행복지수 세부항목별 개선효과 (민감도 분석 결과 기반 순위)

항목	개선점수	순위	항목	개선점수	순위
환승시간	6.0	1	요금	4.5	6
대기시간	5.6	2	혼잡	4.2	7
총 소요시간	5.6	2	냉난방	3.3	8
접근시간	4.8	4	Wifi	2.6	9
좌석	4.8	4	기타	2.5	10
			편의시설	2.1	11

[자료] 김순관 외 (2013), 「대중교통 서비스 개선을 위한 서울시 출근통행의 질 평가」, p.87

5) <https://www.joongang.co.kr/article/24105798#home>

6) 대도시권 연계환승체계 개선방안, 한국교통연구원, 2023.4.24

7) 국토교통부 대도시권광역교통위원회·한국교통연구원(2021), 『광역교통정책 백서: GTX 환승센터 시범사업 공모』, p. 22

다. 기술적 필요성

- 이동수단·서비스 증가 및 환승허브 대형화·복잡화에 따른 새로운 환승수요에 대응
 - 교통혼잡 문제 해결을 위해 새로운 이동수단의 보급, 대중교통 활성화를 위한 다양한 정책 추진에도 불구하고, 이용자의 이동수단 및 인프라간의 접근성, 환승이동 편의성·효율성·안전성 등 지속되어온 이용자 불편 문제 등은 이용자 환승 불편 문제는 지속
 - 주요 환승거점인 철도 환승역의 환승서비스수준(LOS)은 전체의 69%가 LOS D 수준 이하였으며, 비교적 최근 구축된 환승역인 경우에도 LOS D 이하가 73%인 것으로 나타남
 - * 고속터미널역, 종로3가역, 노원역 등 하루 이용자 수가 많은 주요 역의 경우 환승 이동 거리가 약 300m 내외로 이용자의 환승 시간이 길게 소요

표 1-1-2 철도역사 유형별 연계교통수단 환승서비스 수준

구 분	LOS B	LOS C	LOS D	LOS E	LOS F	LOS D 이하
고속철도 환승역	8%	19%	46%	23%	4%	73%
일반철도 환승역	-	13%	38%	38%	13%	89%
광역철도 환승역	4%	25%	38%	29%	4%	71%
도시철도 환승역	3%	26%	38%	12%	21%	71%

[자료] 국토교통부 고시 제2021-1046호, 「제3차 환승센터 및 복합환승센터 구축 기본계획」, p21

- 서울 대심도(지하 40m 이상) 도시철도역의 경우 수직 이동 거리가 길어 승강장까지의 접근에 이용불편이 발생중으로, 특히 향후 GTX의 도입 계획을 고려할 때, 역내 환승 이동 동선 및 환승 불편 이슈는 보다 커질 것으로 예상

표 1-1-3 서울 대심도 도시철도역 승강장 접근시간

노선번호	역명	길이(m)	층수	진입		진출		비고
				에스컬레이터	엘리베이터	에스컬레이터	엘리베이터	
8호선	산성	53.91	지하 3층	3분 34초	5분 02초	4분 29초	4분 58초	경사형
7호선	송실대	45.49	지하 6층	4분 44초	3분 36초	5분 02초	3분 40초	-
5호선	신금호	42.12	지하 8층	4분 18초	4분 37초	4분 18초	4분 28초	-
	여의나루	40.85	지하 5층	3분 58초	6분 04초	4분 01초	6분 34초	-
6호선	버티고개	40.87	지하 4층	4분 35초	7분 07초	4분 11초	7분 59초	경사형
평균	-	-	-	4분 14초	5분 17초	4분 24초	5분 32초	-

주) : 엘리베이터 이용 시간의 경우 대기시간을 포함한 평균 접근시간으로 산정하였으며, 역별 엘리베이터 사양(속도, 용량 등)이 상이

자료) : 경기연구원(2019) 실측 자료

[출처] “비싼 요금에다 환승도 불편” GTX 불만, 해소책은?, 고양일보, 2019.03.05.

<http://www.goyang1.com/news/articleView.html?idxno=11621>

제2절 연구 목표 및 내용

1. 연구의 최종목표

- 본 기획연구에서는 출퇴근 30분 시대 목표 달성을 위해 GTX의 혁신적인 접근·환승 시간 단축을 위한 기초연구를 수행하고, 이를 통해 「디지털 트윈 기반 GTX 환승안전 혁신기술 개발」 과제 기획을 최종 목표로 함
- (기초연구) 접근·환승 시간 감축 목표 달성을 위한 현황 파악, 서비스 지표 발굴 등을 통해 국가측면의 통계 DB 구축 방향을 제시하고, 이를 활용하여 연구개발 요소를 도출하고 정책적 활용방안을 도출하고자 함
- (기획연구) 본 연구에서 수집한 현황 및 자료를 기반으로 GTX 환승체계 혁신을 위한 추가 연구 내용에 대한 RFP를 도출하는 것을 목표로 함

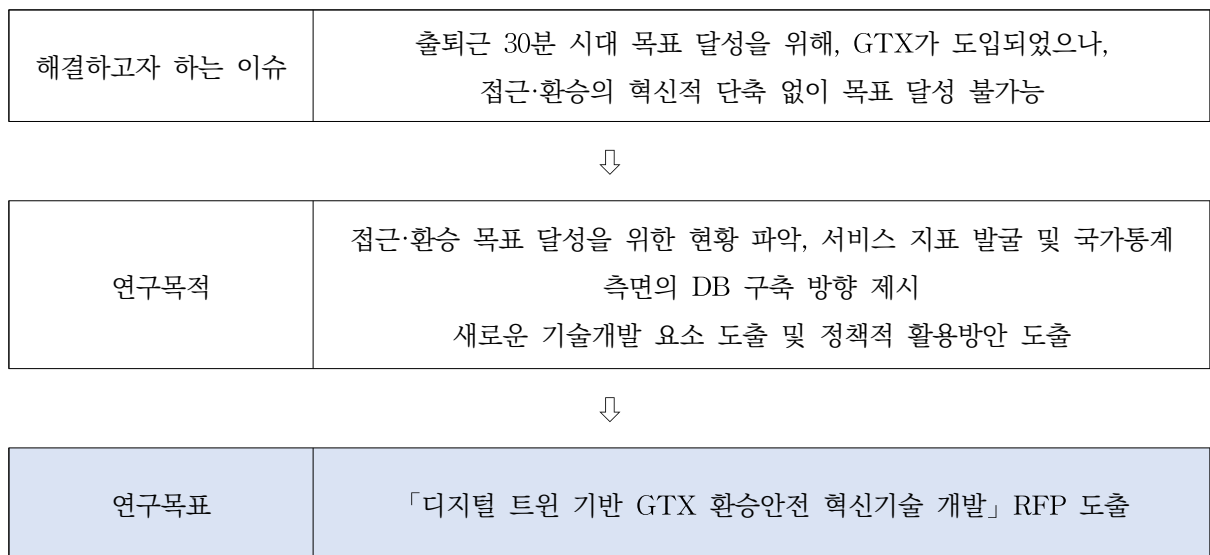


그림 1-2-1 연구 목표

2. 연구 수행 절차

- 본 기획연구는 GTX 환승 요구사항 변화를 고려하여 광역교통 정책지원을 위한 기반을 마련하기 위한 기초연구를 수행하였으며, 이를 통해 「디지털 트윈 기반 GTX 환승안전 혁신기술 개발」에 대한 기술개발 요소 및 RFP를 도출함
- 기초연구
 - 환승시설 관련하여 법·제도·정책적 현황을 조사하고, 이를 기반으로 환승시설을 평가하기 위한 데이터베이스 구축 및 지표 도출에 관한 연구 수행
 - 이에 따라 환승시설에 관련된 전반적인 연구 동향을 조사하고자 하며, 환승시설 관련한 DB 조사 및 이를 활용한 지표 산출 관련 연구 동향 조사
 - 또한, 환승시설 현황분석을 통한 문제점 및 개선방안 도출 등과 관련된 연구 동향을 검토하여 기존 연구에서 제시한 문제점과 개선방안을 환승시설 DB 및 지표를 통해 평가하고 근거를 제시할 수 있는 국가통계(안) 마련에 활용
- 기획연구
 - 기초연구 등을 기반으로, GTX 연계·환승 관련 이슈 및 문제점을 도출하고 사업추진 방향 및 중점 기술개발 분야 도출 (SWOT 분석 등)
 - 핵심기술 및 구성기술을 도출하고, 이에 따른 세부내용, 개발계획 등 제시
 - 사업 운영계획 및 소요 예산 등을 검토하여 경제적 타당성 분석 결과 도출

3. 「GTX 환승 요구사항 변화를 고려하여 광역교통 정책지원 연구」 세부 내용

가. 국내외 환승시설 현황 조사

- 국내외 환승시설 관련 법·제도 조사
- 국내외 환승시설 개선 사례 조사
- 환승시설 구축 관련 문제점 및 법제도적 개선사항 도출

관련 법·제도, 기준 및 정책자료 검토
「환승센터 및 복합환승센터 설계·배치 기준」 「승강기시설 안전관리법」 「도시철도 정거장 및 환승·편의시설 설계 지침」 「철도설계지침(건축편)」 「제2차 광역교통기본계획」 「제4차 광역교통시행계획」 「제3차 환승센터 및 복합환승센터 구축 기본계획」 : ⇒ 기존 법·제도, 기준 및 정책자료에 대한 면밀한 검토를 통한 문제점 도출 및 법제도적 개선사항 도출

그림 1-2-2 관련 법·제도 등 정책자료 검토 방법

나. 환승 편의 향상을 위한 국가통계(안) 구축 방법론 개발

- 환승시설 내·외부 환경을 고려한 환승지표 정의
 - 환승시설 내·외부 구분 자료 소유 및 분야 등을 정의하여 필요 DB 목록 구축

표 1-2-1 구축 DB 및 지표 예시

구분		분야	DB명
데이터	환승시설 내부	설계 및 건축	건설비용
			환승시설 면적
		환승시설 이용	환승거리
			환승시간
			이용자 수
	환승시설 외부	교통	승용차/대중교통 통행시간
			대중교통 Stage
			대중교통 도보이동거리
			영향권 행정동 인구
			버스 정류장 및 노선 정보
↓			
구분		지표	
지표	환승시설 내부	비용 대비 환승시간	
		비용 대비 환승거리	
		비용 대비 이용자 만족도	
	환승시설 외부	대중교통 통행시간 구간별 인구	
		대중교통 최소 서비스 수준	
		대중교통 Stage	
		대중교통 도보 이동거리	
	설문조사	이용자 만족도	

- 환승시설 접근 편의성 DB 및 지표 확장 구축
 - 기본사업 “고속철도 속도향상을 위한 디지털 철도운영 플랫폼 기술개발”에서 10개 고속철도 역에 대한 ‘고속철도 연계환승 편의성 지표’구축

- 해당 지표와 연계하여 확장 구축 및 환승시설 관련 지표 추가 개발



그림 1-2-3 기 구축 지표 사례: 연계교통 서비스수준 분석지표

○ 환승시설 환승 편의성 설문조사 수행

다. 철도 환승통계 활용 및 운영계획 수립

○ 환승시설 이동체계 변화 대응 방안 수립

- 기존 환승시설 관련 기준 검토를 통한 보완사항 도출
- 주 동선 변화에 따른 대응 방안 마련을 위한 정책적/기술적 요소 도출
 - (정책적 요소) 기준 개선 방안 도출 등
 - (기술적 요소) 용량 산정 분석, 대기공간 분석 등

○ 제2차 국토교통부 대도시권광역교통위원회 광역교통혁신 공모전 개최

- 제1차 광역교통혁신 공모전에 이어 제2차 광역교통혁신 공모전 개최를 통해 지속적인 광역교통 정책 활용 기반 마련
- 제2차 광역교통혁신 공모전 국토부 대광위 담당부서 보고 (24.03.08) 및 관계기관 협의 (24.03.22) 완료

표 1-2-2 제1회 광역교통혁신 공모전 개최 사례



제2차 광역교통혁신 공모전 준비 (대광위 보고 및 관계기관 협의, 24.03.08)



○ 환승시설 통합운영협의체 구성

- 「제3차 환승센터 및 복합환승센터 구축 기본계획」에서 “환승 총괄계획단 도입·운영 및 제도화”, “환승 거버넌스 협의체 도입·운영 및 제도화”를 추진하고 있음
- 이와 연계할 수 있는 환승시설 통합운영협의체를 구성하여 지속적인 연계 및 교류의 기틀 마련
- 국토부 대광위 담당부서와 정책지원 방향 논의 (2024.04.04.) 및 공식 의견수렴 예정 (2024.04.08. ~ 완료시)

○ (국토부 대광위 요청시) 국가통계 승인절차 지원

표 1-2-3 통계승인업무 처리지침 관련 사항

통계승인업무 처리지침 (통계청)

(제7조 4항) 통계예산 확보는 자체 확보한 예산에 한정. 다만, 행정기관의 통계관련 사업을 위탁 수행하도록 법령에 규정되어 있는지 검토

⇒ 국토부 대광위 국가통계 승인시,
재정 확보를 통한 위탁 기관으로 지정될 수 있도록 하는 방안 마련

3. 최종 성과물

- 환승시설 국가통계(안)
 - 환승시설 내·외부 평가를 위한 지표 및 통계 구축 방안 제시
- 환승시설 관련 법제도 개선(안)
 - 현 환승시설에 대한 문제점을 도출하고, 환승시설 트렌드 변화 대응을 위한 법제도 개선(안) 도출
- 광역교통혁신 공모전 개최
 - 철도 접근성, 환승시설, GTX 등 광역교통 관련 주제 기반 광역교통혁신 공모전을 통해 국토교통부 등 유관기관과의 지속적 협력체계 확보
- 과제 제안요구서 도출
 - 「디지털 트윈 기반 GTX 환승안전 혁신기술 개발」 RFP 도출

제2장

GTX 환승 요구변화를 고려한 광역교통 정책지원 연구

제1절 국내 환승시설 연구 및 정책 동향 조사

제2절 국내·외 환승시설 동향 조사

제3절 환승시설 국가통계(안) 구축 방안

제4절 철도 환승통계 활용 및 운영계획 수립

제2장 GTX 환승 요구변화를 고려한 광역교통 정책지원 연구

제1절 국내 환승시설 연구 및 정책 동향 조사

1. 환승시설 법·제도·정책 현황 조사

가. 환승센터 및 복합환승센터 관련 법·제도·지침 현황

(1) 「국가통합교통체계효율화법」 [시행 2024.4.17.] [법률 제20039호]

- 국가통합교통체계효율화법은 교통체계의 효율성·통합성 및 연계성을 향상하기 위해 육상 교통·해상교통·항공교통정책에 대한 종합적인 조정과 각종 교통시설 및 교통수단 등 국가교통체계의 효율적인 개발·운영 및 관리 등에 필요한 사항을 정함으로써 국민생활의 편의를 증진하고 국가경제 발전에 이바지함을 목적으로 하고 있음 (제1조)

(가) 환승 관련 용어 정의

- 국가통합교통체계효율화법 제2조에는 관련 법적 용어에 대한 정의를 제시하고 있으며, 환승에 관련된 시설에 대한 용어는 연계교통시설, 환승시설, 환승센터, 환승지원시설, 복합환승센터 등으로 구분하여 제시하고 있음

표 2-1-1 국가통합교통체계효율화법 제2조에서의 환승 관련 용어 정의

용어	정의
연계교통시설	▪ 주요 교통물류거점 간 또는 교통물류거점과 주변 국가기간교통망 등 간의 원활한 연계를 위한 도로, 철도 등 교통시설
환승시설	▪ 육상·해상 또는 항공 교통수단의 여객 등의 이용자가 다른 노선이나 다른 교통수단을 편리하게 이용하도록 하기 위하여 주차장, 공항여객터미널, 항만대기실, 철도역, 도시철도역, 버스정류소 또는 여객자동차터미널 등의 기능을 제공하는 시설

환승센터	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 교통수단 간의 연계교통 및 환승활동을 원활하게 할 목적으로 일정 환승시설이 상호 연계성을 갖고 한 장소에 집합되어 있는 시설 <ul style="list-style-type: none"> - 주차장형 환승센터: 대중교통 이용자의 주차 및 환승활동 지원을 주된 기능으로 하는 환승센터 - 대중교통 연계수송형 환승센터: 대중교통수단 간의 연계수송 및 환승활동 지원을 주된 기능으로 하는 환승센터 - 터미널형 환승센터: 터미널 및 환승활동 지원을 주된 기능으로 하는 환승센터
환승지원시설	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 복합환승센터에 설치하는 환승시설 외의 시설로서 일상생활과 사회경제활동에 필요한 편의시설·상업시설·문화시설·업무시설·숙박시설·주거시설 등 지원기능을 수행하는 시설
복합환승센터	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 열차·항공기·선박·지하철·버스·택시·승용차 등 교통수단 간의 원활한 연계교통 및 환승활동과 상업·업무 등 사회경제적 활동을 복합적으로 지원하기 위하여 환승시설 및 환승지원시설이 상호 연계성을 가지고 한 장소에 모여 있는 시설 <ul style="list-style-type: none"> - 국가기간복합환승센터: 국가기간교통망 구축을 위한 권역 간 대용량 환승교통의 효율적인 처리와 상업·문화·주거·숙박 등 지원기능을 복합적으로 수행하기 위하여 제45조에 따라 지정된 복합환승센터 - 광역복합환승센터: 주로 권역 내의 환승교통 처리와 상업·문화·주거·숙박 등 지원기능을 복합적으로 수행하기 위하여 제45조에 따라 지정된 복합환승센터 - 일반복합환승센터: 가목 및 나목을 제외한 것으로서 지역 내의 환승교통 처리를 주된 기능으로 수행하기 위하여 제45조에 따라 지정된 복합환승센터

(나) 주요 관련 사항

- 「국가통합교통체계효율화법」 제44조(환승센터 및 복합환승센터 구축 기본계획)
 - 환승센터 및 복합환승센터의 체계적인 구축을 위하여 5년 단위 환승센터 및 복합환승센터 구축 기본계획(서비스 제고 방안, 시설 배치 방안 등 포함)을 수립하도록 한다고 명시되어 있음

제44조(환승센터 및 복합환승센터 구축 기본계획) ① 국토교통부장관은 환승센터 및 복합환승센터의 체계적인 구축을 위하여 5년 단위로 환승센터 및 복합환승센터 구축 기본계획을 국가교통위원회의 심의를 거쳐 수립하여야 한다. <개정 2013. 3. 23., 2018. 9. 18.>

② 제1항에 따른 환승센터 및 복합환승센터 구축 기본계획에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다. <개정 2018. 9. 18.>

1. 환승센터 및 복합환승센터 구축에 관한 중장기 정책방향
2. 환승정책에 대한 분석·평가
3. 주요 연계·환승시설 현황조사 분석
4. 교통망 분석을 통한 효과 제시
5. 환승센터 및 복합환승센터 서비스 제고 방안
6. 환승센터 및 복합환승센터 시설 배치 방안

- 7. 효율적인 복합환승센터 개발을 위한 추진 방향
 - 8. 복합환승센터의 기본 개발 방안
 - 9. 복합환승센터의 구축에 따른 개략적인 사업비 추정
 - 10. 그 밖에 환승센터 및 복합환승센터 구축, 복합환승센터 개발 등에 관하여 대통령령으로 정하는 사항
- ③ 제1항에 따른 환승센터 및 복합환승센터 구축 기본계획의 수립 및 변경 절차 등에 관하여 필요한 사항은 대통령령으로 정한다. <개정 2018. 9. 18.>
 [제목개정 2018. 9. 18.]

제44조의2(복합환승센터개발계획 등의 수립지침) ① 국토교통부장관은 제45조제2항에 따른 복합환승센터개발계획 및 제50조제1항에 따른 복합환승센터개발실시계획의 수립지침을 정하여 대통령령으로 정하는 바에 따라 그 계획을 수립하여야 한다.

② 국토교통부장관은 제1항에 따른 복합환승센터개발계획 수립지침 및 복합환승센터개발실시계획 수립지침을 작성하려는 경우에는 미리 시·도지사의 의견을 듣고 관계 중앙행정기관의 장과 협의하여야 한다.

[본조신설 2015. 1. 6.]

(2) 「철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률」 [시행 2024.1.9.] [법률 제19987호]

- 철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률은 철도망의 신속한 확충과 철도시설의 체계적인 관리를 위하여 철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 사항을 규정함으로써 공공의 안전을 확보하고 국민의 복리증진에 기여함을 목적으로 함 (제1조)
- 동법 제5조(철도망계획의 내용)에서는 국가철도망 구축계획을 수립함에 있어, 철도의 중장기 건설계획뿐만 아니라 다른 교통수단과 연계한 교통체계의 구축을 포함하도록 명시하고 있음

제5조(철도망계획의 내용) ① 철도망계획에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다. <개정 2013. 3. 23.>

- 1. 철도의 중장기 건설계획
- 2. 다른 교통수단과 연계한 교통체계의 구축
- 3. 소요 재원의 조달방안
- 4. 환경친화적인 철도의 건설방안
- 5. 그 밖에 국토교통부장관이 체계적인 철도건설사업을 위하여 필요하다고 인정하는 사항

② 제1항에 따른 철도망계획에는 「대도시권 광역교통관리에 관한 특별법」 제3조 및 제3조의2에 따라 수립된 대도시권광역교통기본계획 및 대도시권광역교통시행계획에 포함되어 있는 광역철도계획(「도시철도법」에 따른 도시철도는 제외한다)을 반영하여야 한다.

[전문개정 2009. 3. 25.]

(3) 지속가능 교통물류 발전법 [시행 2021.12.7.] [법률 제18563호]

- 지속가능 교통물류 발전법은 기후 변화, 에너지 위기 및 환경보호 요구 등 교통물류 여건 변화에 대응하는 지속가능 교통물류정책의 기본방향과 그 수립 및 추진 등에 관한 사항을 규정함으로써 현재 세대와 미래 세대를 위한 교통물류의 지속가능 발전기반을 조성하고 국민경제의 발전과 국민의 복리향상에 이바지함을 목적으로 함 (제1조)
- 동법 제34조(연계교통시설 확보지원 등)에서는 철도역 등 개발사업을 추진할 때에는 비동력, 무탄소 교통수단의 이용 불편을 최소화할 수 있도록 연계교통시설, 환승시설 및 환적 시설을 확보하도록 명시하고 있음

제34조(연계교통시설 확보지원 등) ① 국토교통부장관·해양수산부장관 및 시·도지사는 국토교통부령으로 정하는 철도역·버스터미널·공항 등의 개발사업이나 해양수산부령으로 정하는 항만 등의 개발사업을 추진할 때에는 비동력·무탄소 교통수단의 이용불편을 최소화할 수 있도록 연계교통시설, 환승시설 및 환적시설을 확보하여야 한다. <개정 2013. 3. 23.>

② 국토교통부장관·해양수산부장관 및 시·도지사는 국토교통부령으로 정하는 철도역·버스터미널·공항 등의 개발사업이나 해양수산부령으로 정하는 항만 등의 개발사업을 인가·승인 등을 할 때에는 제1항에 따른 연계교통시설 등이 확보되었는지를 확인하여야 한다. <개정 2013. 3. 23.>

③ 제1항과 제2항에 따른 연계교통시설 등의 설치기준은 국토교통부장관 및 해양수산부장관이 관계 행정기관과의 협의를 거쳐 고시한다. <개정 2013. 3. 23.>

(4) 모빌리티 혁신 및 활성화 지원에 관한 법률 [시행 2024.10.19.] [법률 제19381호]

- 모빌리티 혁신 및 활성화 지원에 관한 법률은 모빌리티의 혁신을 체계적으로 수행하고 활성화하기 위한 기반 조성 및 지원 등에 필요한 사항을 규정하여 새로운 모빌리티 수단·기반시설·서비스 및 기술의 도입·확산을 도모함으로써 국민 이동성의 획기적인 증진에 이바지함을 목적으로 함 (제1조)
- 동법 제2조(정의)에서는 모빌리티 활성화에 대한 정의를 아래와 같이 제시함
 - 모빌리티 수단의 운행 및 서비스 제공, 이에 필요한 기반시설의 개발·설치·운영 및 모빌리티 수단과 기반 시설을 연계한 각종 모빌리티 혁신을 일상화 하는 것
- 이를 위해 첨단 모빌리티에 대한 현황조사(제5조), 모빌리티 개선계획 수립 및 개선 사업 시행 등(제6조), 교통시설의 개발사업 시에는 주요 교통망 또는 교통거점까지의 접근성 등 모빌리티 향상을 위한 대책을 수립하도록 명시하고 있음

제2조(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

1. “모빌리티”란 사람 또는 물건을 한 장소에서 다른 장소로 이동하거나 운송하는 행위, 기능 또는 과정으로서 이와 관련한 수단, 기반시설 및 일련의 서비스를 통하여 확보할 수 있는 수요자 관점을 고려한 포괄적 이동성을 말한다.
2. “모빌리티 수단”이란 모빌리티에 이용되는 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 것을 말한다.
 - 가. 「국가통합교통체계효율화법」 제2조제3호에 따른 교통수단
 - 나. 보행(步行) 등 비동력 교통수단
 - 다. 자율주행자동차, 도심항공교통 등 첨단기술이 접목된 이동수단
3. “모빌리티 기반시설”이란 모빌리티 수단의 운행에 필요한 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 것을 말한다.
 - 가. 「국가통합교통체계효율화법」 제2조제4호에 따른 교통시설
 - 나. 첨단기술이 접목된 모빌리티 수단의 운행에 필요한 시설
 - 다. 가목 및 나목의 시설에 부속되거나 모빌리티 수단의 원활한 운행을 보조하는 유형·무형의 시스템(전산 시스템을 포함한다)
4. “모빌리티 서비스”란 모빌리티 수단·기반시설을 이용하여 사람 또는 물건을 직접 이동하거나 타인이 이동할 수 있도록 하는 것 또는 이를 위하여 모빌리티 수단·기반시설을 타인에게 제공하는 것을 말한다.
5. “모빌리티 혁신”이란 모빌리티에 자율주행, 인공지능, 정보통신기술 등 첨단기술을 결합하고 교통수단 간 연계성을 강화하여 수요자 관점에서 이동성을 증진하는 것을 말한다.
6. “모빌리티 활성화”란 모빌리티 수단의 운행 및 서비스 제공, 이에 필요한 기반시설의 개발·설치·운영 및 모빌리티 수단과 기반시설을 연계한 각종 모빌리티 서비스 구현 등 모빌리티 혁신을 일상화하는 것을 말한다.
7. “첨단모빌리티”란 첨단기술이 접목되어 기존 교통체계의 운행·제공·설치·운영 방식이나 형태 등과 차별성이 인정되는 모빌리티 수단·기반시설·서비스 및 기술을 말한다.
8. “실증을 위한 규제특례”란 모빌리티 수단·기반시설·서비스 및 기술이 다른 법령에 따라 허가·승인·인증·검증·인가 등(이하 “허가등”이라 한다)을 신청하는 것이 불가능하거나 허가등의 근거가 되는 법령에 기준·규격·요건 등이 없거나 법령에 따른 기준·규격·요건 등을 적용하는 것이 맞지 아니하여 사업 시행이 어려운 경우 해당 모빌리티 수단·기반시설·서비스 및 기술에 대한 시험·검증 등을 하기 위하여 규제의 전부 또는 일부를 적용하지 아니하도록 하는 것을 말한다.

⋮

제5조(첨단모빌리티에 대한 현황조사) ① 국토교통부장관은 첨단모빌리티의 활성화와 관련된 계획과 사업을 합리적으로 수립·시행하기 위하여 매년 다음 각 호의 사항이 포함된 첨단모빌리티에 대한 현황조사를 실시하고 그 결과를 공표하여야 한다.

1. 첨단모빌리티 수단의 보급 및 서비스 현황
2. 첨단모빌리티 기반시설의 설치 및 관리 현황
3. 첨단모빌리티 관련 기술 개발 동향
4. 첨단모빌리티 서비스 수준에 대한 대국민 만족도
5. 지역별·교통축별·시간대별 기존 모빌리티와 연계를 위한 수단 및 서비스 이용현황, 기반시설의 설치·관리 현황 및 정책 수요 등 첨단모빌리티 활성화를 위하여 필요한 사항

② 국토교통부장관은 제1항에 따른 현황조사의 원활한 수행을 위하여 특별시장·광역시장·특

별자치시장·도지사·특별자치도지사(이하 “시·도지사”라 한다) 또는 시장·군수·구청장(자치구의 구청장을 말한다. 이하 같다)에게 필요한 자료의 제출 또는 지원 등을 요청할 수 있다. 이 경우 시·도지사 또는 시장·군수·구청장은 적극 협조하여야 한다.

③ 제1항에 따른 현황조사의 방법 및 결과의 공표 등에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

제6조(모빌리티 개선계획 수립 및 개선사업 시행 등) ① 시장·군수·구청장은 첨단모빌리티의 활용 여건을 개선하기 위하여 다음 각 호의 사항이 포함된 모빌리티 개선계획(이하 “모빌리티 개선계획”이라 한다)을 수립할 수 있다.

1. 모빌리티 개선계획의 공간적·시간적 범위
2. 지역별·교통축별·시간대별 모빌리티 현황, 서비스 수준 및 개선 방향에 관한 사항
3. 첨단모빌리티의 활용을 위한 모빌리티 수단 및 기반시설의 확충 등에 관한 세부계획
4. 추진체계 및 재원의 조달·운용에 관한 사항
5. 그 밖에 첨단모빌리티의 활용 여건 개선을 위하여 필요한 사항

② 시·도지사는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우 제1항에 따른 모빌리티 개선계획을 수립할 수 있다.

1. 관할 구역 안에 둘 이상의 시·군·구를 대상으로 모빌리티 개선계획을 수립하는 경우
2. 관할 구역 안에 지방자치단체인 시·군이 없는 경우

③ 시·도지사 또는 시장·군수·구청장(이하 “지방자치단체의 장”이라 한다)은 모빌리티 개선계획을 수립하는 경우 해당 분야의 전문기관 또는 제7조에 따라 지정된 모빌리티지원센터(이하 “모빌리티지원센터”라 한다)의 자문을 구할 수 있다.

④ 지방자치단체의 장은 모빌리티 개선계획에 따라 모빌리티 개선사업을 시행할 수 있다.

⑤ 국토교통부장관은 제1항 및 제2항에 따라 수립된 모빌리티 개선계획의 실현가능성·타당성 및 적정성 등을 평가하고, 그 평가 결과가 우수한 지방자치단체가 시행하는 개선사업에 대하여 재정지원을 할 수 있다.

⑥ 그 밖에 모빌리티 개선계획의 수립 방법 및 절차, 평가 기준 및 방법 등에 관하여 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

(5) 대도시권 광역교통 관리에 관한 특별법 [시행 2024.4.17.] [법률 제20040호]

- 대도시권 광역교통 관리에 관한 특별법은 대도시권의 교통문제를 광역적인 차원에서 효율적으로 해결하기 위하여 필요한 사항을 정함을 목적으로 함 (제1조)
- 동법 제3조(대도시권 광역교통기본계획의 수립)에서는 대도시권의 효율적인 광역교통 관리를 위하여 20년 단위의 대도시권 광역교통기본계획 수립, 제3조2(대도시권 광역교통시행계획의 수립)에서 5년 단위의 대도시권 광역교통시행계획을 수립해야 한다고 명시하고 있음

제3조(대도시권 광역교통기본계획의 수립) ① 국토교통부장관은 대도시권의 효율적인 광역교통 관리를 위하여 관계 중앙행정기관의 장과 대도시권에 포함된 행정구역을 관할하는 특별시장·광역시장·특별자치시장 또는 도지사(이하 “시·도지사”라 한다)의 의견을 들어 20년 단위의 대도시권 광역교통기본계획(이하 “광역교통기본계획”이라 한다)을 수립하여야 한다. <개정 2013. 3.

23., 2013. 8. 6.>

② 광역교통기본계획에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.

1. 대도시권 광역교통의 현황 및 장기적인 교통 수요의 예측에 관한 사항
2. 광역교통기본계획의 목표 및 단계별 추진전략에 관한 사항
3. 광역교통체계의 개선 및 광역교통 수요의 관리에 관한 사항
4. 광역교통시설의 장기적인 확충 및 다른 교통시설과의 연계에 관한 사항
5. 대도시권 대중교통수단의 장기적인 확충 및 개선에 관한 사항
6. 광역교통시설의 건설에 필요한 재원(財源) 조달의 기본방향과 투자의 우선순위에 관한 사항
7. 그 밖에 대도시권 광역교통의 개선을 위하여 대통령령으로 정하는 사항

③ 국토교통부장관은 광역교통기본계획을 결정하거나 변경하려면 「국가통합교통체계효율화법」 제106조에 따른 국가교통위원회(이하 “위원회”라 한다)의 심의를 거쳐야 한다. 다만, 대통령령으로 정하는 경미한 사항을 변경하는 경우에는 위원회의 심의를 거치지 아니한다. <개정 2013. 3. 23.>

④ 국토교통부장관은 제3항에 따라 광역교통기본계획을 결정하거나 변경할 때에는 위원회의 심의 전에 공청회를 열어 주민과 관계 전문가 등으로부터 의견을 들어야 한다. 다만, 대통령령으로 정하는 경미한 사항을 변경하는 경우에는 그러하지 아니하다. <개정 2013. 3. 23.>

⑤ 국토교통부장관은 제3항에 따라 결정되거나 변경된 광역교통기본계획을 대통령령으로 정하는 바에 따라 고시하고 관계 중앙행정기관의 장 및 시·도지사에게 통보하여야 한다. <개정 2013. 3. 23.>

[전문개정 2012. 1. 17.]

제3조의2(대도시권 광역교통시행계획의 수립) ① 국토교통부장관은 광역교통기본계획에서 정한 대도시권 광역교통시설의 확충과 광역교통체계의 개선을 효과적으로 추진하기 위하여 관계 중앙행정기관의 장과 시·도지사의 의견을 들어 5년 단위의 대도시권 광역교통시행계획(이하 “광역교통시행계획”이라 한다)을 수립하여야 한다. <개정 2013. 3. 23.>

② 국토교통부장관은 광역교통시행계획을 결정하거나 변경하려면 제8조에 따른 대도시권광역교통위원회(이하 “광역교통위원회”라 한다)의 심의를 거쳐야 한다. 다만, 대통령령으로 정하는 경미한 사항을 변경하는 경우에는 광역교통위원회의 심의를 거치지 아니한다. <개정 2013. 3. 23., 2018. 12. 18.>

③ 국토교통부장관은 제2항에 따라 광역교통시행계획을 결정하거나 변경할 때에는 광역교통위원회의 심의 전에 공청회를 열어 주민과 관계 전문가 등으로부터 의견을 들어야 한다. 다만, 대통령령으로 정하는 경미한 사항을 변경하는 경우에는 그러하지 아니하다. <개정 2013. 3. 23., 2018. 12. 18.>

④ 국토교통부장관은 제2항에 따라 결정되거나 변경된 광역교통시행계획을 대통령령으로 정하는 바에 따라 고시하고 관계 중앙행정기관의 장 및 시·도지사에게 통보하여야 한다. <개정 2013. 3. 23.>

[전문개정 2012. 1. 17.]

- 동법 제7조11(환승편의성 검토)에 의하면, 대도시권에 2개 이상의 노선이 교차하는 도시철도 또는 철도 역의 건설, 개량사업을 수행하는 경우, 환승거리, 환승시간 등의 편의성에 대해 검토해야 한다고 명시하고 있음

제7조의11(환승편의성 검토) ① 국토교통부장관 또는 시·도지사는 대도시권에 2개 이상의 노선이 교차하는 도시철도 또는 철도 역의 건설 또는 개량사업으로서 대통령령으로 정하는 사업을 시행하는 경우 다음 각 호의 계획의 수립 또는 공고 전에 이용자가 다른 노선이나 교통수단을 편리하게 이용할 수 있도록 환승거리, 환승시간 등의 편의성에 대한 검토(이하 “환승편의성 검토”라 한다)를 하여야 한다.

1. 「도시철도법」 제6조에 따른 노선별 도시철도기본계획(이하 “도시철도기본계획”이라 한다)의 수립
2. 「철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률」 제7조에 따른 철도건설사업별 기본계획(이하 “철도건설기본계획”이라 한다)의 수립
3. 「사회기반시설에 대한 민간투자법」 제10조에 따른 민간투자시설사업기본계획(이하 “시설사업기본계획”이라 한다)의 수립
4. 「사회기반시설에 대한 민간투자법」 제9조에 따라 민간부문이 제안하는 사업으로 철도 또는 도시철도를 건설하는 경우에는 같은 조 제3항에 따른 제안 내용의 개요 공고(이하 “제안내용 공고”라 한다)

② 국토교통부장관 또는 시·도지사는 환승편의성 검토를 하는 경우 다음 각 호의 사항을 고려하여야 한다.

1. 환승거리를 최소화하는 도시철도 또는 철도 노선의 배치계획에 관한 사항
2. 다른 교통수단과의 환승 계획에 관한 사항
3. 그 밖에 환승편의성 검토를 위하여 필요한 사항으로서 대통령령으로 정하는 사항

③ 국토교통부장관은 환승편의성 검토를 하는 경우 광역교통위원회의 심의를 거쳐야 한다.

④ 시·도지사는 환승편의성 검토를 하는 경우 미리 국토교통부장관과 협의하여야 하며, 협의를 요청받은 국토교통부장관은 광역교통위원회의 심의를 거쳐 그 결과를 해당 시·도지사에게 통보하여야 한다.

⑤ 국토교통부장관 또는 시·도지사는 환승편의성 검토 결과를 도시철도기본계획, 철도건설기본계획, 시설사업기본계획 또는 제안내용 공고에 반영하여야 하며, 시·도지사는 반영된 내용을 국토교통부장관에게 제출하여야 한다.

⑥ 도시철도 또는 철도를 건설하려는 자는 「도시철도법」 제7조에 따른 도시철도사업계획, 「철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률」 제9조에 따른 철도건설사업실시계획 또는 「사회기반시설에 대한 민간투자법」 제15조에 따른 실시계획을 작성·수립할 때 환승편의성 검토 결과를 반영하여야 한다.

⑦ 국토교통부장관 또는 시·도지사는 제6항에 따른 계획을 승인하려면 환승편의성 검토 내용이 계획에 반영되었는지를 확인하여야 한다. 이 경우 환승편의성 검토 내용이 계획에 반영되지 아니한 경우에는 이를 반영하게 하여야 한다.

⑧ 국토교통부장관 또는 시·도지사는 제1항 각 호의 계획이 변경되어 환승편의성의 저하, 환승역의 추가 신설, 삭제 또는 개량 등 대통령령으로 정하는 중대한 변경이 발생하는 경우 환승편의성 검토를 다시 하여야 하며, 이 경우 제1항부터 제6항까지의 규정을 준용한다.

⑨ 제1항부터 제8항까지에서 규정한 사항 외에 환승편의성 검토 절차 및 방법 등에 관하여 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

[본조신설 2022. 11. 15.]

(6) 환승센터 및 복합환승센터 설계·배치 기준 [시행 2015.12.31.] [국토교통부고시 제2015-1103호]

- 환승센터 및 복합환승센터 설계·배치 기준은 「국가교통체계효율화법」 제50조에 따라 환승센터 및 복합환승센터의 설계·배치에 관한 세부적인 사항을 정하는 것을 목적으로 함
- 이 기준에서 정하지 않은 사항은 타 법령 및 지침을 포함하여 교통·도시·건축 등 환승센터 및 복합환승센터 개발과 관련된 각종 법령 및 지침을 적용하도록 명시하고 있으며, 그 중 본 연구에서 제시하고 있는 환승시설과 관련된 지침은 「도시철도 정거장 및 환승·편의시설 설계 지침」이 있음
- 주요 내용은 다음과 같음

제1장 총칙
1.1 목적
1.2 용어의 정의
1.3 적용범위
제2장 설계 및 배치의 기본사항
2.1 환승센터 및 복합환승센터의 세부 시설 유형
2.2 설계 및 배치의 서비스수준(LOS) 목표
2.3 설계수요 산정
제3장 시설의 배치기준
3.1 기본 원칙
3.2 대중교통 연계수송형 환승센터 내 환승시설 등 배치 기준
3.3 주차장형 및 터미널형 환승센터, 복합환승센터 내 환승시설 등 배치 기준
제4장 시설의 설계 기준
4.1 보행이동시설
4.2 환승편의시설
4.3 연계교통시설 설계기준
4.4 정보안내시설 설계기준
4.5 기타사항

- 사업시행자는 본 기준에서 시설별로 제시된 서비스 수준 목표를 기준으로 설계 및 배치 방안을 마련해야 하며, 이에 활용되는 지표는 아래 표와 같음

표 2-1-2 시설별 서비스 수준 산정 지표 및 기준: 환승센터 및 복합환승센터 설계배치 기준

항목	기준 지표	최저 기준
대기공간 LOS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 점유면적 (m²/인) ▪ 이격거리 (m) 	LOS D (점유면적 0.34m ² /인 이상)
계단 LOS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 보행교통류율 (인/분/m) ▪ 점유면적 (m²/인) 	LOS D (보행교통류율 41.47인/분/m)
보행통로 LOS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 보행교통류율 (인/분/m) ▪ 점유면적 (m²/인) 	LOS D (보행교통류율 59.51인/분/m)

- 본 연구에서는 본 기준에서 제시하고 있는 설계 및 배치의 서비스 수준 목표를 통해 환승시설 서비스 수준 평가 체계를 제시하고, 시설의 배치기준 등을 고려하여 환승시설 데이터베이스 구축 및 지표 도출에 활용하고자 함

(7) 도시철도 정거장 및 환승·편의시설 설계 지침 [시행 2022.2.9.] [국토교통부고시 제2022-78호]

- 도시철도 정거장 및 환승·편의시설 설계 지침은 「도시철도법」 제18조 및 「도시철도건설규칙」 제30조에 따라 도시철도 이용자의 안전을 도모하고 편의를 증진하기 위해 도시철도 정거장을 계획하고 설계하는데 목적을 두고 있음
- 상위 기준인 환승센터 및 복합환승센터 설계·배치 기준에 제시되어 있지 않은 사항인 경우 해당 지침을 따르도록 되어 있으며, 주요 내용은 다음과 같음

제1장 총칙 1.1 목적 1.2 적용범위 1.3 용어의 정의 1.4 관련 법령
제2장 설계 일반지침 2.1 설계 방향 2.2 일반사항
제3장 정거장 내 시설 3.1 일반사항 3.2 여객 시설 3.3 승강 시설 3.4 통로 3.5 역무 및 지원시설 3.6 교통약자시설
제4장 정거장 외 시설 4.1 일반사항 4.2 연계 시설
제5장 행정사항 5.1 채점토기한

- 제시된 내용에서 일반사항(2.2)에 서비스 수준(2.2.3)에 대한 기준을 제시하고 있으며, 이에 활용되는 기준 및 지표는 아래 표와 같음

표 2-1-3 시설별 서비스 수준 산정 지표 및 기준: 도시철도 정거장 환승편의시설 설계지침

항목	기준 지표	최저 기준
대기공간 LOS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 공간모듈 (m²/인) ▪ 평균간격 (cm) ▪ 밀도 (인/m²) 	-
계단 LOS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 공간모듈 (m²/인) ▪ 흐름계수 (인/m·분) ▪ 밀도 (인/m²) 	LOS D (공간모듈 0.7m ² /인 이상)
보행통로 LOS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 공간모듈 (m²/인) ▪ 흐름계수 (인/m·분) ▪ 밀도 (인/m²) 	LOS E (공간모듈 0.5m ² /인 이상)

나. 광역교통 및 환승시설 관련 계획

(1) 제2차 대도시권 광역교통기본계획 (2021~2040)

(가) 개요

- 대도시권 광역교통기본계획은 「대도시권 광역교통 관리에 관한 특별법」 제3조에 따라 대도시권의 효율적인 광역교통관리를 위해 수립되는 20년 단위의 장기 법정 계획임
- 해당 기본계획에서는 광역 환승 현황 검토를 통해 주요 광역통행 거점인 철도역을 중심으로 한 환승 통행 증가와 환승 편의 부족으로 인한 이용자 불편이 가중됨에 따라 대중교통 네트워크의 효율성 향상과 대중교통 통행시간 절감을 위한 환승체계 개선이 필요하다고 제시하고 있음
 - 광역통행 평균 환승 횟수는 1.75회/통행, 소요시간은 10.9분/통행으로 비광역통행과 비교시 0.32회/통행, 1.4분/통행 더 소요됨 (수도권 교통카드 데이터, '19년 11월 기준)
- 공간적 범위는 「대도시권 광역교통관리에 관한 특별법 시행령」 제2조 및 별표1에 따른 대도시권으로 설정함
 - 수도권: 서울특별시, 인천광역시, 경기도
 - 부산·울산권: 부산광역시, 울산광역시, 경상북도 경주시, 경상남도 양산시, 김해시, 창원시
 - 대구권: 대구광역시, 경상북도 구미시, 경산시, 영천시, 군위군, 청도군, 고령군, 성주군, 칠곡군, 경상남도 창원군
 - 광주권: 광주광역시, 전라남도 나주시, 담양군, 화순군, 함평군, 장성군
 - 대전권: 대전광역시, 세종특별자치시, 충청남도 공주시, 논산시, 계룡시, 금산군, 충청북도 청주시, 보은군, 옥천군

(나) 계획의 주요 목표 및 추진전략

- 제2차 대도시권 광역교통기본계획의 비전은 “여유로운 일상과 권역의 상생발전을 이끄는 광역교통”이며, 본 연구과제와 연관성이 있는 목표로는 “광역교통 환승시간 50% 단축”을 제시하고 있음
- 이에 관련 추진 전략 중, 아래 두 가지 주요 전략 및 중점 추진과제와의 밀접한 연관성을 확보할 수 있음
 - (전략 1) 광역통행 기본권 확보를 위한 인프라 확충: 편리한 환승체계 구축

④ 편리한 환승체계 구축

◆ GTX 중심 환승센터 구축, 새로운 교통수단에 대비한 신개념 환승센터 구현, 환승사전 검토를 통한 고품질 환승서비스 제공

- ① GTX역 환승센터 구축: '25년 4곳 → '30년 20곳 → '40년 30곳
- ② 신규역사 환승시간 3분 미만, 환승거리 1/2 단축

- 철도, 민자역사 등 신규 사업 추진 시 기존 및 신규 교통시설 연계 등 환승편의를 사전에 고려할 수 있도록 '환승사전검토' 도입
- 환승센터 구축 시 환승편의 등 교통 측면의 체계적 검토를 위한 관련 절차 마련 등
- (전략 4) 광역교통체계의 지속가능성 확보: 광역교통 빅데이터를 활용한 정책 신뢰도 제고

④ 광역교통 빅데이터를 활용한 정책 신뢰도 제고

◆ 광역 모빌리티 빅데이터의 체계적 활용을 통한 실효성 있는 광역 교통정책 수립·추진을 위해 광역교통 빅데이터 플랫폼 구축

- 공공·민간의 광역교통 DB를 융·복합한 광역교통 빅데이터를 분석하여 통계지표 고도화
- 광역교통 데이터의 실시간 활용을 위한 광역교통 빅데이터 플랫폼 구축 ('22, ISP/BPR 수립)

(2) 제4차 광역교통 시행계획 (2021~2025)

- 광역교통 시행계획은 「대도시권 광역교통 관리에 관한 특별법」 제3조의2에 따른 5년 단위의 법정 계획 수립에 의해 시행되는 계획으로, 광역교통 기본계획에서 정한 대도시권 광역교통시설의 확충과 광역교통체계의 효과적인 개선을 위해 추진됨
- 광역교통시행계획 대상사업 중, 환승센터 및 복합환승센터 사업은 아래와 같음
 - 수도권 32개 사업 (신규 22개, 계속 10개, 총 21,161억 원)
 - 부산·울산권 9개 사업 (신규 4개, 계속 5개, 총 1,659억 원)
 - 대구권 1개 사업 (신규 1개, 총 450억 원)
 - 광주권 없음
 - 대전권 2개 사업 (신규 1개, 계속 1개, 총 1,208억 원)

(3) 제3차 환승센터 및 복합환승센터 구축 기본계획 (2021~2025)

(가) 개요

- 환승센터 및 복합환승센터 구축 기본계획은 「국가통합교통체계효율화법」 제44조에 따라 수립되는 법정계획으로, 환승시설의 체계적인 구축을 위한 발전방향과 추진전략을 제시 하도록 하고 있음
- 1차와 2차 기본계획에서는 복합환승센터에 국한하여 수립하였으나, 제3차 계획은 환승센터까지 확대하여 보다 체계적인 환승네트워크 구축을 도모하고자 함
- 공간적 범위는 전국의 고속·일반·광역·도시철도역 및 BRT·광역버스 정류장 등 대중교통 집결로 환승이 발생하는 지점으로 설정하되, 중점적 연구대상은 대도시권으로 정의함
- 계획수립을 위한 일반 환승 현황조사로, 환승역 현황, 환승통행 분석(평균 환승횟수, 환승통행 비율, 환승통행시간 비율 등), 환승서비스수준 분석(평면환상거리 기준)을 수행하여 아래와 같은 시사점 제시
 - 수도권의 대중교통을 이용한 광역통행 중 62.9%가 환승을 이용하며, 환승패턴은 철도 환승이 가장 많이 발생
 - 주요 철도역 107곳 중 74곳(69%)이 적정 환승 서비스 수준(LOS C, 환승거리 180m 이내, 환승시간 3분 이내)에 못 미치는 실정

(나) 계획의 주요 목표 및 추진전략

- 본 기본계획의 중장기 환승정책 방향의 목표는 ① 환승 인프라 2배 확충, ② 3분 이내 환승 체계 구축 비율 2배 확대, ③ 주요 역사의 환승 거리 1/2 단축, 3가지로 제시됨
 - 수준 높은 서비스의 환승센터 및 복합환승센터 구축을 목표로 GTX 역사 환승센터 20곳 외 27개의 환승센터 구축을 계획하고 있음
 - 철도시설 등 건설 前 선제적인 환승 체계 검토를 의무화함으로써, 최적의 환승 체계 구축을 위한 제도 혁신 추진

① 선제적인 환승계획 수립기반 마련

- ◆ 철도사업 초기단계(기본계획 등)에서 (단기) 철도·환승 연계체계 마련 및 (중장기) 환승 체계 사전검토절차 신설
 - ① 철도·환승 연계체계 마련: 관련부서 협조체계를 구축하여 철도 건설계획 시 환승편의성이 높은 대산의 우선 검토, 철도설계기준 정비 등을 유도
 - ② 환승체계 사전검토절차 신설: 주요 교통시설의 환승체계를 사업계획 단계에서 선제적으로 검토할 수 있도록 종합적 진단 및 평가 절차 신설

2. 환승시설 관련 연구 동향 조사

가. 환승시설 현황분석 및 개선방안 도출 관련 연구 동향

(1) 대도시권 연계환승체계 개선방안 (한국교통연구원, 2023)

(가) 연구 개요

- 해당 연구에서는 광역교통 확대에 따른 철도역 및 환승센터 혼잡·안전 관련 우려에 대한 현황을 파악하고 제도 개선을 위하여, 아래와 같이 두 가지 목적으로 연구를 수행함
 - (1) 환승관련 불편사항 및 관련 정책 추진 시 제약사항과 문제점 진단
 - 환승서비스 수준, 안전 문제, 계획수립 미진 등 환승센터 확충의 제약사항 파악
 - (2) 대도시권 연계환승 관련 정책적 개선사항 발굴
 - 국가 및 지자체의 정책 추진력 제고, 지침 현실화, 안전 강화를 위한 정책제언 제시
- 연구의 범위
 - 공간적 범위: 수도권, 부산울산권, 대구권, 대전세종권, 광주권 등 대도시권
 - 시설적 범위: 국가통합교통체계법상 환승시설, 환승센터 (환승할인, 요금 등 불포함)

(나) 주요 연구내용 및 결과

- 연계환승체계 개념 제시
 - 해당 연구에서는 환승시설, 환승센터, 복합환승센터에 대한 법적 정의를 통해 연계환승체계에 대한 정의를 제시함
 - 연계환승체계의 의미는 다양하게 해석할 수 있지만, 해당 연구에서는 국가통합교통체계법상 환승시설과 환승센터 등 물리적 인프라에 한정하였음
- 주요 현황 및 문제점 검토
 - 본 연구에서는 기존 문헌에서 제시한 주요 현황 지표를 검토함
 - 대중교통 통행시간 중 환승통행시간 비율 (자료: 대중교통 현황조사)
 - 주요 철도역 환승서비스수준 분석 결과 (자료: 「제3차 환승센터 및 복합환승센터 구축 기본계획」)
 - 주요 현황 지표 검토를 통해, 환승시설 확충 및 서비스수준 개선에도 불구하고 첨두시간 환승 불편 미해소에 대한 문제점을 제시하였으며, 철도역 및 환승센터 혼잡에 대한 우려를 제시함
 - 또한, 환승센터 계획 수립·검토 시 활용되는 서비스수준 지표에 대한 상이한 기준에 대한 문제점도 지적하였음

- 이외, 지지부진한 환승센터 구축 사업, 철도사업과의 연계협력체계 부재, 환승센터 설계 관련 기준 개정 및 현실화에 대한 문제점을 제시하여 이를 위한 대도시권 연계환승체계 개선 방안을 제시함
- 대도시권 연계환승체계 개선방안
 - 안전한 환승센터 설계 및 운영체계 구축을 위한 환승센터 설계기준 재검토, 정보제공 체계 구축, 환승시설 밀집 방지방안 제시 등의 문제점에 따른 해결 방안을 제시함
 - 또한, 환승센터 사업의 적극적인 추진을 위한 정책적 기반 강화 방안으로, 국가주도 환승센터 사업 추진 기반 마련, 보조금 지급대상 환원 검토 등의 개선방안을 제시함
 - 마지막으로, 연계교통체계 및 환승센터 관련 지침 개정과 실효성 제고를 위한 연구 수행의 필요성을 강조함

(다) 본 연구와의 차별성 및 연계성

- 본 연구에서는 환승시설 진단 및 지속적 모니터링, 운영 등을 위한 환승시설과 관련된 종합적인 지표를 도출하기 위한 연구를 목적으로 하고 있으며, 해당 연구에서 제시한 현황검토 지표 등을 고려할 수 있음
- 또한, 해당 연구에서 제시한 문제점 및 해결방안에 대해 적극 검토하여 본 연구에서 지속적으로 추진 가능한 문제해결 방안을 도출하고, 관련하여 협업할 수 있는 기틀을 마련할 수 있을 것으로 보임
- 종합적인 지표 및 문제점과의 연계는 본 연구와 유사하지만, 데이터베이스를 구축하고 문제점 진단 및 해결(안) 제시에 대한 전반적인 큰 틀은 제시되어 있지 않으며, 본 연구에서 이러한 체계를 제시하며 관련 연구와의 연계성을 확보할 수 있음

(2) 대도시권 광역환승센터 활성화 방안 (국토연구원, 2021)

(가) 연구 개요

- 대도시권 광역환승센터 활성화 방안 연구는 대도시 광역권 확대에 따른 광역교통 수요 증가와 환승통행 증가로 인해 중요성이 부각되고 있음에도, 계획 대비 구축 실적이 미진한 사항에 대해 원인 분석 및 이를 개선하기 위한 정책방안을 제시하는 연구임
- 대도시권 광역교통체계에 대한 정부 정책방향에 부응한 광역환승센터 구축의 활성화 방안을 도출함

- 관련 법·제도, 해외 사례 분석
- 광역환승 현황 분석 및 이에 따른 파급효과 분석
- 정책방안 제시

(나) 주요 연구내용 및 결과

- 광역교통 및 환승 현황분석 및 전망
 - 광역교통 및 환승 현황의 경우, 대도시권 통행은 광역통행 비율이 전체 약 15%를 차지하며, 수도권은 전국 평균보다 높은 18.7%로 분석됨
 - 수도권 교통카드 데이터 분석 결과, 광역통행 중 절반 이상이 환승통행인 것으로 나타남
 - 3기 신도시 등과 같은 대규모 택지 개발에 의해 광역교통 수요는 지속적으로 증가할 것으로 전망하고 있으며, 환승통행 또한 증가할 것으로 예상됨
- 광역환승센터 구축 관련 기반 및 해외사례 분석
 - 국내 광역환승센터 구축 관련 계획 및 법·제도 검토를 통해 국가통합교통체계효율화법, 대도시권 광역교통관리에 관한 특별법, 복합환승센터 개발계획 수립지침 등을 검토함
 - 국내 광역환승센터 구축 및 기본방향을 검토하고, 광역환승센터 재원확보 관련 해외사례 분석, 국내 광역환승센터 추진 및 미추진·지연 사례 분석을 통해 시사점을 도출함
- 광역환승센터 구축 효과 분석
 - 국내 광역환승센터 구축으로 인한 정량·정성적 효과 분석 및 영향권을 분석하여 광역환승센터 구축으로 인한 경제적 파급효과를 제시함
- 이를 통한, 광역환승센터 구축 활성화 방안을 제시함

(다) 본 연구와의 차별성 및 연계성

- 해당 연구의 경우 광역환승센터 구축 활성화를 위한 정책제언 위주의 연구가 수행되었으나, 광역환승센터 구축에 대한 방향성은 본 연구와 동일함
- 광역환승센터의 활성화 방안을 뒷받침할 수 있는 근거자료 마련을 위한 데이터베이스 구축 및 지표 개발
- 정책적 제언, 의사결정을 지원할 수 있는 시스템 개발의 초석 마련 가능

나. 환승시설 데이터베이스 및 지표 산출 관련 연구 동향

(1) 고속철도 연계환승 편의성 지표 개발 및 평가를 위한 자료 구축 (한국철도기술연구원, 2023.11)

(가) 연구개요

○ 연구의 목적

- 고속철도역 중심의 수요응답형 연계 모빌리티 서비스 도입 최적 고속철도 정차역 후보지 선정 기술인 ‘고속철도역 연계 서비스 편의성 향상 기술’의 개발 단계에서 필요한, 인구·사회경제·교통 관련 데이터 구축
- 이를 효과적으로 시각화 표출하는 방안 제시

○ 연구의 범위

- 시간적 범위 : 수집 가능한 최신년도 자료(2021~2023년, 자료별 상이)
- 공간적 범위 : 전국 69개 고속철도 역사 중, 아래 기준에 따라 선정된 10개 역사의 직접 영향권 (강릉역, 동탄역, 평택지제역, 천안아산역, 오송역, 대전역, 전주역, 진주역, 마산역, 창원중앙역)

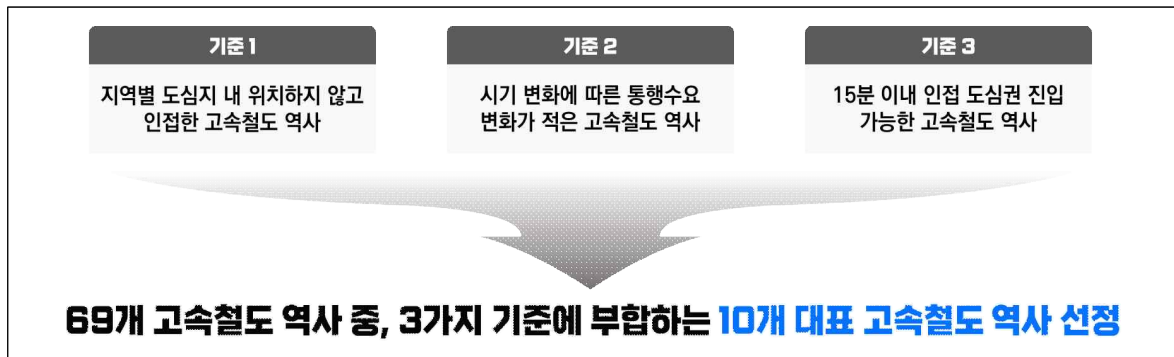


그림 2-1-1 고속철도 역사 선정 기준

(나) 주요 연구내용 및 결과

- 주요 역사 영향권별 연계교통 서비스수준 분석을 위한 분석 지표 4가지를 선정하여 분석에 활용함
 - 대중교통 통행시간 구간별 인구
 - 대중교통 최소서비스 수준
 - 대중교통 Stage
 - 대중교통 도보이동거리

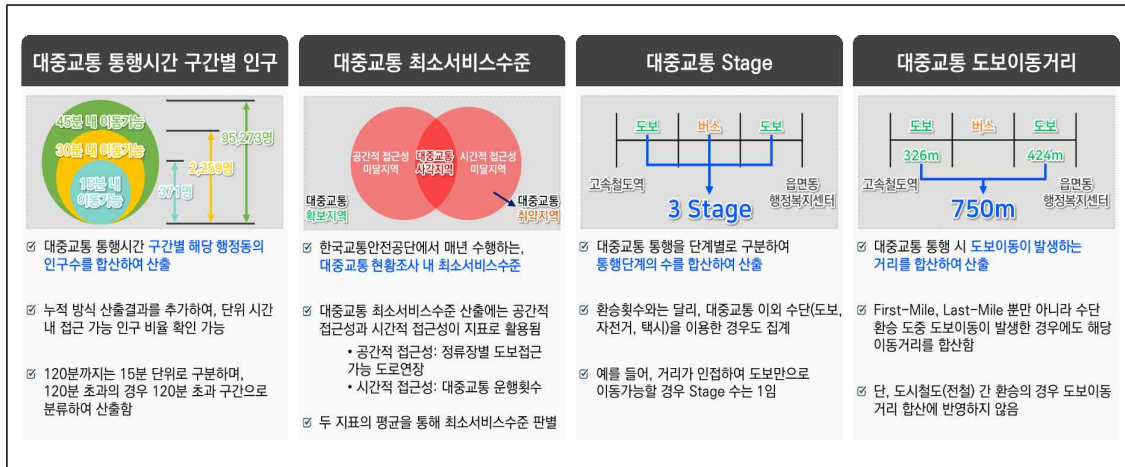


그림 2-1-2 연계교통 서비스수준 분석지표

- 고속철도 연계환승 편의성 분석을 위한 기초 통계자료 수집
 - 사회경제지표: 인구수, 종사자수, 학생수, 고령자수, 가구수, 1인가구수, 경제활동인구수, 연평균 인구증가율, 개인평균소득, 가구 평균소득
 - 교통인프라 및 서비스 평가자료: 도로위계별 연장, 도로율, 버스정류장 수, 버스 노선 수, 버스 일 시간당 운행횟수, 도시철도 역사 수, 도시철도 노선 수, 도시철도 일 시간당 운행횟수, 고속철도역사 승용차 접근시간
 - 토지이용현황: 집객시설(커피전문점), 집객시설(백화점), 집객시설(편의점), 주거지역 면적비, 상업지역 면적비, 공업지역 면적비, 녹지지역 면적비
 - 사회경제지표의 일부 자료의 경우, 본 연구에서 DB 구축 기준이 되는 공간단위(행정동, 격자) 기준 데이터를 제공하지 않아, 데이터를 가공하여 DB 구축
- DB 구축을 위한 연계대상 상용 프로그램을 검토하여, 다양한 오픈소스 기반 상용 GIS 프로그램 중 QGIS를 연계대상 상용 프로그램으로 선정
- 연계교통 서비스 수준 분석 기능 설계
 - 연계교통 서비스수준 조회

고속철도 연계환승 편의성 지표 개발 지원 시스템

연계교통 서비스수준 조회

지표별 DB 조회

1 연계교통 서비스수준 조회 선택 (메인메뉴 영역)

2 기본 시도 선택

3 기존 고속철도 역사 선택

4 데이터 기준연도 선택

5 검색 버튼을 통한 역사별 연계교통 서비스수준 분석결과 조회

6 (2)번 설정 시, 지표 기준 (표준)

7 (8)의 시각화 표준 기준이 되는 연계교통 서비스수준 지표 설정

8 역사별 연계교통 서비스수준 분석결과 표출 테이블

9 필요한 경우, 연계교통 서비스수준 분석결과를 csv 형태로 출력 가능

행정구역	행정동코드	행정동명	승용차 통행시간	대중교통 통행시간	...
강릉	32030110	주문진읍	15,725	7,456	...
강릉	32030310	성산면	3,282	1,440	...
강릉	32030320	왕산면	1,368	470	...

그림 2-1-3 데이터 시각화 표출 화면 중 연계교통 서비스수준 조회 화면 설계(안)

- 지표별 DB 조회

고속철도 연계환승 편의성 지표 개발 지원 시스템

지표별 DB 조회

1 지표별 DB 조회 선택 (메인메뉴 영역)

2 지표유형 선택 (사회경제지표, 교통인프라 및 서비스 평가지표, 토지이용현황 지표)

3 공간단위 선택 (행정동, 500m x 500m 격자)

4 검색 버튼을 통한 지표별 DB조회

5 지표별 DB 표출 테이블

6 필요한 경우, 지표별 DB 조회 결과를 csv 형태로 출력 가능

행정구역	행정동코드	행정동명	인구수	총사자수	학생수	고령자수	가구수	...
강릉	32030110	주문진읍	15,725	7,456	1128	5,098	7,987	...
강릉	32030310	성산면	3,282	1,440	1,496	1,155	1,501	...
강릉	32030320	왕산면	1,368	470	4,585	604	742	...
강릉	32030330	구정면	4,248	2,809	799	1,392	1,653	...
강릉	32030340	강동면	4,117	3,067	2,098	1,507	2,015	...

그림 2-1-4 데이터 시각화 표출 화면 중 지표별 DB 조회 화면 설계(안)

(2) 복합환승역사 통합 모빌리티 분석 시스템 개발 (한국철도기술연구원, 2017.12)

(가) 연구개요

○ 연구의 배경 및 목적

- 본 연구의 가장 큰 특징은 기존 현장조사 기반의 일회성 환승역사 동선 분석과 달리, 분석용 자료들을 DB로 구축하고, 이를 기초로 GIS 공간분석 기능을 이용함으로써 자료 기반의 분석체계 구축 및 사후 평가를 위한 지속적인 유지관리 체계의 기틀을 마련하는 것임
- 본 연구의 경우 복합환승역사 접근 권역의 다양한 자료를 활용하고, 역사 이용자들의 분석 권역 내 이용 동선을 공간정보 DB로 구축하여 활용하는 방법론 개발

○ 연구의 필요성

- 환승역사 모빌리티 분석에서의 공간 DB 구축 필요성
 - 역사 이용자들의 보행 모빌리티 행태에 영향을 줄 수 있는 요소의 다양성
 - GIS 분석 기술의 활용
 - 다양한 모빌리티 지표의 개발과 정산 및 지속적인 모니터링의 효율성 확보

(나) 주요 연구내용 및 결과

○ 복합환승역사 모빌리티 분석용 DB의 구조

- 본 연구에서는 아래 그림과 같이 복합환승역사 모빌리티 분석용 DB를 크게 정적 DB와 동적 DB로 구분하여 정의
- 정적 DB: 단시간 내에 속성이 크게 변하지 않는 자료들의 DB
 - 접근권역 DB: 보행권에 포함되는 역사 주변 지역의 토지 이용 DB, 주요 발생도착 보행량 유발 건축물 DB, 역사와 환승 연계되는 대중교통 시설 DB, 보행 관련 도로 교통시설 DB, 주차시설 DB로 구성
 - 복합환승역사 시설 DB: 역사의 건축구조를 파악할 수 있는 역사 Layout DB, 역사 내 시설 DB, 역사 내 보행통로 DB로 구성
- 동적 DB: 복합환승역사 이용자 및 열차 운행, 환경적 요소에 의해 변동하는 DB
 - 이용자 DB: 역사 이용자 특성 DB, 역사 이용자 기종점 DB, 역사 이용자 경로 DB로 구성
 - 이외 추후 이용자 교통카드 DB, 통신사 중계기를 통해 확인되는 유동인구를 DB 등 구축하여 활용 가능
 - 교통 시스템 DB: 환승역사에서 이용가능한 모든 교통수단의 운영 관련 정보를 담

- 계 되는 DB로서, 지하철, 버스, 택시, 자전거 및 보행 관련 시설 DB 구축
- 통행환경 DB: 보행 발생량이나 동선에 영향을 줄 수 있는 다양한 환경 변수들을 고려하기 위한 DB로 설계되었으며, 계절 관련 DB, 통행일 및 시간 관련 DB, 날씨 관련 DB, 보행 안전 등과 관련된 기타 DB 등으로 구성



그림 2-1-5 복합환승역사 모빌리티 분석용 DB의 구성

- 복합환승역사 통합 모빌리티 평가 지표 도출
 - 이용자 환승·연계 서비스 평가 지표 (이용자 관점)
 - 공간적범위: (1) 생활권, (2) 행정동
 - 관련 DB: (1) 기종점 통행시간, (2) 기종점 통행거리, (3) 환승횟수, (4) 이용 통행 수단 노선, (5) Stage 수
 - 서비스 평가지표: (1) 기종점 대중교통 모빌리티 속도, (2) 기종점 통행 시간 중 도보 시간 비율, (3) 기종점 통행 도보 시간 중 도보 환승 시간 비율, (4) 대중교통 이용 Stage수
 - 시스템 환승·연계 성능 평가 지표 (공급자 관점)
 - 공간적범위: (1) 권역 내, (2) 권역 간
 - 성능 평가 지표 (1) 터미널 통과 경로수 (권역 내, 권역 간), (2) 터미널 연계 지하철 노선수 (권역 내, 권역 간), (3) 터미널 연계 버스 노선수 (권역 내, 권역 간),

(4) 터미널 통과 동선의 평균 도보 First-Last Mile 시간 및 거리 (권역 내), (5) 터미널 통과 동선의 평균 이동 시간 및 속도 (권역 간), (6) 터미널의 생활권 Coverage (권역 내, 권역 간)로 이루어짐

○ 복합환승역사 통합 모빌리티 평가 분석 시스템 개발

- 앞서 구축한 DB 및 이를 활용한 지표를 실제 GIS 시스템에 적용하여 복합환승역사 통합 모빌리티 평가 분석 시스템 TOMS(Transit-Oriented Mobility System) 개발

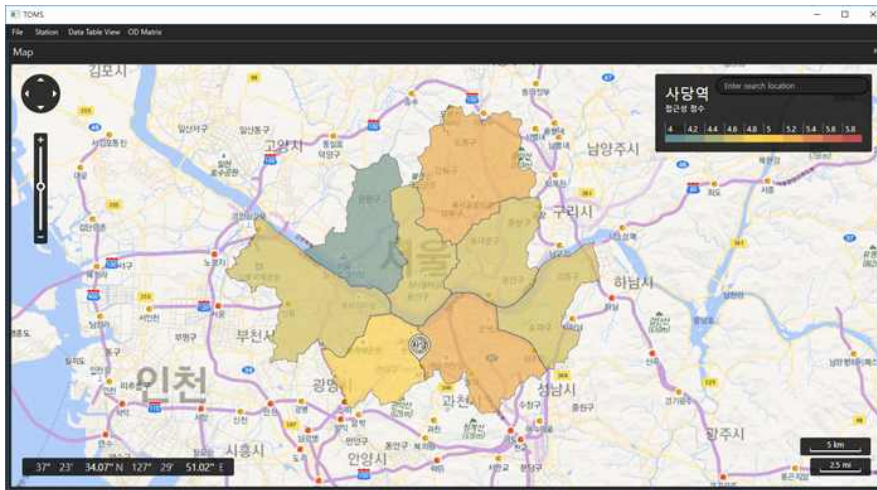


그림 2-1-6 서울시 권역별 평균 STAGE 분석 결과 화면: 사당역 사례

표 2-1-4 복합환승역사 통합 모빌리티 평가 분석 시스템 지표

기능 구분	분석 구분	지표 구분
통행량 및 접근성 평가	역사 통행량	<ul style="list-style-type: none"> 통행 유형별 통행패턴 <ul style="list-style-type: none"> - 출발통행, 도착통행, 수단간 환승통행 패턴 통행 유형별 시간대 분포현황
	역사 접근성	<ul style="list-style-type: none"> 분석대상 역사 접근 경로에 대한 STAGE
이용자 환승·연계 서비스 평가	모빌리티 이동 효율성	<ul style="list-style-type: none"> 대중교통 통행속도 평가 지표 <ul style="list-style-type: none"> - 통행거리/통행시간
	도보 접근 거리 비율	<ul style="list-style-type: none"> 대중교통 총 이동거리 대비 도보 이동거리 비율 <ul style="list-style-type: none"> - 도보접근거리/이동거리
	도보 환승 거리 비율	<ul style="list-style-type: none"> 대중교통 총 이동거리 대비 도보 환승거리 비율 <ul style="list-style-type: none"> - 도보 환승거리/이동거리
	대중교통 통행 필요 STAGE	<ul style="list-style-type: none"> 대중교통 통행 시 STAGE 수
대중교통 시스템 환승·연계 성능 평가	대중교통 터미널 서비스 규모 <ul style="list-style-type: none"> - 해당 역사의 대중교통 통과 동선 및 이용 가능한 노선 수 평가 	<ul style="list-style-type: none"> 통과 동선 수 이용가능한 지하철 노선 수 이용가능한 버스 노선 수
	대중교통 터미널 권역내 모빌리티 서비스 공간분석	<ul style="list-style-type: none"> 평균 도보시간 평균 도보거리
	대중교통 터미널 권역간 모빌리티 서비스 공간분석	<ul style="list-style-type: none"> 평균 통행시간 평균 이동거리 평균 통행속도

(3) 광역 철도역의 접근성을 고려한 공유 모빌리티 정책 방안 (국토연구원, 김광호, 2018.03.08.)

(가) 연구개요

- 연구의 배경 및 필요성 : 광역 대도시권의 대중교통 활성화를 위해 공유 모빌리티와 기존의 대중교통을 연계하여 공유 모빌리티를 지선 서비스로 활용하는 방안 검토
- 연구의 목적
 - 광역 통행을 위한 접근수단 현황 및 요구사항 파악
 - 공유 모빌리티의 특성과 모빌리티 허브의 유형을 고려한 정책 방안 도출
- 연구의 범위: 고양/파주축, 의정부축의 광역 철도역 중 환승빈도가 높은 역을 모빌리티 허브의 대상으로 선정

(나) 주요 연구내용 및 결과

- 공유 모빌리티 도입을 위한 실증분석 연구 방법론
 - Step 1. 공유 모빌리티 도입 실증분석을 위해 실증분석 대상 설정
 - Step 2. 광역 통행자 설문조사를 통해 광역통행의 접근 패턴 및 애로사항을 파악하여 이용자 측면의 요구사항 도출
 - Step 3. 모빌리티 허브 교통 접근성 분석, 모빌리티 허브의 사회·경제적 특성을 분석하여 모빌리티 허브의 유형을 구분하고, 이를 통해 공급자 측면의 요구사항 도출

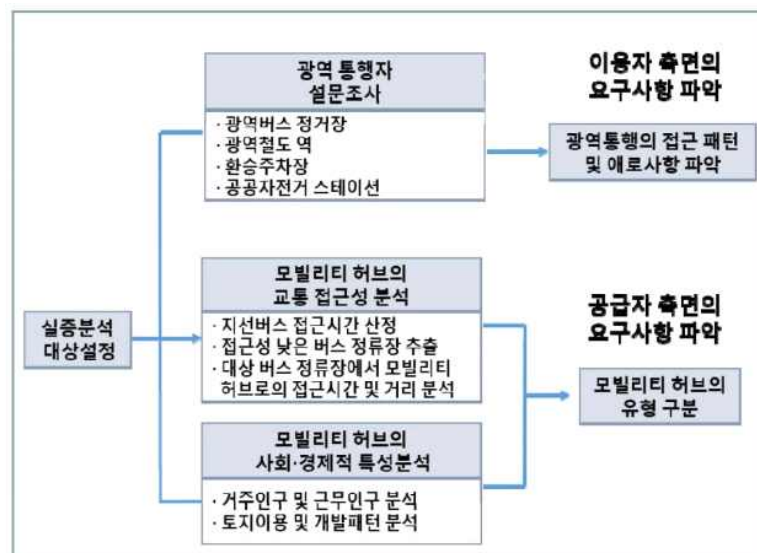


그림 2-1-7 광역 모빌리티 도입 실증분석 연구 흐름도

○ 광역 통행자 설문조사

- 총 2차에 걸쳐 1,100명의 광역 통행자 대면 면접 설문
- 설문조사 내용: ‘광역통행의 일반현황’, ‘광역통행의 접근 수단과 공유 모빌리티의 이용 현황/애로사항’, ‘개인특성’

구분	설문 내용	구분	설문 내용
① 광역통행에 관한 일반현황	<ul style="list-style-type: none"> • 광역통행의 출발지 및 목적지 • 광역통행 횟수 및 통행 목적 • 출발시간 및 소요시간, 비용 	③ 공유 모빌리티 이용현황 및 요구사항 조사	<ul style="list-style-type: none"> • 공유형 교통 수단 이용 경험 • 공유형 교통 수단 이용 애로사항 및 개선 요구사항 -공공자전거, 카셰어링, 라이드셰어링
② 광역통행 접근수단 이용현황 및 애로사항 조사	<ul style="list-style-type: none"> • 접근 교통 수단 • 접근 교통 수단 이용 이유 및 이용시 애로 사항 -버스, 택시, 자전거, 자가용 	④ 응답자 개인 특성	<ul style="list-style-type: none"> • 성별, 연령 • 직업 및 고용형태 • 결혼여부 및 가족수, 맞벌이 여부 • 차량 소유 여부 및 주차장 관련 • 주거 형태 및 가구 소득

그림 2-1-8 광역 통행자 설문조사 항목

○ 광역 철도역 교통 접근성 분석

- 광역통행을 위해 광역 철도역으로 접근할 때 이용되는 교통수단 중, 지선 버스의 교통 접근성 현황 검토
- 스마트 카드 분석을 통한 광역 철도역까지의 접근 시간이 비교적 오래 걸리는 버스 정류장 추출 (85 percentile 임계값 사용)
- 추출된 버스 정류장으로부터 해당 광역 철도역까지의 버스 및 승용차의 접근시간 및 거리 산정 (네이버 길찾기 서비스 API 활용)

○ 광역 철도역 사회·경제적 특성 분석

- 광역 철도역 반경 500m 내의 토지 이용 및 개발 패턴 분석을 위해 『도로명 주소 공간정보 DB』의 건물 레이어 활용
- 건물용도 코드 구분을 주거, 생활서비스, 교육업무 등, 기타로 집계
- 광역 철도역 주변의 토지이용 및 개발 패턴을 정량적으로 평가하기 위해 ‘총건물연면적’, ‘주거 연면적 비율’, ‘생활서비스 용도 연면적 비율’, ‘교육·업무 등 연면적 비율’ 등의 지표 산정

(4) 도시철도 환승시설 실태조사 및 LOS 분석연구 (한국철도학회 철도저널 17권 5호, 2014.10)

(가) 연구개요

○ 연구의 필요성

- 대중교통 이용 시 빈번하게 발생하며, 대중교통의 이용률을 저하시키는 주요한 요인 중 하나는 환승 시 발생하는 불편함임에도 불구하고, 기초자료 수집의 어려움으로 인해 환승체계에 관한 연구는 미흡한 실정임
- 환승시설에 대한 설계기준은 개별 시설 요소별로 설정된 각각의 서비스 수준에 기반하고 있기 때문에 개별 시설물에 대한 최소 설계기준은 제시할 수 있으나, 환승시설 전체의 서비스 수준 평가를 통한 종합적인 설계 적정성과 타당성을 판단할 수 없는 한계가 있음
- 기존 설계지침에서 설정한 설계요소별 서비스 수준이 실제 이용자들이 체감하는 서비스 수준과 일치하는지에 대한 검증이 이루어지지 않아 서비스수준 평가결과에 대한 신뢰성을 확보하기 어려움

○ 연구의 배경 및 목적

- 도시철도 환승시설의 효율적인 개선대책 수립을 위해, 환승시설의 설계 적정성과 타당성을 판단할 수 있도록 환승시설의 종합적인 서비스수준 평가 방법론 구축
- 방법론을 통해 산출된 서비스수준과 보행자 행태조사의 산출물인 이용자 체감 서비스 수준의 비교분석

(나) 주요 연구내용 및 결과

○ 도시철도 환승시설 서비스 평가 방법론

- 환승시설의 종합적인 서비스수준 평가를 위하여 하위수준의 서비스수준 평가항목을 설정하고 개별 서비스항목에 대한 평가지표를 설정
- 평가의 범위 선정
 - 도시철도 간 환승에 중점을 두고, 수도권 80개소, 부산 8개소, 대구와 대전, 광주는 환승역이 1개 이하로 각 지역의 이용객 수가 많은 역 5개소를 대상으로 실시
- 서비스평가항목 및 지표 설정
 - 환승서비스 평가항목 : 정보제공, 이동편리성, 쾌적성, 편의시설, 안전 및 보안성 (환승가능 수단 및 노선 수나 수단의 빈도와 같은 운영적 측면의 반영으로 인해 발생하는 평가결과의 편향성을 최소화하기 위해 연계성은 제외)

- 이동편리성, 정보제공, 쾌적성, 편의시설 항목은 국토교통부 지침을 준용
- 적정 설치기준 만족 및 서비스수준 A를 만족하면 10점, 기준을 만족하지 못하거나 서비스수준 F일 경우 0점을 기준으로 직선 보간법을 적용하여 평가점수 산정

표 2-1-5 서비스수준 평가항목별 측정지표

평가항목	측정치표	평가방법
이동 편리성	도시철도간 환승거리	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 「복합환승센터 설계 및 배치기준」(국토해양부, 2011) ▪ 도시철도간 최소 환승경로를 기초로 산출된 평면환산거리를 이동편리성의 평가지표로 선정 ▪ 환승경로별 평면환산거리를 조사하여 환승보행량 가중평균 값 적용
	환승이동 고저차	
	계단, E/S, M/W. 설치길이 및 비율	
정보제공	환승 정보 제공시설 설치 개소 수	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 「복합환승센터 설계 및 배치기준」(국토해양부, 2011) ▪ 환승정보안내 표지판 최소설치 기준을 만족하지 못하는 경우 0점, 적정설치기준을 만족하는 경우 10점으로 선정 ▪ 환승경로별 평가점수를 보행량 가중평균 하여 서비스수준으로 산정
	교차 통행지점 수	
쾌적성	온도, 조도, 소음, 공기청정도	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 「도시철도 정거장 및 환승편의시설 보완설계지침」(국토교통부, 2013) ▪ 서비스 수준 A의 상태를 10점, F의 상태를 0점으로 설정 ▪ 보행통로와 대기공간의 가중치는 0.5:0.5로 적용
	환승통로 및 대기공간 밀도	
편의시설	화장실개소 수	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 「복합환승센터 설계 및 배치기준」(국토해양부, 2011) ▪ 서비스수준 A를 만족할 경우 10점, 서비스수준 F인 경우 0점 ▪ 화장실과 에스컬레이터의 가중치는 0.5:0.5로 적용
	E/S, M/W, E/V 설치기준 및 부합여부	
	교통약자 편의시설 설치현황	
안전 및 보안성	역내 안전사고 및 범죄 발생건수	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 안전사고 및 범죄발생건수를 안전 및 보안성의 평가 지표로 채택 ▪ 연간 발생건수가 0건인 역사를 10점, 평균+3σ 이상인 곳을 0점으로 설정하고, 범위 내 값은 직선보간법을 적용하여 서비스수준 평가점수를 산정 ▪ 안전사고와 범죄 발생에 대한 가중치는 0.5:0.5로 적용

- 가중치 설정

- 도시철도 환승시설 서비스 수준에 대하여 항목 간 중요도를 구분하기 위해 가중치 분석을 실시
- 각 평가항목에 따라 1~5순위까지 작성을 하여 순위에 대한 설문을 하였으며, 7점 척도를 이용하여 각 평가항목에 대한 중요도를 점수화함

표 2-1-6 가중치 조사 결과

구분	이동 편리성	정보 제공	쾌적성	편의시설	안전 및 보안성	합계
가중치	0.270	0.189	0.192	0.174	0.176	1.000

○ 도시철도 환승시설 서비스수준 평가

- 평가방법의 적정성 검증

- 연구에서 구축한 서비스수준 평가 방법론을 통해 산출된 서비스수준과 보행자 행태 조사의 결과물인 이용자 체감 서비스수준의 비교분석을 통해 연구진이 구축한 서비스수준 평가방법론의 신뢰성과 적정성을 진단
- 보행자 행태조사가 수행된 도시철도 환승시설 43개소에 해당하는 각 역의 점수를 쌍대비교 실시하여 전체 903개 경우에 대해 순위일관성을 검토
- 도시철도 환승시설의 일관성 확보비율을 측정된 결과, 세부 서비스수준 평가항목별로는 최소 76.74%에서 최대 91.36%까지로 나타났고, 환승시설 종합 서비스수준의 경우에는 93.66%의 비율이 일관성을 확보하는 것으로 나타나 본 연구에서 제시한 서비스수준 평가방법론의 정확성과 객관성이 검증되었다고 판단

- 환승시설 구분별 평가결과

- 도시철도 환승시설 103개 역사에 대해 환승시설 특성에 따른 비교분석을 실시함
- 환승가능 노선 수에 따라 분석한 결과 정보제공과 편의시설 항목에서 환승가능 노선수가 2개 이하일 때보다 3개 이상인 경우에 점수가 더 높게 나타난 반면, 안전성 점수는 낮은 것으로 나타남
- 종합점수는 환승가능 노선 수가 많을수록 낮아지는 것으로 나타났으며, 이는 환승가능 노선 수가 많아질수록 이동거리가 길어지고, 이동편리성 항목이 다른 항목에 비해 높은 가중치가 적용된 결과로 판단됨
- 지역권별로 서울, 인천·경기도권, 지방지역(부산, 대구, 대전, 광주)으로 나누어 분석한 결과 전체 종합 점수는 인천·경기도권이 가장 높은 점수를 가지는 것으로 나타남
- 이용자 수가 많은 서울은 쾌적성과 안전성 점수는 가장 낮았지만 정보제공과 편의시설 항목은 가장 높은 점수를 기록함

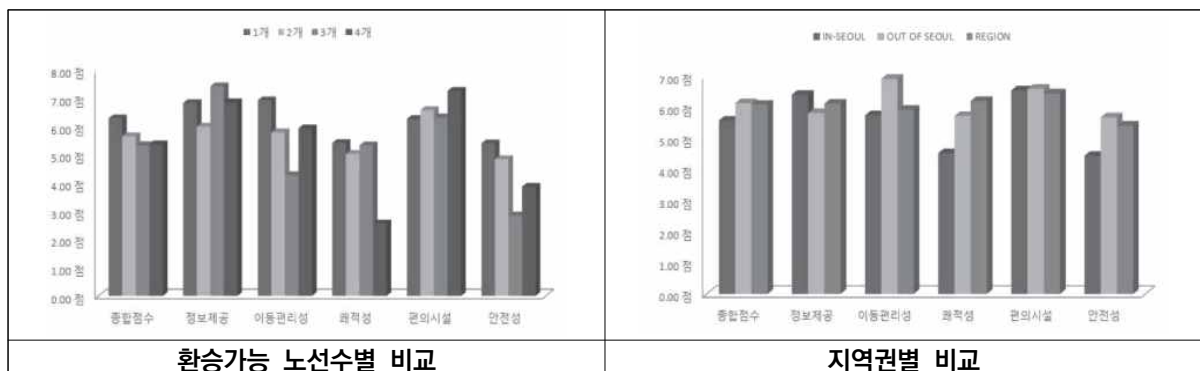


그림 2-1-9 환승시설 서비스수준 평가 결과 예시

(5) 서울 도시철도 1~8호선 277개 역사에 대한 환승 및 이용객 모빌리티 분석

(대한교통학회 제79회 학술발표회, 신성일·이창훈·고지근·정진근·정경덕, 2018.09)

(가) 연구개요

- 연구의 배경 및 목적: 기존의 교통카드자료를 활용하여 서울도시철도 1~8호선 277개 역사의 이용객 모빌리티 추정
- 연구 수행 절차
 - 통행배정 알고리즘의 관련 선행연구를 검토한 후, 이용객 모빌리티 추정을 위한 알고리즘 선정
 - 서울교통공사의 역사 내 개집표기 1일 교통카드자료를 기초자료로 활용
 - 역사 내 네트워크를 확장하고, 승강장 내 이용객 통행행태를 세분화 방안 모색
 - 위 과정을 통해 서울교통공사 1~8호선 277개 역사의 혼잡 및 이동편의 개선을 위한 서비스 제공방안 제언

(나) 주요 연구내용 및 결과

- 해당 연구에서 제시하고 있는 역사 선정 및 환승역 분석을 위한 사전 단계에 대해서는 본 연구와의 연계성이 낮으며, 본 연구와의 연계성이 높은 환승 및 이용객 모빌리티 분석 결과에 대한 내용을 제시함
- 해당 연구에서는 서울 도시철도 이용객의 환승 현황, 승하차 현황 등을 시간대별로 환승 형태 별로 분석한 연구로, 본 연구에서 도출하고자 하는 목적인 평가지표 등과는 연계성이 떨어짐
- 환승역에 대한 기초 통계분석, 현황분석 시 해당 연구에서 제시한 항목들을 적용하여 제시할 수 있을 것으로 판단됨
 - 전체 통행
 - 환승 통행 (노선간 환승, 자체노선 환승, 자체노선 승하차)
 - 시간대별 환승 패턴 등

(6) 철도역사 복합환승센터 계획에 관한 연구 - KTX 송도역을 중심으로 -
(홍익대학교 건축도시대학원, 석영석, 2020.02)

(가) 연구개요

- 연구의 배경 및 목적: 보다 나은 환승체계와 환승 접근성 개선을 위한 연구
- 연구의 범위
 - 공간적 범위: 국토교통부에서 발표한 ‘2017년도 대중교통 현황조사결과’에서 나타난, 환승수요가 많은 것으로 조사 된 환승센터
 - 내용적 범위: 환승센터의 이론적 고찰과 대중교통 수단간 환승방법 및 환승체계를 이론적으로 분석하고, 환승만족도와 환승시설에 대한 환승거리 및 LOS 등 분석

(나) 주요 연구내용 및 결과

- 환승여건 현황조사
 - 대중교통 현황조사
 - 대중교통 이용자 분석, 시간대별 통행량, 평균 통행시간 등 전반적인 현황 분석
 - 버스정류장 이용현황, 고속·시외버스 이용 현황, 일반철도 이용현황 분석
 - 대중교통 이용 만족도
 - 만족도 점수 기준은 「(1점) 매우 불만 → (4점) 보통 → (7점) 매우만족」 등 7단계로 평가
 - 대중교통 이용자의 만족도를 조사한 결과, 만족도 7점 만점을 기준으로, 2017년에는 4.87점으로 전년(2016년 4.84점)보다 0.03점 상승
 - 이동편리성, 쾌적성, 정보제공, 편의성, 안전 및 보안성 측면의 만족도 평가
 - 수도권 주요 도시철도 역 환승시설 개선에 따른 효과 분석
 - 서울역 환승역사, 노량진역 환승역사, 신도림역 환승역사 개선에 따른 만족도 조사 및 결과 제시

(7) 도시철도·버스 환승실태 분석 및 시설물 개선방향 연구

(인천연구원 교통물류연구실, 손지연/강원모, 2018)

(가) 연구개요

○ 연구의 배경 및 목적

- 도시철도와 버스의 환승 실태를 역사별로 파악하고, 사례역사를 선정하여 각각에 대한 개선 방안을 제안
- 도시철도와 버스 간 환승 현황은 교통카드 데이터를 통해 정량적인 분석이 가능하므로 이를 통해 인천시의 도시철도·버스 환승패턴을 유형별로 분류함
- 선정된 역사를 중심으로 도로와 보도를 이용하는 버스 또는 통행자의 상층을 진단하고, 안전·접근·편의성을 기준으로 대중교통 환승편의성 증진에 도움이 되는 시설물 정비 방향을 제안함

(나) 주요 연구내용 및 결과

○ 환승형태 및 시설 정의

표 2-1-7 환승형태 및 주요시설 정의

환승형태	주요시설	연계시설 설치 지점
철도 ↔ 버스	버스정차대 환승 정류장	도시철도와 대중교통(버스) 노선 간의 주요 결절점
철도 ↔ 승용차	승용차 정류장 (Kiss & Ride) 환승 주차장 (Park & Ride)	도시지역의 도시철도 정거장 도심 접근부 혹은 주거 밀집 지역에 인접한 정거장
철도 ↔ 택시	택시 정류장	도시철도 전 정거장의 인접한 도로
철도 ↔ 자전거	자전거 보관소 자전거도로	자전거 이용률이 높은 지역 교육시설, 공원 및 유원지, 주거밀집지역
철도 ↔ 도보	쾌적한 보행공간	도시철도 전 정거장 주변

○ 주요 분석 내용

- 해당 연구에서는 환승 통행량 변화, 역사별 환승 비율, 시간대별 환승 패턴, 역사별 환승 소요시간 분포 등에 대한 현황 조사를 수행함
- 역사 내 환승 외에 타 수단간 환승도 동시에 고려하여 분석 결과를 제시하였으며, 환승통행 상위 5개 역사(간석오거리역, 계산역, 부평구청역, 가정역, 인천대입구역)에 대한 세부 분석을 통해 시설물 개선 방안을 제시함

(8) 도시철도 역사 이용객 편의성 향상 기술개발 최종보고서

(국토교통부 국토교통과학기술진흥원, 2018.12.26.)

(가) 연구개요

○ 연구의 배경 및 목적

- 도시철도 이용객의 역사 내 이동·환승 시간(거리), 열차 실내 및 승강장 체감 혼잡도 완화, 역사내 이용객 편의성향상을 위한 인프라 개선기술 개발
- 이용객의 안전성 향상을 위한 안전교육센터 구축 및 도시철도 건설 관련 제도의 제·개정안 정립과 고시 지원

(나) 주요 연구내용 및 결과

- 해당 연구의 경우 국가교통연구개발사업으로 진행되었으며, 역사 내 이동편리성 및 안전성 등 이용객이 보다 편리하고 쾌적하게 도시철도 역사를 이용할 수 있는 기술을 개발함
- 개발 기술 중, 본 연구에서는 “도시철도 역사 이용객의 보행환경 편의성 평가 및 예측 프로그램 개발” 내용을 검토하여 보행환경 평가 및 예측에 활용된 데이터 및 지표를 검토하고 연구에 활용하고자 함
- 보행환경 편의성 및 평가 예측 프로그램을 위한 DB 및 지표 설정
 - 보행 네트워크 DB
 - 노드: 출입구 및 승강장에 대한 기종점, 이동 시설물 연결 지점, 교차로, 개찰구
 - 링크: 보행이동 시설물(보행통로, 계단, 에스컬레이터, 엘리베이터 등)
 - 정적 및 동적 DB
 - 정적 DB: 보행 네트워크 (노드, 링크), 파라미터 (보행 이동 시설물별 속도, 기타 정보, 역간 OD, 열차 방향별 유입/유출/환승, 기종점 유출입 비율, 통행량)
 - 동적 DB: 노드별 지체시간, 동적 링크 결과, 평가지표 결과 등
- 세부 평가지표 설정
 - 세부 평가지표는 역사 네트워크 평가, 역사 종합평가로 구분됨
 - 네트워크 평가: (노드) 노드별 지체시간, (링크) 이용인원, 대기시간, 이동속도, 교통류율
 - 역사 종합 평가: 이동편리성, 혼잡성, 편의성, 쾌적성, 종합 서비스수준
 - 보행행태 평가: 경로 이탈도, 가속도 크기, 충돌 횟수

(9) (국가승인통계) 한국교통연구원, 교통접근성 지표

(가) 통계 개요

- 통계의 명칭: 교통접근성 지표 (승인번호: 제 444001호)
- 교통접근성 지표는 「국가통합교통체계효율화법」 제10조에 의해, 이동성 및 접근성 확보와 사회경제적 활동의 지원에 필요한 최적 교통시설 확보 등을 위한 기초자료를 제공하기 위하여 한국교통연구원에서 작성하고 있음
 - 국가 및 지방정부 차원에서 우리나라의 교통접근체계의 수준을 평가하고, 우리나라 도시들의 교통접근성 경쟁력 진단 및 낙후지역에 대한 개선 방안 마련 등을 위한 기초자료로 활용됨
- 공간적 범위는 전국을 포함하며, 시간적 범위는 매년 12월, 집계구 경계 및 통계자료 기준 시점으로 하고 있음
 - 승용차: 기준시점의 해당년도 기준
 - 대중교통: 기준시점 익년 3월 기준
 - 서비스시설: 기준시점 또는 익년 3~4월 기준
- 통계작성체계 및 방법론
 - 통계작성 체계: 한국교통연구원 자체 자료수집 및 가공

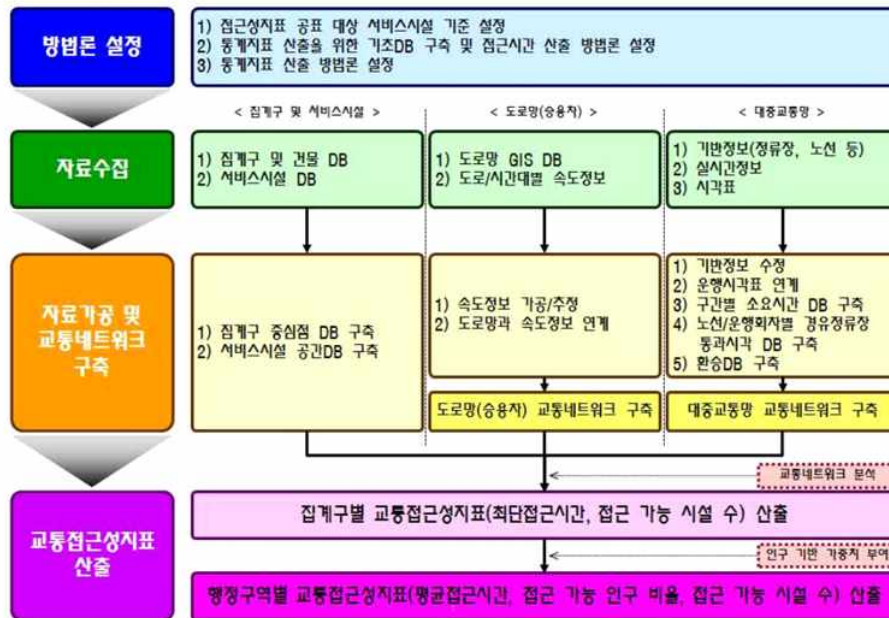


그림 2-1-10 교통접근성지표 통계작성 방법론 (자료: 한국교통연구원, 2021)

(나) 교통접근성 지표 통계개발 방법론

- 접근성지표 공표 대상 서비스시설 기준 설정
 - 교육시설 (3개 시설분류): 초등학교, 중학교, 고등학교
 - 의료시설 (3개 시설분류): 공공의료시설, 병/의원, 종합병원
 - 판매시설 (2개 시설분류): 대규모점포, 전통시장
 - 광역교통시설 (3개 시설분류): 버스터미널, 철도역, 공항
- 통계지표 산출을 위한 기초DB 구축 및 접근시간 산출 방법
 - 집계구 DB 구축 및 각 서비스시설 공간DB 구축
 - 승용차, 대중교통 교통네트워크 구축
 - 집계구별 서비스시설까지의 접근시간 산출
- 교통접근성 지표 산출 방법 (※ 세부 방법론 국가통계포털 참조)
 - 평균 접근시간: 가장 인접한 서비스시설까지 도달하기 위한 평균 소요시간 (최대 120분)
 - 각 행정구역에 소속된 집계구별 서비스시설까지의 최소 접근시간에 대하여 각 집계구별 인구를 기준으로 하여 가중평균함
 - 접근 가능 인구 비율: 특정 시간(15, 30, 45, 60분) 내 각 서비스시설로 도달할 수 있는 이용자의 비율
 - 각 행정구역 내 인구수 대비 특정시간 내 각 서비스시설에 도달 가능한 집계구의 인구의 비율로 산출
 - 접근 가능 시설 수: 특정 시간(15, 30, 45, 60분) 내 도달할 수 있는 서비스시설 수의 평균값(최대 10개)
 - 각 행정구역에 소속된 집계구별 한계시간 내 도달 가능한 서비스시설 수에 대하여 각 집계구별 인구를 기준으로 하여 가중평균함

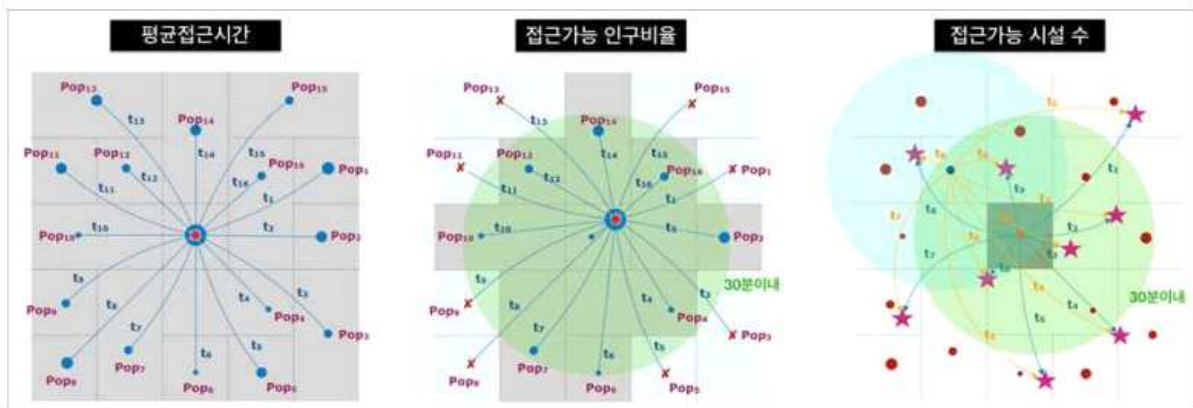


그림 2-1-11 교통접근성 지표 예시 (자료: 한국교통연구원, 2021)

(다) 통계의 활용방안

- 교통접근성을 반영한 인프라 공급분석 및 평가
 - 다양한 시설들에 대한 접근성 확보와 사회경제활동의 지원에 필요한 최적 교통 시설 확보를 위한 현황 파악, 개선부문 모색을 위한 기초자료로 활용
 - 대중교통 이동성 취약지 분석 및 지역별 생활인프라 편리성 측정
 - 위생, 안전, 교통, 환경 및 교통편의를 고려한 근린생활시설 및 광역시설의 입지 적절성 판단의 근거 마련
- 신규 시설의 입지 선정
 - 교통접근성과 주변 지역의 이용 가능 인구 등과 시설의 규모를 고려하여 신규 시설의 입지 선정
 - (예) 공간정보 연계를 통해 교통접근성을 반영한 보육서비스 인프라 공급분석 및 평가, 신규 보육시설 추가 설치에 따른 접근성 변화 예측

(라) 본 연구와의 차별성 및 연계성

- 교통접근성 지표 제공 범위 세분화
 - 해당 접근성 지표의 경우 집계구/행정동 단위 기준의 집계된 교통접근성 지표를 제공하고 있음
 - 본 연구에서는 국가통계포털에서 제시하고 있는 교통접근성 지표의 개념을 적용하여 환승시설 기준 접근성 지표 제공에 활용하고자 함
- 환승시설 연계 접근성 지표 도출 및 지표 범위 확장
 - 교통접근성 지표를 세분화하여 환승시설 접근성 지표로 확장
 - 이외 환승시설 내부 평가지표 도출과 연계
 - 환승시설에 대한 종합평가 산출에 활용 및 확장

(10) (국가승인통계) 국토교통부, 대중교통현황조사

(가) 통계 개요

- 통계의 명칭: 대중교통현황조사 (승인번호: 제 11669호, 2008-08-25)
- 법적근거
 - 대중교통의 육성 및 이용 촉진에 관한 법률 제16조(대중교통현황조사)
 - 동법 시행규칙 제4조(대중교통현황의 조사 등)
 - 제5조(대중교통현황조사의 의뢰)
- 대중교통현황조사는 국토교통부 교통물류실 버스정책과에서 담당하고 있는 국가통계 자료이며, 「대중교통의 육성 및 이용촉진에 관한 법률」 제16조에 의거한 대중교통의 육성·지원을 위한 정책의 효과적인 수립에 필요한 기초자료로 활용하기 위하여 2006년 3월부터 『대중교통 현황조사 사업』 중 대중교통 운행 및 이용현황(운행/이용실태, 환승/접근실태 등), 대중교통 이용자 만족도 조사를 실시함
- 조사방법
 - 대중교통 운행 및 이용실태조사
 - 교통카드 데이터 및 BIS/BMS 자료, 매표자료, 관측조사 활용
 - 교통카드 데이터, 매표자료: 국토교통부 교통카드 빅데이터 통합 시스템
 - BIS/BMS: 지자체 및 한국교통안전공단 데이터 센터
 - 관측조사: 카드데이터 수집이 어려운 7개 지역과 카드데이터 수집 미비 또는 BIS/BMS 자료 수집이 미진한 지역을 대상으로 조사원이 직접 관찰
 - 대중교통 환승실태 및 이용자 만족도
 - 온라인 조사를 기본으로 하되, 조사 표본수 확보가 어려운 지역은 1:1 개별면접조사를 병행하여 수행

(나) 통계 연혁

- 주요연혁
 - 대중교통 육성 및 이용촉진에 관한 법률 제정·공포 : '05. 1월
 - 대중교통 육성 및 이용촉진에 관한 법률 시행령 및 시행규칙 제정·공포 : '05. 7월
 - 교통안전공단을 '대중교통현황조사' 업무대행기관 지정
 - 대중교통현황조사 시행(한국교통안전공단 자체비용 수행) : '06. 2월
 - 대중교통현황조사 예산 반영 수행 : '07. 3월

- 작성협약(제11669호) : '08. 08월
- 교통카드 자료 분석 조사방법 도입 : '12년

○ 통계 개편 연혁

- 2013년부터 정량지표 조사 추가
 - 단순 만족척도 분석에서, 각 단계별 만족도 분석을 추가하여 현 만족도의 달성 수준 파악 (배차간격에 대한 만족도 조사 -> 정량지표 : 배차간격별 만족도 조사)
- 2017년부터 고정지표, 유동지표 구분 조사
 - 많은 설문항목으로 인해 설문자의 피로도 증가, 조사의 신뢰성 하락을 방지하고자, 매년 조사할 필요도가 낮은 항목을 선정 (24개 항목 중 유동지표 8개)
- 2017년 대중교통 정책 만족도 조사 실시
 - M버스 좌석예약제 도입에 따른 만족도 조사 실시
 - 고속도로 환승휴게소 만족도 조사 실시
 - 혁신도시 대중교통 만족도 조사 실시
- 2018년 대중교통 정책 만족도 조사 실시
 - M버스 좌석예약제 확대에 따른 만족도 조사 실시
 - 대중교통 사각지대 만족도 특별조사
- 2020년 대중교통 정책 만족도 조사 실시
 - 코로나19 확산에 따라 기존 만족도 조사에 방역조치 등 관련 항목 추가

(다) 대중교통 현황조사 통계작성 방법

○ 대중교통 운행 및 이용실태조사

- 전국적으로 보급된 교통카드 자료, BIS/BMS 자료 및 시외/고속버스, 철도, 매표자료를 수집·분석하고, 일부 지자체 대상 관측조사 수행하여 대중교통 관련 지표 도출

조사 대상 지자체	162개 시·군
조사 대상 노선 수	약 13,000개 노선
조사 대상	교통카드 정산사 7개사, 매표자료 5개사(철도부문 2, 버스부문 3)
관측조사	22개 지역, 134개 노선 (현금 사용지역 또는 교통카드 데이터 수집미흡지역)
데이터 수집	국토교통부 교통카드빅데이터통합정보시스템 제공 교통카드/매표자료 및 지자체 BIS/BMS 자료

그림 2-1-12 대중교통 운행 및 이용실태 조사 방법 (자료: 국토교통부, 2021)

- 대중교통 운행 및 이용실태조사 항목 및 관련 지표

표 2-1-8 대중교통 운행 및 이용실태조사 항목 (자료: 국토교통부, 2021)

구분		내용	
지역내 대중교통	대중교통 이용지표	<ul style="list-style-type: none"> 총 이용인원(명) 목적통행량(통행) 수단통행량(통행) 인당 평균 통행량(통행/인) 수단목적비 	<ul style="list-style-type: none"> 노선별 이용인원(명) 정류장별 이용인원(명) 노선당 이용인원(명) 기종점 OD
	대중교통 요금지표	<ul style="list-style-type: none"> 인당 총 이용요금(원/인) 	<ul style="list-style-type: none"> 목적통행당 이용요금(원/통행)
	대중교통 통행지표	<ul style="list-style-type: none"> 이용자 1인당 통행시간(분/인) 목적통행시간(분/통행) 수단통행시간(분/통행) 	<ul style="list-style-type: none"> 이용자 1인당 통행거리(km/인) 목적통행거리(km/통행) 수단통행거리(km/통행)
	대중교통 환승지표	<ul style="list-style-type: none"> 환승통행률(%) 	<ul style="list-style-type: none"> 환승소요시간(분)
	대중교통 운영지표	<ul style="list-style-type: none"> 총운행거리(km) 운영시간(시간) 운영속도(km/h) 배차간격(분) 	<ul style="list-style-type: none"> 정시성 노선이용밀도(인/km) 차내혼잡도(재차인원/정원)
지역간 대중교통	대중교통 수송지표	<ul style="list-style-type: none"> 총이용인원(명) 터미널/역별 총이용인원(명) 최다이용노선(명) 	<ul style="list-style-type: none"> 시군구간 OD 축별 이용인원(명)
	대중교통 요금지표	<ul style="list-style-type: none"> 평균 이용요금(원/통행) 	<ul style="list-style-type: none"> 이용요금 분포
	대중교통 통행지표	<ul style="list-style-type: none"> 평균 통행거리(km/통행) 통행거리 분포 	<ul style="list-style-type: none"> 평균 통행시간(분/통행) 통행시간 분포

○ 대중교통 환승실태 및 이용자 만족도

- 대중교통 환승실태 및 이용자 만족도 조사 방법

조사 모집단	통계청 2015년 인구주택총조사의 이용교통수단별 통근 통학인구 자료를 활용하여 조사 모집단 정의
조사방법	온라인조사(일부 오프라인 조사 병행) - 조사 표본수 확보가 어려운 지역은 1:1 개별면접조사를 병행하여 수행함
표본추출	162개 시군지역별 모집단 비율을 고려한 멱비례할당(Power allocation) 적용 - 지역, 성별, 연령 등을 고려한 인구비례할당
조사대상	162개 지자체의 대중교통(도시철도/ 시내버스 및 농어촌버스) 이용자 - 대중교통수단을 주 4회 이상 이용하는 만 15세 이상 이용자
표본수	총 83,600표본 - 대중교통 환승실태 및 이용자 만족도 조사 : 77,400표본 - 정량적 지표 조사 : 4,250표본 - M버스 좌석 예약제 및 이용자 만족도 조사: 1,950표본

그림 2-1-13 대중교통 환승실태 및 이용자 만족도 조사 방법 (자료: 국토교통부, 2021, 일부 발췌)

- 대중교통 환승실태 및 이용자 만족도 조사 항목
 - 대중교통 환승실태 및 이용자 만족도 조사 항목에서, 대중교통 서비스 만족도 조사 항목은 (1) 운영 서비스, (2) 이용환경 서비스, (3) 쾌적환경 서비스, (4) 안전환경 서비스, (5) 정보제공 서비스, (6) 접근 및 환승 서비스, (7) 전반적 만족도 평가로 구성되어 있음
 - 본 연구에서는 (6) 접근 및 환승 서비스 조사 항목에 대해 검토하였음

표 2-1-9 대중교통 접근 및 환승 서비스 만족도 조사 항목 (자료: 국토교통부, 2021, 일부 발췌)

구분		내용
대중교통 서비스 만족도 조사	접근 및 환승 서비스	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 접근수단 및 이동 시간 ▪ 접근시간 및 거리 적절성 ▪ 대중교통 하차 후, 목적지까지 이동 수단 ▪ 목적지까지 이동거리 및 소요시간 적절성 ▪ 환승경험 여부, 환승유형, 환승횟수 ▪ 환승을 위한 이동시간, 대기시간 ▪ 최대 허용 가능한 환승시간 (이동시간+대기시간) ▪ 환승거리 및 소요시간 만족도(유동) ▪ 환승체계 만족도(고정) ▪ 환승정보 적절성 만족도(고정) ▪ 환승 요금체계 만족도(고정) ▪ 작년 대비 환승 만족도

(라) 통계의 활용방안 및 본 연구와의 연계성

○ 활용방안

- 중앙정부 및 지방자치단체의 대중교통 정책수립에 필요한 기초자료 제공
- 데이터 중심의 조사·분석을 통해 대중교통 현황조사의 지속가능성 확보
- 조사를 통해 산출된 지표를 통해 국가 대중교통 상위계획과의 연계 모니터링 체계 구축
- 효율적인 대중교통 정책 제안을 통해 대중교통 서비스 및 시설을 구축하기 위한 기반 자료로 활용

○ 본 연구와의 연계성

- 대중교통 실태조사 및 이용자 만족도 조사 항목을 활용한 환승시설 지표 및 만족도 항목 구성에 활용
- 국가통계로 제공하고 있는 대중교통 관련 지표를 환승시설 평가를 위한 지표로 반영하여 국가 기반의 환승시설 평가체계 구축과의 연계성 확보

(11) 환승시설 관련 데이터베이스 및 지표 현황분석 종합 결과

- 본 연구에서는 환승시설 데이터베이스 및 지표 산출 관련 연구 동향을 검토하였으며, 관련 연구에서는 환승시설에 대한 다양한 데이터베이스를 구성하고, 데이터베이스를 활용하여 여러 측면의 지표를 검토하여 제시함
- 이에 본 연구에서는 관련 연구 동향으로부터 수집한 환승시설 관련 데이터베이스 및 지표 목록을 종합적으로 검토하여 현재 활용할 수 있는 데이터베이스와 지표를 구성함
- 관련 연구 동향 조사에 의해 도출된 데이터베이스와 지표를 문헌별로 정리한 내용을 아래 표에 제시함

표 2-1-10 철도연계 환승 인프라 데이터베이스 및 지표 관련 기존 연구 내용 정리

참고문헌	관련 데이터베이스	평가항목	평가지표
(1)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 사회경제지표 ▪ 교통인프라 및 서비스 ▪ 토지이용현황 	연계교통 서비스수준	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 대중교통 통행시간 구간별 인구 ▪ 대중교통 최소 서비스 수준 ▪ 대중교통 Stage ▪ 대중교통 도보 이동거리
(2)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 정적 DB <ul style="list-style-type: none"> - 토지이용 DB - 건축물 DB - 대중교통 시설 DB - 보행 도로 교통시설 DB - 주차시설 DB ▪ 동적 DB <ul style="list-style-type: none"> - 이용자 DB - 교통시스템 DB - 통행환경 DB 	통행량 및 접근성	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (역사 통행량) 통행패턴 ▪ (역사 접근성) 접근 경로 Stage
		이용자 환승·연계 서비스	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 통행속도 지표 (통행거리/통행시간) ▪ 도보 접근 거리 비율 ▪ 도보 환승 거리 비율 ▪ 대중교통 Stage
		대중교통 시스템 환승·연계 성능	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (터미널 서비스 규모) 통과 동선 수, 이용가능 지하철 및 버스 노선 수 ▪ (터미널 권역내 모빌리티) 평균 도보시간 및 도보거리 ▪ (터미널 권역간 모빌리티) 평균 통행시간, 이동거리, 통행속도
(3)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 스마트 카드 활용 ▪ 버스 및 승용차 경로 (API 활용) ▪ 도로명 주소 공간정보 DB 	교통 접근성	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 접근시간 및 거리
		토지이용 및 개발	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 총 건물 연면적 ▪ 주거 연면적 비율 ▪ 생활서비스 용도 연면적 비율 ▪ 교육·업무 등 연면적 비율
(4)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ - 	이동 편리성	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 도시철도간 환승거리 ▪ 환승이동 고저차 ▪ 계단, E/S, M/W 설치길이 및 비율
		정보제공	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 환승 정보 제공시설 설치 개소 수 ▪ 교차 통행지점 수
		쾌적성	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 온도, 조도, 소음, 공기청정도 ▪ 환승통로 및 대기공간 밀도
		편의시설	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 화장실 개소 수 ▪ E/S, M/W, E/V 설치기준 및 부합여부 ▪ 교통약자 편의시설 설치현황
		안전 및 보안성	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 역내 안전사고 및 범죄 발생건수

(8)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 정적 DB <ul style="list-style-type: none"> - 보행 네트워크 (노드, 링크) - 파라미터 (시설물별 속도, 역간 OD, 방향별 유출입, 환승, 통행량, 유출입 비율) ▪ 동적 DB <ul style="list-style-type: none"> - 노드별 지체시간 - 동적 링크 결과 - 평가지표 결과 	네트워크 평가	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (노드) 노드별 지체시간 ▪ (링크) 이용인원, 대기시간, 이동속도, 교통류율
		역사 종합 평가	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 이동편리성 ▪ 혼잡성 ▪ 편의성 ▪ 쾌적성 ▪ 종합 서비스 수준
		보행행태 평가	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 경로 이탈도, 가속도 크기, 충돌 횟수
(9)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 집계구 및 서비스시설 <ul style="list-style-type: none"> - 집계구 및 건물 DB - 서비스 시설 DB ▪ 도로망(승용차) <ul style="list-style-type: none"> - 도로망 GIS DB - 도로/시간대별 속도정보 ▪ 대중교통망 <ul style="list-style-type: none"> - 정류장, 노선 등 기반정보 - 실시간정보 - 시각표 	교통 접근성 (집계구별)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 최단 접근시간 ▪ 접근 가능 시설 수
		교통 접근성 (행정구역별)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 평균 접근시간 ▪ 접근 가능 인구 비율 ▪ 접근 가능 시설 수
(10)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 교통카드 데이터 ▪ BIS/BMS ▪ 매표자료 ▪ 관측조사 ▪ 이용자 만족도 	대중교통 환승지표 * 환승과 관련된 지표만 정리	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 환승 통행률(%) ▪ 환승 소요시간(분)
		접근 및 환승 서비스 만족도	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 설문조사 점수

다. 환승역사 개선사례⁸⁾

- 2017년 대중교통현황조사 보고서에서는 주요 도시철도 환승시설 개선에 따른 만족도 조사 결과를 제시함
- 본 연구에서는 해당 보고서에 제시되어 있는 서울역, 노량진역, 신도림역에 대한 환승시설 개선 사례 및 만족도 조사 결과를 정리함

(가) 서울역

- 서울역 환승시설 개선 (2015년)
 - 공항철도와 1,4호선 간 환승통로 개설 (무빙워크 4대, 에스컬레이터 6대, 엘리베이터 3대 등 설치)
 - 지하철 1,4호선 통로 확장
 - 개찰구 증설



- 환승시설 개선에 따른 주요 효과
 - 주요 기대효과
 - 지하철 1·4호선과 공항철도 간 이동시간이 약 7분 (12분 → 5분) 단축
 - 이동거리 400m(700m → 300m) 단축
 - 만족도 조사 결과

8) 자료: 2017 대중교통현황조사, 에코타임스, 영등포시대, 서울교통공사, 국가철도공단



그림 2-1-15 서울역 환승시설 개선에 따른 만족도 조사 결과
(자료: 국토교통부, 2017)

(나) 노량진역

- 노량진역 환승시설 개선 (2015년)
 - 환승거리 300m에서 120m로 대폭 단축
 - 외부 환승(간접 환승)에서 내부통로 환승으로 변경
 - 정보제공시설 개선
 - 에스컬레이터 신설로 편의시설 및 이동편리성 향상
 - 에스컬레이터(4대)와 엘리베이터(4대) 등의 편의시설 설치



그림 2-1-16 노량진역 환승시설 개선 사례

- 환승시설 개선에 따른 주요 효과

- 주요 기대효과
 - 1호선과 9호선간 환승 시간 2분 단축(5→3분)
 - 환승거리 150m(300m→150m) 단축
- 만족도 조사 결과



그림 2-1-17 노량진역 환승시설 개선에 따른 만족도 조사 결과

(자료: 국토교통부, 2017)

(3) 신도림역

- 신도림역 환승시설 개선 (2013년)
 - 승강장/대합실 면적 확장 및 동선 확보
 - 승강장(4,686㎡→7,175㎡)
 - 대합실(8,119㎡→11,482㎡)
 - 엘리베이터/에스컬레이터 신설 및 교체
 - 엘리베이터(4대)와 에스컬레이터(5개소 상·하행 9대)를 새로 설치하거나 교체
 - 1번 출구와 2번 출구 사이 지하 보행통로 신설
- 환승시설 개선에 따른 주요 효과
 - 주요 기대효과
 - 승강장 서비스 수준 F → E
 - 계단 서비스 수준 E → C
 - 만족도 조사 결과



그림 2-1-18 신도림역 환승시설 개선에 따른 만족도 조사 결과
(자료: 국토교통부, 2017)

라. 환승시설 현황 및 문제점 검토에 따른 개선방안 제시

(1) 환승시설 현황 및 문제점 검토

(가) 첨두시간대 서비스 수준 개선 필요

- 지속적인 환승시설 확충 및 서비스수준 개선 노력에도 불구하고, 첨두시간대 환승 불편 및 안전 문제에 대한 우려가 해결되지 않고 있음
- 「제3차 환승센터 및 복합환승센터 구축 기본계획」에서는 철도 환승역 중 주요 107역을 대상으로 환승서비스 수준을 분석하였으며, 107개 역의 69%가 서비스수준 D 이하라고 제시함
 - * 환승서비스수준: 주교통수단에 대한 연계교통수단의 가중 평균 평면환산거리 측정 활용
 - 철도설계기준('14.2)에서는 신설되는 철도역은 접근교통수단에 대한 체계적인 연계·환승방안을 마련하여 서비스수준 C 이상(180m 미만)으로 배치하도록 규정하고 있음
 - 그럼에도 불구하고, 서비스수준 D인 철도역이 38%(41개소), 서비스수준 E인 철도역이 22%(33개소), 서비스수준 F인 역도 9%(10개소)로 분석됨

표 2-1-11 역사별 환승서비스수준(LOS) 현황

서비스수준	기준 (가중평균환산거리)	역사 수	비율	해당 역
LOS A	60m 미만	-	-	-
LOS B	60~120m	4	4%	나주, 대저, 행신, 마석
LOS C	120~180m	29	26%	울산, 사당, 당산, 홍대입구, 정자, 종합운동장, 수서, 강릉 등
LOS D	180~240m	41	41%	동대구, DMC, 삼성, 지제, 건대입구, 강남, 용산, 양재, 대전 등
LOS E	240~300m	23	20%	공덕, 금정, 부산, 영등포, 고속터미널, 충정로, 복정, 이매 등
LOS F	300m 이상	10	9%	가락시장, 인천시청, 석촌, 부평, 김포공항, 여의도 등

자료: 「제3차 환승센터 및 복합환승센터 구축 기본계획」

- 철도역사 유형별 환승서비스 수준 분석 결과에 따르면, 모든 유형의 철도역이 LOS D 이상인 경우가 70% 이상이며, 일반철도 환승역의 경우 89%로 가장 높게 나타남

표 2-1-12 철도역 유형별 연계교통수단 환승서비스 수준

구분	LOS B	LOS C	LOS D	LOS E	LOS F	LOS D 이하
고속철도 환승역	8%	19%	46%	23%	4%	73%
일반철도 환승역	-	13%	38%	38%	13%	89%
광역철도 환승역	4%	25%	38%	29%	4%	71%
도시철도 환승역	3%	26%	38%	12%	21%	71%

자료: 「제3차 환승센터 및 복합환승센터 구축 기본계획」

(나) 첨두시간대 혼잡 개선 및 안전성 확보 필요

- 2022년, 이태원 압사사고 이후 국민의 안전에 대한 우려가 고조되었으며, 이에 따라 2022년 11월, 서울특별시는 서울교통공사와 함께 첨두시 혼잡도가 높은 역사에 대한 안전점검을 시행함
- 서울교통공사에서는 동행일자리 사업을 통해 지하철 혼잡도 안전도우미를 약 200명 채용하여 첨두시간대 혼잡역사 순찰, 동선 안내 등 안전확보에 나서고 있음



그림 2-1-19 환승시설 안전문제 관련 언론보도

(다) 환승센터 설계 서비스수준 지표 및 기준 검토 필요

- 환승센터 계획 수립·검토 시 활용되는 서비스수준 지표의 검토 필요
 - 환승센터 계획 수립·검토 시 활용되는 주요 기준 및 지침은 (1) 국가통합교통체계효율화법에 따라 환승센터 및 복합환승센터의 설계와 배치에 관해 규정한 「환승센터 및 복합환승센터 설계·배치 기준」, (2) 도시철도법과 도시철도건설규칙에 따라 도시철도 정거장의 계획 및 설계에 활용되는 「도시철도 정거장 및 환승·편의시설 설계지침」이 있음
 - 「환승센터 및 복합환승센터 설계·배치 기준」에서는 계단 및 보행통로의 점유면적 및 보행교통류율을 기준으로 서비스수준을 구분하고, 계단 및 보행통로의 최저 기준을 LOS D 이상으로 할 것을 제시함
 - 「도시철도 정거장 및 환승·편의시설 설계지침」에서는 서비스 수준 기준을 승강장 및 내·외부 계단은 LOS D 이상, 환승통로에서는 LOS E 이상으로 제시함
 - 상위 기준 및 지침에 준한다는 기본적인 전제가 있음에도 불구하고, 각 지침 및 기준 상 보행공간의 최소 서비스수준 및 기준, 용어 등이 상이한 것으로 나타남

표 2-1-13 지침 별 보행통로 서비스 수준 산정 지표 및 기준 예시

서비스수준	보행통로 서비스 수준 산정 기준			
	「환승센터 및 복합환승센터 설계·배치 기준」		「도시철도 정거장 및 환승·편의시설 설계지침」	
	보행교통류율 (인/분/m)	점유면적 (m ² /인)	흐름계수 (인/m·분)	공간모듈 (m ² /인)
LOS A	27.15 이하	2.84 이상	20 이하	3.5 이상
LOS B	27.15~34.34	2.21~2.84	20~30	2.5~3.5
LOS C	34.34~45.44	1.61~2.21	30~45	1.5~2.5
LOS D	45.44~59.51	1.05~1.61	45~60	1.0~1.5
LOS E	59.51~73.70	0.67~1.05	60~80	0.5~1.0
LOS F	73.70 초과	0.67 미만	80 초과	0.5 미만

(라) 환승 패러다임 변화에 따른 환승시설 관련 기준 개정 및 현실화 필요

- 현재 기준에 따른 환승서비스수준을 산출하기 위해서는 평면환산거리를 활용하고 있는데, 이는 '연계교통수단의 승하차 지점에서 주 교통수단의 승하차 지점까지의 최단이동거리'로 정의하고 있음
- 그러나, 버스정류장, 도시철도 정거장 승하차 지점에 따라 환승거리가 큰 차이가 있으며, 지자체별 평면환산거리에 대한 해석이 다양하여 환승서비스수준 측정에 오차 발생 가능성이 높아, 해당 정의만으로 일률적인 거리 환산이 이루어지고 있지 않음
- 또한, 현행 기준상 계단, 무빙워크, 에스컬레이터에 대한 가중치만 정해져 있고, 엘리베이터의 경우 교통약자, 장애인을 위한 이동동선으로 제시됨에 따라 엘리베이터에 대한 가중치는 제공하고 있지 않음
 - 환승역 건설의 패러다임이 저심도에서 대심도로 전환하고 있으며, 주 이동동선도 계단, 에스컬레이터에서 대심도 엘리베이터로 전환하고 있음
 - 엘리베이터 가중치의 부재는 향후 GTX 환승센터뿐만 아니라 향후 대심도-초고층의 수직 이동체계가 중시되는 미래형 환승센터에서의 서비스 수준 측정에 어려움이 있음
 - UAM, 하이퍼루트 등 다양한 신규 모빌리티 수단 도입 시 수직이동거리가 현재 대비 확장될 것으로 예상되기 때문에, 환승서비스수준의 기준 및 측정방법의 변화가 시급함
- 또한, 지침상 에스컬레이터 이용 시 계단 대비 거리 단축효과를 4배로 환산하는 것으로 제시하고 있으나, 에스컬레이터 이용 시 안전상의 이유로 걷거나 뛰는 행위를 제한하고 있으며, 첨두시간대에는 혼잡에 의해 오히려 서비스가 저하되는 현상이 발생함
- 이러한 환승 패러다임 변화에 맞는 지침 및 기준 개정이 필요하며, 실제 현실을 반영한 개정 방향을 제시해야 함

(2) 환승시설 개선을 위한 정책 추진 방향 제시

- 환승센터 시설 설계기준 재검토
 - 환승센터 계획·설계 관련 기준 및 지침의 일원화 (기준, 용어 등)
- 기술발전 및 환승 패러다임 변화에 따른 현실화
 - 도심도-초고층 이동 패러다임 변화에 따른 서비스수준 및 측정방법 개선
 - 자율주행, UAM, 전기·수소차 등 신모빌리티 수단 관련 개정
- 연계환승체계 선제적 고려
 - 설계 초기부터 연계교통체계에 대한 선제적 고려를 위한 기반 마련
 - 대규모 개발사업 교통처리계획 수립시, '환승센터'로의 범위 확장 (現, 환승시설 규정)
- 데이터 기반 환승센터 정보제공 체계 구축
 - 환승센터 관련 정보 데이터화를 통한 선제적 대응 방안 마련 필요

제2절 국내·외 환승시설 동향 조사

1. 국내 환승시설 관련 선행 연구

가. 환승센터의 개발

- 조중래 외(1995)는 이용실태조사와 면접조사를 통한 현 환승센터의 문제점을 조사하고, 지역별로 차별화된 통행특성에 따라 권역별로 차별화된 환승센터 개설 계획을 제시함
 - 도·부도심: 부지확보의 문제를 해결하기 위한 재개발 사업 기회를 이용한 적극적 추진, 대중교통 수단간 환승위주 시설 설치, 단거리 순환연계 노선을 정비해 지하철 등 간선 수단 이용자의 최종 목적지까지 편리한 환승 보장
 - 시내외곽권: 기존 환승주차장 시설 및 계획부지를 최대한 활용해 대중교통수단으로의 환승유도를 위한 주차공간 확보, 단거리 연계노선 확보 및 다양한 환승수단 연계
 - 시계유출입권: 지자체간 협의를 통한 계획추진
- 권영중 외(2012)는 KTX의 개통 이전에는 수도권 지역에서 해당 지역으로 직행하는 시외·고속버스를 이용하여 이동하는 흐름이 두드러졌지만, KTX 개통 이후에는 해당 지역 인근의 KTX역까지 KTX를 이용하고 그 지점 이후로 시외·고속버스를 이용하는 방식으로 이동 형태가 변화하였으나, 대중교통 이용자 수는 증가하지 않고 있다고 짚음

나. 수도권 시민들의 환승통행 현황

- 경기도청(2010)은 수도권 통합환승제 도입 3년 만인 2010년 경기버스 이용자 수가 491만 명으로 '07년 6월에 비해 43.2% 증가하고, 좌석버스와 인천 버스가 환승 할인에 포함되었던 한 해 전에 비해서도 30만 명 많아졌다고 분석
 - 아울러, 환승할인제 도입 초기인 '07년 7월에 비해 '10년 6월에는 환승률이 46%, 환승 증가율은 170%에 달한다고 짚음
 - 국토교통부(2010)는 수도권 대중교통 승객의 30.2%가 환승 통행한다고 밝혔으며, 이 중 61.2%는 버스-전철 간, 나머지는 단일 수단 간 환승 진행 중
 - 환승 횟수는 평균적으로 1.2회로, 이는 교통카드 이용 증가와 통합환승할인제 도입 등이 원인으로 보임
 - 환승 소요시간은 버스-전철 4.5분, 전철-전철 4.7분, 전철-버스 7.4분, 버스-버스 8분으로, 버스 배차간격이 일정하지 않고 지하철 정시성이 우수하기 때문으로 보임
 - 전철은 강남, 잠실, 삼성, 신림 순으로 승하차 인원이 많고, 버스는 수원역, 강남역, 사당역, 송내역, 강변역 중심으로 승하차 인원이 많아, 역내 거점지역으로 유동인구

- 가 많고 환승이 용이하던 특징이 있음
- 보도 자료에서는 앞으로 환승이 더욱 편리하도록 간·지선 연계 체계, 노선망 확충, 환승시간 최소화 등 환승 편의 증진이 필요하다고 짚었음
- 경기연구원(2018)은 '18년 수도권 대중교통 목적통행발생량은 '10년 하루 1,373만 통행에 비해 1,535만 통행으로 11.7% 증가하였는데 이는 인구 증가와 대중교통 이용환경 개선 등이 이유라 짚었음
 - 한편, 복합수단 통행은 '10년 기준 23.6%였다가 '14년 30.7%로 증가하고 다시 '18년 기준 28.9%로 감소 추세인데 이는 광역전철 노선의 확대가 그 이유로 보임
- 예병정(2022)은 코로나-19의 영향이 있던 '21년 대중교통 이용 현황이 전년(1,236만 건) 대비 다소 감소한 930만 건에 달하며, 대중교통수단 중 지하철과 버스가 91.5%를 차지한다고 진단
 - 한편, 서울 공공자전거 따릉이의 연간 이용회수가 3,205만 건으로 전년 대비 35.2% 증가하였고, 일평균 이용건수 중 31.5%가 출근시간대에 집중되어 출퇴근 통행에 주되게 이용 중이라고 분석
- 김우정 외(2024)는 대구시의 경우 서울(30.9%)이나 부산(49.4%)에 비해 자가용 이용률이 55.3%로 높으며, '15년도(47.8%)에 비해 대중교통 이용률이 35.9%로 감소하고 있다고 보도하며, 원인과 해결 방안을 다음과 같이 제시함
 - 대구사회조사 결과 접근성 및 노선 부족(22.8%), 교통 체증(통행 시간 증가 및 정시성 저하, 20.6%) 때문으로 판단
 - 따라서 대구 외곽 지역에 환승 거점을 마련해 승용차 진입을 억제하여 주변 지역의 대중교통 수요를 흡수해야 한다고 보도함
 - 아울러, 현재 대구시에서는 시내버스·도시철도·PM을 한데 묶은 MaaS를 도입하며, 대구·경산·영천 외에도 구미·김천·청도·고령·성주·칠곡 지역을 광역환승제도에 포함하는 방안을 마련 중임

다. 환승에 관한 시민의식 및 환승 현황, 환승 체계 등

- 황보희 외(2006)는 서울시 대중교통 이용객들의 환승가치를 추정하였는데, '04년 진행된 서울시 대중교통체계개편은 환승행태에 긍정적인 영향을 미쳤다고 분석
 - 서울시 대중교통 이용객들의 환승시간가치는 1,288원/시로, 차내통행 시간가치는 2,788원/시로 조사돼, 일정 시간 내 환승을 해서라도 통행 시간을 줄일 수 있다면 이용객들은 환승을 포함한 경로를 선택한다는 결과가 도출됨
 - 따라서 연구에서는 서울시가 대중교통 전체에 관한 서비스 중심으로 정책을 전환해야 하

는데, 통행 시 다른 수단의 네트워크가 공용되는 노선 체계로 인식되어야 한다고 제시

- 황정훈(2014)은 대구시의 버스-지하철 간 환승통행을 대상으로 환승통행특성을 분석하고 다중회귀분석을 이용해 버스-지하철 간 환승통행량에 영향을 미치는 요인 분석하며 대중교통수단 간 환승편의를 제고하기 위해 설치되는 대중교통환승센터에서 더욱 많은 환승통행량이 처리되는 방안을 모색하였음
 - 분석 결과 환승 소요시간과 환승통행량은 반비례하는데 (주로 도심지나 도시외곽 대규모 주거지역의 역) 연계버스 노선 수, 지하철역이 대구 도심지인 반월당역에서 얼마나 멀리 있는지, 버스노선이 전철과 처음 연계된 역일수록 환승통행량이 많음
 - 따라서 대중교통환승센터 건설 시 환승시간이 최소화되는 시설정비가 필요하고 버스노선 조정을 통해 연계버스노선의 다양화 및 버스와의 연계성 강화가 필요하며 버스와 전철이 연속돼서 연결되는 경우 가급적 시점역으로 버스가 연계되도록 할 필요가 있다고 짚음
- 임수연(2017)은 교통카드 자료를 이용해 서울지역 시간대별 환승 소요시간 발생 원인을 조사하여 각 변수에 관한 상관관계를 분석하였고, 각 변수와 환승 소요시간과의 양·음의 상관관계는 다음과 같음
 - 양의 상관 관계: 버스 정류장까지의 거리, 버스 배차간격의 변동계수, 상업 지역 면적, 도매 및 소매 사업체 수, 판매시설 연면적 등
 - 음의 상관 관계: 버스노선 수
 - 비첨두시간의 환승시간이 가장 길고, 출근시간대의 환승시간이 가장 짧았음
 - 따라서 첨두시간의 환승 시간을 줄이기 위해선 버스 정시성이 중요하다고 짚었음
- 하종주 외(2021)는 교통서비스의 통합과 확대를 주제로 조사하였는데, 자가용 운행 빈도가 높고 나이가 많을수록 MaaS를 선호하나, PM에 관한 기대도는 낮다고 조사하였음
 - 현재 PM의 공급이 확대되고 First-Last Mile에서 중요한 역할을 맡고 있는 만큼 추후 PM에 관한 적극적인 홍보가 필요해 보임
- 박동주 외(2023)는 창원-부산의 광역권 통합교통서비스(MaaS) 이용 의향 결정요인을 분석하였는데, 부산에 비해 교통이 불편한 창원시에 거주할수록, 창원-부산 간 광역통행 빈도가 높을수록 MaaS 도입 시 이용 확률이 높다고 판단함
 - 이외에도 정시성을 중시하고, 연계교통 시스템을 선호하고, 환경친화적일수록 이용 의향이 높음
 - 따라서 광역통행을 자주 할 사람을 유인할 통행목적별 맞춤형 요금제와 정기권 도입이 필요함

라. 환승 체계 개선 방법

- 김성은 외(2007)는 대중교통 환승시설의 설계 기준이 되는 도로용량편람과 미국의 도로용량편람, 설문조사를 비교하면서 우리나라의 환승센터 이동편의시설의 서비스 수준이 이용자들의 인식에도 미치지 못하고, 정량적 차원에서도 모자란다고 지적하였음
 - 도로용량편람의 LOS는 '99년의 한국인 신체지수에 맞춘 것인데, 한국인의 체격이 점점 커지고 있는 점을 반영하지 못한 점, 시설 이용자들의 쾌적하다고 느끼는 기준과 설계 기준이 상이한 점이 문제임
 - 따라서 연구에서는 보행특성을 반영해 장기적인 실태분석을 하고, 환승센터 내 이동편의시설의 종합적인 서비스수준을 평가하고 재정립해야 한다고 제언
- 신성일 외(2014)는 교통수단 환승 형태 중 가장 시간이 오래 걸리는 도시철도-간선버스 간 환승에는 어떤 문제가 있고, 환승 시간을 줄이는 방안에는 무엇이 있는지를 제시함
 - 도시철도와 간선버스 간의 환승은 6.7분으로, 도시철도 간 환승에 비해 2.2배 길고, 중앙버스전용차로 상의 정류장과 도시철도역과 환승 거리는 도시철도 간 환승거리에 비해서도 길다고 분석됨
 - 중앙버스전용차로 상에서의 교통사고 사망자는 서울시 무단횡단사고 교통사고 사망자의 42.9%, 5년간 연도별로는 서울시 전체 교통사고 평균의 최대 4.2배의 높은 치사율을 보임
 - 수단 간 환승거리 및 환승시간이 길수록 환승률도 낮다는 연구 결과가 도출됨
 - 따라서 연구에서는 간선버스-도시철도 간 환승보행 거리는 5분 이내로 해야 하고, 연계환승통로 및 전용통로를 개설하며, 배리어프리 설계를 원칙으로 하고 방화시설을 도입하고, 환승교통시설과 운영체계를 패키지로 개발하며, 환승보행환경 개선사업을 교통중심 도시재생 프로젝트로 추진해야 한다고 제언하였음
- 유연승(2014)은 Space Syntax를 통한 공간 분석을 통한 강남역 인근 버스 정류장의 환승 편의도를 개선하고자 하였음
 - Space Syntax와 Urban Network Analysis를 통해 강남역 인근 11개 시설물을 정비하고, 횡단보도를 설치하거나 정류장 위치를 환경친화적일수록변경하고 나니 지표가 개선되었음
 - 이를 통해 보행 네트워크에 관해 사업 전후를 정량적으로 효과분석 할 수 있고, 이에 따라 보행량이 집중되는 지역을 색출해 보행로 용량 관리를 할 수 있음
- 정성봉 외(2015)는 하드웨어 및 인프라뿐 아니라 주요 역 운행 간격 조정을 통해서도 환승 소요시간을 줄일 수 있다고 짚었음
 - 기존 연구는 환승센터를 구축하거나 교통수단 간 환승체계 및 시설물을 개선하면서

이동시간을 단축하고자 하였으나 해당 연구에서는 열차 운행 시간표를 개선하고 막차 환승 접속 모형을 도출하여 첫차와 막차 시간대 비 첨두시 환승 대기시간을 최소화하였음

마. 모빌리티 허브 도입 방안

- 홍상연, 김영범(2022)은 모빌리티 허브를 ‘UAM 등 미래 교통수단과 GTX, 대중교통, 공유교통 등 다양한 교통수단을 연계하는 복합환승센터에, 사회경제 활동을 지원하는 지역 내 거점시설’이라 정의함
 - 현재 중앙정부에서는 대규모 교통 결절점을 중심으로 모빌리티 허브를 설치하고 있으나, 앞으로는 교통 거점과 시민 생활의 중심을 일치시켜 불필요한 라스트 마일 통행을 최소화해 역내 자족 기능을 키우고, 부족한 도시 인프라를 유연하게 활용해 단일 목적 시설을 복합화하고 다양한 활동을 수행해야 함
 - 이를 위해 구성하는 모빌리티 허브의 규모는 광역 통행, 간선 통행, 근린 통행으로 구분하고, 규모에 따른 도시 활동과 연계한 필수 기능을 제공할 수 있어야 함
- 홍상연 외(2021)는 현재 모빌리티 허브의 일환으로 만들어지는 (복합) 환승센터는 대규모 수요 기반형 시설이나, 신교통수단(도심 버티포트, 전기차 충전소 등) 및 물류 지원시설에 관한 대비는 미흡하다고 주장함
 - 따라서 새로이 만들어지는 모빌리티 허브는 법적으로 단일 목적으로 사용되게 만든 도시 인프라를 상황에 따라 유연하게 사용할 수 있어야 하며, 이를 통해 다양한 변화에 대처할 수 있는 효율적인 공간이 되어야 함
- 박종일 외(2024)는 모빌리티 허브의 입지 평가를 위한 지표로 인구밀도·인구수·인구 비율, 버스·지하철 운행밀도, 대중교통 접근성, 단거리 통행 비율, SOC 접근성, 시가화면적 비율, 토지이용 복합·압축도를 선정하여 전국 시군구 단위로 K-means 클러스터링을 시행
 - 그 결과 클러스터 1로 선정된 서울특별시 전체, 부산, 대구, 인천광역시 일부 구, 수도권 중 수원·안양 일부 지역이 도입 여건이 우수하다고 판단

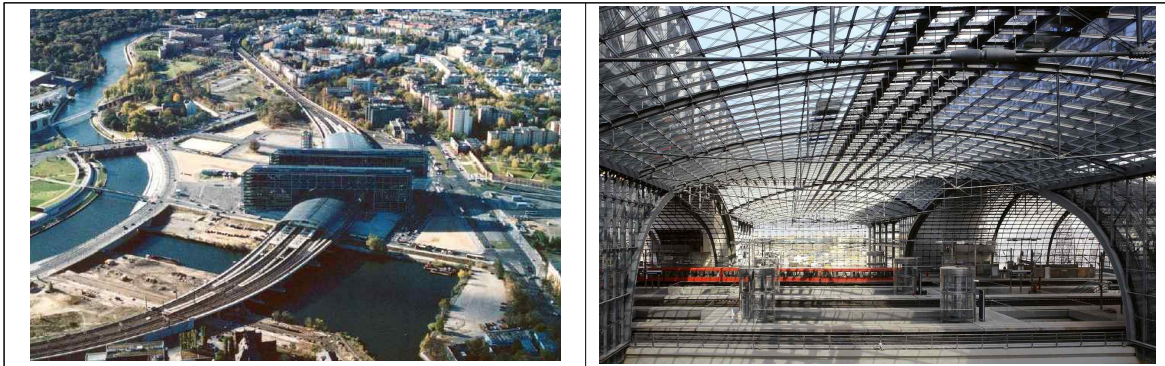
2. 국외 모빌리티 허브 도입 사례

가. 유럽

(1) 독일, 베를린 중앙역(Berlin central, 1871)

○ 사업 배경 및 목적

- 유럽 최대의 기차역으로서, 독일 수도인 베를린의 모든 주요 철도 노선을 연결하는 중심 허브 역할을 하기 위해 개발되었음
- 1993년 디자인 공모전을 시작으로 2006년에 완공되었으며, 베를린의 교통 인프라를 현대화하고, 다양한 교통수단 간의 원활한 환승은 목적을 가지고 있음
- 국내외 여행객들을 위한 주요 허브로 작용하며, 베를린의 경제 발전과 도시 개발을 촉진하기 위해 설계되었음



출처: gmp architecture(2006)

그림 2-2-1 베를린 중앙역의 전경 및 내부

○ 현황

- 베를린 중앙역은 장거리 열차, 지역 열차, 광역철도, 지하철, 트램 및 버스, 자전거 대여 서비스 등을 제공하고 있음
- 역 내부는 18개의 선로를 갖추고 있으며, 북-남 방향의 선로는 지하에, 동-서 방향의 선로는 지상에 위치함
- 50,000m²의 사무실 공간 및 15,000m²의 상점, 레스토랑 등 다양한 상업 공간 존재
- 대규모 쇼핑센터와 밀접하게 연계하여 개발하였으며, 입체복합은 5개 층으로 구성되어 있고, 상업 및 근린생활 시설로 이루어져 있음

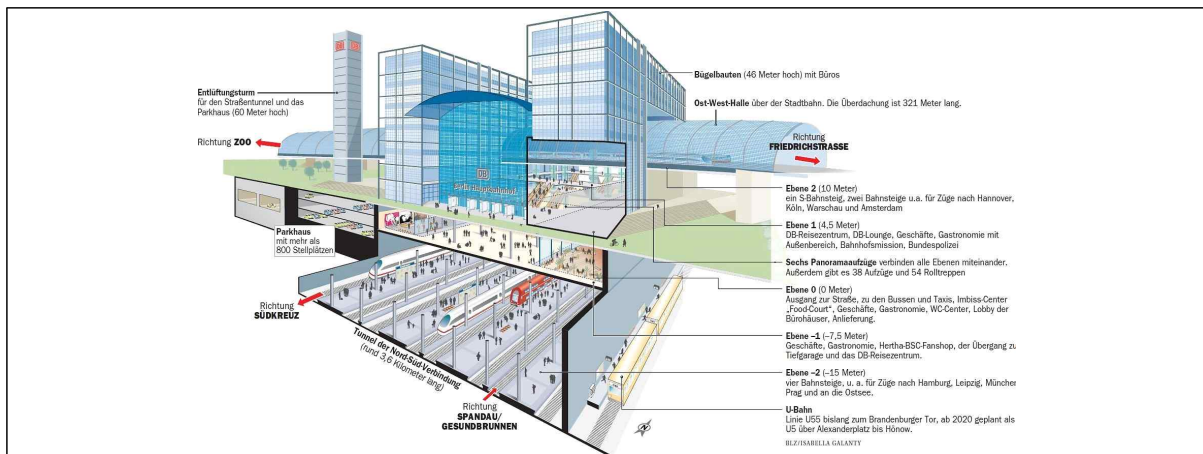
○ 주요 내용

- 스마트 모빌리티 허브로 첨단 기술과 지속 가능한 에너지를 결합하여 에너지 효율을 극대화하였음
 - 특히, 태양광 패널이 통합된 유리 지붕을 통해 친환경 에너지를 활용함

- 역 내부 구조는 고강도 철강과 유리 패널을 이용하여 자연광을 최대한 활용할 수 있도록 설계되어 역의 에너지 소비를 줄이는 데 기여함
- 스마트 교통 시스템을 도입해 기차, 버스, 트랩, 자전거 공유 등 다양한 교통수단 간의 원활한 연결을 지원하며, 다양한 모빌리티 옵션을 하나의 공간에서 제공함으로써 승객들은 빠르고 편리하게 수단 환승 가능함
- 스마트폰 앱과 실시간 정보 시스템을 통해 강화되었으며, 이를 통해 교통혼잡을 피하고 최적 이동 경로 선택이 가능함
- 또한 스마트 티켓팅 시스템 도입을 통해 다양한 교통수단을 하나의 시스템으로 이용할 수 있도록 지원함

○ 시사점

- 베를린 중앙역은 스마트 모빌리티 허브로 도시 교통 시스템에 큰 영향을 미침
- 태양광 패널 등 에너지 효율적 기술은 친환경 도시 개발의 중심 역할을 시사함
- 모빌리티 서비스 디지털화를 통해 승객들에게 편리하고 신속한 이동 경험을 제공함
- 실시간 교통 정보와 스마트폰 기반 예약 및 티켓팅 시스템이 교통 시스템을 혁신적으로 변화시켜 지속 가능하고 연결된 도시 생활의 핵심 요소가 될 수 있음



출처: gmp architecture(2006)

그림 2-2-2 베를린 중앙역의 내부 단면도

(2) 프랑스, 클레르몽페랑역(Gare de Clermont-Ferrand, 1855)

○ 사업 배경 및 목적

- 클레르몽페랑역은 프랑스 오베르뉴 지역의 중심지로서, 지역 경제 활성화와 관광객 유입을 촉진하기 위한 중요한 교통 거점으로 자리 잡고 있음
- 이 지역은 오랫동안 주요 교통 허브 역할을 해왔지만, 기존의 철도 인프라는 상당히 노후화되어 있었음

- 이에 따라 클레르몽페랑역은 현대적 교통수단과의 연결성을 강화하여 더 효율적이고 지속 가능한 교통 시스템을 구축하는 것을 목표로 삼고 있음
 - 이러한 계획은 지역 주민들에게 더 나은 이동 수단을 제공하고, 외부 관광객들을 유치하여 지역 경제를 활성화하는 데 중점을 두고 있음
 - 현대적 교통인프라와 서비스 개선을 통해 클레르몽페랑이 오베르뉴 지역의 핵심 교통 허브의 역할을 강화하고자 하는 목표를 갖고 있음



출처: Wikipedia(2024)

그림 2-2-3 클레르몽페랑역의 과거와 현재

- 현황
 - 역은 5개의 승강장과 여러 개의 선로를 갖추고 있으며, TER 오베르뉴-론알프 지역 열차와 인터시테(Intercités) 열차를 통해 파리, 리옹 등 주요 도시와 연결되어 있음
 - 역 주변에는 버스와 트램 등 대중교통과의 연계가 잘 되어 있어 도시 내 이동 편리
 - 인터시테 열차, 버스, 자전거 대여, 주차 시설 등의 시설이 갖추어져 있음
 - 클레르몽페랑역은 프랑스 오베르뉴 지역의 주요 철도 거점으로서, 이 지역은 뫼드돔(Puy de Dôme) 산을 비롯한 화산 지형과 풍부한 역사적 유산으로 유명하며, 미슐랭(Michelin) 타이어의 본사가 있는 산업 도시이기도 함
 - 2015년에 클레르몽페랑역은 대대적인 개편 작업을 통해 역내 다양한 교통수단의 재편이 이루어짐
 - 이 과정에서 보행자 구역과 공공 공간이 크게 개선되었으며, 일부 도로는 버스 전용 도로로 개편되어 대중교통의 접근성과 효율성이 강화됨
 - 역의 개편을 통해 현대적인 기능성과 전통적인 건축 양식이 조화를 이루고 있으며, 외관은 단출하고 실용적인 디자인으로 내부 공간은 승객들의 편의를 고려하여 설계
- 주요 내용
 - 클레르몽페랑역은 다양한 교통수단과 서비스 시설을 제공하는 현대적인 모빌리티 허브로 발전

- 이 역에서는 대중교통으로서 버스와 기차를 제공하며, 공유 모빌리티 서비스로는 자전거 대여, 택시, 카풀링 등이 있으며, 이러한 교통수단의 다양성을 통해 이용객들이 자신의 필요에 맞는 최적의 이동 수단을 선택할 수 있음
- 역 주변에는 공유 주차공간과 승객 승하차 구역이 마련되어 있으며, 물류와 화물을 위한 Loading zone도 갖추어져 있음
- 교통수단 간의 원활한 환승은 물론이며, 물류와 상업 활동이 효율적으로 이루어질 수 있도록 지원함
- 역 내에는 대기실, 쇼핑센터, 카페, 레스토랑 등의 다양한 서비스 시설이 마련되어 있어, 이용객들이 편리하게 시간을 보낼 수 있도록 설계됨
- 이러한 서비스 시설은 역을 단순한 교통 허브를 넘어 지역 주민들과 방문객들이 함께 이용할 수 있는 복합공간으로 만들어 줌

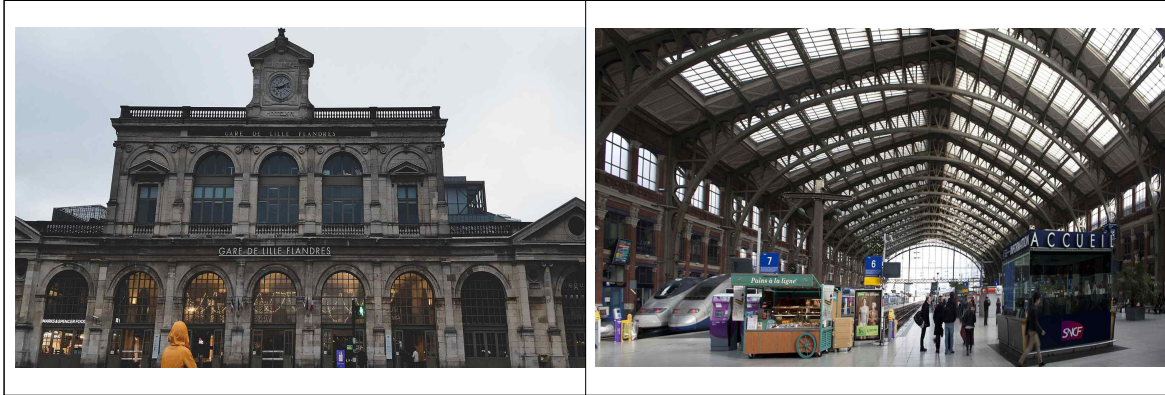
○ 시사점

- 클레르몽페랑역의 사례는 중소도시에서도 효과적인 모빌리티 허브가 성공적으로 구축될 수 있음을 보여주는 대표적인 사례임
- 전통적이고 노후화된 교통인프라를 현대화하고, 지속 가능한 교통수단을 통합하여 지역 경제에 긍정적인 영향을 미칠 수 있음을 시사
- 특히, 교통 인프라의 개선이 단순히 이동성을 높이는 것에 그치지 않고, 지역 경제 활성화와 도시의 전반적인 발전에도 중요한 기여를 할 수 있음을 보여줌
- 클레르몽페랑역은 기존의 노후화된 인프라를 현대화하고, 다양한 교통수단과 서비스를 통합하여 더 효율적이고 지속 가능한 교통 시스템을 구축하는 데 성공함
- 이에 따라 역은 지역 주민들과 방문객 모두에게 편리한 이동 수단을 제공하며, 지역 경제에 긍정적인 영향을 미치고 있음
- 이러한 사례는 다른 중소도시에서도 유사한 접근방식을 통해 지역 사회의 발전과 경제 활성화를 도모할 수 있음을 시사함

(3) 프랑스, 릴 플랑드르역(Gare de Lille-Flandres, 1842)

○ 사업 배경 및 목적

- Euralille 중앙 비즈니스 지구(CBD)와의 연계를 통해 지역 경제 활성화를 목표로 하고 있음
- 릴 플랑드르역을 중심으로 다양한 교통수단을 하나의 허브로 통합하였음
- 교통수단 간 원활한 연결을 제공하고 자동차 의존도 감소를 목표로 함
- 이를 통해 릴 플랑드르 지역을 비즈니스 및 상업 활동 중심지로 발전시키려는 의도를 가지고 있음



출처: Wikipedia, Gare de Lille-Flandres(2024)

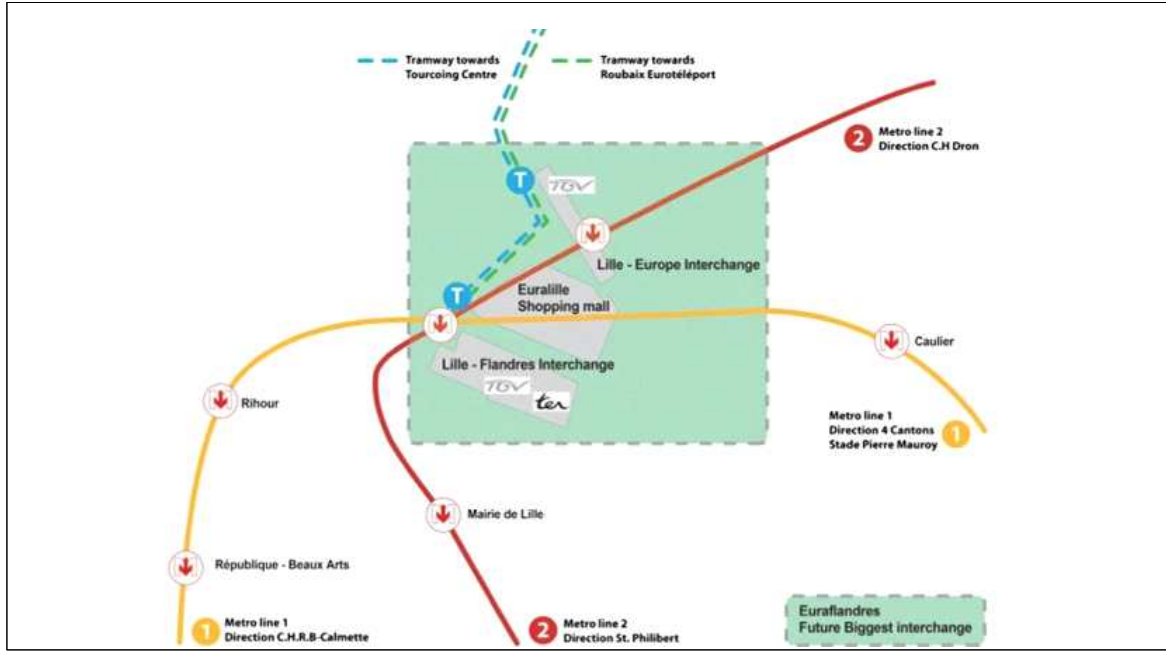
그림 2-2-4 릴 플랑드르 역사와 내부 모습

○ 현황

- 릴 플랑드르역은 고속 열차, 지역 열차, 메트로, 트램, 버스, 자전거 대여 등의 환승 교통수단 제공
- 주변 도로, 녹지 공간, 보도 현대화로 쾌적하고 편리한 환경을 제공하는 등 역 주변 도시 인프라를 개선함
- 120,000명 이상의 일일 승객을 처리하며, 지역 열차, 고속 국제 열차(TGV, 유로스타), 트램, 지하철, 버스, 자전거 공유 시스템을 통합하여 지속가능한 교통을 촉진함
- 또한, 릴 지역의 도시 재개발 프로젝트는 유라릴 비즈니스 지구와 주거개발을 포함하며, 단순한 교통개선뿐 아니라 삶의 질 향상을 목표로 함

○ 주요 내용

- Gare de Lille Glandres와 Gare de Lille-Europe을 하나의 환승 허브로 통합하여 다중 모드 교통 시스템을 구축함
- 지역 열차, 고속 열차, 트램, 지하철, 버스, 자전거 공유 시스템 등 13가지 교통수단을 통합해 이용자들이 교통수단 간에 쉽게 전환할 수 있도록 도와줌
- Euralille 비즈니스 지구와 주거지역 개발을 포함한 도시재생 프로젝트를 진행함
- 새로운 주택, 사회적 주택, 공공 편의시설 제공으로 지역 사회의 삶의 질 향상이 목표
- 스마트 티켓팅 시스템 및 실시간 교통 정보 제공으로 대중교통 이용 편의성 증대
- 무료 Wi-Fi 제공 및 자전거 공유 같은 친환경 교통수단 장려로 지속 가능한 이동성을 강화함
- 지속 가능한 교통 허브로써 자리매김하며, 도시재생과 교통 인프라 개선을 통해 지역 경제 활성화 및 삶의 질 개선에 기여함



출처: Heddebaut & Di Ciommo(2018)

그림 2-2-5 릴 플랑드르역의 기차, 지하철과 트램 노선의 연계 현황

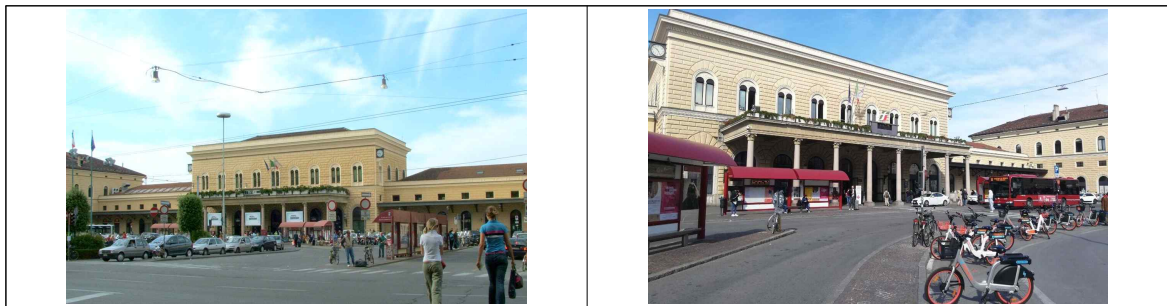
○ 시사점

- 릴 플랑드르역은 지속 가능한 교통 허브로서 도시발전과 지역 경제 활성화에 중요한 교훈을 제공함
- 다중 모드 통합을 통한 대중교통 접근성 및 효율성을 개선함
- 도시 전반적인 교통혼잡을 완화하고, 탄소 배출 감소에 긍정적 영향을 미침
- 교통 인프라와 도시재생의 결합을 통해 지역 경제 활성화 및 삶의 질 향상에 기여함
- 주거환경 개선 및 공공 편의시설 확충을 통해 지속 가능한 도시 개발 모범 사례를 제시함
- 스마트 기술을 활용한 교통 시스템을 통해 도시 내 이동 효율성을 극대화하며, 미래 스마트 시티의 중요한 모델이 될 수 있음을 시사함
- 실시간 교통 정보 제공 및 스마트 티켓팅 시스템 도입은 이용자의 편의를 향상해 효율적인 도시로의 전환을 가능케 함

(4) 이탈리아, 볼로냐 중앙역(Centro storico di Bologna, 1876)

○ 사업 배경 및 목적

- 볼로냐 중앙역은 이탈리아 북부와 남부를 연결하는 중요한 교통의 요지에 있으며, 고속철도(AV)를 통해 밀라노, 로마, 나폴리, 베니스 등 주요 도시와 연결됨
 - 이러한 지리적 위치 덕분에 볼로냐 중앙역은 이탈리아 전역을 이동하는 사람들에게 중요한 교통 허브 역할을 하고 있음
- 볼로냐 중앙역은 도시 중심부에 가깝게 자리해, 지역 대중교통 및 도보로 통해 주요 관광지에 쉽게 접근할 수 있는 편리한 접근성을 제공
 - 이러한 위치적 이점은 방문객과 지역 주민 모두에게 큰 편의를 제공하며, 볼로냐시는 지속 가능한 도시 이동성을 강화하기 위한 역 주변의 도시 재개발을 추진 중
- 특히, 보행자 중심의 공공 공간 조성과 교통혼잡 감소에 중점을 두고 있어, 볼로냐를 더욱 살기 좋은 도시로 만들기 위한 노력이 지속되고 있음



출처: Wikipedia, Stazione di Milano Centrale(2024)

그림 2-2-6 볼로냐 중앙 역사의 모습

○ 현황

- 볼로냐 중앙역은 고속철도, 지역 열차, 버스, 택시와 자전거 대여 서비스 등 다양한 환승 시스템을 제공하고 있음
- 볼로냐 중앙역은 이탈리아 북부 에밀리아로마냐주의 볼로냐시 중심부에 위치
 - 볼로냐는 이탈리아의 주요 교통 허브 중 하나로, 북부와 남부를 연결하는 중요한 지리적 위치를 차지함
 - 이 지역은 풍부한 역사와 문화, 그리고 활발한 산업 활동으로 유명한 지역 중 하나
- 이탈리아의 주요 도시인 밀라노, 피렌체, 로마, 베네치아 등을 연결하는 고속 열차 프레차로사(Frecciarossa), 프레차비앙카(Frecciabianca), 프레차젠토(Frecciargento) 등이 운행 중이며, 지역 열차와 국제 열차도 함께 운행되어 유럽의 다른 도시들로 이동이 가능
 - 이탈리아에서 분주한 철도역 중 하나로, 일일 평균 약 16만 명의 승객이 이용하며, 연간 약 5,900만 명 이상의 이용객 수를 기록 중

- 이는 볼로냐 중앙역이 국가 철도망에서 얼마나 중요한지를 보여주는 지표
- 역은 총 27개의 플랫폼을 갖추고 있으며, 지상과 지하에 걸쳐 있음
- 지상 플랫폼은 주로 지역 열차와 일부 장거리 열차가 이용하며, 지하에는 고속철도 전용 플랫폼이 위치
- 볼로냐 중앙역은 1876년에 처음 개통된 이후 여러 차례 확장을 거쳤으며, 특히 1980년 테러 공격으로 피해를 본 대기실은 현재도 기억의 공간으로 남아 있어 역사적 의미를 간직하고 있음
- 이러한 역사적 배경은 볼로냐 중앙역을 단순한 교통시설을 넘어, 지역 주민들과 방문객들에게 중요한 문화적 장소로 자리매김하였음

○ 주요 내용

- 볼로냐 중앙역은 다양한 교통수단과 서비스를 제공하여 이용자들이 편리하게 이동할 수 있는 환경을 조성하고 있음
- 이 역에서는 4개의 대중교통수단(버스, 기차, 트램, 수요응답형 운송)과 6개의 공유 서비스(공유 자동차, 공유자전거, 공유 Cargo-bike, 공유 전기 스쿠터, 공유 킥보드, 택시) 이용 가능
- 이러한 교통수단의 다양성은 이용자들에게 여러 선택지를 제공하며, 편리하고 효율적인 이동을 지원
- 볼로냐 중앙역에는 자전거와 오토바이 주차장, 자동차 주차장, 승객 승하차 구역, 물류 및 화물 상하차를 위한 Loading zone, EV 충전소, 주유소, 셀프 자전거 정비소 등이 마련되어 있어, 다양한 교통수단을 지원할 수 있는 인프라가 갖춰져 있음
- 이와 함께 대기실, 커뮤니티 센터, 짐 보관 서비스, 무료 와이파이, 쇼핑센터, 카페 및 레스토랑 등의 편의시설이 제공되어 이용자들이 쾌적하게 역을 이용 가능
- 이러한 시설들은 볼로냐 중앙역을 단순한 교통 허브 이상의 공간으로 만들어, 교통과 함께 다양한 활동이 이루어질 수 있는 복합공간으로 이용할 수 있음

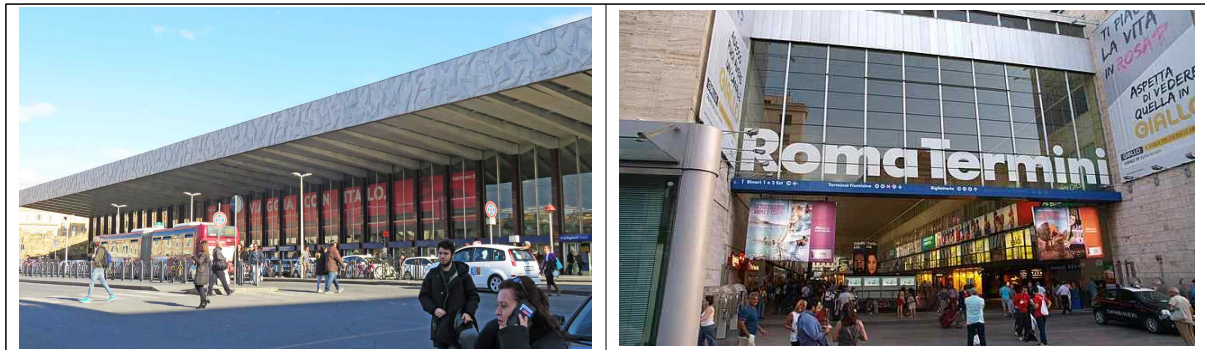
○ 시사점

- 볼로냐 중앙역은 다양한 교통수단을 통합하여 지속 가능한 교통 시스템을 구축한 훌륭한 사례 중 하나이자 교통 허브가 지역 사회와 역사, 그리고 현대적 필요를 어떻게 조화롭게 통합할 수 있는지를 보여주는 중요한 사례라고 할 수 있음
- 이 역은 버스, 기차, 트램과 같은 전통적인 교통수단 외에도 공유 자동차, 공유자전거, 공유 전기 스쿠터 등 새로운 교통수단을 성공적으로 통합하여 이용자들의 편의성을 극대화함
- 또한, 역사적 가치를 유지하면서도 현대적인 교통수요를 충족시킬 수 있는 역의 발전 방향은 다른 도시에도 적용할 수 있는 우수한 모델로 평가될 수 있음

(5) 이탈리아, 로마 테르미니역(Roma Termini, 1863)

○ 사업 배경 및 목적

- 로마 테르미니역은 이탈리아 전역의 고속철도 노선과 연결되어, 여행객들이 로마에서 이탈리아의 다른 주요 도시로 쉽게 이동할 수 있도록 하는 중요한 교통 허브라고 할 수 있음
- 이 역은 단순히 국내 교통을 연결하는 것에 그치지 않고, 유럽 각지에서 로마로 향하는 주요 국제 철도 노선들이 집중된 국제적인 교통 거점의 역할을 수행
 - 로마 테르미니역 주변 지역은 현재 재개발 프로젝트가 진행 중인데, 이 프로젝트는 도시의 교통 인프라와 상업적 공간을 현대화하는 데 중점을 둠
 - 이를 통해 역과 주변 지역의 경제적 가치를 높이고, 로마의 전반적인 도시발전을 촉진하려는 목표가 있음



출처: Wikipedia, Roma Termini railway station(2024)

그림 2-2-7 테르미니 역사의 모습

○ 현황

- 로마 테르미니역은 고속철도, 지역 및 국제 열차, 로마 메트로, 버스 또는 공항 셔틀, 트램, 택시와 같은 환승 시스템을 제공하고 있음
- 로마 테르미니역은 로마 시내 중심에 위치하여 콜로세움, 트레비 분수, 스페인 계단 등 유명 관광지와 가까우며, 이탈리아뿐만 아니라 유럽 전체에서 바쁜 철도역 중 하나
 - 연간 약 1억 5천만 명 이상의 승객이 이용하는 이탈리아 최대의 철도역으로 일일 평균 승객 수는 약 48만 명에 달하며, 이는 역의 중요성과 교통량을 보여줌
- 총 33개의 플랫폼을 갖추고 있으며, 고속 열차 프레차로사(Frecciarossa), 프레차젠토(Frecciargento), 이탈로(Italo) 등을 통해 밀라노, 나폴리, 피렌체, 베네치아 등 이탈리아 주요 도시와 연결됨
- 또한 국제 열차를 통해 파리, 뮌헨, 빈 등 유럽의 주요 도시와도 연결됨

○ 주요 내용

- 로마 테르미니역은 다양한 교통수단과 서비스를 제공하여 이용자들에게 편리한 이동

환경을 제공

- 이 역에서는 4개의 대중교통수단(버스, 기차, 지하철, 트램)과 3개의 공유 서비스(공유 자동차, 공유자전거, 택시)를 이용 가능
 - 또한, 로마 테르미니역에는 자전거 주차장과 오토바이 주차장, EV 충전소, 주유소 등이 마련되어 있어, 다양한 교통수단을 지원할 수 있는 인프라를 갖추
- 레오나르도 다 빈치 국제공항(Fiumicino Airport)까지 연결하는 레오나르도 익스프레스(Leonardo Express) 열차가 운행되어 공항 접근성도 우수함
- 대기실, 커뮤니티 센터, 무료 와이파이, 쇼핑센터, 카페 및 레스토랑 등의 편의시설이 제공되어 이용자들이 편리하게 다양한 시설을 이용할 수 있음
- 이러한 시설들은 로마 테르미니역을 단순한 교통 허브 이상의 공간으로 만들어, 교통과 함께 다양한 활동이 이루어질 수 있는 복합공간으로 기능하게 함

○ 시사점

- 로마 테르미니역은 다양한 교통수단을 통합하여 승객들에게 편리한 서비스를 제공하는 현대적인 교통 허브의 대표적인 사례
- 역 내에 설치된 디지털 안내판과 키오스크는 승객들에게 실시간 열차 시간표, 플랫폼 정보 및 기타 대중교통 옵션을 제공하여 이동의 편리함을 극대화
- 여러 교통수단을 하나의 티켓으로 이용할 수 있는 통합 티켓 시스템이 도입되어 있어, 승객들의 편의성을 더욱 높이고 있음
- 이러한 통합 시스템과 편의시설의 구축은 로마 테르미니역이 국제적인 교통 허브로서의 위상을 유지하며, 지속 가능한 도시 교통 시스템의 발전을 이끌어가는 중요한 역할을 하고 있음을 시사함



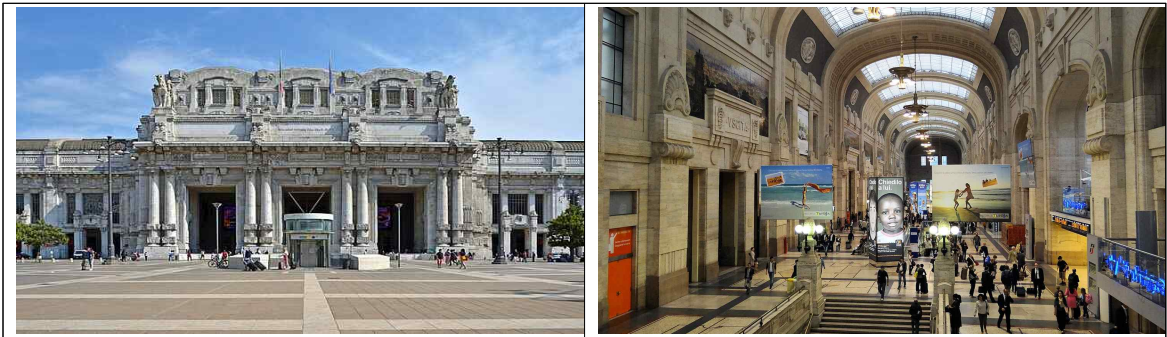
출처: Trainline(2024)

그림 2-2-8 로마 테르미니역의 전경

(6) 이탈리아, 밀라노 중앙역(Stazione di Milano Centrale, 1863)

○ 사업 배경 및 목적

- 밀라노 중앙역은 이탈리아와 유럽의 주요 도시 간의 교통 연결을 강화하는 전략적 목적이 있음
 - 밀라노는 유럽 대륙의 주요 경제 축에 있으며, 이에 따라 밀라노 중앙역은 이탈리아와 유럽 간의 교통과 경제활동을 연결하는 중요한 허브로 자리 잡고 있음
- 초기 개장 이후 여러 차례의 개보수와 확장을 거치며, 밀라노 중앙역은 밀라노가 유럽의 경제 중심지로서 기능을 강화하는 데 중요한 구실을 해옴
- 이 역은 단순한 교통 거점을 넘어, 밀라노의 경제적, 문화적 중심지로서 도시발전의 핵심 인프라로 자리매김하고 있음



출처: Wikipedia, Stazion di Milano Centrale(2024)

그림 2-2-9 밀라노 중앙역의 전경 및 내부

○ 현황

- 밀라노 중앙역은 고속철도, 지역 열차와 메트로, 버스, 트램, 택시, 자전거 대여, 차량 공유 서비스와 같은 환승 시스템을 제공하고 있음
- 밀라노 중앙역은 이탈리아 북부 롬바르디아주의 밀라노에 위치하며, 도시의 주요 교통의 허브라고 할 수 있음
- 밀라노 중앙역은 총 24개의 플랫폼을 갖추고 있으며, 다양한 노선의 열차가 운행됨
 - 플랫폼은 지상에 위치하며, 프레차로사(Frecciarossa), 프레차젠토(Frecciargento), 이탈로(Italo) 등 고속 열차는 로마, 나폴리, 피렌체, 베네치아 등의 주요 도시로 빠르게 이동할 수 있도록 하며, 국제 열차를 통해 유럽 각지와도 연결되어 있음
- 친환경 기술을 도입하여 지속 가능한 교통 허브로도 자리잡음
 - 이는 밀라노가 지속 가능한 도시 개발을 추구하는 방향성과 일치하며 이탈리아 내에서 좋은 사례 중 하나라고 할 수 있음

○ 주요 내용

- 밀라노 중앙역은 4개의 대중교통수단(버스, 기차, 지하철, 트램)과 4개의 공유 서비스

(공유 자동차, 공유자전거, 공유 키포드, 택시)를 이용 가능

- 지하철은 M2와 M3선으로 환승이 가능하며, 말펜사 공항(Malpensa Airport), 리나테 공항(Linate Airport), 오리오 알 세리오 공항(Orio al Serio Airport)으로 가는 셔틀버스와 열차가 운영되어 공항으로의 접근성 또한 용이
- 밀라노 중앙역에는 전용 주차장, 에너지 효율적인 조명 시스템과 EV 충전소가 마련되어 있으며, 이외에도 자전거 주차시설도 보유
 - 이와 함께 대기실, 커뮤니티 센터, 수화물 보관함, 무료 와이파이, 쇼핑센터 등의 편의시설이 제공
- 밀라노 중앙역은 단순한 교통 허브 이상의 역할을 수행하며, 교통과 함께 다양한 활동이 이루어질 수 있는 복합공간으로 자리잡음

○ 시사점

- 밀라노 중앙역은 단순한 교통 허브를 넘어, 밀라노의 경제 및 문화적 중심지와 통합된 허브의 역할을 수행
 - 이 역은 밀라노가 패션과 디자인의 중심지라는 이미지와 결합하여, 고급 상업 공간과 서비스를 제공함으로써 이용객들에게 차별화된 경험을 제공하는 사례
- 또한, 밀라노 중앙역의 친환경적 접근은 지속 가능한 도시 개발을 목표로 하는 현대 도시의 중요한 사례로 평가될 수 있음
- 통합적이고 혁신적인 접근을 통해 밀라노 중앙역이 단순한 교통 거점이 아닌, 도시의 경제적, 문화적 발전을 이끄는 중요한 엔진으로서 기능하고 있음을 보여줌



출처: gettyimages, Stazione di Milano Centrale (2024)

그림 2-2-10 밀라노 중앙역의 열차 승강장

(7) 네덜란드, 위트레흐트 중앙역(Utrecht Centraal Station, 1843)

○ 사업 배경 및 목적

- 네덜란드 중심에 있는 350,000명 이상의 인구를 가진 도시로, 앞으로의 인구, 경제, 교통수요의 증가가 예상됨
- 2040년까지 인구 450,000명에 도달할 것으로 예상되며, 교통수요 또한 35% 증가가 전망됨
- 현재 지속 가능한 도시 이동성을 관리하는 것이 중요한 과제로 떠오르고 있음
- 위트레흐트 중앙역은 주요 멀티모달 허브로, 자전거, 버스, 기차, 전기차 충전소 등을 통합한 형태로 지속 가능한 교통수단을 장려하고, 도심 혼잡을 줄이는 것을 목표로 함



출처: Archdaily, Utrecht Centraal station(2024)

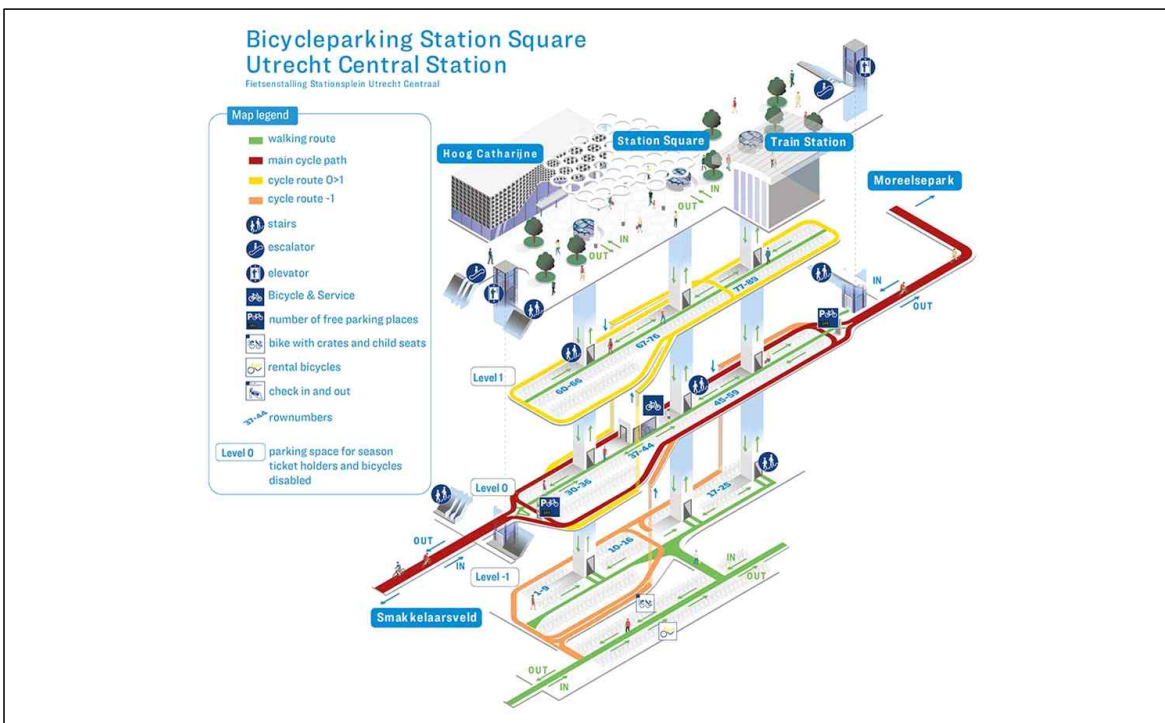
그림 2-2-11 위트레흐트역의 전경 및 내부

○ 현황

- 위트레흐트 중앙역은 고속 열차, 국내 열차, 트램, 버스와 자전거 대여 서비스 등의 환승 시스템을 제공하고 있음
- 위트레흐트 중앙역은 네덜란드 국내 철도망과 국제 열차 망을 연결하는 중심 허브 역할을 하며, 16개의 플랫폼을 갖추고 있음
 - 위트레흐트 중앙역은 26,030m²로 네덜란드 최대 규모를 자랑하며, 일일 약 18.6만 명 이상의 승객이 이용하고 있음
 - 암스테르담, 로테르담, 헤이그 등 주요 도시와 연결되며, 국제 고속 열차를 통해 독일, 벨기에, 프랑스 등의 유럽 주요 도시로 이동이 가능
- 역은 대규모 재개발을 통해 현대적인 건축 양식을 반영한 투명한 유리와 강철 구조의 건물을 갖추고 있으며, 승객의 동선을 최적화하는 공간 설계와 넓은 대합실을 제공
- 역 주변에는 버스 터미널과 트램 정류장이 있어 시내·외로 이동이 쉬우며, 암스테르담 스키폴 공항과도 연결되어 있음

○ 주요 내용

- 위트레흐트 중앙역은 네덜란드에서 가장 큰 모빌리티 허브로서 기차, 버스, 트램, 자전거 등의 다양한 교통수단을 통합해 운영 중
 - 자전거를 이용이 많은 국가답게 역 주변에는 세계 최대 규모인 12,500대를 수용할 수 있는 자전거 주차장이 마련되어 있으며, 최첨단 기술이 적용되어 이용자들에게 편리함과 안전성을 제공
 - 시민들은 자전거를 이용해 편리하게 접근하고 5분 내로 기차 플랫폼에 도착 가능
- 파크앤라이드(P+R) 시스템을 통해 도심 외곽에 주차한 차량이 대중교통으로 쉽게 연결될 수 있도록 지원
 - 이를 통해 도시 내 자동차 의존도를 줄이고 대중교통 이용을 촉진하고
 - 이와 함께 교통관리 시스템과 신호등 최적화를 통해 보행자와 자전거 이용자의 이동을 더욱 안전하고 효율적으로 개선
- 위트레흐트역은 인프라 지원을 통해 지속 가능한 도시 이동성 계획(SUMP, Sustainable Urban Mobility Plans)의 일환으로 추진되었으며, 도시 중심부로의 자동차 진입을 제한하고 대신 대중교통이나 자전거 이용을 유도하는 모빌리티 관리 전략이 적용되고 있음
- 이러한 기술을 통해 위트레흐트 중앙역은 네덜란드의 지속 가능한 도시 교통을 구현하는 대표적인 허브로 자리매김하고 있음



출처: Architoure, Utrecht Centraal station(2024)

그림 2-2-12 위트레흐트 역사 내 보행로 및 자전거 통로

○ 시사점

- 위트레흐트 중앙역은 지속 가능한 도시 교통 시스템 구축에 있어 여러 중요한 시사점을 제공함
 - 다양한 교통수단의 통합 운영을 통해 이용자들에게 편리하고 효율적인 이동 환경을 제공할 수 있음을 보여주는 사례
 - 기차, 버스, 트램, 자전거 등이 하나의 허브에서 통합되어 운영됨으로써 승객들은 자신에게 가장 적합한 교통수단을 선택할 수 있고, 이를 통해 환승이 쉬워짐
- 파크앤라이드(P+R) 시스템의 도입은 도심 내 자동차 의존도를 감소시키는 효과적인 전략으로 보임
 - 외곽지역에 주차한 후 대중교통으로 시내에 진입할 수 있도록 함으로써 도심 교통량을 줄이고, 주차 공간 부족 문제 해소 가능
- 자전거 이용을 적극적으로 장려함으로써 친환경 교통수단의 활용을 극대화할 수 있음을 입증하는 사례이며, 교통관리 시스템과 신호등 최적화를 통해 보행자와 자전거 이용자의 안전성과 이동 효율성을 향상할 수 있음을 시사함
- 위트레흐트 중앙역의 사례를 통해 다양한 교통수단의 통합, 친환경 교통수단의 장려, 스마트 기술의 도입 등을 통해 교통 효율성과 환경 보호를 동시에 달성하는 것이 가능하다는 대표적인 사례로 보임

(8) 네덜란드, 스키폴 공항(Sciphol airport, 1863)

○ 사업 배경 및 목적

- Royal Sciphol Group(RSG)은 세계에서 가장 지속 가능하고 혁신적인 공항을 만들기 위해 노력하고 있으며, 교통수단의 원활한 통합과 향상된 이동 경험을 목표로 하고 있음
 - 공항의 교통량과 승객의 수요가 꾸준히 증가하면서, 기존 공공 교통 인프라의 확장이 필요해짐
 - 이를 위해 스키폴 공항은 멀티모달 허브 프로젝트(MHS)를 추진 중임
 - 스키폴 공항은 다양한 교통수단의 원활한 통합과 새로운 교통수단의 도입을 통해, 환경 측면에서 지속 가능한 이동성과 효율성을 강화하려는 목적을 가지고 있음



출처: Schiphol(2024)

그림 2-2-13 스키폴 공항과 연결된 기차역(좌)과 버스터미널(우)

○ 현황

- 스키폴 공항은 철도, 버스, 자동차와 택시, 자전거 대여 등의 환승 시스템을 제공하고 있음
- 기존 플라자 앞의 교통 기능을 인근 Koepelstraat로 이전하고, 버스 또는 열차 플랫폼 개선을 위한 공간 확보를 위한 Forecourt 준비 작업이 진행 중임
 - 새로운 버스 플랫폼과 캐노피를 설치하고, 택시 및 호텔 셔틀을 위한 차선과 자전거 보관소를 추가하는 작업이 진행 중임
- 스키폴 공항의 열차역은 네덜란드에서 가장 큰 역 중 하나로, 증가하는 대중교통 이용자를 수용할 수 있도록 플랫폼 및 관련 인프라 개선을 하고자 함
- Royal Schiphol Group(RSG)과 델프트 공대의 산업 디자인 엔지니어링(IDE) 연구팀은 ‘Accelerating Innovation’ 프로젝트에서 협업 프로젝트를 진행 중
- 해당 프로젝트는 자율 기술 도입, 팬데믹 대응 회복력, 지속 가능한 멀티모달 허브 설계를 주요 연구 과제로 설정함

○ 주요 내용

- 하이퍼루프, eVTOL, 자율주행차 등 새로운 교통수단을 도입하여 지속 가능한 이동성을 촉진하고, 공항의 환경적 영향을 줄이고자 함
- 스키폴 공항과 델프트 공대의 협업인 ‘Accelerating Innovation’ 프로그램은 크게 3가지 주요 분야에 중점을 두고 있음
 - 첫 번째는 자율주행 차량이나 자율 물류 시스템과 같은 기술의 도입이 공항 운영에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 영향을 미치는지에 대한 실질적인 연구를 통해 자율 기술을 도입하는 것임
 - 두 번째는 감염병 예방 및 통제를 위한 시스템 설계와 운영 계획을 수립하고 있으며,

이러한 시스템이 공항의 운영 및 승객의 경험에 미치는 영향을 고려하고자 하였음
· 마지막으로 하이퍼루프, eVTOL 등 미래형 교통 모빌리티를 스키폴 공항 시스템에 통합

- 이를 통해 공항이 교통수단의 원활한 환승을 지원하고, 지속 가능성, 사용자 경험, 접근성을 극대화하는 방안을 제시하고자 함

○ 시사점

- 단순한 교통 경유지가 아닌, 경제 성장과 디지털 혁신의 중심지로서 미래형 공항 모델을 제시하였음
- MHS 프로젝트는 증가하는 승객 수요와 공항의 이용량에 대응하기 위해 진행되고 있으며, 이는 다른 공항들이 향후 교통수요를 미리 고려하여 인프라를 확장하는 데 있어 중요한 참고 자료가 될 수 있음
- 스키폴 공항의 멀티모달 허브는 도시와 공항을 더 밀접하게 연결하여, 공항이 단순한 여행 거점에서 벗어나 도시 경제 및 생활의 일부로 통합될 수 있음을 보여줌
- 이는 경제 활성화와 도시발전에 중요한 역할을 할 수 있으며, 공항이 지역 사회와 더 긴밀히 협력하는 사례로서 제시될 수 있음

나. 북미

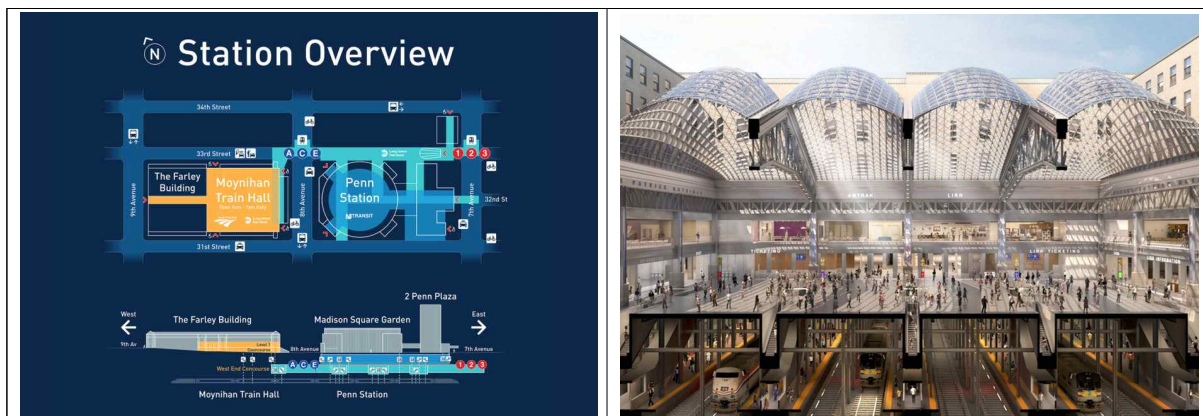
(1) 미국, 뉴욕 펜역(Penn station, 1910)

○ 사업 배경 및 목적

- 뉴욕의 펜역은 미국에서 가장 바쁜 교통 허브 중 하나로, 매일 수백만 명의 통근자와 관광객들이 이용하는 핵심 철도 및 대중교통 노선의 교차점임
 - 역은 1910년 개통되었으며, 승객 혼잡 문제와 접근성 부족, 노후화된 시설로 인해 현대적인 교통수요를 충족하지 못하였음
 - 따라서 통근자 중심의 교통 허브로 탈바꿈을 목표로 현재 재건 사업이 진행 중
- 확장된 여객 공간, 접근성 향상, 안전한 통로 및 주변 지역과의 통합된 연결성을 제공하는 것을 목표로 하고 있음
- 이를 통해 뉴욕의 핵심 교통 중심지의 기능을 강화하고, 역을 세계적 수준의 환승 허브로 만드는 것이 목적임

○ 현황

- 펜역은 장거리 고속 열차, 롱아일랜드 열차, 뉴저지 열차, 지하철, 버스 등의 환승 시스템을 제공하고 있음
- 펜역의 하루 이용자 수는 현재 60만 명으로 뉴욕의 교차로 역할을 하고 있음
- 재건계획 전의 펜역은 혼잡한 여객 공간, 복잡한 통로, 제한적인 엘리베이터와 에스컬레이터로 인해 차량 정체와 접근성 문제를 겪고 있었음
- 하지만 현재 주변인 7번가와 33번가 입구와 같은 주요 개선사항은 완료되었으며, 이를 통해 승객 접근성과 엘리베이터 이용의 편의성이 크게 향상되었음
- 또한, 롱 아일랜드 철도(LIRR) 및 지하철과의 연계성을 강화하고 더 넓은 대기 공간과 개선된 승객 안내 시스템을 갖추게 되었음



출처: Moynihan Train Hall(2024), CURBED(2018)

그림 2-2-14 모이니한역과 펜역의 단면도(좌)와 펜역의 대합실(우)

○ 주요 내용

- 구체적인 연계 교통시설로는 Amtrak, 롱 아일랜드 철도, 뉴저지 철도, 메트로 6개 노선, 그레이하운드 버스 등이 있으며, 펜역과 인근 34th street-herald square 지하철역 간의 연결통로가 새로 마련되어 승객 이동이 더 쉬워짐
 - 모이니한 기차역과 뉴욕 펜역의 연계를 통해 기차와 지하철이 통합된 하나의 모빌리티 허브 역할을 하고 있음
- 승객 대기 공간을 약 두 배로 확장하여 더 많은 여객을 수용할 수 있도록 계획하였으며, 새로운 18개의 에스컬레이터와 11개의 엘리베이터가 설치되도록 계획되었음
 - 공공 공간에 대한 투자가 활발하게 이루어져 더 넓은 보도, 이벤트 및 특별 행사를 위한 공간, 개선된 길 찾기 및 특수 가로등이 포함되어 개선될 전망이다

○ 시사점

- 펜역은 뉴욕시의 핵심 교통 허브를 현대화함으로써, 교통혼잡을 줄이고 도시의 지속 가능한 인프라를 강화할 수 있는 중요한 계기를 제공함
- 엘리베이터와 에스컬레이터의 확충으로 교통약자를 포함한 다양한 이용자들이 더 편리하게 접근할 수 있으며, 전반적인 접근성이 향상됨
- 펜역의 재건 프로젝트를 통해 공공 공간과 주변 상업 및 주거지역에 더 나은 통합을 이루며, 도시재생과 경제 발전에도 긍정적인 영향을 미칠 것으로 기대됨

(2) 미국, 보스턴 - Go Hubs! 프로젝트

○ 사업 배경 및 목적

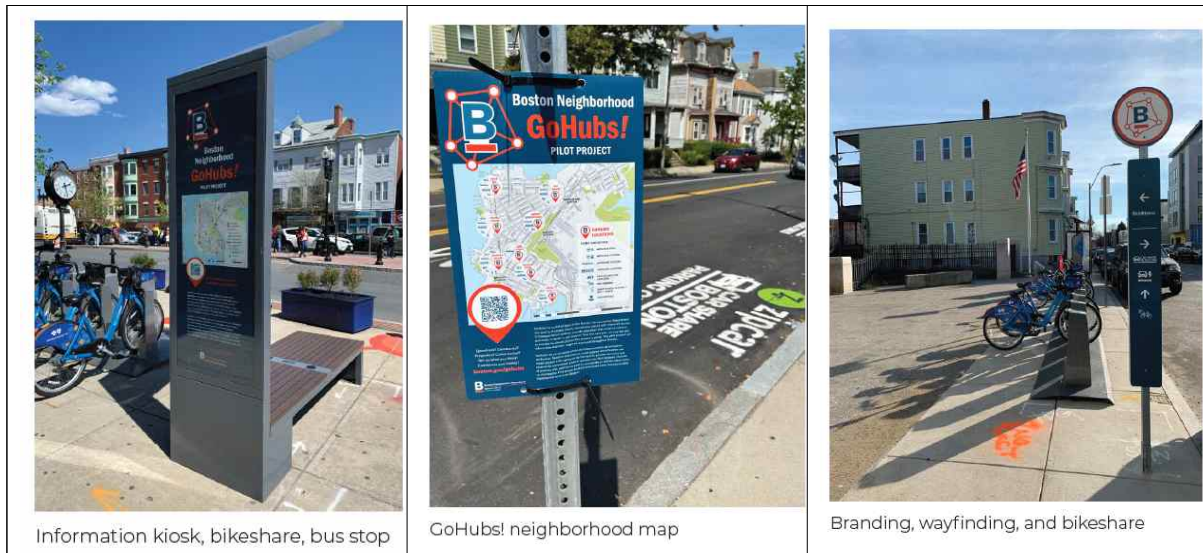
- 미국 보스턴의 “Go Hubs!” 프로젝트는 Go Boston 2030 계획의 일환으로, 보스턴 주민들에게 더욱 접근성 있고 공평한 이동 수단을 제공하고, 기후 변화에 대응하는 지속 가능한 교통 인프라 구축을 목표로 하고 있음
- 개인 차량 이용감소, 교통혼잡 완화, 대중교통과의 원활한 연결을 통해 도시 내 이동 편의를 개선하는 것을 목표로 하고 있음
- 이를 통해 도시 재 교통혼잡을 완화하고, 시민들이 대중교통, 자전거, 전기차 등 다양한 교통수단을 더 쉽게 이용할 수 있는 무공해 교통 인프라를 제공하고자 함

○ 현황

- Go Hubs! 프로젝트는 자전거 공유, 버스, 지하철 등의 교통수단을 통합하고 스마트 사이니지를 통해 정보를 제공하고 있음
- Go Hubs! 프로젝트는 초기 단계에서 East Boston을 포함한 여러 지역에서 시범 운

영을 시작하였음

- 2020년부터 시작된 해당 시범 프로젝트는 보스턴 내 여러 지점에서 8개의 위치가 선정되었으며, 일부 허브에서는 스마트 벤치가 설치되어 와이파이 및 충전 기능을 제공
 - 이는 주민들이 편리하게 다양한 교통수단을 이용할 수 있도록 돕고 있으며, 특히 환경친화적인 이동 수단에 대한 접근성을 크게 향상시키고 있음
- 특히, 자전거 공유 스테이션, 전기차 충전소, 카셰어링 공간 등이 설치되었으며, 이는 Boston 전체의 교통 접근성을 높이는 데 기여하고 있음



출처: “Go Hubs!” City for Boston’s mobility hub guidebook(2022)

그림 2-2-15 “Go Hubs!” 프로젝트의 안내표지판

○ 주요 내용

- Go Hubs!는 공유자전거 시스템, 전기차 충전소, 차량 공유, 대중교통 등을 한 공간에 통합하여 승객들이 필요에 따라 교통수단을 쉽게 변경할 수 있도록 설계되었음
- 스마트 벤치와 같은 단순한 휴식 공간을 넘어서 와이파이 제공 및 충전 기능, 실시간 교통 정보 시스템을 통해 각 교통수단의 현황을 확인할 수 있어, 승객들이 교통 혼잡을 피하고 최적의 이동 경로를 선택할 수 있음
- Go Hubs!는 단순한 교통 허브를 넘어, 일부 허브에서는 로컬 이벤트 및 커뮤니티 정보를 제공
 - 주민들이 공용공간을 활용할 수 있는 환경을 조성함으로써 지역 경제와 커뮤니티 활성화에도 기여하고 있음

○ 시사점

- Go Hubs!는 자가용 의존도를 줄이고, 대중교통 및 친환경 교통수단을 활성화함으로

- 교통혼잡을 줄이고, 탄소 배출을 감축하는 성공적인 사례로 평가될 수 있음
- 이는 다른 도시에도 지속 가능한 교통 인프라 구축을 위한 모델로 활용될 수 있으며, 지역 특성에 맞춘 교통 시스템 통합이 중요한 교훈으로 작용할 수 있음
- 스마트 벤치와 같은 혁신적 인프라를 통해 교통 시스템뿐만 아니라 디지털 연결성을 강화하여 스마트 시티 구현에도 중요한 역할을 하고 있음
- 또한, 허브는 각 지역의 교통 특성 및 주민 요구에 맞춰 설계되었으며, 이는 지역 기반의 교통 허브가 어떻게 도시 전반의 이동성을 개선할 수 있는지를 보여줌

(3) 캐나다, 케네디역(Kennedy station, 1980)

○ 사업 배경 및 목적

- Kennedy Station Mobility Hub 프로젝트는 토론토 및 해밀턴 대도시 지역(GTHA)의 중요한 교통 허브로서, 대중교통의 원활한 연결과 도시 성장에 대응하는 지속 가능한 교통 인프라를 제공하기 위해 시작되었음
- 2008년 발표된 Metrolinx의 “The Big Move” 계획에 따라, 케네디역은 주요 모빌리티 허브로 지정됨
 - 이를 통해 토론토 및 해밀턴 지역의 교통혼잡을 해결하고 도시 접근성을 개선하는 것을 목표로 하고 있음
- 케네디역은 다양한 교통수단을 연결하는 주요 환승 허브로서 기능하며, 보행자와 자전거 이용자의 접근성을 향상하는 것 또한 목표로 하고 있음

○ 현황

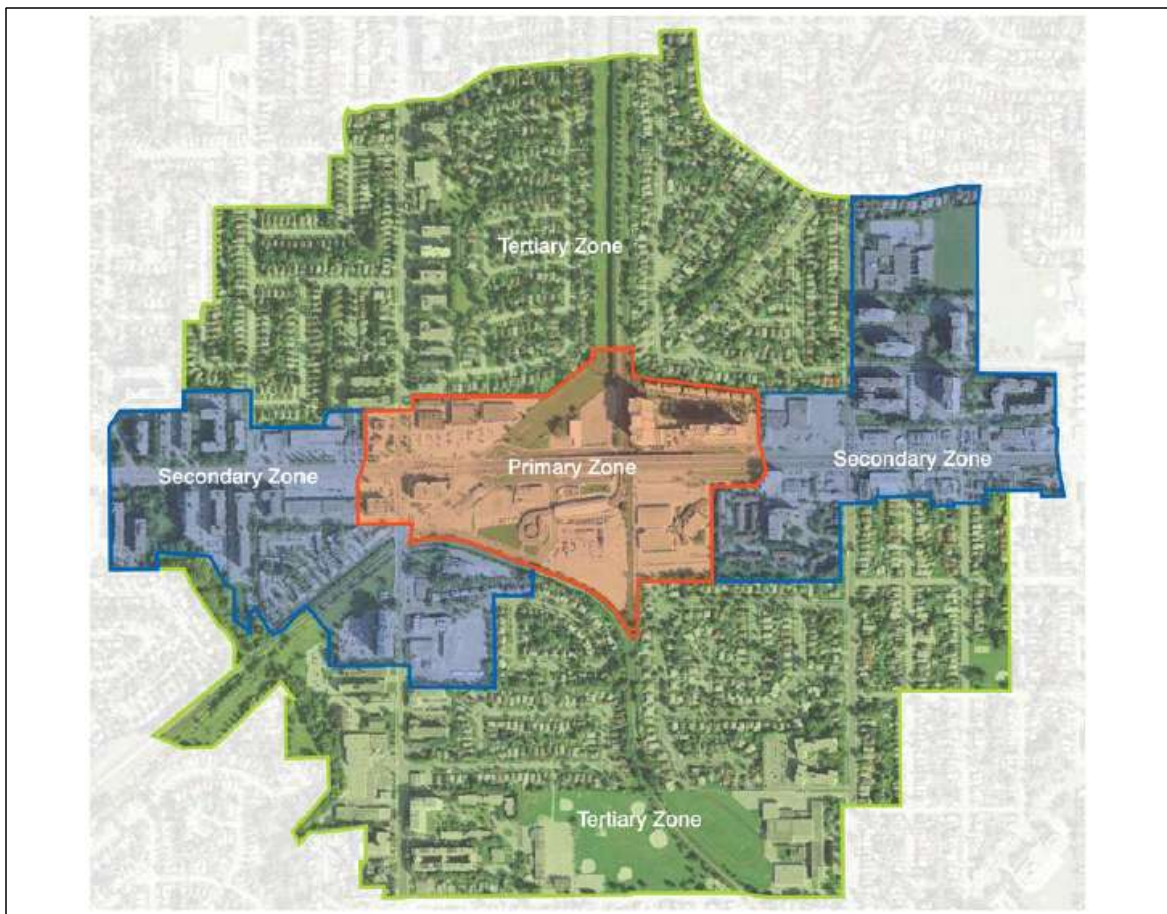
- 케네디역은 지하철, 버스, 통근 열차, 자동차와 자전거 등의 환승 시스템을 제공하고 있음
- 현재 케네디역은 토론토 교통국(TTC), 통근 열차와 광역버스, 지하철 노선을 포함한 여러 대중교통수단을 연결하는 중요한 환승 허브로 작동하고 있음
- 케네디역을 둘러싼 지역은 크게 세 가지 구역(Primary zone, Secondary zone, Tertiary zone)으로 나눌 수 있음
 - Primary zone은 케네디역을 중심으로 한 반경 250m 이내의 지역, Secondary zone은 Primary zone을 중심으로 한 반경 500m 이내의 지역, Tertiary zone은 Secondary zone 외곽의 반경 800m 이내의 지역으로 이루어져 있음

○ 주요 내용

- Primary Zone은 앞서 언급했듯이 Kennedy station을 중심으로 한 반경 250m 내의

지역으로, 가장 높은 밀도의 개발이 이루어져 있음

- 다양한 교통수단(버스, 기차, 경전철 등)을 원활하게 연결하고, 환승 시스템을 최적화하며, 혼합용도 건물(상업 및 주거) 개발을 통해 지역 경제 활성화를 목표로 함
- Secondary Zone은 Primary Zone을 둘러싼 반경 500m 이내의 지역으로, 상업 및 주거 위주로 개발이 되어 있음
 - 해당 구역은 1차 구역과의 연결성을 강화하기 위해 보행자와 자전거 인프라의 개선을 중점으로 되어 있음
 - 도로 네트워크나 인도, 공공 공간을 재설계하거나 확장하여, 보행자와 자전거 이용자들이 더 안전하고 편리하게 케네디역으로 접근할 수 있도록 하는 것이 목표임
- Tertiary Zone은 Primary Zone과 Secondary Zone의 외곽 반경 800m 이내의 지역으로, 주로 주거지역으로 이루어져 있음
 - 해당 지역 또한 자전거 및 보행 네트워크 인프라 연결성을 두고 있으나, 가장 큰 목표는 케네디역으로의 직접적이고 빠른 연결에 중점을 두고 있음



출처: Kennedy station mobility hub(2024)

그림 2-2-16 케네디역을 중심으로 구성된 세 구역의 현황

○ 시사점

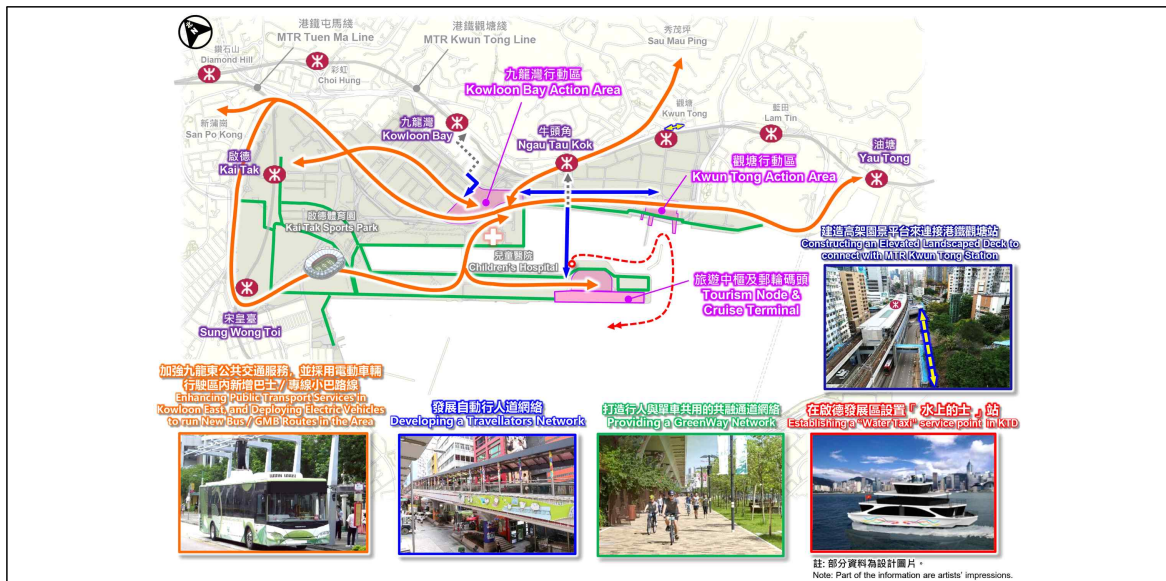
- Kennedy Station Mobility Hub 프로젝트는 도시 교통 허브의 재구성을 통해 도시 내 교통 문제를 해결하고, 보다 지속 가능한 도시 개발을 추구하는 중요한 사례로 평가될 수 있음
 - 특히, 보행자와 자전거 인프라 개선을 통해 자전거 의존도를 줄이고 대중교통 이용을 장려하는 등 지속 가능한 도시 개발에 중요한 시사점을 제공함
- 해당 프로젝트를 통해 새로운 상업 및 주거 공간이 창출되며, 지역 주민들에게 더 많은 일자리와 기회를 제공할 수 있음
- 이는 지역 경제의 활성화로까지 이어질 수 있으며, 궁극적으로는 지역 사회의 전반적인 생활 수준을 향상하는데 기여할 수 있음

다. 아시아

(1) 홍콩, 카오룽 시티

○ 사업 배경 및 목적

- Kowloon East(KE)는 홍콩의 두 번째 주요 중앙 비즈니스 지구로 발전 중이며, EFLS(Environmentally Friendly Linkage System)는 KE 지역의 교통수요를 해결하고, 지속 가능한 교통 연결을 촉진하기 위해 제안되었음
- 카오룽 베이 액션 지역(Kowloon Bay Action Area, KBAA)을 중심으로 군통 액션 지역(Kwun Tong Action area, KTAA)를 포함한 다양한 지역을 연결하는 친환경 교통수단 도입이 목표임
- 목표는 카오룽 지역의 교통 효율성을 높이고, 환경친화적인 교통수단을 확충하여 도보와 자전거 이용을 촉진하며, 대중교통 시스템의 편리성을 강화하는 것임



출처: Multi-modal EFLS for Kowloon East(2020)

그림 2-2-17 카오룽 시티의 다수단 이용 현황

○ 현황

- 카오룽 지역은 MTR, 버스, 택시 등 다양한 교통수단이 존재하며, 교통수요의 증가와 주요 도로 및 철도 네트워크와의 연결성 부족으로 해당 프로젝트를 진행 중
- EFLS는 이러한 문제를 해결하고자 KE 지역을 환경친화적으로 개발하고, 교통수단 간 원활한 연계 및 환승 시스템을 구축하는 것을 목표로 함
- 현재 일부 구역은 2019년에 완공되었으며, 전체 프로젝트의 완성은 2032년 완공을 목표로 진행 중임

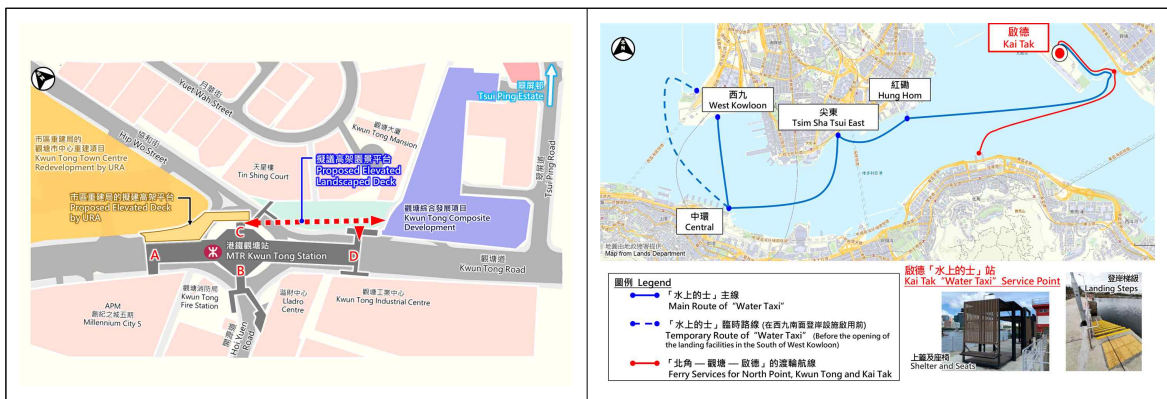
○ 주요 내용

- Kai Tak, KBAA, KTAA를 연결하는 여행자 네트워크 시스템을 구축하여 보행자 또는 자전거 이용자의 연결성을 증대시킴
 - 자전거와 보행자가 함께 이용할 수 있는 Greenway 네트워크를 조성하며, 산책로 및 공공 공간을 연결함
- MTR 관동역과 주변 지역을 연결하는 고가 조경 데크를 건설하여 역 혼잡을 완화하고 보행자 흐름을 개선함
- Kai Tak 지역 내 수상 택시 정류장을 설치하여 수상 교통 연결성을 증대시킴



출처: Multi-modal EFLS for Kowloon East(2020)

그림 2-2-18 카오롱 시티의 보행자 통로(좌)와 자전거 통행이 가능한 Greenway(우)



출처: Multi-modal EFLS for Kowloon East(2020)

그림 2-2-19 카오롱 시티의 고가 조경데크(좌)와 워터택시 서비스 현황(우)

○ 시사점

- EFLS의 도입으로 전기차, 수상 택시 등 다양한 교통수단 간의 원활한 환승 가능성을 증대시킴
- 여행자 네트워크 및 Greenway 시스템을 통해 도보 및 자전거 이동의 편의성을 높이고, 친환경적 도시 개발을 촉진함

- 수상 택시, 전기차와 같은 친환경 교통수단 도입으로 카오롱 지역이 지속 가능한 교통 시스템을 갖출 것으로 기대됨
- 철도 역사에 인공 데크를 활용한 보행자 네트워크를 포함하고 있으며, 그 밖에 문화시설이나 상업시설이 다양하게 복합된 형태로 개발되었음

(2) 일본, 나고야역(Nagoya station - JR central tower, 1886)

○ 사업 배경 및 목적

- 나고야역은 일본 열도의 중앙에 있는 교통 허브로, 신칸센, JR 철도, 지하철, 버스 등 다양한 교통수단을 통해 일본 전역을 연결하는 역할을 함
- 1999년 완공된 JR 센트럴 타워는 나고야역의 재개발 프로젝트의 일환으로, 교통 중심지의 역할을 강화하고, 상업 공간과 복합 문화 공간을 포함한 현대적인 인프라를 제공하기 위해 개발되었음
- 노후화된 역사를 시대에 부응하는 복합화 된 종합 터미널역으로 구축하기 위해 도시 재생 측면에서 개발된 사례로, 단순히 교통 인프라를 개선하는 것에 그치지 않고 지역 경제 활성화와 도시 기능 확장을 목적으로 추진되었음



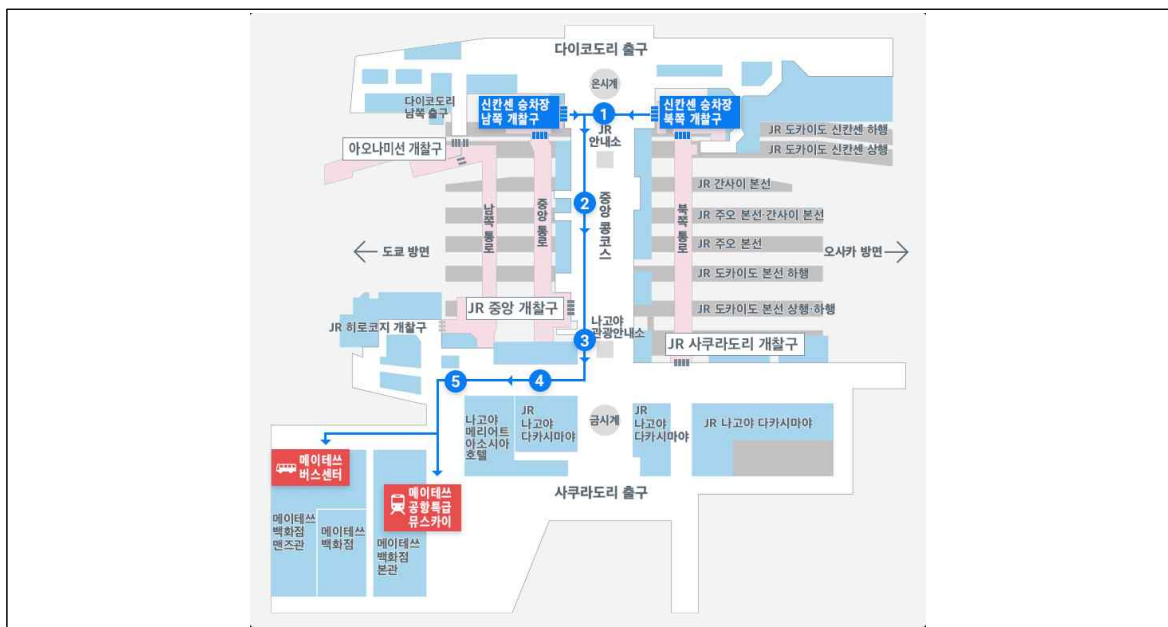
출처: Nagoya Station(2024), KPF(1999)

그림 2-2-20 나고야역의 센트럴 타워(좌)와 역의 전경(우)

○ 현황

- 나고야역은 고속철도, JR 철도, Aonami 철도, 지하철 등의 환승 서비스를 제공하고 있음

- 나고야역은 세계에서 큰 기차역 중 하나로, 매일 수십만 명의 승객이 이용하고 있으며, 일본 내 주요 도시들인 도쿄, 오사카, 교토와 신칸센을 통해 빠르게 연결됨
 - 역 내부에는 JR 센트럴 타워가 솟아 있으며, 이곳은 고급 호텔, 백화점, 오피스 공간, 레스토랑 등 다양한 상업 및 문화시설을 포함하고 있음
 - 나고야역은 신칸센 외에도 지하철과 버스 노선과도 연결되어 있으며, 인근 지역으로의 접근성을 높이고 있음
- 나고야역에는 신칸센을 포함한 재래선, 지하철, 시내버스와 고속버스, 자전거 공유 시스템 등 다양한 교통수단이 결합한 멀티모달 허브로서, 이용자들이 필요에 따라 다양한 교통수단을 선택할 수 있는 편리한 교통망을 제공함



출처: Centrair(2024)

그림 2-2-21 나고야역의 환승 도면

○ 주요 내용

- JR 센트럴 타워는 추가로 건설된 건물로, 더 많은 상업 및 오피스 공간을 제공하며, 쇼핑몰과 연결되어 있어 나고야역을 방문하는 고객들에게 다양한 쇼핑 및 문화 경험을 제공할 수 있음
- 철도 인프라와 더불어, 나고야역은 지역 버스, 메이테쓰 철도, 긴테쓰 철도와 연결되어 있어 나고야뿐만 아니라 일본 중부 지역으로의 이동성을 크게 개선함
- 나고야역의 주변 지역은 상업 및 주거 시설로 빠르게 발전하고 있으며, 도카이도 신칸센과 추오 신칸센의 개발로 향후 더욱 발전할 것으로 기대됨
 - 특히, JR 중앙선, 신칸센, 지하철, 버스, 택시 등 다양한 교통수단이 연결된 중앙 환승 허브로서 기능하고 있어 이러한 통합적인 환승 시스템은 교통혼잡을 줄이고, 승객들의 이동 경험을 향상하는 중요한 요소로 작용하고 있음

○ 시사점

- 나고야역은 교통 인프라의 중앙 허브로서, 일본 내 교통망을 효율적으로 연결하고 지역 경제 발전에 기여하고 있음
- JR 센트럴 타워와 JR 게이트 타워는 단순한 교통 허브를 넘어 상업, 업무, 문화공간을 함께 제공함으로써 도시의 중심 역할을 수행하고 있음
- 미래지향적 도시 개발의 모범 사례로, 교통 인프라와 상업 공간의 결합을 통해 일본의 다른 도시 개발 프로젝트에 중요한 시사점을 제공하고 있음

(3) 일본, 난바역(Namba station, 1935)

○ 사업 배경 및 목적

- 오사카의 난바역은 일본 간사이 지역에서 가장 중요한 교통 허브 중 하나로, 다양한 철도 노선이 교차하는 지역임
- 난바역은 특히 간사이 국제공항과의 직통 연결로 외국인 관광객과 지역 주민에게 중요한 역할을 하고 있음
- 난바역과 난바 파크스(Namba parks)를 중심으로 한 개발 프로젝트는 난바 지역을 현대화하고, 교통과 상업적 지능을 효율적으로 통합하여 지역 활성화와 편리한 환승을 지원하는 것을 목표로 함
- 해당 프로젝트는 관광객과 지역 주민 모두를 위한 편리한 교통 연결 및 상업적 인프라를 구축하는 데 중점을 두어 완료되었음

○ 현황

- 난바역은 난카이 전철, 긴테쓰 펄도, 한신 전철, JR 야마토지 선 및 오사카 메트로 등 여러 철도 노선을 통합하는 중요한 교통 허브로, 오사카와 간사이 지역 내 다양한 목적지로서의 접근성을 제공함
- 간사이의 각 지역과 간사이국제공항을 최단으로 연결하는 특급 철도 'Rapi:t'를 통해 공항과 오사카 중심부를 연결하는 중심 역할을 수행
- 쇼핑몰 난바 파크스는 8층에 걸쳐 250여 개의 매장이 입점해 있는 복합 상업시설로, '자연과의 공생'이라는 목표로 내건 옥상정원과 협곡을 연상하게 하는 건축물의 외관을 가지고 있음
- 장소의 공공성에 대한 기억을 도심지 재생에 이용하였으며, 단계별 개발을 통한 지속적인 공간 이용 및 이윤을 창출함



출처: City of Osaka Japan(2020)

그림 2-2-22 간사이 공항으로 가는 특급 열차(좌)와 오사카 난바역의 플랫폼(우)

○ 주요 내용

- 난바역은 JR 난바역, 난카이 난바역, 긴테쓰 오사카난바역, 한신 난바역을 포함한 여러 주요 철도 노선이 모여있는 교통의 중심지임
 - 해당 역을 통해 오사카 시내뿐만 아니라 교토, 나라, 와카야마 등 주요 관광지로 쉽게 이동할 수 있음
- 난바 파크스는 난바역과 직접 연결되어 있어, 환승객이 편리하게 쇼핑과 식사를 즐길 수 있는 복합 문화 공간으로 구성되어 있음
 - 외국인 관광객을 위한 면세 서비스 및 다국어 지원시설도 갖추고 있어 글로벌 허브의 역할을 하고 있음

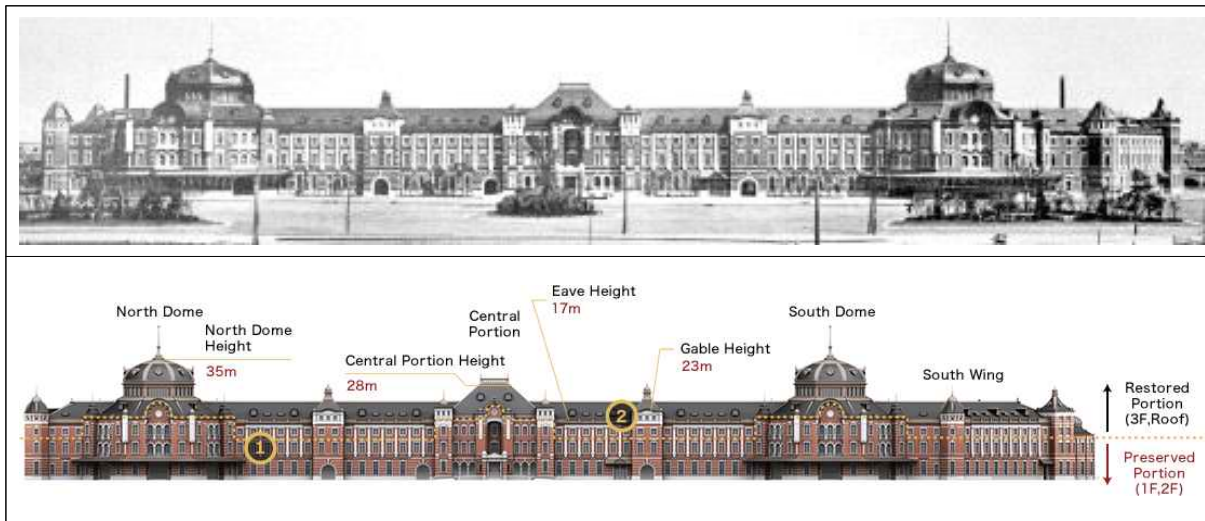
○ 시사점

- 난바역은 교통 허브의 기능을 넘어, 상업 및 관광의 중심지로서 오사카 남부지역의 중요한 역할을 하고 있어 난바 파크스와 같은 상업시설과의 통합은 지역 경제 활성화와 함께 관광객 유치를 강화하는 효과를 가져옴
 - 교통과 관광지 간의 효율적인 연결을 통해 외국인 관광객들에게 편리한 여행 경험을 제공함
 - 난바역과 주요 관광지 간의 높은 연결성은 오사카를 찾는 관광객들에게 더 나은 서비스를 제공할 수 있는 중요한 요소임

(4) 일본, 도쿄역(Tokyo station, 1914)

○ 사업 배경 및 목적

- 도쿄역은 일본 도쿄의 중심부에 있는 일본의 대표적인 철도 허브로, 일본의 교통과 도시 개발의 중요한 거점으로 기능해 왔음
- 해당 역은 개장 이후 일본의 근대화 과정에서 중요한 역할을 했으며, 현재는 일본 전역으로 연결되는 교통의 중심지일 뿐 아니라 중요 문화재로 지정된 역사적 건축물임
- 도쿄역은 단순한 교통시설을 넘어 비즈니스, 쇼핑, 관광, 문화의 중심지로 거듭나고자 하는 목표를 가지고 있으며, 이러한 목적을 달성하기 위해 대규모 재개발 프로젝트가 수십 년에 걸쳐 단계적으로 진행되었음
- 특히 2007년부터 2012년까지 이루어진 대규모 복원 작업은 역사적 건축물의 보존과 현대적인 안전 기준을 반영한 내진 보강 작업을 포함하고 있어, 문화적 상징성과 현대적 기능을 결합한 사례로 평가받고 있음



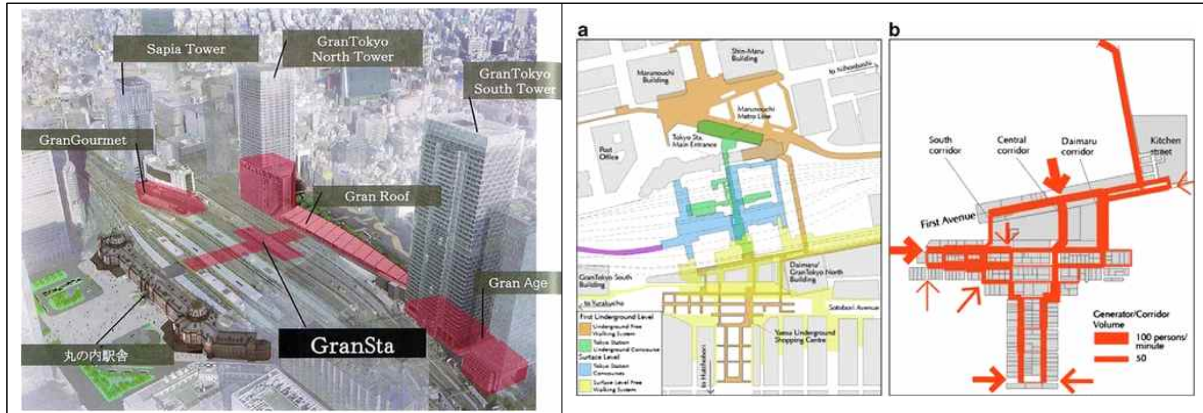
출처: Zazharias et al.(2011)

그림 2-2-23 도쿄역의 원래 모습(위)과 도쿄역 재건 후 모습(아래)

○ 현황

- 도쿄역에는 JR 동일본 노선, JR 중앙, 야마노테, 도카이도 신칸센, 지하철 마루노우치 선 등이 연결되어 있어, 도쿄 시내를 물론 일본 전역으로 이동할 수 있음
- 도쿄역은 하루 약 46만 명의 승객이 이용하며, 지상과 지하를 포함한 총 28개의 플랫폼이 다양한 노선을 운영하고 있음
- 또한, 역 내부에는 그란스타(Gransta) 쇼핑몰과 같은 대규모 상업지구가 있으며, 일본 특유의 라면을 즐길 수 있는 ‘도쿄 라멘 거리’와 다양한 캐릭터 상품을 판매하는 ‘도쿄 캐릭터 거리’가 이용객들에게 인기를 끌고 있음
- 이러한 상업지구는 역 내부뿐만 아니라 지하 보행 네트워크와도 연결되어 있어 역

의 상업적 및 관광적 가치를 높이고 있음



출처: Zazharias et al.(2011)

그림 2-2-24 도쿄역과 Gransta 중심의 재개발 프로젝트(좌)와 도쿄역 보행 시스템(우)

○ 주요 내용

- 도쿄역 재개발 프로젝트는 크게 두 가지 축으로 구분됨
- 첫째는 역사적 건축물의 복원과 상징성 강화이며, 2차 세계대전 중 손상된 도쿄역의 붉은 벽돌 외관과 돔형 지붕을 1914년의 원형대로 복원하며, 역의 역사적 가치를 강조하는 동시에, 새로운 보행자 네트워크를 구축해 접근성을 개선하였음
- 둘째는 상업 및 업무 공간의 증대로 JR 동일본은 도쿄역을 중심으로 고층 오피스 빌딩과 상업시설을 연결하는 ‘도쿄 스테이션 시티’ 프로젝트를 추진하여, 도쿄역 자체를 단순한 교통 허브를 넘어 도시의 상업적, 문화적 중심지로 발전시키고자 하였음

○ 시사점

- 도쿄역은 모빌리티 허브가 단순한 교통 중심지를 넘어, 복합적인 상업, 문화, 업무 공간으로 발전할 수 있음을 보여줌
- 특히, 철도 중심의 도시 개발 모델을 극대화하여, 역 자체를 하나의 도시적 공간으로 재구성함으로써 높은 승객 유입량을 유도하고 있음
- 또한 도쿄역 재개발 프로젝트는 역사적 가치를 보존하면서도 현대적인 편의성을 제공하고, 상업적 이익을 극대화할 수 있는 모델을 제시함
- 이를 통해 교통 인프라와 도시 공간을 유기적으로 결합하여, 도시의 다기능화 및 이용자 경험을 풍부하게 하는 발전 가능성을 엿볼 수 있음

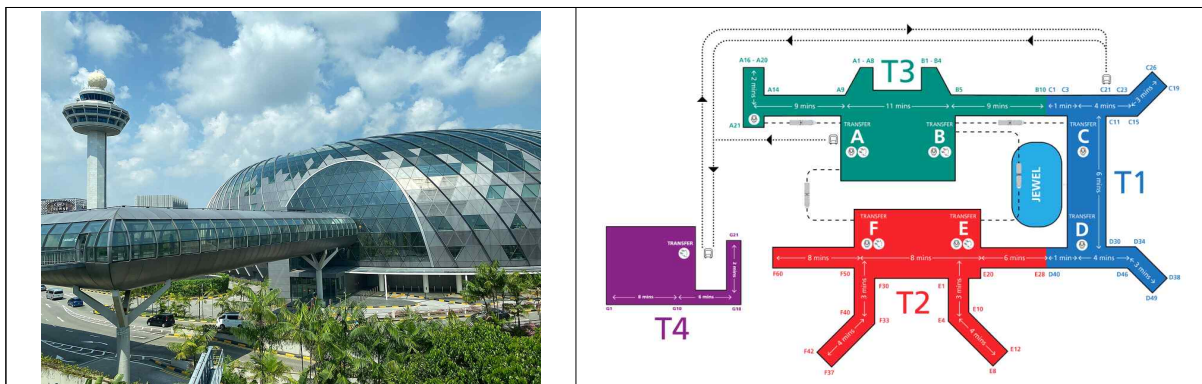
(5) 싱가포르, 창이공항역(Changi Airport MRT station, 2002)

○ 사업 배경 및 목적

- 창이 국제공항은 아시아-태평양 지역의 주요 항공 허브로 자리 잡고 있으며, 싱가포르의 글로벌 연결성을 강화하고 다양한 국가와의 무역 및 관광을 활성화하기 위해 개발되었음
- 항공 교통량의 지속적인 증가와 싱가포르의 경제 성장에 따라 공항의 확장 및 개선이 필요하게 되었으며, 이를 위해 터미널 확장 및 신규 터미널(T5) 개발이 계획되었음 (현재 계획단계)
- 인천 국제공항, 홍콩 국제공항 등 아시아 주요 공항들과의 경쟁에서 우위를 점하기 위해 친환경 인프라, 스마트 기술 도입 등 혁신적이고 지속 가능한 공항 운영 방식을 채택하였음

○ 현황

- 창이 국제공항은 항공뿐 아니라 다양한 시내 및 시외버스 노선이 공항을 통해 운행되며, 공항과 싱가포르 전역, 일부 국경을 넘어 말레이시아와도 연결되어 있음
- 현재 T1부터 T4까지 총 4개의 터미널이 운영 중이며, 이들 터미널은 연간 9천만 명 이상의 승객을 처리할 수 있는 능력을 갖추고 있음. 계획 중인 T5까지 완공되면 공항의 전체 여객 수용 능력은 연간 1억 3천만 명 이상으로 증가할 예정임
- 공항은 MRT와 직접 연결되어 있으며, 도시 중심부까지 20분 이내에 도달할 수 있도록 설계되어 있음
- 공항에서 도심까지 20분 이내의 거리로 택시 및 Grab과 같은 라이드셰어 서비스가 빈번히 이용되고 있음
- 추가로, 공항 내에는 다수의 쇼핑 및 식음료 시설뿐만 아니라 수영장, 나비 정원, 실내 공원 등 다양한 여가 및 휴식 공간이 마련되어 있음

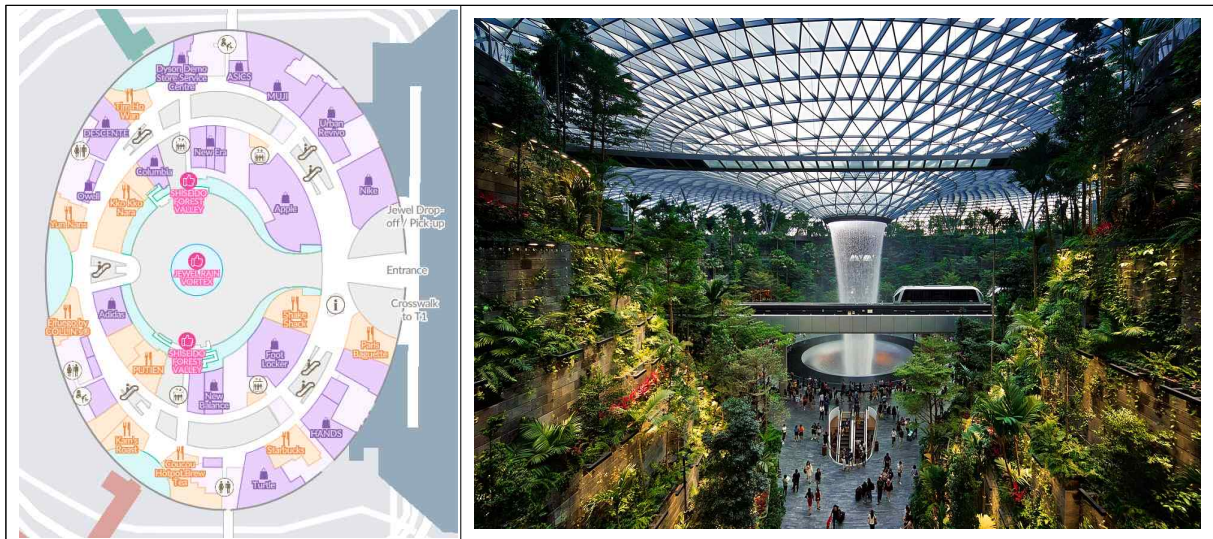


출처: Wikipedia, Changi Airport MRT station(2024)

그림 2-2-25 창이 국제공항(좌)과 창이 국제공항의 터미널(우)

○ 주요 내용

- 2019년에 개장한 대규모 복합쇼핑몰 및 자연 친화적인 주얼 창이(Jewel Changi)는 공항 내에서 승객과 방문객 모두에게 쇼핑, 식사, 자연 체험 등을 제공하고 있음
- HSBC Rain Vortex라는 세계 최대 규모의 실내 인공 폭포가 설치되어 있어, 공항 방문 자체가 관광 및 여가 활동으로 자리매김하고 있음
- 창이공항의 터미널들은 자동화 시스템과 스마트 기술이 대거 적용되어 있으며, 승객의 체크인부터 출국까지의 모든 과정이 디지털화 및 자동화됨
- 또한 공항 내의 모든 건축물 및 운영 시스템은 에너지 효율성을 극대화하기 위해 친환경 기술이 반영됨



출처: Wikipedia, Changi Airport MRT station(2024)

그림 2-2-26 주얼 창이 지도(좌)와 주얼 창이 내부 사진(우)

라. 국외 모빌리티 허브 주요 키워드

- 국가 및 도시 특성에 따른 매우 다양한 유형 존재
 - 인구밀도, 도시 구조, 교통수단의 발전 정도에 따라 모빌리티 허브의 형태가 달라지며, 각 도시의 특수한 요구와 기후적, 지리적 조건이 반영됨
 - 대도시는 대규모 인프라와 다양한 교통수단을 연계하는 복합환승센터로 발전하며, 중소도시와 농촌 지역은 근거리 이동에 적합한 소규모 허브로 구성되어 지역 특성 반영
- 철도 중심의 통합 교통 시스템 구축
 - 많은 해외 모빌리티 허브에서는 철도를 핵심적인 교통수단으로 고려하고 있으며, 장거리 이동과 도시 내 교통을 연결하는 주요 역할을 담당

- 다양한 교통수단이 통합되며, 고속철도, 광역철도, 지하철 등이 한데 모여 도시 간 이동과 지역 이동성을 모두 지원하는 시스템을 구축
- 버스, 자전거, 보행자 경로가 연결되며, 이에 따라 철도를 이용하는 승객들이 퍼스트 마일 및 라스트 마일 이동을 원활하게 할 수 있도록 환승이 제공
- 멀티모달 환승 플랫폼
 - 승객들이 한 플랫폼 내에서 다양한 교통수단을 효율적으로 갈아탈 수 있도록 설계
 - 환승 구역은 동선 최소화를 목표로 설계되며, 승강장 간 거리를 줄이고 통합 환승 플랫폼을 제공하여 승객들이 교통수단을 이용할 때 신속하게 이동할 수 있도록 지원
- 스마트 교통 정보 시스템
 - 모빌리티 허브의 환승 효율성을 높이기 위해 스마트 교통 정보 시스템을 도입하여 이용객들의 편의를 도움
 - 실시간 교통 정보를 제공하여 승객들이 각 교통수단의 운행 상황, 혼잡도, 도착 시간 등을 실시간으로 확인 가능
 - 디지털 키오스크, 모바일 애플리케이션 등을 통해 승객들이 직관적으로 환승 경로와 교통수단의 상태를 확인할 수 있도록 하여, 불필요한 대기시간을 줄이고 원하는 목적지까지 편리하게 길을 찾을 수 있음
- 지속 가능성을 고려한 친환경 설계
 - 해외 모빌리티 허브들은 친환경 교통 시스템을 구축하여 지속 가능한 이동성을 강조
 - 자전거, 전기차, 공유 차량 등 친환경 교통수단을 지원하는 인프라가 마련되어 있으며, 이는 탄소 배출량 감소와 도시 내 교통혼잡 완화에 기여
 - 재생 에너지를 활용한 지열 시스템, 태양광 패널 등을 통해 에너지 효율을 높이며, 녹지 공간을 조성하여 도심 열섬 현상을 완화하고자 함
- 이용자 중심의 편의시설 구성
 - 승객들이 편리하게 이용할 수 있도록 짐 보관 서비스, Wi-Fi, 스마트 벤치, 충전소 등 다양한 편의시설이 설치
 - 환승 대기 구역에는 편안한 휴식 공간이 제공되며, 무료 인터넷 서비스를 통해 승객들이 작업이나 커뮤니케이션을 원활하게 할 수 있는 환경이 마련

3. 환승 안전 및 편의 기술 동향

가. 국내외 환승 안전 및 편의 기술 동향

(1) 역사 내 구조 개선 사례(국토교통부, 2018)

○ 실시간 가변동선 유도시스템

- 목적

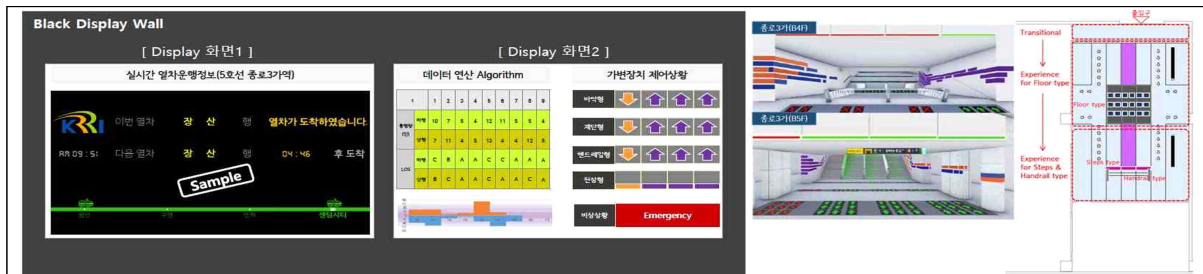
- 역사 내 혼잡구간 충돌, 동선 상충 및 혼잡을 이용객 이동 특성을 분석해 분리대, 조명 등을 활용해 제어하여 방지해 이동시간 단축

- 세부 내용

- 이용객의 역사 유형별 이용 및 이동 특성 분석
- 가변 동선 분리기와 정보·신호네트워크 시스템의 연계운영기술 개발
- 역사동선 최적화 설계 기술 및 가변동선에 따른 보행자 통행 모형 및 예측 프로그램 개발

- 도입 효과

- 시뮬레이션을 통해 예산을 절감하면서도 동선 최적화 가능 및 보행 시 혼잡 구간 사전 탐지 가능



출처: 국토교통부(2018)

그림 2-2-27 실시간 가변동선 유도시스템 표출화면 예시

○ 다구간 이동시스템

- 목적

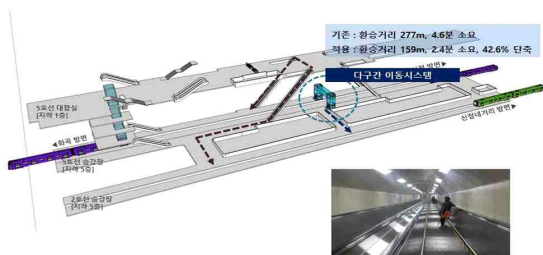
- 긴 이동·환승거리에 대하여 최단 운행로를 통하여 수직·수평 구간을 연속운행 할 수 있는 이동시스템 개발

- 세부 내용

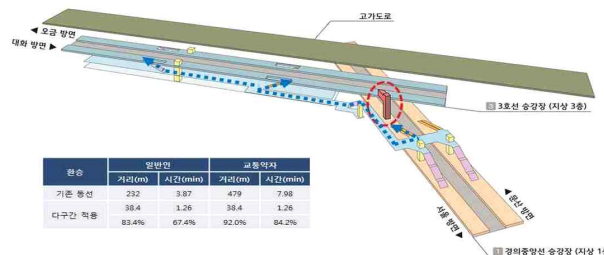
- 기존 승강기는 수직 방향으로만 이동 가능하여 방향 전환이 필요하다면 승강기 하차 후 도보하는 번거로움이 있었음
- 따라서 엘리베이터의 연속적인 방향전환장치를 개발하고, 역사 내 또는 타 교통시설

의 공간에서 수직·수평구간의 최적 설계 기술 활용하여 수직·수평이동이 가능하도록 한 승강기를 개발함

- 환승시간 및 거리를 단축시키고, 도시철도 이용자 수를 증대시키며, 구조물 개선에 소요되는 천문학적인 비용에 대하여 저비용 고효율의 개선방안을 제시한 의의가 있음
- 도입시 승강기 설치 개소 감소를 통한 예산 절감 및 동선 효율화를 기대할 수 있음



<까치산역>



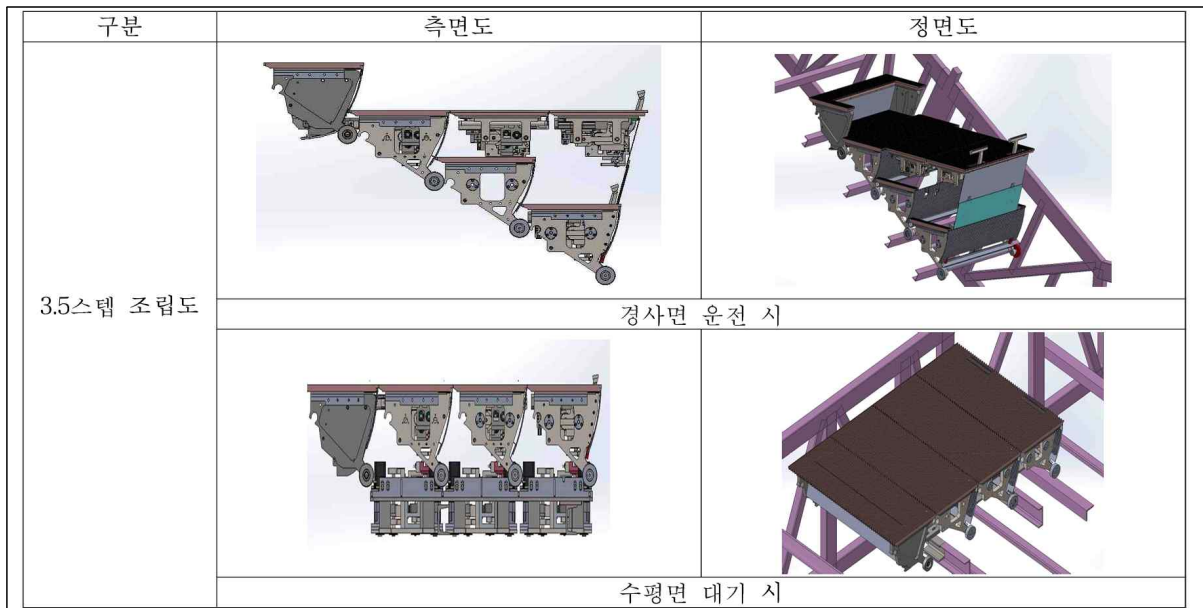
<대곡역>

출처: 국토교통부(2018)

그림 2-2-28 다구간 이동시스템 시작품과 적용 예시(역안내도 반영)

- 교통약자 겸용 ES 실시설계
 - 목적

- 일반인 이용객과 같이 교통약자가 탑승이 가능한 에스컬레이터를 개발하여 교통약자의 이동시간 단축과 편의성 향상
- 세부 내용
 - 역사 내 최적 동선에 설치된 에스컬레이터에 교통약자가 탑승할 수 있도록 상하부 터미널 기어 3.5 스텝용 적용기술을 확보하여 교통약자 편의성 향상
 - 기존 에스컬레이터에 해당 기술을 반영하여 건설비 절감
- 기존에 교통약자나 짐을 든 승객은 엘리베이터를 사용해야 해 대기 시간이 발생하는 등 불편하였으나 해당 시스템 도입 시 엘리베이터와 같은 추가 시설의 설치가 불필요하고 이동 시간이 단축하는 등 통행 편의성을 제공할 수 있음

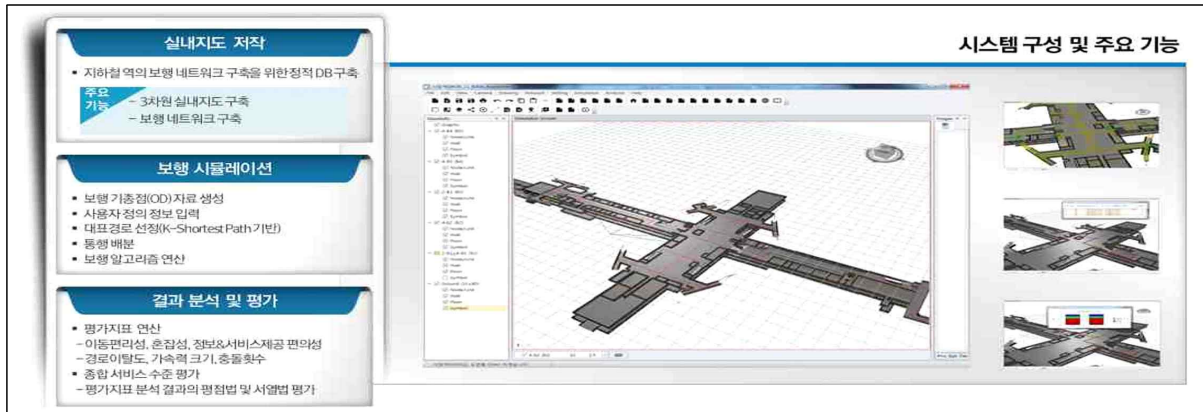


출처: 국토교통부(2018)

그림 2-2-29 교통약자 겸용 ES 실시설계도

- 역사 편의성 평가 시뮬레이터
 - 목적
 - 역사 개선, 신설 시 이용객 편의성 평가의 사전 예측 및 개선 효과 검증
 - 세부 내용
 - 도시철도역사 보행환경 및 편의성 검증을 위한 3D 실내지도 구축 플랫폼 기술 개발을 통한 디지털 트윈 기반의 시뮬레이션을 통해 허브 내 이용객의 이동경로와 밀집 구간을 예측하여 혼잡도를 관리할 수 있음
 - 디지털 트윈 내 다양한 공간조성을 통해 이용객들이 집중되는 곳을 파악하고, 이를 설계에 적용할 수 있음

- 도시철도역사 쾌적성·편의성 개선기술의 사전 예측 및 개선효과 검증
- 보행자의 이동 경로와 패턴을 시뮬레이션하여 보행자 전용 도로 및 공간 배치 최적화가 가능해지고, 이를 통해 이동의 효율성 및 혼잡도 완화가 가능할 것으로 보임
- 철도 역사 개선에 소요되는 막대한 교통사업비에 관한 사전 예측 및 모니터링을 통해 교통 인프라 과투자를 방지하고, 구조 및 시설물의 설치·재배치를 위한 사전 시뮬레이션을 통해 불필요한 시공 방지 및 사전 예방 효과 기대



출처: 국토교통부(2018)

그림 2-2-30 역사 편의성 평가 시뮬레이터 구성

(2) 정보안내시설

○ 기술개요

- '환승센터 및 복합환승센터 설계·배치 기준'에 따르면, 환승센터 및 복합환승센터에 연계되는 모든 대중교통수단에 관한 운행정보 안내시설이 존재해야 함
- 김성은 외(2011)에 따르면 환승센터 및 복합환승센터에 설치되는 대표적인 운행정보 안내시설은 다음과 같음
 - 가변정보판, 안내표지판, LCD 안내판, 키오스크, 환승지원정보시스템
 - 환승지원정보시스템 중 이용자 서비스: 시설안내, 환승경로안내, 스마트 환승정보, 이용자 특별지원, 환승주차장 정보제공 서비스 등
 - 환승지원정보시스템 중 운영자 서비스: 통합운영 모니터링, 상황대응 의사결정지원, 이용자 환승지원 운영자 서비스
 - 환승지원정보시스템의 서브시스템: 환승정보연계, 보행자 위치추적, 스마트환승안내, 환승주차 정보제공, 보행자 영상감지, 통합운영, 에너지 효율화 등

기술구분 (4개 서비스)	기반기술 (15개 기술)	응용 기술	기 반 기 술		
환승센터 경로안내 기술	1. GIS 기반 공간 DB 구축기술 2. 돌발상황 감지 및 회피경로 생성 기술 3. 보행자 기반 경로안내 알고리즘	환승정보 제공기술 - Kiosk - Nomadic Device - Web 등	환승센터 경로안내 - 보행경로 - 자기차량 위치안내	실시간 연계환승 정보수집 및 가공 - 스케줄 - 실시간 출도착 환승정보 등	차량 및 보행자 위치검지
환승센터 이용자 정보수집 및 가공 기술	1. 보행자 위치검지 알고리즘 2. 보행밀도검지 기술 3. 차량 위치검지 알고리즘 4. 맞춤형 여행정보관리 기술		맞춤형 여행정보 관리		환승센터 GIS MAP
실시간 연계환승 정보제공 기술	1. 환승수단의 통합 및 실시간 스케줄기술 2. 대중교통 수단간 최적 연계환승 알고리즘 3. 매체별 실시간 환승정보 제공기술				
환승센터 통합운영 시스템 기술	1. 환승센터 통합운영 아키텍처 및 통합 DB 구축 2. 환승센터 통합운영 모니터링 및 대응 알고리즘 3. 환승센터 통합운영 S/W기술 4. 매체별 공간 데이터 컨버팅 기술 5. 예외/유고처리 알고리즘 기술			통합운영 지원 - 상황대응 의사결정 - 상황대응 모니터링	

출처: 김성은 외(2011)

그림 2-2-31 역사 편의성 평가 시뮬레이터 구성

○ 사례

- 김성은 외(2011)는 김포공항을 테스트베드로, 다음 사항을 포함한 환승 통합 운영 시스템을 구축하였음
 - ‘갈아타기’ 앱과 무선AP, 모니터링 CCTV를 활용한 환승 경로 제시
 - 화물청사에 운영센터 배치

○ 도입시 기대효과

- 정보안내시설 도입 시 환승경로를 적시에 안내받아 환승 소요 시간 및 이동 거리를 줄일 수 있다는 장점이 있음
- 증강현실을 골자로 한 스마트폰 어플리케이션을 개발하게 되면 휴대전화 화면을 통해 환승 경로에 관한 정보를 제공받을 수 있다는 장점이 있음
- 또한, 다음 단계에 이용하고자 하는 모빌리티 수단에 관한 실시간 정보를 제공받음으로써 모빌리티 수단을 선택하고 예약할 수 있는, MaaS가 제공 가능함
- 이를 통해 모빌리티 허브 이용자는 상황에 따라 탄력적으로 모빌리티 수단을 선택하여 목적지까지 이동할 수 있음

(3) 평면환승 기술

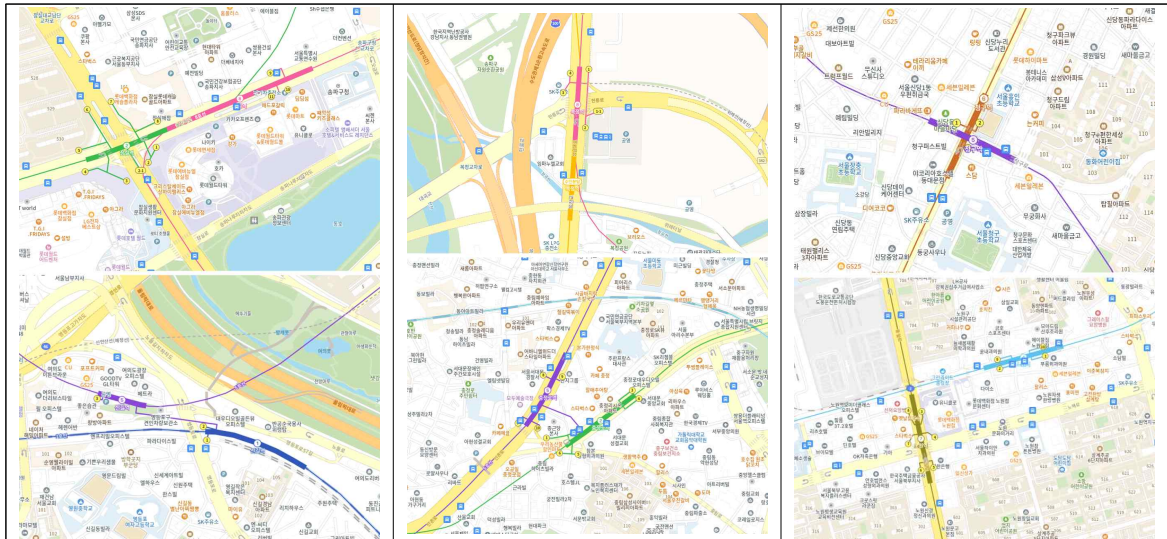
○ 플랫폼 운영을 통한 평면환승

- 환승역의 구조적 형태

- 환승의 형태에는 직렬, 평행, 교차 등의 형태가 있음
- 직렬: 두 개의 역이 거의 직렬로 놓여 환승거리가 길어짐(ex. 잠실역, 신길역 등)
- 평행: 두 역이 거의 평행하게 놓여 호선 간 거리가 멀수록 환승거리가 길어짐(금정역, 복정역 등)
- 교차형: 두 역이 직각에 가깝게 교차

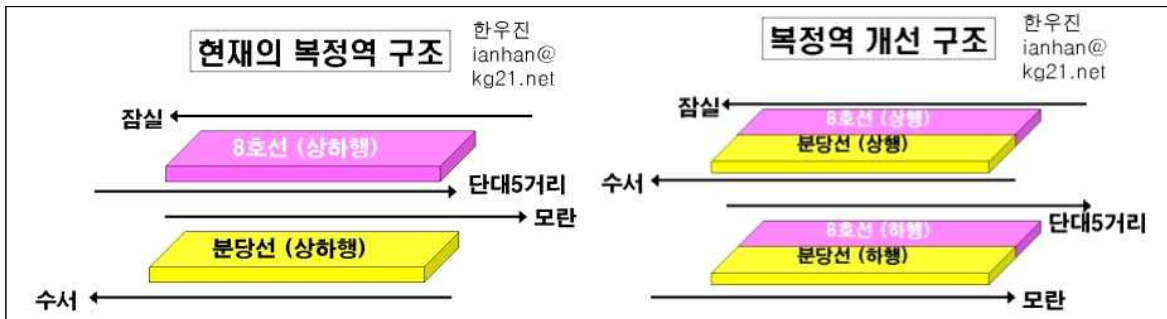
- 평면환승이란

- 두 호선 간 환승 거리가 가깝다면, 비슷한 방향의 다른 노선을 한 플랫폼에 배치하는 형식



출처: 카카오맵 갈무리

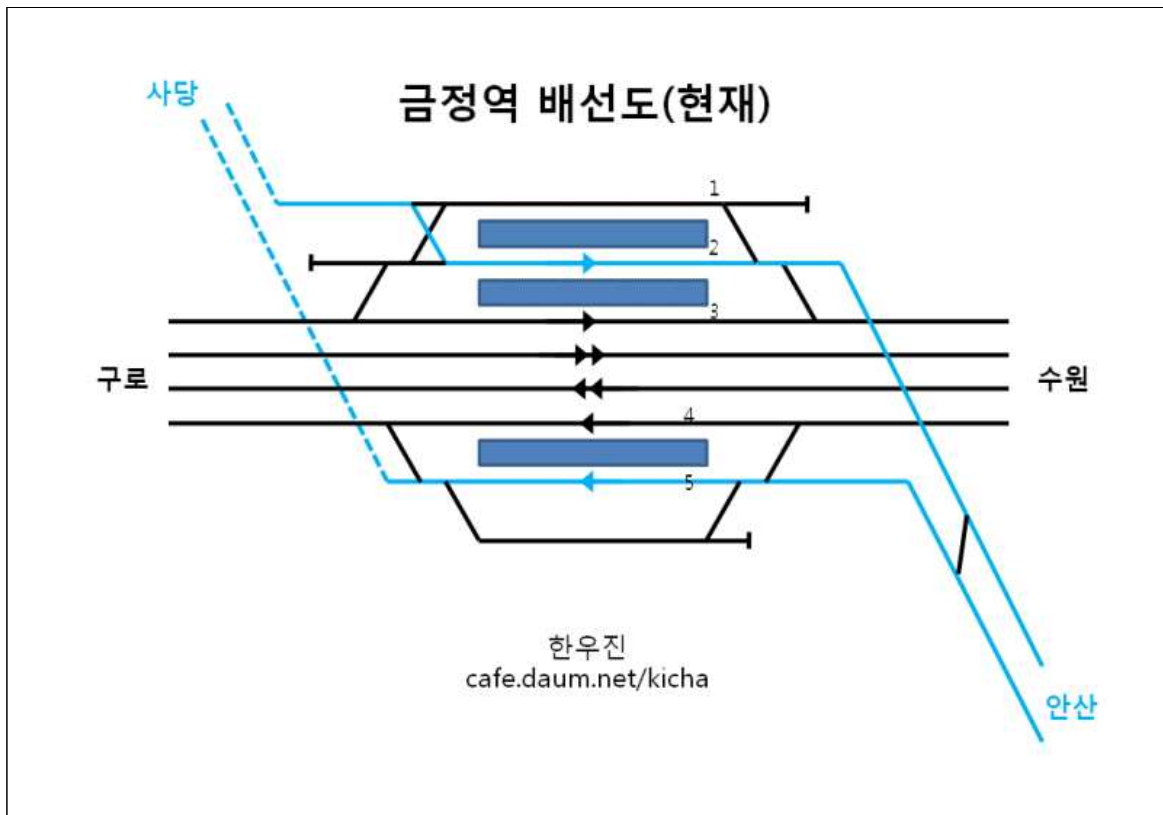
그림 2-2-32 직렬형, 평행형, 교차형 환승역의 사례



출처: 한우진(2005)

그림 2-2-33 복정역 대상 기존 환승과 평면 환승 적용 사례(안)

- 평면환승의 예시: 금정역(1호선·4호선)
 - 금정역은 '88년도 1호선과 안산선('94년도부터 4호선)의 역으로 개업하였음
 - 당시 안산선은 1호선의 지선으로 개업하였고, 이후 '94년 과천선이 개통하여 안산선과 직결 운행하면서 구로 방면 1호선과 사당 방면 4호선이 같은 승강장에 정차하고, 반대 방향인 수원 방면 1호선과 안산 방면 4호선이 같은 승강장에 정차하여 방면이 비슷한 노선끼리 평면 환승을 하게 되었음
 - 1호선과 4호선은 운영사가 한국철도공사로 같아, 도착 시간이 비슷하면 선행 열차가 후행 열차를 위해 잠시 대기하는 방식으로 운영 중

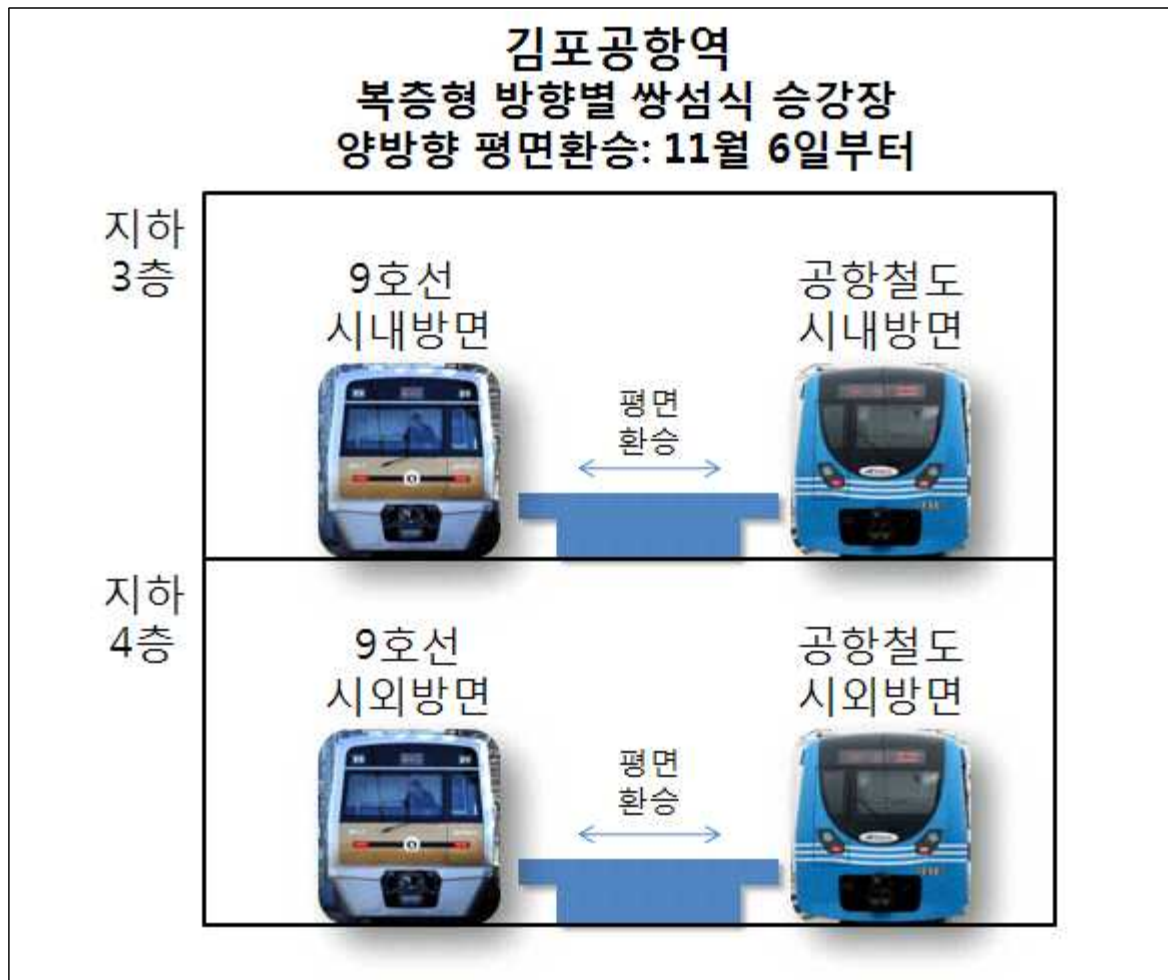


출처: 한우진(2009)

그림 2-2-34 금정역 구내 배선도

- 평면환승의 예시: 김포공항역(9호선·공항철도)
 - 김포공항역은 '96년도 5호선, '07년도 공항철도, '09년도 9호선, '19년도 김포 골드라인, '23년도에 서해선이 개통하여 운영 중
 - 김포공항역에 공항철도가 인천국제공항-김포공항 구간으로만 개통했을 당시에는 지하 3층 승강장에 일반열차가, 지하 4층 승강장에는 직통열차가 시종착 하였음
 - 이후 9호선이 개통하고, '10년 공항철도가 서울역까지 연장 개통하면서 지하 3층에서는 종합보훈병원 방면 9호선과 서울역 방면 공항철도가, 지하 4층에서는 개화 방면 9호선과 인천국제공항 방면 공항철도가 정차 중

- 초창기 두 노선은 운영사가 달라 승강장을 가벽으로 막아 두고, 승강장 양단에 위치한 환승게이트를 통과하여 환승하는 것으로 기획되었으나 현재는 가벽 없이 편리하게 환승할 수 있음
- 환승동선을 고려해 평면환승을 도입해 플랫폼을 공유한다면 수단 간 평면환산거리를 단축시켜 환승저항을 줄일 수 있고 최종적으로 대중교통의 수단 분담률을 높일 수 있음

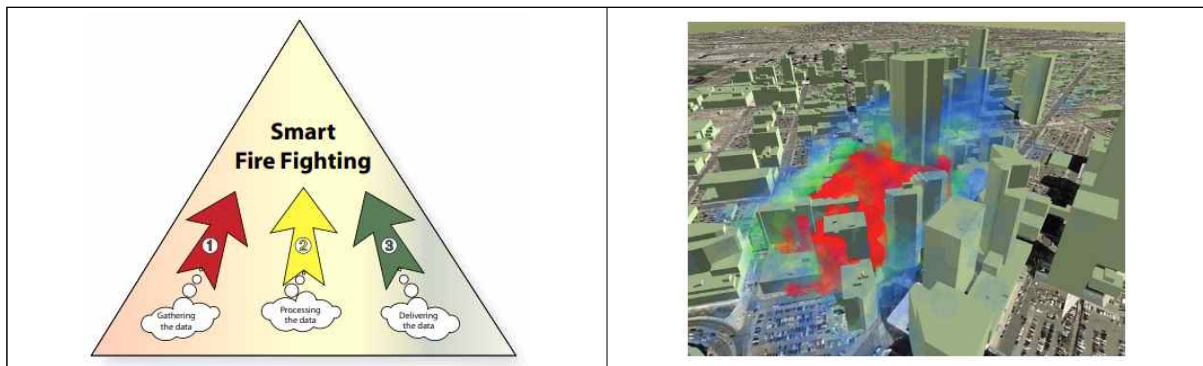


출처: 한우진(2010)

그림 2-2-35 김포공항역 양방향 평면환승 구조도

(4) 재해재난 및 안전

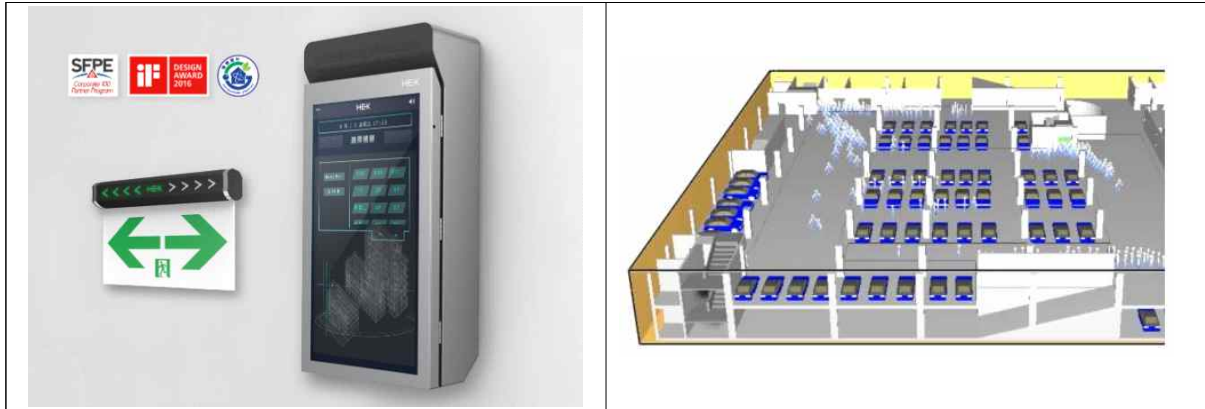
- 비상상황 발생에 대한 시뮬레이션(화재, 지진 등 천재지변 및 사고)
 - 미국 국립 표준기술 연구소(NIST)의 Fire Research Division의 Smart Firefighting Project에서는 2012년 10월부터 혁신적 재난안전 대응력 향상을 위한 기술 개발을 착수하였음
 - 재난안전 장비에 새로운 센서 및 컴퓨팅 기술을 융합하여 스마트 안전 소방 및 화재 방재 기술을 개발하였으며, Cyber-Physical System(CPS) 기반 글로벌 정보 수집을 통한 재난안전 대응의 효율성, 상황인식 및 상황 맞춤형 화재 진압 기술을 2015년에 개발하였음
 - 주요 기능으로는 구조 및 안전 장비에 새로운 센서 및 컴퓨팅 기술을 융합하여 스마트 재난안전 기술을 적용했다는 점과, CPS 기반 글로벌 정보 수집 및 맞춤형 화재 진압 기술을 적용했다는 것임
 - 비상상황시 허브 내 대피경로 최적화 및 CPS 기반의 실시간 상황 인식과 맞춤형 재난 대응 기술을 적용하여 안전 관리 강화 가능



출처: Hamins et al.(2015)

그림 2-2-36 Smart firefighting 개념 및 예시

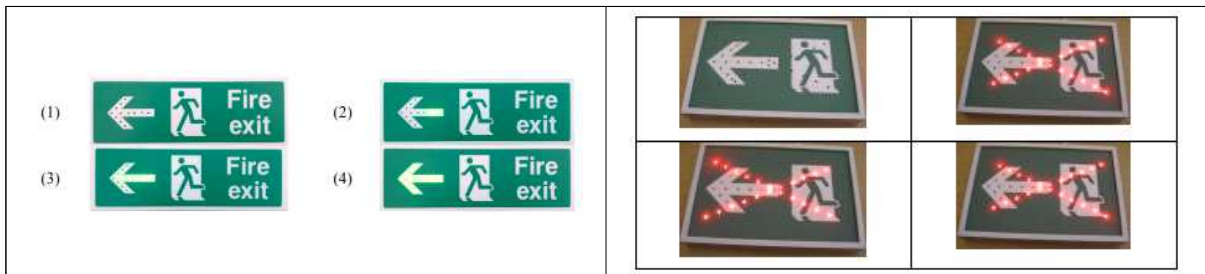
- 대만의 소방 산업 분야 전문 업체인 Hex safety에서는 Dynamic Evacuation System을 개발하였음
 - 해당 시스템은 화재 수신지, 각 층별 디바이스 모니터링 패널, 스마트 피난 라우팅 알고리즘, 동적 대피안내기로 구성되어 있음
 - 화재정보 수신 시 수집된 정보를 패널에서 조회하고, 무선 통신을 통해 스마트 피난 라우팅 알고리즘에 따른 가장 안전한 대피 경로 안내를 대피안내기기에 전달하는 방식임
- 화재 발생 시 허브 내 대피 경로를 실시간 모니터링하고, 스마트 피난 라우팅 알고리즘을 통해 가장 안전한 경로로 이용객을 유도할 수 있음



출처: Hex(2024)

그림 2-2-37 Dynamic Evacuation system 예시

- 이용자 안전을 위한 대피 경로 안내 서비스 및 쉼터 설계
 - 유럽에서는 EU R&D 펀드로 진행되고 있는 Gateway project는 기차 역사를 대상으로 상황기반 대피 안내 솔루션을 연구개발 하였음
 - 2013년부터 3백만 유로의 예산을 투입하여 재난상황 발생 시 대피유도 안내를 하기 위한 Intelligence Adaptive Dynamic Signage System에 대한 연구를 진행하고 있음
 - 해당 기술은 재난 상황이 발생하는 경우에 따라 제공할 수 있는 대피로에 대한 시나리오를 사전에 입력하여 대피유도를 하는 방식을 취하고 있음
 - Gateway project의 주요 목표는 개선된 표지판 시스템을 통해 교통 허브의 안전을 개선하는 것임
 - 이를 위해 표준 비상 대피 표지판에 조명, 점멸 및 주행방향을 통합한 동적 표지판 시스템(DSS)이 제안되었음
 - 재난 발생 시 허브 내 동적 표지판 시스템(DSS)를 통해 상황에 맞춘 대피 경로를 제공하여 안전한 대피 유도 가능



출처: Galea et al.(2014)

그림 2-2-38 Gateway project의 동적 표지판 시스템(DSS) 예시

○ 역사 및 주요 지점의 혼잡 관리

- 서울시는 이태원 참사 이후 ‘서울시 재난안전시스템 강화 추진전략’을 강화하여 철저한 안전관리대책을 추진하고 있음
- 서울시는 지능형 피플 카운팅 시스템을 도입하기로 하였으며, 이는 CCTV를 통해 인파밀집을 자동으로 감지하고 위험징후를 알려주는 인파감지 시스템을 적용
 - 단위 면적당 인원수를 자동으로 측정하는 인파감지 CCTV에 분석 소프트웨어를 연결하여 인파밀집이 감지되면 자치구 재난안전상황실, 서울시, 소방, 경찰에게 상황을 전파 및 공유함
- 해당 기술은 허브 내 혼잡도를 실시간으로 감지하여, 지능형 인파감지 시스템을 통해 인원 밀집 상황 시 자동으로 경고 및 관련 기관에 상황을 전파할 수 있음



출처: 서울특별시 재난안전관리실(2023)

그림 2-2-39 서울시 지능형 인파감지 시스템 예시

- 유럽에서는 EU R&D 펀드로 진행된 eVACUATE project는 대형 인구가 밀집될 수 있는 대형 경기장, 국제공항, 선박, 도시철도 역사 등을 대상으로 한 재난안전 IoT 플랫폼을 구축하였음
 - 대규모 군중이 밀집되어 있는 러시아워의 장소나 음악콘서트와 주요 스포츠 경기가 열리는 대형 경기장, 국제공항, 선박, 도시철도 역사 등이 주요 타겟임
 - 대피대상자들에게는 대피안내 방향과 상황을 안내하는 Active Exit Signage와 모바일어플리케이션을 통한 위치기반 실시간 대피안내경로를 동시에 제시함

- 허브 내 대규모 군중 밀집 시 Active Exit Signage와 모바일 앱 등을 통해 실시간 위치 기반 대피 경로 안내를 제공할 수 있음



출처: Digital Security Magazine(2017)

그림 2-2-40 EVACUATE project의 IoT 플랫폼 예시

- 비상상황에 따른 대중교통 운행계획 조정(비상상황 및 시위 등 포함)
 - 서울시에서는 여름철 호우경보가 지속됨에 따라, 출퇴근 등 시민 불편을 최소화하기 위해 비상수송대책을 추진하고 있음
 - 지하철은 퇴근시간대 5~7호선 8회 및 신림선 2회를 포함 총 10회를 증회 운행하며, 버스 또한 전체 차량 모두 출퇴근 집중배차시간을 30분 연장하여 운행하도록 하고 도로 통제로 침수가 발생할 경우 즉각 우회운행을 시행하는 등 유동적으로 노선을 운영함
 - 비상상황 발생 시 공공자전거 따릉이는 시민 안전을 위해 대여를 중단하며, 저지대 하천변 등 침수위험이 높은 대여소는 임시 폐쇄하고, 자전거 회수조치를 시행함
 - 특히, 실시간 교통정보를 확인할 수 있도록 대중교통 운영상황을 안내하며 실시간 교통 정보, 도로 통제 구간 등의 정보를 전달하고 있음
 - 비상상황 시 허브 내 대중교통 운행 계획을 실시간으로 조정하여 증편 운행 및 노선 우회 등 유동적 대응을 통해 시민 불편을 최소화할 수 있음

(5) 승객 승하차 구역

- 기술 개요
 - 승객 승하차 구역은 공유 모빌리티 서비스, 택시, 셔틀 등이 안전하고 편리하게 승객을 태우거나 내릴 수 있도록 설계된 구역을 의미함
 - 이 구역은 도심 내 교통 혼잡을 줄이고, 승객들이 안전하게 차량을 이용할 수 있는 환경을 조성하는 데 중점을 두고 있음
 - 승하차 구역은 일반적으로 교통 흐름이 원활한 지역에 위치하며, 넓은 보도와 적절한

표지판, 조명이 설치되어 승객들이 쉽게 접근할 수 있음

- 이러한 구역은 특히 승차 공유 서비스나 자율주행 차량의 증가와 함께 더 큰 역할을 할 수 있으며, 도심 내 이동의 효율성을 높이는 데 중요한 기여를 함
- 승객 승하차 구역은 또한 공항, 철도역, 쇼핑몰 등 주요 공공장소에서의 승하차 문제를 해결하고, 교통 혼잡을 완화하는 데 중요한 역할을 함

○ 기술 사례

- 미국, 샌프란시스코

- 샌프란시스코의 4th and King Caltrain Station은 다수의 승하차 구역을 설치하여, 카풀 서비스, 택시, 승객 픽업 및 드롭 오프를 위한 전용 구역을 제공함
- 이 구역은 승객들이 쉽게 차량을 이용할 수 있도록 하고, 교통 흐름을 방해하지 않도록 설계되었음
- 이를 통해 도시 내 승객의 이동을 원활하게 하고, 교통 혼잡을 줄이는 데 기여하고 있음
- 이러한 승하차 구역은 특히 출퇴근 시간대에 교통 혼잡을 줄이고, 승차 공유 서비스의 효율성을 높이는 데 중요한 역할을 함

- 영국, 크롤리

- 크롤리 타운 센터는 철도역과 연결된 다수의 버스 노선 및 택시 승하차 구역을 통해 승객들이 편리하게 이동할 수 있도록 지원하고 있음
- 이 지역은 교통의 중심지로서, 승하차 구역이 효율적으로 운영되도록 설계되었으며, 승객들이 대중교통과 승차 공유 서비스를 원활하게 이용할 수 있도록 돕고 있음
- 이러한 구역은 특히 대중교통과 승차 공유 서비스 간의 환승을 쉽게 만들어주어, 승객들이 더 편리하게 이동할 수 있도록 함

- 네덜란드, 암스테르담

- 네덜란드의 Park & Ride 시스템은 도심 내 차량 혼잡 완화 및 대기 오염 감소를 목표로, 도시의 외곽에 차량을 주차하고 대중교통을 이용해 시내로 이동할 수 있도록 장려함
- 이용자는 P+R에 주차 후, 대중교통을 이용해 시내로 이동해야 할인된 요금을 받을 수 있음
- 또한, 스키펴(schiphol) 공항의 Kiss & Ride 구역은 빠른 승하차를 위한 구역을 제공하여 교통 흐름을 개선하고자 하였으며, 해당 지역은 장기 주차는 불가하도록 설계되어 있어 차량을 잠시 세우고 승객을 태운 후 바로 이동해야 하며, 오래 머물면 벌금이 부과될 수 있음

○ 도입시 기대효과

- 승객 승하차 구역은 도심 내 교통 혼잡을 줄이고, 승객들이 안전하고 효율적으로 이동 가능함
 - 이는 특히 자율주행 차량이나 승차 공유 서비스의 증가와 함께 더 큰 효율성을 발휘할 수 있으며, 도심의 교통 체계를 개선하는 데 중요한 역할을 함
- 승하차 구역은 또한 승객들에게 더 나은 서비스를 제공하고, 차량 소유의 필요성을 줄이며, 대중교통과 승차 공유 서비스 간의 연계를 강화할 수 있음
 - 이는 도시 내 이동의 효율성을 높이고, 더 나아가 도심의 교통 문제를 해결하는 데 중요한 기여를 할 수 있음
 - 장기적으로, 승객 승하차 구역은 도시 내 다양한 교통 수단 간의 원활한 연결을 지원하고, 승객들에게 더 나은 이동 경험을 제공할 수 있는 중요한 인프라로 자리잡을 수 있음



출처: SANDAG(2017), Total Care Parking(2024)

그림 2-2-41 미국 샌프란시스코(좌), 영국 크롤리(우) 승하차 구역

(6) 스마트 길찾기(Wayfinding technology)

○ 기술 개요

- Wayfinding technology는 복잡한 도시 환경에서 사람들이 목적지로 쉽게 이동할 수 있도록 돕는 기술임
 - 물리적 표지판, 디지털 터치스크린 키오스크, 모바일 앱 등 다양한 형태로 제공되는 이 시스템은 실시간으로 방향 안내, 대중교통 정보, 주변 서비스 정보를 제공함
 - 이 기술은 특히 대형 복합 공간, 공항, 쇼핑몰, 대중교통 허브 등에서 널리 사용되며, 이용자가 공간 내에서 쉽게 길을 찾을 수 있도록 도움
 - 또한, 이 기술은 사용자 경험을 개선하고, 특히 도시를 처음 방문하는 사람들에게 유용하며, 도시의 상업적 및 문화적 활동을 촉진하는 데 기여함
- 길찾기 시스템은 도시의 교통 혼잡을 줄이고, 보행자들의 이동을 원활하게 하여 도시

내 이동성을 개선할 수 있음

○ 기술 사례

- 미국, 뉴욕

- LinkNYC는 뉴욕 전역에 기존의 공중전화 부스를 대체하는 고속 통신 키오스크를 설치한 프로젝트로, 무료 와이파이, 지도 접근, 무료 통화 및 충전 서비스를 제공함
- 이 시스템은 뉴욕 시민과 관광객들이 도시 내에서 쉽게 길을 찾을 수 있도록 돕고, 다양한 공공 서비스를 이용할 수 있도록 지원함
- 특히, 도심 내 관광객들이 많이 모이는 지역에서 효과적으로 작동하여, 도시의 교통 혼잡을 줄이고, 상업 및 문화 활동을 촉진하는 데 기여하고 있음

- 미국, 샌디에고

- 샌디에고의 Wayfinding Project는 도심 전역에 200개 이상의 정적 웨파인딩 표지판을 설치하여, 보행자와 운전자들이 도시 내 목적지로 쉽게 이동할 수 있도록 도움
- 이 표지판들은 도로 상황, 보행 경로, 대중교통 정보 등을 제공하며, 특히 관광객들이 복잡한 도시 환경에서 길을 찾는 데 큰 도움을 줄 수 있음
- 이 시스템은 도시 내 이동성을 높이고, 보행자 친화적인 도시 환경을 조성하는 데 기여하고 있음

- 독일, 뮌헨

- MVG(Münchner Verkehrsgesellschaft)는 이용자들이 개별 모빌리티 모듈에 더 쉽게 접근할 수 있도록 전체 모빌리티 서비스를 두 개의 앱으로 묶어 제공하고 있음
- MVG Fahrinfo 앱은 뮌헨 안팎의 모든 교통 수단에 대한 실시간 데이터가 포함된 연결 정보에 대한 데이터를 제공함
- MVG more는 뮌헨에서 운영되는 자동차 공유업체들의 서비스를 결합하는 동시에 MVG 자체 자전거 대여 시스템의 핵심 역할을 하고 있음
- 이를 통해 이용객들은 목적지로 이동하는 최적 교통 수단 및 최적 경로를 제공받을 수 있으며, 대중교통과 보완하여 목적지까지 효율적으로 이동할 수 있도록 함



출처: SANDAG(2017)

그림 2-2-42 뉴욕의 고속 통신 키오스크(좌)와 Wayfinding 표지판(우)

- 도입시 기대효과
 - 스마트 길찾기 기술은 보행자 및 운전자에게 실시간 정보와 명확한 경로를 제공하여 이동의 편의성을 높여줌
 - 이는 특히 관광객이나 도시를 처음 방문하는 사람들에게 유용하며, 도시 내 상업 및 문화 활동을 촉진하는 데 기여할 수 있음
 - 길찾기 시스템은 도시의 교통 혼잡을 줄이고, 보행자들의 안전을 강화하며, 도시의 전반적인 이동성을 개선할 수 있음
 - 또한, 이 기술은 스마트 시티 개발의 일환으로 도시의 디지털 인프라를 강화하고, 다양한 정보와 서비스를 통합하여 제공함으로써, 사용자 경험을 향상시키는 데 중요한 역할을 할 수 있음
 - 장기적으로, 스마트 길찾기 기술은 도시 내 다양한 교통 수단과 결합하여, 통합된 도시 교통 시스템을 구축하는 데 기여할 것으로 보임

(7) 기타

- (네덜란드) 네덜란드 암스테르담 중앙역 등 주요 역에서 IoT 기반 이용객 동선 분석, AI 기반 수요 예측 시스템, 무인 셔틀(Park Shuttle), 통합 보안 시스템 등 적용
 - 암스테르담 중앙역, 로테르담 Rivium 지역에서는 환승 안전 및 편의 기술 접목을 통해 실시간 혼잡 대응 및 자동화 환승 환경 구현
 - 스키폴 공항의 경우, AI 기반 이용객 예측 및 실내 내비게이션, 자동화 보안/탑승 서비스 제공 등을 통해 국제 환승 허브로서의 안전성과 편의성 극대화
- (영국) 영국 런던 킹스크로스 등 주요 역사에서는 공기질 센서, NFC 기반 요금 시스템, 통합 보안 감시를 활용한 스마트 운영 기술 적용
- (중국) 주요 철도 환승역 중심으로 혼잡도 정보 제공, 실시간 안내 기술 등 운영 중이며, 환승에 특화된 스마트 기술 적극 도입 및 개발
 - 베이징 서역, 상하이 홍차역에서는 CCTV 기반 군중 밀집도 분석을 통한 플랫폼 혼잡도 정보를 LED 디스플레이와 모바일 앱으로 시각화 제공
 - 상하이역, 선전 북역 등에서는 RFID 기반 이용객 흐름 데이터 분석을 통해 혼잡 시간대 특정 출입구 폐쇄 및 우회 유도
- (국내, 인천공항) 인천국제공항 4단계 확장사업 디지털 기술 적용 사례
 - 스마트패스 시스템: 여권이나 탑승권 없이 얼굴 인식만으로 출국장과 탑승구를 통과할 수 있는 시스템 (체크인 시간 10%, 탑승시간 40% 단축)

- 자율주행 전동차(AM): 출국 심사 후 가장 먼 탑승구까지 거리가 약 850m에 이르기 때문에, 이동편의를 위한 자율주행 전동차 운행
- 키네틱 아트: 인공지능 기술을 활용하여, 멸종위기 동물 움직임을 표현한 천장 조형물
- 대형 미디어월: 입국장 가로 60m, 세로 6m의 대형 LED 전광판을 설치하여, 애니메이션을 활용한 도착정보 제공



그림 2-2-43 인천공항 4단계 확장사업 사례

- (국내, 현대건설) GTX-C 사업에서 디지털 트윈 및 BIM 결합, 도심 구간 설계 및 유지 보수
- (서울교통공사) ‘스마트 스테이션’은 안전, 보안, 운영 효율 향상을 위해 원격 관리 시스템을 도입한 도시철도역사로, 3D맵, 지능형 CCTV, IoT 센서 등의 스마트 환경을 구축 하였으나, 지능형 운영관리 서비스 한계

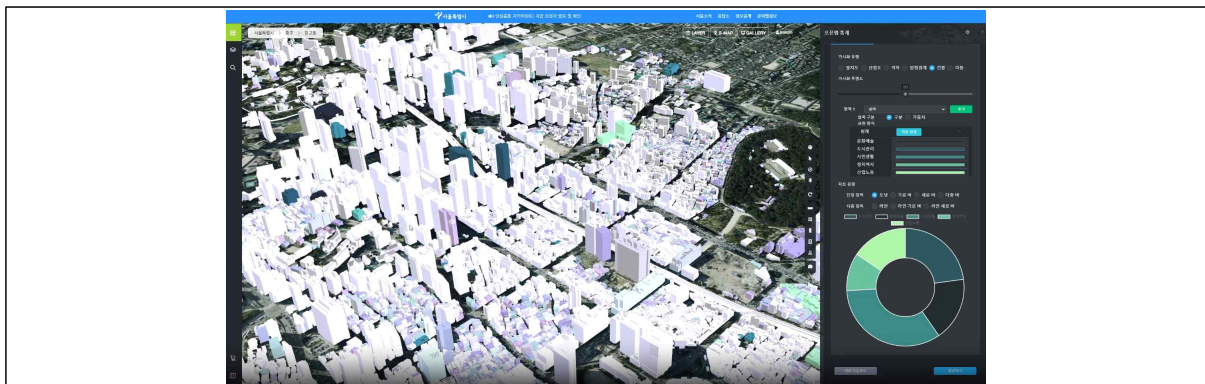
4. 디지털 트윈 기술 동향

- 각국에서는 디지털 트윈 기술을 활용하여 다양한 분야에 접목하고 있으며, 디지털 트윈 기술, 물리 AI는 CES2025에서 미래 기술로 선포되어 그 중요성이 더욱 주목받고 있음

가. 디지털 트윈 도시·교통 분야 활용 사례

(1) 한국, S-Map

- 서울시 전역을 3D로 정밀하게 구현한 디지털 트윈 플랫폼으로, 서울 전역을 가상 공간에 복제해 다양한 도시 문제를 시뮬레이션으로 해결하고 정책 결정을 지원하는 스마트 행정 혁신 모델이라고 할 수 있음
- 주로 건축계획, 교통시뮬레이션, 도시 정보에 사용되며 다양한 분야의 의사결정을 지원하며, 오픈랩을 통해 공공데이터와 사용자가 보유한 통계데이터를 적극적으로 활용하는 플랫폼을 제공
 - 약 60만 개의 건물과 교량 및 터널을 포함한 시설물 정보를 제공
 - 지하시설물 6종(상하수도, 가스, 전기, 통신, 난방) 데이터 제공
 - 공공건축물 및 지하철 역사, 노인 복지시설 등 내부 공간 3D 모델링
 - 전통시장, 좁은 골목길 등의 거리뷰도 확인 가능
 - 고척돛경기장, 서울로 등 주요 명소의 드론영상을 활용한 도시공간 디지털 트윈 제공
 - 이외 최근 한강 바닥 지형, 모든 도로의 정밀 도로면, 한강 본류 및 4대 지천(중랑천, 홍제천, 탄천, 안양천) 수변 공원 및 주요시설 공간정보 등이 업데이트
 - 추후 ‘한강리버 버스’, ‘자율주행 모니터링’, ‘UAM 안전 운항’, ‘드론길 적정검토’ 등이 활용될 계획



출처: 서울특별시 S-Map (2024)

그림 2-2-44 S-Map의 서울시 건물 현황

- S-Map 플랫폼을 통해 다음과 같은 기능이 이용 가능함
 - 분석에 맞는 최적의 지도환경 선택 -4가지 유형(단순박스형, 지형 반영 박스형, 실사 모형, 실내정보 포함 정밀모형) 제공
 - 입체 분석 및 시뮬레이션 - 정책 반영을 위한 도시 현상 분석 및 예측
 - 융복합 정보 분석 : 행정정보와 센싱 데이터를 결합해 입체적으로 분석
 - 공간정보 시각화 : 3D 공간정보와 행정서비스 연계
 - 시민참여 서비스 : 정책 참여, 의견개진을 위한 온라인 소통 창구
 - 3D 정보 통합 : 전 부서 통합 관리로 중복투자 방지 및 데이터 활용 확대



출처: C3Korea (2023)

그림 2-2-45 S-Map의 고정밀 입체 도로 공간정보

(2) 싱가포르, 버추얼 싱가포르

- 버추얼 싱가포르는 2014년을 시작으로 2018년까지 약 7,300만 달러를 투입한 정부 주도의 프로젝트로 Dassault Systems, ESRI, Siemens 등 여러 글로벌 기업들이 참여함
- 싱가포르는 580만 명이 거주하고 있으며, 인구밀도가 km²당 8,000명을 넘어서 세계 3위를 기록할 정도로 인구 과밀이 심각해 교통 혼잡, 환경 오염 등 도시 문제가 심각하게 증가할 수 있는 여건이 조성됨
 - 이러한 미래도시 문제를 해결하기 위해 싱가포르 정부는 2014년에 스마트 네이션(Smart Nation) 프로젝트를 선포, 국가 전체를 지속 가능한 스마트 국가로 만들기 위한 계획을 수립함. 버추얼 싱가포르는 이 프로젝트의 핵심 요소로 추진
- 도시의 모든 구조물을 디지털 트윈으로 구현해 전기, 교통, 기상 정보, 인구 통계, 건물 내부 데이터 등을 수치화하고 시뮬레이션을 통해 도시계획, 교통, 환경 등 다양한 분야의 테스트베드로 활용
- 정부뿐만 아니라 시민, 기업, 연구기관도 접근하고 참여해 도시계획 및 운영에 활용할 수 있도록 개방하였으며 네 가지 주요 기능으로 구분됨

- 가상실험 - 교통약자 이동 경로 설계, 위험 및 공기 흐름 분석
- 가상 테스트베드 : 건물 대피 및 교통 시뮬레이션, 태양열 설치 검증
- 계획 및 의사결정 : 도로계획 수립, 풍량을 고려한 건물 배치
- 연구개발 : 데이터 통합, 시민 참여의 연구



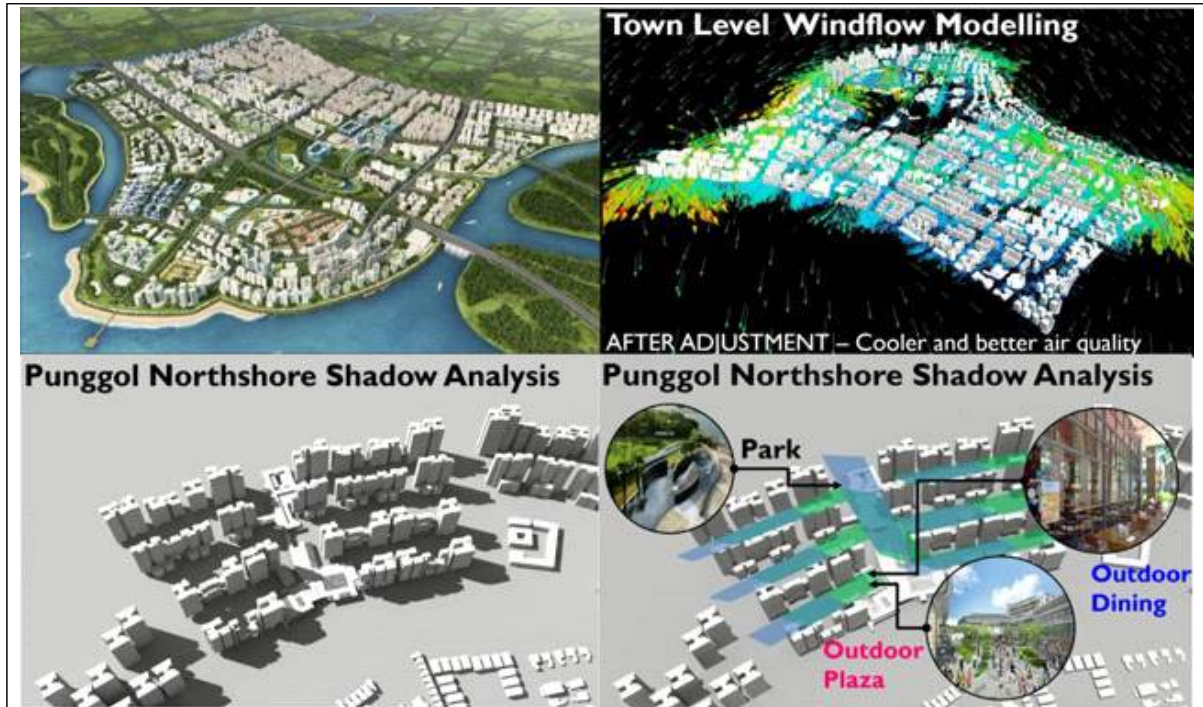
출처: KBS 뉴스 (2019)

그림 2-2-46 싱가포르 전체를 3D 모형으로 재현한 버추얼 싱가포르

- 버추얼 싱가포르를 통해 스마트 도시계획, 에너지 효율화, 비상상황 대응 체계 강화, 자율주행 기술 도입 등 다양한 분야에서 실질적으로 효과를 발휘 중
 - 펀골(Punggol) 타운 설계 : 바람의 흐름을 시뮬레이션해 건물배치 최적화. 일조권 확보를 위한 건물의 그림자 변화 분석
 - 에너지 및 태양광 발전 : 건물 옥상에 설치가능한 태양광 패널의 규모와 방향, 에너지 생산량을 분석 가능
 - 비상 상황 대응 체계 : 특정 지역에 비상 상황을 가상으로 부여하여 재난의 피해와

상황을 미리 예측할 수 있음

- 자율주행 및 스마트 모빌리티 연계 : 디지털 트윈을 통한 가상 공간에서 학습하여 자율주행 기술을 개발하며, 20인승 이상의 대형버스를 활용한 자율주행 기술개발 중



출처: Smart City Korea(2019)

그림 2-2-47 버추얼 싱가포르를 활용한 바람길 및 건물의 그림자 분석

(3) 영국, VU.CITY

- VU.CITY는 영국을 비롯한 전 세계 주요 도시들의 디지털 트윈을 구현하여 도시계획, 교통 운영, 에너지 관리 등을 시뮬레이션할 수 있는 가상 도시 모델링 프로젝트임
- 영국의 Vertex Modeling에서 시작되었으며, 현재는 VU.CITY라는 이름으로 확장되어 런던, 맨체스터, 버밍엄 등 영국의 주요 도시뿐만 아니라 전 세계 주요 도시들까지 확장
- VU.CITY는 도시를 3D 모델로 구축하고 실시간 데이터를 연동해 교통, 환경, 에너지 등의 도시 운영 시각화 및 관리를 목표로 하며, 세 가지 주요 기능을 중심으로 함
 - 실시간 3D 도시 모델링 : 도시의 모든 인프라, 건물, 도로를 3D로 구현해 실시간 데이터를 통합하여 도시계획 및 관리에 활용
 - 교통 및 환경 관리 : 교통 흐름, 기상 변화, 환경 문제를 시뮬레이션하고, 대기질, 소음 공해 등을 분석함으로써 보다 효율적인 교통관리와 환경 개선에 중점을 둠
 - 건축계획 및 도시 확장 : 건물 건설 또는 재개발 프로젝트에서 건물의 위치, 높이, 일조권, 차량의 이동 등을 시뮬레이션하여 최적의 도시개발 전략을 제시



출처: VU,CITY(2024)

그림 2-2-48 VU.CITY 내 도심 전경(좌)과 3D로드뷰 화면(우)

(4) 인도, 아마라바티

- 인도 안드라프라데시 주정부는 65억 달러를 투자하여 기존 농업 중심의 낙후된 아마라바티(Amaravati)를 친환경적이고 첨단 기술이 적용된 스마트시티로 변모시키는 프로젝트를 시작함
- 도시의 디지털 트윈을 구현해, 도시계획과 건설 과정에서 효율성과 지속 가능성을 극대화하는 것을 목표로 하였으며 다음과 같은 특징이 있음
 - 디지털 트윈 구축 : Cityzenith의 Smart World Pro 소프트웨어를 활용해 도시의 3차원 프로토타입을 구현, 건물, 인프라, 도로와 같은 도시 구성 요소뿐만 아니라 환경 정보, 교통 흐름, 공공 서비스 등 다양한 실시간 데이터를 통합해 시뮬레이션 가능
 - 시민 및 민감 참여 포털 운영 - 시민과 민간 기업이 도시 운영에 참여할 수 있는 포털 서비스를 통해, 정부의 각종 정보, 공지, 양식 등을 공유하고, 시민들이 실시간으로 의견을 제공할 수 있도록 함
 - 스마트시티 건설 : 디지털 트윈 기술을 기반으로 한 스마트 도시 건설을 통해 교통, 에너지, 자원 관리 등을 최적화하고, 친환경적인 인프라를 구축
- 아마라바티는 디지털 트윈 기술을 통해 첨단 스마트 도시로 변모하는 사례로, 사우디아라비아 네옴(NEOM), 쿠웨이트 실크 시티(Silk City) 등 다른 도시들의 모델로 평가될 수 있음



출처: SmartCitiesWorld(2019)

그림 2-2-49 아마라바티의 시뮬레이션 시현 화면

(5) 미국, 로스앤젤레스

- 로스앤젤레스는 디지털 트윈 기술을 활용하여 도시의 주요 기반 시설, 교통 패턴, 환경적 요인을 가상으로 재현하고, 도시계획 및 스마트 도시 운영을 최적화하는 데 중점을 둠
 - Cityzenith와 미국 에너지부의 Better Buildings Challenge와 협력하여 건물의 탈탄소화를 목표로 하고 있으며, 동시에 자율주행차 개발에 필요한 교통 데이터를 지원
- 디지털 트윈을 기반으로 한 탈탄소화 시뮬레이션
 - 프로젝트는 비용이 많이 드는 탈탄소화 작업을 가상으로 테스트하여 실제 적용 전에 데이터 기반으로 의사결정을 내릴 수 있도록 지원함
 - 로스앤젤레스는 도시 배출량의 43%를 차지하는 건물 부문에서 2050년까지 탄소 배출을 0으로 줄이는 것을 목표로 하고 있으며, 이번 시범 프로젝트는 도심 지역 Bunker Hill에서 먼저 시행될 예정
- 시뮬레이션을 통한 자율주행의 검증 및 개발
 - RFPro와 협력하여 자율주행차의 검증 및 개발을 가상 환경에서 테스트 중
 - 디지털 트윈 기반의 도로, 교통 흐름, 안전성 시뮬레이션을 제공하여 자율주행 기술을

가속화하고, 시간과 비용을 절감하며 실제 도로 테스트에서 발생할 수 있는 위험 요소들을 미리 확인이 가능



출처: rfpro(2024)

그림 2-2-50 rfpro에서 구현한 로스앤젤레스 디지털 트윈

(6) 기타

- (독일) NVIDIA와 협력하여 전국 차원의 디지털 트윈 구축 추진
 - 도이치반, 철도 네트워크 자동화 열차 운행 시뮬레이션, 네트워크 수용력 향상 추진
- (프랑스, SYSTRA) 조명, 스피커 및 승객 정보수집을 위한 각종 IoT센서를 활용한 스마트 스테이션 관리 시스템을 개발
- (대만) 실시간 비상구조 및 출동통제 등 대응을 수행할 수 있도록 긴급비상구조 통제센터를 구축 및 운영
 - 통제센터 1층: 실시간 모니터링 수행, 통제센터 2층: 대책반 편성, 신속한 의사결정
- (일본) 국토교통성은 2020년 4월 ‘플라토(Plateau) 프로젝트’를 통해 일본 전역의 3D 모델을 정비하고, 건축물, 인프라, 시설 등 3차원 데이터 정보 결합
 - 도쿄의 Itogiawa Station에서는 승객 활동을 고려하여 역사 공간을 설계 및 서비스 제공
- (중국) 국가 차원의 강력한 정책 ‘디지털경제발전계획’ 발표('21년)
 - 상하이 및 베이징 고속철도 환승센터에서 디지털 트윈을 통해 보행자 흐름 분석 및

열차 도착 예측 시스템 운영

- (국내, 한국국토정보공사) 국가 주요사업 연계 입체주소 및 사물주소 구축 사업, 스마트 도시 및 국가건설을 통한 드론활용도 증대, 신산업 창출 지원
 - 디지털 트윈 기반 화재 대응 현장지휘 통합 플랫폼, 바람길 시뮬레이션 분석, 지하공간 3D 데이터화를 통한 활용법 분석
 - 경남 남해군 디지털 트윈 국토 기반 읍지역 교통체계 및 약자 지원 플랫폼

나. 디지털 트윈 제조 · 물류 분야 활용 사례

- (NVIDIA) NVIDIA의 Cosmos는 물리적 세계를 이해하고 시뮬레이션할 수 있는 플랫폼으로, 물리 기반의 합성 데이터 생성을 통해 시뮬레이션에 필요한 데이터를 확보하여 로봇, 자율주행 차량, 물류 등 산업 전반에 물리 AI 가속화를 지원함
 - NVIDIA는 아래 4가지의 주요 디지털 트윈 구축 기능을 지원함
 - 또한, AI 기능이 접목된 창고 물류, BMW 제조 공정 적용 등 다양한 물류 · 제조 등 산업에 디지털 트윈 기술을 제공하고 있음

- **Mega:** Omniverse Sensor RTX API를 기반으로 공장이나 창고의 디지털 트윈에서 **로봇 플릿을 대규모로 개발**하고 테스트할 수 있습니다. 이를 통해 실제 시설에 배포하기 전에 준비를 할 수 있습니다.
- **AV 시뮬레이션:** Omniverse Sensor RTX API를 활용해 AV 개발자가 주행 데이터를 재생하고, 새로운 실측 데이터를 생성하며, 폐쇄 루프 테스트를 수행해 개발 파이프라인을 가속화할 수 있도록 돕습니다.
- **애플 비전 프로(Apple Vision Pro)로 Omniverse 공간 스트리밍하기:** 개발자가 대규모 산업용 디지털 트윈을 애플 비전 프로로 몰입형 스트리밍할 수 있는 애플리케이션을 제작할 수 있도록 지원합니다.
- **컴퓨터 지원 엔지니어링(Computer Aided Engineering, CAE)용 실시간 디지털 트윈:** NVIDIA CUDA-X 가속, 물리 AI, Omniverse 라이브러리를 기반으로 구축된 참조 워크플로우로 실시간 물리학 시각화를 가능하게 합니다.

그림 2-2-51 NVIDIA의 디지털 트윈 구축 지원 기능



그림 2-2-52 NVIDIA 디지털 트윈 적용 사례

- (독일, KION) 물류 솔루션 기업인 키온 그룹은 액센추어와 협력하여 엔비디아의 MEGA를 이용해 공장과 물류창고 자동화 솔루션을 적용함

- 자율주행 물류 로봇이 물류창고 공간을 디지털 트윈 지도로 인식, 배송 자동화
- 자동화 솔루션 기반 일별, 계절별 수요 변화를 분석·예측하고, 공간활용도 실시간 모니터링
- 옴니버스를 통해 물류창고 디지털 트윈 가상세계에서의 특정 시뮬레이션 기능 제공

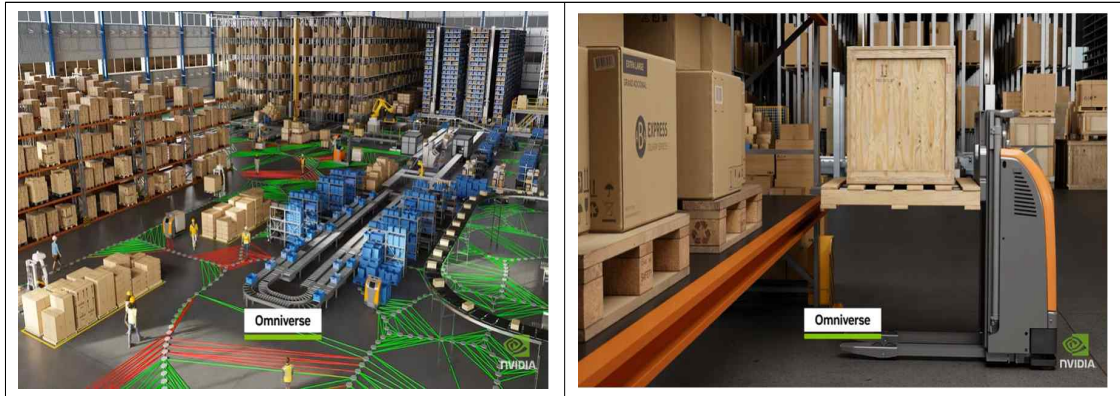


그림 2-2-53 디지털 트윈 접목 스마트 물류 시스템 (KION Group)

- (미국, AMAZON) 미국 아마존의 스마트 물류는 물리적 AI 환경에서 자율로봇 시뮬레이션 및 테스트 환경을 제공하고 있으며, 자율로봇이 동적 환경에 적응하여 인간과 함께 작업할 수 있도록 기술 접목
 - 고객 구매 패턴과 물류 시스템 분야의 축적된 데이터 기반으로 물류 창고용 로봇 운영, 배송 경로 최적화 등에 AI 적극 이용
 - 상품 파손 상태 확인 및 수요 예측 등 물류 분야에 AI 및 디지털 기술 활용



그림 2-2-54 미국 아마존 스마트 물류 사례

- (독일, SIEMENS) 독일 지멘스는 개방형 디지털 비즈니스 플랫폼인 “지멘스 엑셀러레이터”와 엔비디아의 옴니버스를 결합
 - 지멘스의 물리 기반 디지털 모델과 엔비디아의 실시간 AI를 활용하여, 실시간 성능 데이터 기반의 디지털 트윈을 이용하여 산업용 IoT 솔루션 개발
 - 생산 품목에 대해 사전에 디지털 트윈으로 시각화하여 생산에 앞서 제품의 기능 등

검증할 수 있도록 지원

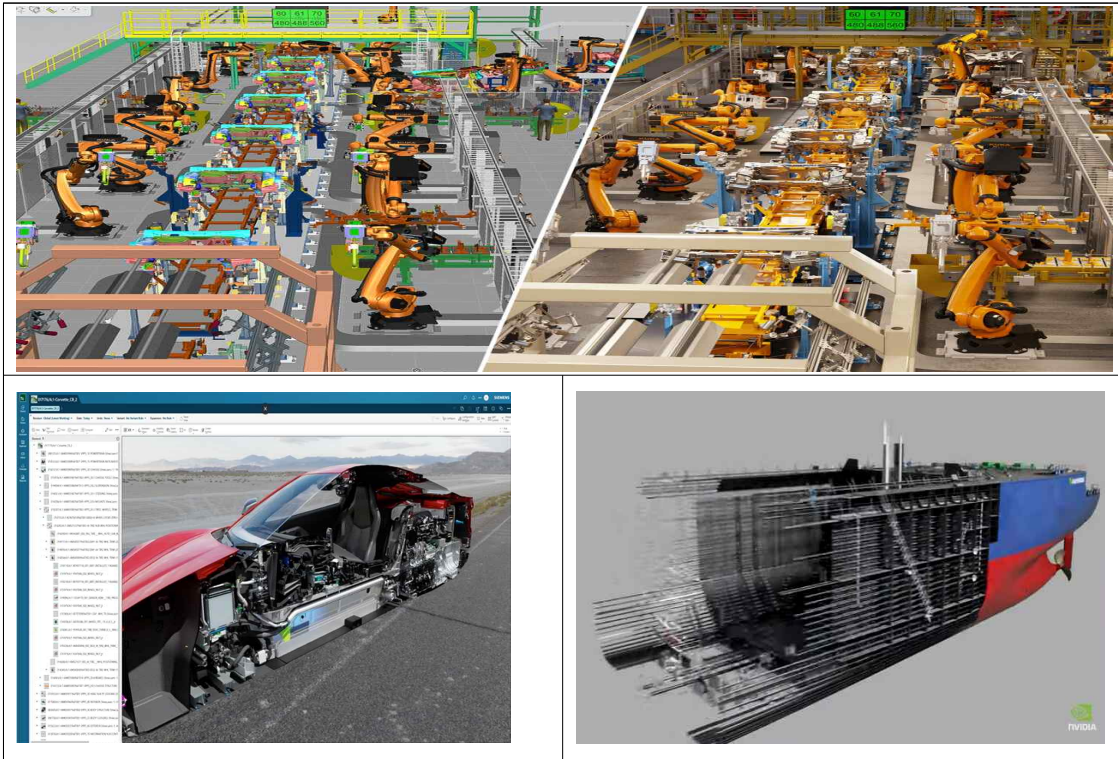


그림 2-2-55 설계·제조·운영 분야 적용 디지털 트윈 기술

- (미국, FOXCONN) 미국 제조업체인 FOXCONN은 로봇 플랏을 실제 공장에 배치하기 전에 테스트할 수 있도록 디지털 트윈을 활용하여 운영 시뮬레이션·최적화 기능을 구현하였으며, 이를 통해 현장에서의 오류 최소화 등 최적 운영에 활용하고 있음
 - 가상의 로봇과 AI 모델을 적용하여 공장 내부의 환경을 인식, 예측하여 모든 요소들의 상태와 위치를 실시간 추적함으로써 기술 접목

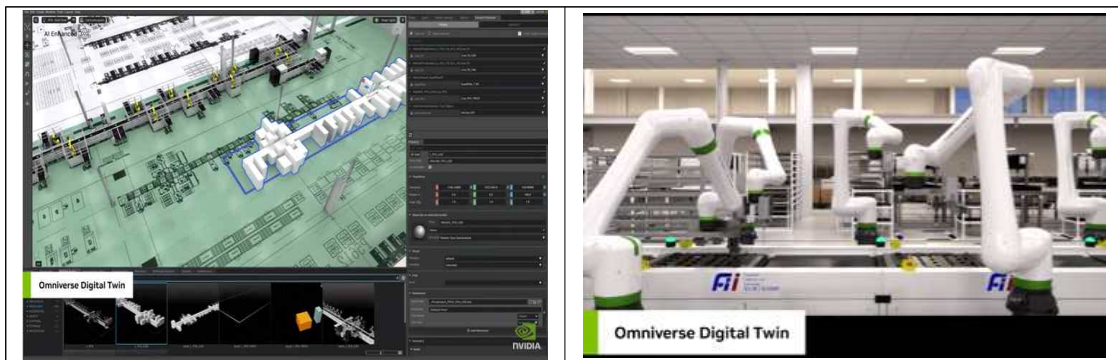


그림 2-2-56 제조업 분야에 적용된 디지털 트윈·자율 로봇 시설

- (미국, 월마트) 미국 월마트에서는 물류 창고 관리를 위해 로봇 지게차를 이용하고 있으며, AI를 적용한 식료품 관리, 출입구 관리, 배송 드론 등 다양한 서비스에 적극적으로 활용하고 있음

- 로봇 지게차를 이용한 물류창고 관리
- AI를 이용한 식료품 관리: 농경지의 작물 현황 데이터를 원격으로 취합하여 예상 수확량, 대체 작물 공급원 파악 등
- AI 기반 출입구 관리: 마찰 없는 출입구 관리 서비스 제공을 통해 회원의 퇴장 속도가 약 21% 향상되었다고 제시
- AI 기술이 접목된 배송 드론을 이용하여 최단·최적 경로 탐색



그림 2-2-57 미국 월마트 AI 기술 활용 사례

5. 환승센터 시뮬레이션 기술 동향

- (중국) 디지털트윈 기반 철도역사 실시간 제어 및 시뮬레이션 기술
 - 중국의 51WORLD는 우이 스퀘어역을 유니티 기반 3D 디지털트윈으로 구축하였으며, 해당 역사의 주요 인프라와 디지털트윈을 연계하여 실시간으로 모니터링 및 제어할 수 있는 기술 개발
 - 그러나, 일반 이용자들이 사용할 수 있는 기술·서비스를 제공하고 있지 않으며, 시뮬레이션 결과에 대한 정확도 및 신뢰도를 제시하지 않음
- (독일) 철도역사 설계·운영을 위한 보행 시뮬레이션 기술

- 미시적 교통 시뮬레이션 소프트웨어 VISSIM으로 유명한 독일 PTV에서 미시적 보행 시뮬레이션이 가능한 VISWALK라는 add on 모듈 개발
- 그러나, 디지털트윈이 아닌 단순 보행 시뮬레이터이며, 새로운 기능을 추가하거나 커스터마이징을 통한 기능 구현이 제한적임
- (국내) 철도역사 보행 시뮬레이션 및 분석 기술
 - 국내 교통 솔루션 전문 기업인 TOMMs는 독일 PTV의 교통 시뮬레이터 국내 총판을 담당하고 있으며, VISWALK를 활용한 보행 시뮬레이션 및 분석 수행
 - 국내 자체 기술로 개발한 것이 아니라 독일 PTV의 VISWALK를 활용하는 수준임

제3절 환승시설 국가통계(안) 구축 방안

1. 환승시설 정의

가. 환승 관련 시설 정의

- 「국가통합교통체계효율화법」 제2조(정의)에서는 아래와 같이 환승 관련 용어를 정의하고 있음
 - **환승시설**: 육상·해상 또는 항공 교통수단의 여객 등의 이용자가 다른 노선이나 다른 교통수단을 편리하게 이용하도록 하기위하여 **주차장, 공항여객터미널, 항만대기실, 철도역, 도시철도역, 버스정류소 또는 여객자동차터미널 등의 기능을 제공하는 시설**
 - **환승센터**: 교통수단 간의 연계교통 및 환승활동을 원활하게 할 목적으로 **일정 환승시설이 상호 연계성을 갖고 한 장소에 집합되어 있는 시설**
 - **환승지원시설**: 복합환승센터에 설치하는 환승시설 외의 시설로서 일상생활과 사회경제 활동에 필요한 **편의시설·상업시설·문화시설·업무시설·숙박시설·주거시설 등 지원 기능을 수행하는 시설**
 - **복합환승센터**: 열차·항공기·선박·지하철·버스·택시·승용차 등 교통수단 간의 원활한 연계교통 및 환승활동과 상업·업무 등 사회경제적 활동을 복합적으로 지원하기 위하여 **환승시설 및 환승지원시설이 상호 연계성을 가지고 한 장소에 모여 있는 시설**
- 국가통합교통체계효율화법에 따른 환승 관련 시설 정의에 의하면, 환승 인프라는 아래와 같이 환승시설, 환승센터, 복합환승센터로 정의할 수 있으며, 본 연구에서는 철도연계 환승 인프라로 정의하여 아래와 같이 연구 대상 범위를 정리하였음

표 2-3-1 철도연계 환승 인프라 정의

철도연계 환승 인프라		
환승시설(환승역)	환승센터	복합환승센터
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 철도역(고속/일반), 도시철도역, 광역철도역 등 단일 교통허브 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 환승시설 간 상호 연계성을 갖고 한 장소에 집합된 다중 교통허브 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 환승시설 및 환승지원시설이 상호 연계성을 갖고 한 장소에 집합된 복합 교통허브

나. 환승역 현황조사

(1) 환승역 분포 현황 (제3차 환승센터 및 복합환승센터 구축 기본계획 발췌)

- 「제3차 환승센터 및 복합환승센터 기본계획 (2021~2025)」에서는 환승현황 분석을 위해 주요 대중교통 결절점 현황을 조사하여 제시함
- 본 연구에서는 주요 대중교통 결절점 중 철도역에 관한 내용을 검토하였으며, 이를 통해 국내 환승역에 대한 현황을 파악하고자 함
- 철도 환승이 가능한 철도역은 2019년 기준으로 총 181개를 운영 중이며, 도시철도 간 환승역이 59개로 가장 많고, 고속철도 환승역과 광역철도 환승역이 각 52개, 일반철도 환승역이 가장 적은 수준인 18개로 운영되고 있음
 - 고속철도역 중, 일반철도, 광역철도, 도시철도 환승역은 지역 간 교통거점 기능을 수행
 - 고속철도역 중, 일반철도와의 환승역은 지방 대도시권 외곽 또는 중소 지방도시의 환승거점 기능 수행
 - 광역철도 환승역은 대도시권의 광역 환승거점 기능 수행
 - 도시철도 환승역은 주로 대도시권 내 환승거점 기능 수행

표 2-3-2 철도역 환승등급에 따른 환승역 분포 (2019년 기준)

구분	환승형태	개수	주요역
고속철도 (52개)	고속 ↔ 일반 ↔ 광역	7개	서울, 용산, 영등포, 수원 등
	고속 ↔ 일반 ↔ 도시	5개	대전, 부산, 동대구 등
	고속 ↔ 광역	5개	행신, 광명, 수서 등
	고속 ↔ 일반	35개	강릉, 익산, 서대전 등
일반철도 (18개)	일반 ↔ 광역	15개	안양, 평택, 천안 등
	일반 ↔ 도시	3개	대구, 화명, 사상
광역철도 (52개)	광역 ↔ 광역·도시	52개	청평, 가평, 부평, 금정 등
도시철도 (59개)	도시 ↔ 도시	59개	강남, 잠실, 사당, 서면 등
합계		181개	-

자료: 제3차 환승센터 및 복합환승센터 구축 기본계획

(2) 환승센터 및 복합환승센터 사업 현황 (2021~2025 광역교통시행계획 대상사업)

- 제4차 광역교통시행계획(2021~2025)에 따르면, 광역 권역별 환승센터 및 복합환승센터에 대한 진행 중인 사업 및 신규 사업을 제시하고 있음
 - 수도권은 신규 22개, 계속 10개 사업으로 총 32개 사업을 계획 또는 진행하고 있음

표 2-3-3 환승센터 및 복합환승센터 사업 현황: 수도권

구분	사업명	기능	사업비 (억원)	
신규	1	청량리역 환승센터	일반	1,699
	2	서울역 환승센터	일반	1,294
	3	양재역 환승센터	일반	468
	4	상봉역 복합환승센터	복합	305
	5	여의도역 복합환승센터	복합	500
	6	창동역 복합환승센터	복합	722
	7	용인역 복합환승센터	복합	1,279
	8	운정역 환승센터	일반	1,457
	9	동탄역 환승센터	일반	651
	10	부천종합운동장역 환승센터	일반	1,250
	11	의정부역 환승센터	일반	365
	12	금정역 복합환승센터	복합	140
	13	덕정역 환승센터	일반	63
	14	대곡역 복합환승센터	복합	1,172
	15	부평역 환승센터	일반	129
	16	인천시청역 환승센터	일반	136
	17	인천대입구역 환승센터	일반	505
	18	초지역 환승센터	일반	402
	19	인덕원역 복합환승센터	복합	460
	20	구리역 환승센터	일반	131
	21	아주대삼거리역 환승센터	일반	113
	22	걸포북변역 복합환승센터	복합	1,700
계속	23	사당역 복합환승센터	복합	796
	24	병점역 환승센터	일반	150
	25	복정역 복합환승센터	복합	1,350
	26	지제역 복합환승센터	복합	1,138
	27	수원역 환승센터	일반	925
	28	김포공항역 복합환승센터	복합	480
	29	킨텍스역 복합환승센터	일반	350
	30	강일역 환승센터	일반	325
	31	삼성역 복합환승센터	복합	316
	32	검암역 복합환승센터	복합	390
합계 (32개)			21,161	

- 부산·울산권의 경우, 진행 중인 사업이 5개, 신규 사업이 4개로 총 9개 사업을 계획 또는 진행 중임

표 2-3-4 환승센터 및 복합환승센터 사업 현황: 부산·울산권

구분	사업명	기능	사업비 (억원)	
신규	1	울산 송정역 환승센터	일반	71
	2	경남 마산역 광역환승센터	일반	265
	3	양산 북정역 환승센터	일반	355
	4	양산 사송역 환승센터	일반	70
계속	5	명지신도시 환승센터	일반	9
	6	대저역 환승센터	일반	10
	7	태화강역 환승센터	일반	107
	8	울산역 복합환승센터	복합	602
	9	사상역 환승센터	일반	170
합계 (9개)			1,659	

- 대구권은 서대구역 복합환승센터를 신규 사업으로 선정하여 진행 예정임

표 2-3-5 환승센터 및 복합환승센터 사업 현황: 대구권

구분	사업명	기능	사업비 (억원)	
신규	1	서대구역 복합환승센터	복합	450
합계 (1개)			450	

- 대전권 진행 중인 유성복합터미널 환승센터 사업 외, 계룡역 환승센터 사업을 신규로 제시함

표 2-3-6 환승센터 및 복합환승센터 사업 현황: 대전권

구분	사업명	기능	사업비 (억원)	
신규	1	계룡역 환승센터	일반	135
계속	2	유성복합터미널 환승센터	복합	1,073
합계 (2개)			1,208	

- 광주권 없음

2. 철도연계 환승 인프라 데이터베이스 및 지표

가. 환승 인프라 관련 데이터베이스 및 지표 정의

- 최근 데이터의 중요성이 주목받으면서 교통 관련 데이터의 영역도 확장하고 있으며, 여러 가지 교통 문제를 해결하기 위한 평가 기준, 지표 등에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있음
- 이에 본 연구에서는 환승시설에 대한 데이터 확보 및 관리 체계를 정의하기 위해 데이터베이스와 지표의 관계를 정의하고, 이를 통해 환승시설과 관련된 데이터베이스 구축 및 분석 관리 체계의 기반을 마련하고자 함
- 데이터베이스와 지표 목록을 정리하고, (1) 국가에서 관리하는 데이터베이스, (2) 공공기관에서 관리하는 데이터베이스, (3) 민간에서 관리하는 데이터베이스로 구분하여 데이터베이스 확보(안)을 제시함
- 또한, 수집된 데이터베이스를 통해 산출할 수 있는 지표를 정리하여 정책적 목적(예: 신규 환승시설 건설, 기존 환승시설 개량, 운영 효율성 확보 등)에 적절하게 지표를 활용할 수 있도록 핀셋 지표를 제시하고자 함
- 데이터베이스와 지표는 아래와 같이 정의할 수 있음
 - 데이터베이스: 데이터를 체계적으로 저장하고 관리하는 시스템
 - 데이터베이스의 경우 국가, 민간, 자체 수집 등을 통해 구할 수 있는 데이터들의 집합으로, 관련 데이터 항목이 모여 데이터베이스를 구성함
 - 지표: 데이터 분석을 통한 평가 및 의사 결정 지원 목적으로 활용되는 기준값
 - 지표는 데이터베이스에서 필요한 데이터 항목을 추출하여 지표 산출 산식 또는 집계 등을 통해 어떠한 현상을 규명하기 위해 도출되는 값임



그림 2-3-1 데이터베이스와 지표

나. 환승 인프라 관련 데이터베이스

- 환승시설은 교통의 흐름에 중요한 거점 역할을 가지고 있기 때문에 교통 흐름과 관련된 다양한 데이터와 연계될 수 있음
- 환승시설 분석에 활용할 수 있는 데이터베이스를 정리하고, 이를 체계적으로 수집하고 활용할 수 있도록 데이터 확보 방안을 제시함
- 환승시설 관련 데이터베이스는 국가에서 관리하고 제공하는 데이터베이스, 공공기관에서 관리하고 제공하는 데이터베이스, 민간에서 관리하고 제공하는 데이터베이스로 구분할 수 있으며, 국가 및 공공기관의 경우 무료로 활용이 가능하고 민간의 경우 부분 무료로 활용이 가능함
- 본 연구에서는 환승시설 관련 데이터베이스를 데이터베이스 제공처에 따라 공공데이터와 민간데이터로 크게 두 가지 유형으로 구분하고, 수집 방법에 따라 공공데이터와 민간데이터를 세분화하여 구분함
 - (유형 A) 공공데이터: 국가통계포털, 공공데이터포털 등 누구나 다운로드 가능한 데이터, 교통카드 등 기관의 협조를 통해 얻을 수 있는 데이터로 세분화
 - (A-1) 누구나 다운로드 가능한 데이터: 국가통계포털, 공공데이터포털 등
 - (A-2) 공문 등 기관의 협조를 통해 얻을 수 있는 데이터: 교통카드, 3차원 역사 정보 등
 - (유형 B) 민간데이터: 무료로 제공하는 데이터와 유료 제공 데이터로 세분화
 - (B-1) (부분)무료 제공 데이터: 오픈스트리트 맵 등
 - (B-2) 유료 제공 데이터: 통신량 데이터, 경로 탐색 데이터 등
- 기존 연구와 데이터베이스 제공기관 등을 고려하여 아래와 같이 환승 인프라 관련 데이터베이스 목록을 정리함

표 2-3-7 사회경제지표 관련 데이터베이스 목록

데이터베이스	설명	수집처	유형
인구수	거주 인구	통계지리정보서비스 (SGIS)	A-1
종사자수	종사자 조건 총족 인구		
고령자수	65세 이상 인구		
가구수	생계를 같이하는 생활단위 수		
연평균 인구증가율	최근 5년간 인구증가율		
학생수	초·중·고교 재학중인 인구	한국교육학술정보원 (학교알리미)	A-1
1인가구수	가구원 수가 1인인 가구 수	국가통계포털 (KOSIS)	
경제활동인구수	취업·실업자 수		
개인평균소득	개인단위 평균 연간 소득액		
가구평균소득	가구단위 평균 연간 소득액		

표 2-3-8 교통 인프라 및 서비스 관련 데이터베이스 목록

데이터베이스	설명	수집처	유형
도로위계별 연장	도로의 위계별 연장	국가교통DB (KTDB)	(A-1)
도로율	도로의 점유면적 비율		
버스정류장수	버스정류장의 수		
버스노선수	경유 버스노선의 수		
버스노선 운행정보	버스노선에 대한 운행 정보		
도시철도역사수	도시철도역사의 수		
도시철도노선수	경유 도시철도노선의 수		
도시철도 일 시간당 운행횟수	역사별 시간당 운행횟수		
승용차 통행시간	특정 기종점 기준 승용차 통행시간	길찾기 API (카카오, 네이버 등)	(B-1)
대중교통 통행정보	대중교통 통행시간, 이동거리 등 정보	대중교통 길찾기 API (ODSay)	(B-2)

표 2-3-9 토지이용현황 관련 데이터베이스 목록

데이터베이스	설명	수집처	유형
집객시설(커피전문점)	공간단위 내 커피전문점 수의 합계	한국지역정보개발원 (지방행정 인허가 데이터개방)	(A-2)
집객시설(백화점)	공간단위 내 백화점 수의 합계		
집객시설(편의점)	공간단위 내 편의점 수의 합계		
주거지역 면적비	공간단위 내 주거지역 면적의 비율	국가공간정보포털	(A-1)
상업지역 면적비	공간단위 내 상업지역 면적의 비율		
공업지역 면적비	공간단위 내 공업지역 면적의 비율		
녹지지역 면적비	공간단위 내 녹지지역 면적의 비율		

표 2-3-10 철도역 내부 이용자, 시설 등 데이터베이스 목록

데이터베이스	설명	수집처	유형
통신량 데이터	기지국별 통신량 데이터	통신사 (SKT, KT 등)	(B-2)
교통카드 데이터	교통카드 이용 데이터	국토교통부	(A-2)
AFC 데이터	철도역 내 개찰구 데이터	운영기관 (서울교통공사 등)	(A-2)
철도역 이용현황	철도역 이용수요 등 현황	서울열린데이터광장, 철도통계연보 등	(A-1)
열차 혼잡도	열차의 객차별 혼잡도 정보 (서울시)	서울열린데이터광장	(A-1)
열차 출도착 정보	실시간 도착 정보 (서울시)		(A-1)
철도역사 3D 공간정보	3D 실내공간지도	국토지리정보원	(A-2)

다. 환승 인프라 관련 지표

- 환승 인프라 관련 지표는 아래 표와 같이 환승시설 현황에 대한 일반현황 지표를 정의하였으며, 환승시설 이용과 관련된 지표는 환승시설 내부와 환승시설 외부로 구분하여 평가 지표를 정의함

표 2-3-11 환승시설 관련 지표

구분	평가항목	평가지표
환승시설 현황	환승시설 이용 현황	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 환승시설 이용자 현황 ▪ 환승시설 통행 패턴 ▪ 환승 통행률 ▪ 시간대별 이용 현황 등
	환승시설 연계 현황	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수단간 연계 현황 ▪ 지역별 접근 현황 등
	환승시설 이용자 만족도	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 만족도 설문조사 점수
환승시설 내부	이동 편리성	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 평면 환산거리 ▪ 환승 소요시간 ▪ 환승이동 고저차 ▪ 계단, E/S, M/W 설치길이 및 비율
	혼잡성	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 보행통로 서비스수준 ▪ 대기공간 서비스수준
	정보제공	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 안내표지판 설치 개소수 ▪ 교차 통행지점 수
	편의성	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 화장실 개소 수 ▪ E/S, M/W, E/V 설치기준 및 부합여부 ▪ 교통약자 편의시설 설치현황
	쾌적성	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 온도, 조도, 소음, 공기청정도 ▪ 환승통로 및 대기공간 밀도
	보행 행태 평가	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 충돌횟수 ▪ 경로 이탈도 등
	안전 및 보안성	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 역내 안전사고 및 범죄 발생건수
환승시설 외부	환승·연계 접근성	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 최단 접근시간 ▪ 접근 가능 시설 수 ▪ 평균 접근시간 ▪ 통행시간 구간별 접근 가능 인구 비율 ▪ 통행속도 지표 (통행거리/통행시간) ▪ 대중교통 최소 서비스 수준 ▪ 대중교통 Stage ▪ 대중교통 도보 이동거리
	토지이용 및 개발	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 총 건물 연면적 ▪ 주거 연면적 비율 ▪ 생활서비스 용도 연면적 비율 ▪ 교육·업무 등 연면적 비율

3. 환승시설 접근성 지표 확장 구축

가. 환승 인프라 접근성 분석 개요

- 한국철도기술연구원에서는 2023년, 10개 고속철도 역에 대한 ‘고속철도 연계환승 편의성 지표’를 구축하였음
- 기존 지표와 연계할 수 있는 기반 구축을 위한 철도역 접근성 분석 지원 시스템을 구축하여 기초 지표 관련 DB 수집, 신규 노선 도입 관련 환승시설 접근성 분석의 기반을 마련함

나. 환승 인프라 접근성 지표 구축 및 활용 지원 시스템 개발

- 주요 기능
 - 환승시설 접근성 가시화(등시선도) 표출
 - * 15분 단위 6단계 음영 표출 (15분, 30분, 45분, 60분, 75분, 90분)
 - 신규노선 도입에 따른 시나리오별 환승시설 접근성 분석
 - * GTX / 제주 수소트램 / M-DRT 도입 사례 분석
 - 환승시설 접근성 DB 출력 (.csv 및 .shp 파일)
 - * 총 소요시간, 수단별 소요시간, 총 이동거리, 수단별 이동거리, 환승횟수 등
- 구축 시스템 (URL: <http://218.234.32.244:8805/>)

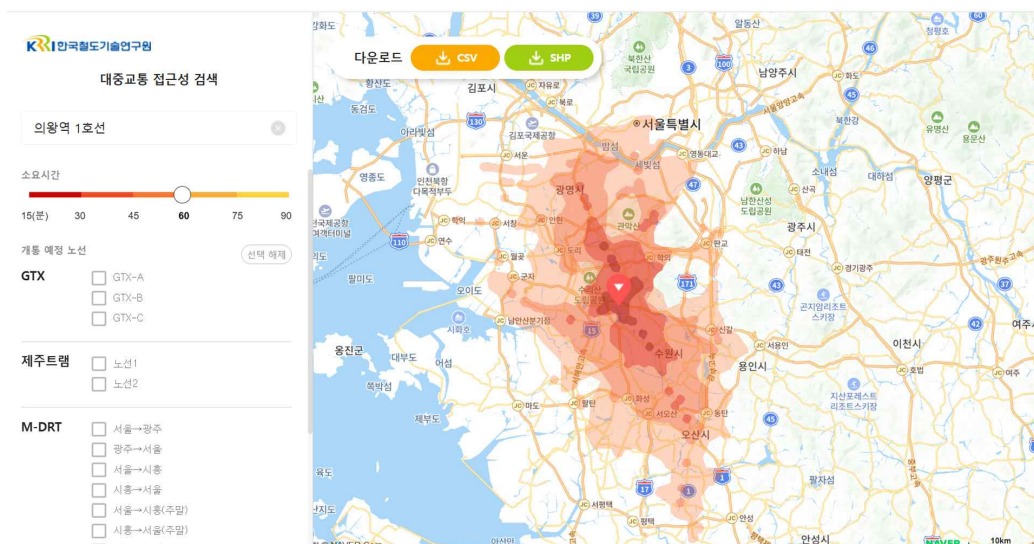


그림 2-3-2 환승시설 접근성 DB 지원 시스템 화면

다. 환승시설 이용자 설문조사 결과

(1) 설문조사 응답자 일반현황

- 본 연구에서는 환승역을 이용하는 이용자 대상으로 설문조사를 수행하였으며, 온라인 설문조사를 통해 총 300명의 이용자에 대한 설문조사 결과를 수집함
- 설문조사는 앞서 서술한 바와 같이 이용자 수 및 노선 수를 고려하여 선택지를 제공하고, 이외 역을 선택할 수 있도록 구성하여 다양한 환승역에 대한 만족도 결과를 수집하고자 하였으며, 설문조사 결과 아래와 같이 응답자 현황이 도출됨
 - 본 연구는 수도권 지하철을 이용하는 이용자 대상으로 설문조사를 수행하였기 때문에, 응답자의 거주지역 분포는 서울 57%, 경기 40%, 인천 3%로 조사됨

표 2-3-12 설문조사 응답자 일반현황: 거주지역

구분	분류	응답자 수	비율
거주지역	서울	171	57%
	인천	10	3%
	경기	119	40%

- 연령의 경우, 만 50~59세가 102명으로 34%를 차지하였으며, 만 30~39세가 27%, 만 40~49세 17%, 만 60세 이상 13%, 만 30세 미만 9% 순으로 도출됨

표 2-3-13 설문조사 응답자 일반현황: 연령

구분	분류	응답자 수	비율
연령	만30세 미만	27	9%
	만30세~39세	81	27%
	만40세~49세	51	17%
	만50세~59세	102	34%
	만60세 이상	39	13%

- 성별의 경우 남성이 121명(40%), 여성이 179(60%)로 조사됨

표 2-3-14 설문조사 응답자 일반현황: 성별

구분	분류	응답자 수	비율
성별	남성	121	40%
	여성	179	60%

- 응답자가 주로 이용하는 환승역에 대한 응답 결과에 따르면, 고속터미널역과 신도림역이 각 47명 이용하여 16%를 차지하며 가장 높은 응답률을 보임
- 이외 사당역 20명(7%), 서울역 20명(7%), 건대입구역 19명(6%), 김포공항역 19명(6%) 등 주 이용 환승역에 대한 응답 결과가 도출됨
- 기타역은 수원역(5명), 가산디지털단지역(3명), 금정역(2명), 천호역(2명), 합정역(2명) 외 강남역, 구성역, 노량진역 등으로 응답함

표 2-3-15 설문조사 응답자 일반현황: 주 이용 환승역

구분	분류	응답자 수	비율
주 이용 환승역	고속터미널역	47	16%
	신도림역	47	16%
	사당역	20	7%
	서울역	20	7%
	건대입구역	19	6%
	김포공항역	19	6%
	동대문역사문화공원역	14	5%
	공덕역	12	4%
	교대역	12	4%
	잠실역	12	4%
	충무로역	10	3%
	수서역	9	3%
	왕십리역	8	3%
	군자역	7	2%
	종로3가역	7	2%
	청량리역	4	1%
	신설동역	2	1%
	기타 역	31	10%

- 본 연구에서는 주 이용 환승역 중 5% 이상 응답한 역과 고속철도와 연계되어 있는 수서역을 추가하여 총 8개 환승역을 대상으로 환승역 이용 실태, 환승역 만족도에 대한 응답 결과를 분석함
- 환승역 이용 실태는 환승역을 이용하는 이용 실태, 이용 시간 등에 대한 환승역 이용 정보를 조사하였으며, 환승역 만족도의 경우 환승 난이도, 안전성, 정보체계, 편리성, 혼잡도 등 여러 항목에 대한 만족도와 종합 만족도를 조사함

(2) 주요 환승역 이용실태 조사 결과

(가) 고속터미널역

① 고속터미널역 일반현황

② 환승역 이용실태 조사 결과

- (이용 빈도) 고속터미널역은 총 47명이 주 이용 환승역으로 응답하였으며, 매일 이용하는 비율이 14.9%, 주 3회 이상 이용 비율이 38.3%로 53.2%의 이용 인원이 주 3회 이상 이용하는 것으로 응답함
- (이용 목적) 환승역 이용 목적으로는 통근 및 통학이 57.4%로 가장 높게 나타났으며, 쇼핑 및 여가 활동이 25.5%, 여행 및 출장이 12.8% 순으로 도출됨
- (주 이용 시설물) 환승역 층간 이동시 주로 이용하는 시설물 조사 결과, 78.7%의 이용객이 에스컬레이터를 이용하는 것으로 나타났으며, 그 이유는 '걸기 싫어서' 51.1%, '다른 시설물은 혼잡해서' 25.5%, '다른 이용 가능 시설물이 없어서'가 12.8%로 나타남
- (환승 노선) 고속터미널역을 이용하는 이용객의 환승 노선 현황을 살펴보면, 3호선↔9호선 간 환승이 18명(38.3%), 3호선↔7호선 간 환승이 15명(31.9%), 7호선↔9호선 간 환승이 14명(29.8%)으로 나타남
- (환승 이동시간)
 - 고속터미널역을 이용하는 이용자 대상으로 환승시 체감하는 이동시간 및 적정 이동시간에 대해 조사 범위 중간값을 적용하여 가중평균 값을 도출함
 - 이동시간 조사 결과에 따르면 각 환승 노선별 이용자가 실제로 느끼는 환승 이동시간과 적정하다고 생각하는 적정 이동시간이 평균 1.89분 차이가 존재하며, 운영사(서울교통공사)에서 제공하고 있는 환승 이동시간과도 2.40분의 차이가 존재함

표 2-3-16 환승 이동시간 조사 결과: 고속터미널역

환승 노선	합계	구분	체감 환승 이동시간 응답자 수 (명)						평균 환승 이동시간	
			3분 이내	4~6분	7~9분	10~12분	12~15분	15분 이상	이용자 조사 시간 (분)	운영사 제공 시간 ⁹⁾ (분)
3호선↔9호선	18	현황	1	8	6	-	-	-	5.07	2.15
		적정	8	4	3	-	-	-	3.53	
3호선↔7호선	15	현황	1	10	5	1	1	-	5.50	2.35
		적정	7	9	1	1	-	-	3.72	
7호선↔9호선	14	현황	-	8	5	1	-	-	5.50	4.37
		적정	6	8	-	-	-	-	3.14	

* 연구자 실제 측정 환승 이동시간: 2.46분 (7호선 → 3호선)

9) 공공데이터포털, 서울교통공사 환승역거리 소요시간 정보 제공 (환승시간=환승거리/평균 보행속도(1.2m/s))

(나) 신도림역

① 신도림역 일반현황

② 환승역 이용실태 조사 결과

- (이용 빈도) 신도림역은 총 47명이 주 이용 환승역으로 응답하였으며, 매일 이용하는 비율이 12.8%, 주 3회 이상 이용 비율이 34.0%로 46.8%의 이용 인원이 주 3회 이상 이용하는 것으로 응답함
- (이용 목적) 환승역 이용 목적으로는 통근 및 통학이 59.6%로 가장 높게 나타났으며, 쇼핑 및 여가 활동이 31.9%, 여행 및 출장이 8.5% 순으로 도출됨
- (주 이용 시설물)
 - 환승역 층간 이동시 주로 이용하는 시설물 조사 결과, 53.2%의 이용객이 계단을 가장 많이 이용하는 것으로 나타났으며, 42.6%가 에스컬레이터, 4.3%가 엘리베이터를 이용하는 것으로 나타남
 - 해당 시설물을 이용하는 이유는 '다른 시설물은 혼잡해서'가 42.6%로 가장 높은 응답률을 보였으며, '걷기 싫어서'가 27.7%, '다른 시설물이 없어서'가 19.1%로 나타남
- (환승 노선) 신도림역은 1호선과 2호선이 환승하는 환승역으로, 해당 환승역을 이용하는 환승 이용객은 모두 1호선과 2호선 간 환승 이용객임
- (환승 이동시간)
 - 신도림역을 이용하는 이용자 대상으로 환승시 체감하는 이동시간 및 적정 이동시간에 대해 조사 범위 중간값을 적용하여 가중평균 값을 도출함
 - 이동시간 조사 결과에 따르면 이용자가 실제로 느끼는 환승 이동시간과 적정하다고 생각하는 적정 이동시간이 1.49분 차이가 존재하며, 운영사(서울교통공사)에서 제공하고 있는 환승 이동시간과는 4분 이상의 시간 차이가 존재함

표 2-3-17 환승 이동시간 조사 결과: 신도림역

환승 노선	합계	구분	체감 환승 이동시간 응답자 수 (명)						평균 환승 이동시간	
			3분 이내	4~6분	7~9분	10~12분	12~15분	15분 이상	이용자 조사 시간 (분)	운영사 제공 시간 (분)
1호선↔ 2호선	47	현황	10	20	7	9	-	1	5.40	1.13
		적정	23	14	6	4	-	-	3.91	

(다) 사당역

① 사당역 일반현황

② 환승역 이용실태 조사 결과

- (이용 빈도) 사당역은 총 20명이 주 이용 환승역으로 응답하였으며, 월 1~2회 미만 이용자가 50%로 응답하였으며, 35%의 응답자가 주 3회 이상 이용하는 것으로 응답함
- (이용 목적) 환승역 이용 목적으로는 쇼핑 및 여가 활동이 45%로 가장 높았으며, 통근 및 통학이 40%, 여행 및 출장 10% 순으로 나타남
- (주 이용 시설물)
 - 환승역 층간 이동시 주로 이용하는 시설물 조사 결과, 계단 및 에스컬레이터가 각 50%로 동일하게 나타남
 - 해당 시설물을 이용하는 이유는 '걷기 싫어서'가 40%, '다른 시설물은 혼잡해서'가 25%의 응답률을 보였으며, '다른 시설물이 없어서'가 10%로 나타남
- (환승 노선) 사당역은 2호선과 4호선이 환승하는 환승역으로, 해당 환승역을 이용하는 환승 이용객은 모두 2호선과 4호선 간 환승 이용객임
- (환승 이동시간)
 - 사당역을 이용하는 이용자 대상으로 환승시 체감하는 이동시간 및 적정 이동시간에 대해 조사 범위 중간값을 적용하여 가중평균 값을 도출함
 - 이동시간 조사 결과에 따르면 이용자가 실제로 느끼는 환승 이동시간과 적정하다고 생각하는 적정 이동시간이 0.7분(42초) 차이가 존재하여 타 환승역에 비해 차이는 미미한 것으로 나타났으나, 운영사(서울교통공사)에서 제공하고 있는 환승 이동시간과는 약 1.62분의 시간 차이가 존재함

표 2-3-18 환승 이동시간 조사 결과: 사당역

환승 노선	합계	구분	체감 환승 이동시간 응답자 수 (명)						평균 환승 이동시간	
			3분 이내	4~6분	7~9분	10~12분	12~15분	15분 이상	이용자 조사 시간 (분)	운영사 제공 시간 (분)
2호선↔ 4호선	20	현황	8	9	1	2	-	-	3.95	1.03
		적정	9	10	1	-	-	-	3.25	

* 연구자 실제 측정 환승 이동시간: 2.18분 (2호선 → 4호선)

(라) 서울역

① 서울역 일반현황

② 환승역 이용실태 조사 결과

- (이용 빈도) 서울역은 총 20명이 주 이용 환승역으로 응답하였으며, 월 1~2회 미만 이용자가 50%로 응답하였으며, 30%의 응답자가 주 3회 이상 이용, 20%의 응답자가 주 1~2회 이용하는 것으로 응답함
- (이용 목적) 환승역 이용 목적으로는 통근 및 통학이 50%로 가장 높게 나타났으며, 쇼핑 및 여가 활동, 여행 및 출장이 각 25%로 나타남
- (주 이용 시설물) 환승역 층간 이동시 주로 이용하는 시설물 조사 결과, 80%의 이용객이 에스컬레이터를 이용하는 것으로 나타났으며, 그 이유는 ‘걷기 싫어서’ 40%, ‘다른 시설물은 혼잡해서’ 40%, ‘다른 이용 가능 시설물이 없어서’가 15%로 나타남
- (환승 노선) 서울역을 이용하는 이용객의 환승 노선 응답 결과, 1호선과 4호선 간의 환승이 18명으로 대부분 비율을 차지하였으며, 1호선과 공항철도 간 환승 1명, 공항철도 KTX 간 환승이 1명으로 나타남
- (환승 이동시간)
 - 서울역을 이용하는 이용자 대상으로 환승시 체감하는 이동시간 및 적정 이동시간에 대해 조사 범위 중간값을 적용하여 가중평균 값을 도출함
 - 이동시간 조사 결과에 따르면 1호선↔4호선 간 환승시 이용자가 실제로 느끼는 환승 이동시간과 적정하다고 생각하는 적정 이동시간이 1.61분 차이가 존재하며, 운영사(서울교통공사)에서 제공하고 있는 환승 이동시간과도 3분의 차이가 존재함
 - 타 노선간 환승은 샘플수가 부족하여 분석 결과 해석에서 제외함

표 2-3-19 환승 이동시간 조사 결과: 서울역

환승 노선	합계	체감 환승 이동시간 응답자 수 (명)							평균 환승 이동시간	
		구분	3분 이내	4~6분	7~9분	10~12분	12~15분	15분 이상	이용자 조사 시간 (분)	운영사 제공 시간 (분)
1호선 ↔ 4호선	18	현황	-	8	3	7	-	-	6.83	2.22
		적정	5	6	4	2	1	-	5.22	
1호선 ↔ 공항철도	1	현황	1	-	-	-	-	-	2.00	4.30
		적정	1	-	-	-	-	-	2.00	
공항철도 ↔ KTX	1	현황	-	1	-	-	-	-	4.00	-
		적정	-	1	-	-	-	-	4.00	

(마) 건대입구역

① 건대입구역 일반현황

② 환승역 이용실태 조사 결과

- (이용 빈도) 건대입구역은 총 19명이 주 이용 환승역으로 응답하였으며, 52.7%의 이용자가 주 3회 이상 이용하는 것으로 나타났으며, 21.1%의 이용자가 주 1~2회 이용하는 것으로 응답함
- (이용 목적) 환승역 이용 목적으로는 통근 및 통학, 쇼핑 및 여가 활동이 각 47.4%로 나타나 대부분을 차지함
- (주 이용 시설물)
 - 환승역 층간 이동시 주로 이용하는 시설물 조사 결과, 52.6%가 에스컬레이터를, 36.8%가 계단, 나머지 10.5%는 엘리베이터를 이용하는 것으로 응답함
 - 해당 시설물을 이용하는 이유는 '다른 시설물은 혼잡해서'가 47.4%, '건기 싫어서'가 36.8%의 응답률을 보임
- (환승 노선) 건대입구역은 2호선과 7호선이 환승하는 환승역으로, 해당 환승역을 이용하는 환승 이용객은 모두 2호선과 7호선 간 환승 이용객임
- (환승 이동시간)
 - 건대입구역을 이용하는 이용자 대상으로 환승시 체감하는 이동시간 및 적정 이동시간에 대해 조사 범위 중간값을 적용하여 가중평균 값을 도출함
 - 이동시간 조사 결과에 따르면 이용자가 실제로 느끼는 환승 이동시간과 적정하다고 생각하는 적정 이동시간의 차이가 약 3.7분으로 타 환승역에 비해 큰 차이가 존재하며, 운영사(서울교통공사)에서 제공하고 있는 환승 이동시간과도 5분 이상의 시간 차이가 존재함

표 2-3-20 환승 이동시간 조사 결과: 건대입구역

환승 노선	합계	구분	체감 환승 이동시간 응답자 수 (명)						평균 환승 이동시간	
			3분 이내	4~6분	7~9분	10~12분	12~15분	15분 이상	이용자 조사 시간 (분)	운영사 제공 시간 (분)
2호선↔7호선	19	현황	1	7	8	1	2	-	6.32	1.07
		적정	5	11	3	-	-	-	3.95	

(바) 김포공항역

① 김포공항역 일반현황

② 환승역 이용실태 조사 결과

- (이용 빈도) 건대입구역은 총 19명이 주 이용 환승역으로 응답하였으며, 47.4%의 이용자가 주 3회 이상 이용하는 것으로 나타났으며, 26.3%의 이용자가 주 1~2회 이용하는 것으로 응답함
- (이용 목적) 환승역 이용 목적으로는 통근 및 통학이 52.6%로 가장 높게 나타났으며, 쇼핑 및 여가 활동 26.3%, 여행 및 출장 15.8%로 응답함
- (주 이용 시설물)
 - 환승역 층간 이동시 주로 이용하는 시설물 조사 결과, 94.7%가 에스컬레이터를 이용하는 것으로 응답함
 - 해당 시설물을 이용하는 이유는 '걷기 싫어서'가 63.2%, '다른 시설물이 없어서'가 15.8%의 응답률을 보임
- (환승 노선) 김포공항역을 이용하는 이용객의 환승 노선 응답 결과, 5호선과 9호선 간 환승이 6명(31.6%), 9호선과 공항철도 간 환승이 5명(26.3%), 9호선과 김포골드라인 간 환승이 3명, 서해선↔9호선 2명, 서해선↔5호선 1명, 5호선↔공항철도 1명, 5호선↔김포골드라인 1명으로 나타남
- (환승 이동시간)
 - 이동시간 조사 결과에 따르면 이용자가 실제로 느끼는 환승 이동시간과 적정하다고 생각하는 적정 이동시간의 차이가 평균 1.73분으로 타 환승역에 비해 차이가 크진 않지만, 운영사(서울교통공사)에서 제공하고 있는 환승 이동시간의 경우 5호선↔9호선 간의 환승은 약 3분의 시간 차이가 존재함

표 2-3-21 환승 이동시간 조사 결과: 김포공항역

환승 노선	합계	구분	체감 환승 이동시간 응답자 수 (명)						평균 환승 이동시간	
			3분 이내	4~6분	7~9분	10~12분	12~15분	15분 이상	이용자 조사 시간 (분)	운영사 제공 시간 (분)
5호선 ↔ 9호선	6	현황	2	2	2	-	-	-	4.33	1.47
		적정	1	5	-	-	-	-	3.67	
9호선 ↔ 공항철도	5	현황	1	2	1	1	-	-	5.40	-
		적정	2	3	-	-	-	-	3.20	
김포골드 ↔ 9호선	3	현황	1	1	-	-	1	-	6.00	-
		적정	2	-	1	-	-	-	3.67	

(사) 동대문역사문화공원역

① 동대문역사문화공원역 일반현황

② 환승역 이용실태 조사 결과

- (이용 빈도) 동대문역사문화공원역은 총 14명이 주 이용 환승역으로 응답하였으며, 71.4%의 이용자가 주 3회 이상 이용하는 것으로 나타남
- (이용 목적) 환승역 이용 목적으로는 통근 및 통학이 64.3%로 가장 높게 나타났으며, 쇼핑 및 여가 활동 35.7%로 응답함
- (주 이용 시설물)
 - 환승역 층간 이동시 주로 이용하는 시설물 조사 결과, 64.3%가 에스컬레이터를, 35.7%는 계단을 이용하는 것으로 응답함
 - 해당 시설물을 이용하는 이유는 '걷기 싫어서'가 42.9%, '다른 시설물이 없어서'와 '다른 시설물은 혼잡해서'가 각 21.4%의 응답률을 보임
- (환승 노선) 동대문역사문화공원역을 이용하는 이용객의 환승 노선 응답 결과, 2호선과 4호선 간 환승이 10명(71.4%)으로 가장 높게 나타났으며, 4호선과 5호선 간 환승이 3명, 4호선과 2호선 간 환승이 1명으로 나타남
- (환승 이동시간)
 - 동대문역사문화공원역을 이용하는 이용자 대상으로 환승시 체감하는 이동시간 및 걱정 이동시간에 대해 조사 범위 중간값을 적용하여 가중평균 값을 도출함
 - 이동시간 조사 결과에 따르면 이용자가 실제로 느끼는 환승 이동시간과 걱정하다고 생각하는 걱정 이동시간의 차이가 평균 약 30초로 타 환승역에 비해 차이가 거의 없게 나타났으나, 운영사(서울교통공사)에서 제공하고 있는 환승 이동시간의 경우 평균 4분 이상의 차이가 나타남

표 2-3-22 환승 이동시간 조사 결과: 동대문역사문화공원역

환승 노선	합계	구분	체감 환승 이동시간 응답자 수 (명)						평균 환승 이동시간	
			3분 이내	4~6분	7~9분	10~12분	12~15분	15분 이상	이용자 조사 시간 (분)	운영사 제공 시간 (분)
2호선 ↔ 4호선	10	현황	4	4	2	-	-	-	3.80	0.63 (38초)
		걱정	6	4	-	-	-	-	2.80	
4호선 ↔ 5호선	3	현황	-	3	-	-	-	-	4.00	1.48
		걱정	1	2	-	-	-	-	3.33	
5호선 ↔ 2호선	1	현황	-	-	-	1	-	-	10.00	3.25
		걱정	-	-	-	1	-	-	10.00	

(아) 수서역

① 수서역 일반현황

② 환승역 이용실태 조사 결과

- (이용 빈도) 건대입구역은 총 9명이 주 이용 환승역으로 응답하였으며, 66.7%의 이용자가 월 1~2회 미만 이용하는 것으로 응답함
- (이용 목적) 환승역 이용 목적으로는 쇼핑 및 여가활동이 44.4%, 통근 및 등하교가 33.3%로 나타남
- (주 이용 시설물)
 - 환승역 층간 이동시 주로 이용하는 시설물 조사 결과, 55/6%가 에스컬레이터를, 33.3%는 계단을 이용하는 것으로 응답함
 - 해당 시설물을 이용하는 이유는 ‘걷기 싫어서’, ‘다른 시설물이 없어서’, ‘다른 시설물은 혼잡해서’ 등 다양한 이유를 응답함
- (환승 노선) 수서역을 이용하는 이용객의 환승 노선 응답 결과, 3호선과 수인분당선 간 환승이 8명으로 대부분을 차지하였으며, 수인분당선과 GTX-A 노선 간의 환승이 1명으로 응답함
- (환승 이동시간)
 - 동대문역사문화공원역을 이용하는 이용자 대상으로 환승시 체감하는 이동시간 및 적정 이동시간에 대해 조사 범위 중간값을 적용하여 가중평균 값을 도출함
 - 이동시간 조사 결과에 따르면 이용자가 실제로 느끼는 환승 이동시간과 적정하다고 생각하는 적정 이동시간의 차이가 1.12분으로 나타났으며, 운영사(서울교통공사)에서 제공하고 있는 환승 이동시간의 경우 3분 이상의 차이가 나타남

표 2-3-23 환승 이동시간 조사 결과: 수서역

환승 노선	합계	체감 환승 이동시간 응답자 수 (명)							평균 환승 이동시간	
		구분	3분 이내	4~6분	7~9분	10~12분	12~15분	15분 이상	이용자 조사 시간 (분)	운영사 제공 시간 (분)
3호선 ↔ 수인분당선	8	현황	4	1	2	1	-	-	4.50	1.28
		적정	4	3	1	-	-	-	3.38	

(3) 주요 환승역 만족도 조사 결과

- 환승역에 대한 만족도 조사는 7점 척도로 만족도를 조사하였으며, 점수가 높을수록 문항에 대한 긍정적인 답변임
- 환승 용이성, 환승 경로 안내, 환승 이동 편리성, 환승 이동 거리, 환승 대기 시간, 혼잡도, 안전성의 7가지로 구분하여 만족도를 조사하였으며, 종합 만족도를 추가로 조사하여 결과를 제시함

① 환승 용이성

- 환승 용이성은 주 이용 환승역에서 환승하는 과정의 난이도에 대한 문항으로, 매우 어렵다 (1점) → 매우 쉽다 (7점)로 조사함
- 전체 조사인원 300명에 대한 환승 용이성 만족도 점수는 100점 환산 시 56.94점으로 나타났다으며, 건대입구역이 49.12점, 신도림역이 51.77점으로 낮은 만족도를 보임

표 2-3-24 환승역 만족도: 환승 용이성

구분	빈도수	어렵다 (①+②+③)	보통이다	쉽다 (⑤+⑥+⑦)	7점 평균	100점 평균
건대입구역	19	31.6	31.6	36.8	3.95	49.12
고속터미널역	47	19.1	25.5	55.3	4.60	59.93
김포공항역	19	31.6	15.8	52.6	4.21	53.51
동대문역사문화공원역	14	21.4	28.6	50.0	4.43	57.14
사당역	20	20.0	50.0	30.0	4.25	54.17
서울역	20	10.0	60.0	30.0	4.45	57.50
신도림역	47	29.8	38.3	31.9	4.11	51.77
수서역	9	22.2	33.3	44.4	4.56	59.26



② 환승 경로 안내 만족도

- 환승 경로 안내 만족도의 경우, 주 이용 환승역 내 환승 경로에 대한 안내 표지판이나 정보가 충분한가에 대한 만족도로, 매우 부족하다 (1점) → 매우 충분하다 (7점) 척도로 조사함
- 전체 인원 300명에 대한 만족도 조사 결과, 평균 60.89점으로 조사되었으며, 분석대상 8개 환승역 중 건대입구역이 55.26점, 신도림역이 55.32점으로 낮은 만족도를 보임

표 2-3-25 환승역 만족도: 환승 경로 안내

구분	빈도수	부족하다 (①+②+③)	보통이다	충분하다 (⑤+⑥+⑦)	7점 평균	100점 평균
건대입구역	19	21.1	31.6	47.4	4.32	55.26
고속터미널역	47	19.1	27.7	53.2	4.70	61.70
김포공항역	19	15.8	15.8	68.4	4.79	63.16
동대문역사문화공원역	14	28.6	7.1	64.3	4.50	58.33
사당역	20	15.0	35.0	50.0	4.60	60.00
서울역	20	30.0	25.0	45.0	4.50	58.33
신도림역	47	29.8	25.5	44.7	4.32	55.32
수서역	9	22.2	33.3	44.4	4.56	59.26



③ 환승 이동 편리성

- 환승 이동 편리성의 경우, 주 이용 환승역에서의 이동이 얼마나 편리했는지 정성적인 만족도를 조사하는 항목으로, 매우 불편하다(1점) → 매우 편리하다(7점)의 척도로 조사함

- 만족도 조사 결과에 따르면, 전체 조사인원 300명에 대한 평균은 56.94%로 나타났으며, 신도림역이 46.10점, 건대입구역이 51.75점으로 낮은 만족을 보이며 ‘환승 용이성(난이도)’과도 유사한 결과를 보임

표 2-3-26 환승역 만족도: 이동 편리성

구분	빈도수	불편하다 (①+②+③)	보통이다	편리하다 (⑤+⑥+⑦)	7점 평균	100점 평균
건대입구역	19	31.6	26.3	42.1	4.11	51.75
고속터미널역	47	19.1	19.1	61.7	4.89	64.89
김포공항역	19	21.1	21.1	57.9	4.63	60.53
동대문역사문화공원역	14	28.6	14.3	57.1	4.43	57.14
사당역	20	20.0	35.0	45.0	4.50	58.33
서울역	20	15.0	25.0	60.0	4.70	61.67
신도림역	47	44.7	23.4	31.9	3.77	46.10
수서역	9	11.1	55.6	33.3	4.67	61.11



④ 환승 이동 거리 만족도

- 환승 이동 거리 만족도의 경우, 주 이용 환승역에서의 환승을 위해 이동하는 시간 및 거리가 적절한가에 대한 만족도를 조사하는 항목으로, 매우 멀다(1점) → 매우 적절하다(7점)의 척도로 만족도를 조사함
- 만족도 조사 결과, 전체 조사인원 300명의 평균 만족도는 54.61점으로 조사되었으며, 분석대상 8개 환승역 중 건대입구역 47.37점, 김포공항역 50.88점, 신도림역 51.77점으로 낮은 수준으로 나타남

표 2-3-27 환승역 만족도: 환승 이동거리 만족도

구분	빈도수	멀다 (①+②+③)	보통이다	적절하다 (⑤+⑥+⑦)	7점 평균	100점 평균
건대입구역	19	31.6	31.6	36.8	3.84	47.37
고속터미널역	47	29.8	23.4	46.8	4.34	55.67
김포공항역	19	36.8	15.8	47.4	4.05	50.88
동대문역사문화공원역	14	35.7	21.4	42.9	4.36	55.95
사당역	20	20.0	30.0	50.0	4.45	57.50
서울역	20	15.0	40.0	45.0	4.55	59.17
신도림역	47	31.9	29.8	38.3	4.11	51.77
수서역	9	11.1	55.6	33.3	4.56	59.26



⑤ 환승 대기시간 만족도

- 환승 대기시간 만족도는 주 이용 환승역에서 환승을 위한 대기 시간의 적절성에 대한 만족도 조사로, 매우 길다(1점) → 매우 적절하다(7점)의 척도로 조사됨
- 전체 300명 응답자의 환승 대기시간 만족도 평균은 55.39점으로 나타났으며, 건대입구역 51.75점, 사당역 51.67점, 신도림역 51.06점으로 낮은 만족도를 보임

표 2-3-28 환승역 만족도: 환승 대기시간 만족도

구분	빈도수	길다 (①+②+③)	보통이다	적절하다 (⑤+⑥+⑦)	7점 평균	100점 평균
건대입구역	19	21.1	31.6	47.4	4.11	51.75
고속터미널역	47	19.1	34.0	46.8	4.51	58.51
김포공항역	19	15.8	26.3	57.9	4.53	58.77
동대문역사문화공원역	14	14.3	28.6	57.1	4.64	60.71
사당역	20	25.0	40.0	35.0	4.10	51.67
서울역	20	15.0	45.0	40.0	4.40	56.67
신도림역	47	27.7	38.3	34.0	4.06	51.06
수서역	9	11.1	44.4	44.4	4.78	62.96



⑥ 환승 혼잡도

- 환승 혼잡도의 경우, 환승하는 구간에서의 혼잡도를 조사하는 문항으로, 매우 혼잡하다(1점) → 매우 쾌적하다(7점)의 척도로 조사함
- 환승 혼잡도의 경우 300명 응답자 평균 점수가 35.67점으로 매우 낮은 수준으로 조사되었으며, 신도림역이 24.47점으로 가장 낮은 만족도를 보이고, 동대문역사문화공원역이 30.95점으로 그 다음 낮은 수준으로 나타남
- 수서역의 경우 환승 혼잡도 점수가 59.26점으로 도출되어 타 환승역에 비해 높은 환승 혼잡도 점수를 얻음

표 2-3-29 환승역 만족도: 환승 혼잡도

구분	빈도수	혼잡하다 (①+②+③)	보통이다	쾌적하다 (⑤+⑥+⑦)	7점 평균	100점 평균
건대입구역	19	52.6	26.3	21.1	3.32	38.60
고속터미널역	47	70.2	4.3	25.5	2.98	32.98
김포공항역	19	63.2	10.5	26.3	2.95	32.46
동대문역사문화공원역	14	78.6	7.1	14.3	2.86	30.95
사당역	20	50.0	35.0	15.0	3.15	35.83
서울역	20	60.0	15.0	25.0	3.20	36.67
신도림역	47	70.2	19.1	10.6	2.47	24.47
수서역	9	11.1	44.4	44.4	4.56	59.26



⑦ 환승 안전성

- 환승 안전성의 경우, 환승역 이용자가 환승 구간에서 안전하게 이동할 수 있다고 느꼈는지에 대한 만족도 조사로, 매우 불안하다(1점) → 매우 안전하다(7점)의 척도로 조사함
- 설문조사 응답자 300명에 대한 환승 구간 안전도 평균 만족도는 55.17점으로 나타났으며, 신도림역이 40.43점으로 가장 낮은 수준을 보이고, 동대문역사문화공원역이 47.62점으로 낮게 나타남
- 수서역의 경우 74.07점으로 이용자가 높은 안전성을 느끼는 것으로 조사되었으며, 김포공항이 61.40점으로 타 환승역에 비해 상대적으로 높은 점수를 받았음

표 2-3-30 환승역 만족도: 환승 안전도

구분	빈도수	불안하다 (①+②+③)	보통이다	안전하다 (⑤+⑥+⑦)	7점 평균	100점 평균
건대입구역	19	21.1	26.3	52.6	4.05	50.88
고속터미널역	47	25.5	25.5	48.9	4.57	59.57
김포공항역	19	5.3	31.6	63.2	4.68	61.40
동대문역사문화공원역	14	35.7	28.6	35.7	3.86	47.62
사당역	20	15.0	50.0	35.0	4.55	59.17
서울역	20	25.0	30.0	45.0	4.35	55.83
신도림역	47	51.1	31.9	17.0	3.43	40.43
수서역	9	0.0	22.2	77.8	5.44	74.07



⑧ 환승역 종합 만족도

- 환승역 종합 만족도는 주 이용 환승역에서 환승하는 전반적인 경험이 얼마나 만족스러웠는지 조사하는 문항으로, 매우 불만족한다(1점) → 매우 만족한다(7점)의 척도로 조사함
- 전체 응답자 300명에 대한 환승역 종합 만족도 조사 결과, 평균 54.89점의 만족도 점수가 도출되었으며, 신도림역이 47.52점으로 가장 낮은 만족도 결과를 보임
- 건대입구역이 51.75점으로 두 번째로 낮은 종합 만족도 점수를 보였으며, 동대문역사문화공원역이 53.57점으로 낮은 만족도 점수를 보이며, 앞서 조사된 항목들에서 낮은 점수를 받은 환승역이 종합 만족도 결과도 낮은 것으로 나타남
- 수서역의 경우 종합 만족도 점수가 70.37점으로 나타나 조사된 환승역 중 가장 높은 만족도를 보임

표 2-3-31 환승역 만족도: 종합 만족도

구분	빈도수	불만족한다 (①+②+③)	보통이다	만족한다 (⑤+⑥+⑦)	7점 평균	100점 평균
건대입구역	19	31.6	15.8	52.6	4.11	51.75
고속터미널역	47	21.3	36.2	42.6	4.47	57.80
김포공항역	19	21.1	15.8	63.2	4.58	59.65
동대문역사문화공원역	14	21.4	28.6	50.0	4.21	53.57
사당역	20	15.0	50.0	35.0	4.50	58.33
서울역	20	15.0	50.0	35.0	4.30	55.00
신도림역	47	38.3	31.9	29.8	3.85	47.52
수서역	9	0.0	33.3	66.7	5.22	70.37



⑨ 환승역 개선 의견

- 환승역 개선 의견에 대한 추가 조사 결과, 신도림역 10건, 고속터미널역 17건, 김포공항역 8건, 서울역 8건, 동대문역사문화공원역 7건의 의견이 조사되었으며, 타 역에 대한 의견도 존재하였지만, 표본 수가 적어 해당 5개 역에 대한 추가 의견을 제시함

표 2-3-32 주요 환승역에 대한 개선 의견

환승역	개선 의견
신도림역	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 혼잡완화 및 동선 개선 <ul style="list-style-type: none"> - 계단 이용 시 인원 분산될 수 있도록 동선 분리 - 침두시간을 고려한 한시적 양방 통행 허용 - 통로 분리 및 환승 인원 통제 - 다양한 이동 경로 제공 ▪ 표지판 및 안내 개선 <ul style="list-style-type: none"> - 안내 표지판의 시인성 강화 - 열차 안내 정보 개선 및 환승 열차 정보 제공 ▪ 편의성 및 안전성 향상 <ul style="list-style-type: none"> - 에스컬레이터 확충 (특히 1호선 쪽) - 대기 의자 확충 - 사고 예방을 위한 안전 관리 필요 ▪ 배차 및 열차운행 개선 <ul style="list-style-type: none"> - 급행 및 일반 열차의 분리 - 배차 간격 조정 - 연착 문제 해결
고속터미널역	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 열차 배차 및 대기시간 조정 <ul style="list-style-type: none"> - 배차 간격 조정을 통한 대기시간 단축, 혼잡 감소 ▪ 환승 및 이동 편의 개선 <ul style="list-style-type: none"> - 환승 동선 최적화 필요 (9호선 환승 시 혼잡 문제) - 이정표 및 표지판 확대 - 3호선↔7호선 환승 시 엘리베이터 설치 ▪ 안전 및 시설 유지보수 ▪ 혼잡 완화 <ul style="list-style-type: none"> - 이동통로 혼잡 개선
김포공항역	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 혼잡도 개선 및 안전성 증진 <ul style="list-style-type: none"> - 이동 방향 제시 - 에스컬레이터 이용 안전 계도 ▪ 환승 경로 및 표지판 개선 <ul style="list-style-type: none"> - 서해선↔9호선 환승 안내 표지판 부족 - 여러 노선이 연결된 환승역인 만큼 이동 경로 명확히 표시 - 환승 경로 단순화를 위한 정보 제공 필요 ▪ 편의시설 확충 <ul style="list-style-type: none"> - 에스컬레이터 및 엘리베이터 추가

서울역	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 혼잡도 및 환경 개선 <ul style="list-style-type: none"> - 대합실, 에스컬레이터, 전철 승강장 매우 혼잡 - 승강장과 대합실의 확장 필요 - 승강장 확장을 통한 혼잡도 개선 - 이동 통로의 방향 구분 - 공기질과 청결 유지 강화 ▪ 편의시설 개선 <ul style="list-style-type: none"> - 에스컬레이터 고장에 따른 유지보수 ▪ 환승 및 이동 편의성 향상 <ul style="list-style-type: none"> - 환승 구간 안내 표지판 강화 - 환승 동선 개선 ▪ 열차 운행시간 조정 <ul style="list-style-type: none"> - 열차 운행시간 불규칙에 따른 불편 개선
동대문역사문화공원역	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 안전 개선 <ul style="list-style-type: none"> - 출퇴근 시간 안전 관리 강화 (혼잡한 계단 구간 사고위험) - 환승 구간에 대한 안전 진단 필요 (4호선→2호선 왕십리 방면 환승 계단 안전성 우려) ▪ 시설물 개선 <ul style="list-style-type: none"> - 에스컬레이터 및 엘리베이터 확충 ▪ 통로 개선 <ul style="list-style-type: none"> - 역 내 이동 통로의 병목구간 개선 필요 - 계단 중앙 기둥에 대한 개선 필요

제4절 철도 환승통계 활용 및 운영계획 수립

1. 환승시설 이동체계 변화 대응 방안 수립

가. 환승시설 주동선 패러다임 변화

- 최근 도심지 구간을 통과하는 새로운 철도를 건설하거나 기존의 지상 철도를 지하화하면서 도심지 지하 철도에 관한 관심이 높아지고 있으며, 지하철 건설 환경이 저심도에서 대심도로 변화하는 등 대심도 정거장 트렌드가 변화하고 있음
 - 저심도: 1~3기 지하철 (20~30m)
 - 대심도: 50~60m (1~3기 지하철과 이격 및 혁신적 승차시스템 필요)
- 지하철도 기술의 트렌드는 지상철도의 지하화, 지하철도의 대심도화, 지하역사의 통합개발, 지하철도의 연결화 및 연장화 등 다양한 방법으로 변화하고 있음
- 특히 지하철도의 대심도화는 기존 저심도의 철도를 더 깊은 지하인 대심도에 건설하는 것을 의미하며, 도시의 지속 가능한 발전과 대중교통 시스템 효율성 증진을 위한 중요한 전략으로 급부상하고 있음
- 저심도에서 대심도로 변화하는 지하철 건설환경 및 사회적 변화에 따라 신개념 엘리베이터 시스템, 즉, 고속 엘리베이터를 주동선으로 설계하는 등 대심도 정거장 건설의 새로운 패러다임이 변화하고 있음



그림 2-4-1 대심도 정거장 해외사례

- 이에 국내에서도 신안산선 독산역, GTX-A 킨텍스역, GTX-B 인천대입구역, GTX-C 양재역 등 대심도 정거장에 대용량 엘리베이터 시스템을 적용하여 설계하고 있음
- 그러나 대심도 정거장에 대한 대용량 엘리베이터 설치와 관련된 설계지침 및 기준, 평가체계 등 효율적이고 안전한 동선체계 구축에 대한 기반이 부재한 상황으로, 새로운 패러다임에 의한 기술 도입과 함께 해결해야 할 과제들이 함께 제기되고 있음

나. 환승시설 관련 지침 기준 검토

(1) 환승센터 및 복합환승센터 설계·배치 기준 [시행 2015.12.31.] [국토교통부고시 제2015-1103호]

- 환승센터 및 복합환승센터 설계·배치 기준에서는 아래와 같이 엘리베이터에 대한 설계 및 배치 기준을 제시하고 있음
- 엘리베이터 설계·배치 기준에는 엘리베이터 설치를 위한 설치 기준을 제시하고 있으며, 엘리베이터 설치를 위한 서비스 수준, 설치 대수 산정 식 등을 제시하고 있음
- 엘리베이터 설치를 위해서는 대기 공간의 서비스 수준 D 기준을 적용하여 점유 면적이 $0.34\text{m}^2/\text{인}$ 이상이 되도록 설계하도록 제시하고 있으며, 수송 능력 및 규격을 15인승 이상으로 제시함

4.1.5. 엘리베이터(E/V)

- (1) 장애인 및 노약자의 이용편의를 고려하고 공공지하보도의 기능을 수행할 수 있도록 무료공간(Free-area)과 유료공간(Paid-area)에 모두 설치한다.
- (2) 보행동선의 흐름에 방해가 되지 않는 곳에 설치한다.
- (3) 도로의 미관을 고려한 형식으로 배치한다.
- (4) 유지보수와 장애인의 접근이 용이하게 설치한다.
- (5) 지상보도, 정거장 내부의 시각적 개방감 확대와 미관 증진을 위하여 투시형으로 설치할 수 있다.
- (6) 지상에 설치되는 승강기는 장애인용 주차장에 근접하게 위치시킬 수 있다.
- (7) 도로 및 보행 환경을 고려하여 지상에 노출되는 엘리베이터는 유지보수에 필요한 공간을 확보한 후 최소한의 크기로 외부를 마감할 수 있다.
- (8) 미드블럭에서는 도로 양측에 각각 1개소씩 설치하되, 지상횡단이 가능한 곳에서는 도로 편측에 1개소만 설치할 수 있다.
- (9) 교차로 상에서는 각 방향별로 4개소를 설치하되, 지상횡단이 가능한 곳에서는 외부 에스컬레이터가 없는 대각선 위치에 2개소만 설치할 수 있다.
- (10) 엘리베이터의 대수는 대기공간의 서비스 수준(LOS) D 기준을 적용하여 점유면적이 $0.34(\text{m}^2/\text{인})$ 이상이 되도록 설계한다.
- (11) 대합실에서 승강장은 섬식의 경우에는 1개소를 설치하고, 상대식의 경우에는 각각의 승강장에 1개소씩 설치한다.
- (12) 출입문의 유효통과폭은 0.8m 이상으로 하고, 높이는 2.1m 이상으로 한다.
- (13) 수송 능력 및 규격은 15인승 이상을 기준으로 한다.

- 설계·배치 기준에서 제시하고 있는 엘리베이터 설치 대수 산정 식을 아래에 제시함
 - 엘리베이터 설치대수 산정을 위해서는 엘리베이터의 분당 수요, 엘리베이터의 분당 처리 용량을 반영하여 산정 할 수 있음

- 엘리베이터의 분당 수요는 첨두시 이용자, 첨두 5분 집중율, 교통약자 비율 등을 적용하여 산정할 수 있음
- 엘리베이터 분당 처리용량의 경우 서비스 수준 D를 기준으로 하여 분당 엘리베이터 처리 면적을 서비스 수준 기준 점유면적으로 나누어 산정할 수 있음

<엘리베이터의 설치대수를 구하는 공식>

$$N_{ev} = \frac{V_{ev}}{PPR_{ev}}$$

여기서, N_{ev} = 엘리베이터의 설치대수(대)

V_{ev} = 엘리베이터의 분당 수요(인/분)

PPR_{ev} = 엘리베이터의 분당 처리용량(인/분/대)

<설계 예시>

- o 교통약자만을 위한 엘리베이터를 설치하고자 한다. 해당 교통약자의 PWE를 별도로 계산한 결과 2였다. 환승센터의 첨두시 이용자가 15,000(인/시)이며, 교통약자 비율이 2%, 설계수요는 첨두 5분 수요(집중률 13%)를 이용한다. 엘리베이터의 왕복시간은 1분이고, 크기는 1.4m × 1.4m(1.96m²)이다. 필요한 엘리베이터의 대수는 다음과 같다.

- 엘리베이터의 분당 설계수요를 계산하면 15.6(인/분)이다.

$$\begin{aligned} V_{ev} &= 15,000(\text{인/시}) \times 0.13(\text{집중률}) \times 0.02(\text{교통약자비율}) \times 2(\text{PWE}) \\ &= 78(\text{인/5분}) = 15.6(\text{인/분}) \end{aligned}$$

- 분당 엘리베이터의 처리면적을 LOS D일 때 점유면적 0.34(m²/인)으로 나누면 분당 처리용량(PPR_{ev})이 된다.

$$\text{엘리베이터 1대의 분당 처리면적} = 1.96(\text{m}^2/\text{대}) \div 1(\text{분}) = 1.96(\text{m}^2/\text{분/대})$$

$$PPR_{ev} = 1.96(\text{m}^2/\text{분/대}) \div 0.34(\text{m}^2/\text{인}) = 5.76(\text{인/분/대})$$

- 따라서, 필요한 엘리베이터는 3대이다.

$$N_{ev} = 15.6(\text{인/분}) \div 5.76(\text{인/분/대}) = 2.7(\text{대})$$

그림 2-4-2 엘리베이터 설치대수 산정 방법 (환승센터 및 복합환승센터 설계·배치 기준)

- 동 기준에서는 계단, 에스컬레이터, 무빙워크에 의한 환승거리 기준이 제시되어 있으며, 엘리베이터의 경우 장애인 또는 노약자의 이용 편의를 목적으로 설치되기 때문에 주 동선에서 제외됨
- 또한, 시설 간 여유 공간에 대한 기준이 수요를 반영하지 않은 최소공간 기준으로 제시하고 있어 병목구간과 같은 혼잡구역에 대한 안전성 문제 대두
 - 계단의 설계 기준에 '계단 사이에 엘리베이터를 설치할 경우 양 계단 간격을 15nm 이상 이격'하라는 지침 외에 엘리베이터와 관련된 대기공간 및 여유공간에 대한 내용은 없음
 - 계단 및 에스컬레이터의 경우, 수요를 반영하지 않은 고정된 최소 공간을 제시하고 있음

제4장 시설의 설계 기준

4.1 보행이동시설

4.1.1. 계단

...

(14) 승객이 다음 장소로 이동을 결정할 때 시간적 여유를 갖게 해주고 혼잡시 승객이 안전하게 머무를 수 있는 최소공간을 다음과 같이 확보한다.

- ① 통로와 계단 사이 : 4m
- ② 계단과 게이트(집?개표구) 사이 : 6m
- ③ 계단과 거리 사이 : 6m
- ④ 계단참 : 1.5m

...

4.1.4. 에스컬레이터(E/S)

...

(9) 에스컬레이터의 설치대수는 대기공간의 서비스 수준(LOS) D 기준을 적용하여 점유면적 0.34 (㎡/인)을 만족하도록 설계한다.

(10) 가급적 계단과 병행 설치하되, 다음에 따라 설치한다.

- ① 3.0m ≤ 계단폭 < 3.5m인 경우, 1인용 에스컬레이터를 상하행 설치
- ② 3.5m ≤ 계단폭 < 5.0m인 경우, 2인용 에스컬레이터를 상하행 설치
- ③ 5.0m ≤ 계단폭인 경우, 2인용 에스컬레이터를 상하행 설치하고 보조계단을 설치하며, 보조계단의 폭은 1.5m 이상으로 한다.
- ④ 상행 에스컬레이터와 하행 계단만 있는 경우, 계단폭은 1.5m 이상으로 한다.

(11) 방향전환이 가능한 가변형 에스컬레이터를 사용하도록 한다.

(12) 승객이 안전하게 머무를 수 있는 최소공간을 다음과 같이 확보한다.

- ① 에스컬레이터와 에스컬레이터 사이 : 12m
- ② 에스컬레이터와 통로 사이 : 6m
- ③ 에스컬레이터와 게이트(집?개표구) 사이 : 8m
- ④ 에스컬레이터와 거리 사이 : 6m
- ⑤ 무빙워크와 통로 사이 : 6m

(2) 도시철도 정거장 및 환승·편의시설 설계지침 [시행 2022.2.9.] [국토교통부고시 제2022-78호]

- 도시철도 정거장 및 환승·편의시설 설계지침에서는 아래와 같이 엘리베이터 설치 위치 및 기준을 제시하고 있음
- 설계지침에 따르면, 설치 위치 및 개서는 명확한 수치적 근거 없이 가이드라인이 제시되어 있으며, 설치 기준은 「환승센터 및 복합환승센터 설계·배치 기준」과 동일하게 제시되어 있음

3.3 승강 시설

3.3.4 엘리베이터

(1) 설치 위치 및 개소

- 1) 교통약자의 이용편의 증진과 공공 보도로써의 기능 수행 등을 고려하여 가급적 무료공간과 유료공간에 모두 설치한다.
- 2) 중량전철은 미드블록에서는 도로 양측에 1개소씩 설치하되 지상횡단이 가능한 곳에서는 도로 편측에 1개소만 설치할 수 있다. 또한, 교차로 상에서는 각 방향별로 4개소를 설치하되 지상횡단이 가능한 곳에서는 2개소 이상 설치할 수 있다. 경량전철은 정거장이 도로 편측에 설치되는 경우에는 도로 양측에 1개소씩 설치하되 지상횡단이 가능한 곳에서는 1개소만 설치가 가능하고, 정거장이 도로 중앙에 설치되는 경우에는 도로 양측에 1개소씩 설치하되 지상횡단이 가능한 곳에서는 도로 중앙에 1개소만 설치가 가능하다.
- 3) 정거장 내 유료공간에서 승강장까지에는 섬식 승강장의 경우 1개소 이상, 상대식 승강장의 경우 각 승강장에 1개소 이상 설치한다. 또한, 엘리베이터의 위치를 쉽게 인지할 수 있도록 안내해야 하며, 다국어의 안내표지판을 설치할 수 있다.
- 4) 보행동선의 흐름에 방해가 되지 않는 곳에 설치한다.
- 5) 지상에 설치하는 경우 도로의 미관을 고려하고 가능한 장애인용 주차장에 근접하도록 배치한다.
- 6) 유지보수가 용이하고 장애인이 접근하기 쉽도록 설치한다.
- 7) 지상 보도 및 정거장 내부에서의 개방감 확대 및 범죄 예방을 위해 투시형으로 설치한다.
- 8) 도로 여건 및 보행환경을 고려하여 지상에 노출되는 엘리베이터는 유지보수에 필요한 공간을 확보한 후 최소한의 크기로 외부를 마감한다.

(2) 설치 기준

- 1) 승강기 규격은 15인승 이상으로 하는 것을 원칙으로 하되, 부득이한 경우 현장 여건을 고려하여 휠체어 사용자가 이용 가능한 규격 이상으로 한다.
- 2) 출입문의 통과 유효폭은 800mm 이상, 높이는 2,100mm 이상으로 한다.
- 3) 노면수의 승강장 유입을 막기 위해서 지상 엘리베이터 설치 시 인근 출입구 최상단과 동일한 높이에 설치하거나, 지형 여건에 맞추어 적정 높이 차를 두어 설치한다.
- 4) 엘리베이터의 내·외부 사이의 틈새는 20mm 이하로 한다.
- 5) 내·외부의 단차는 없게 한다.
- 6) 전동휠체어 충전장치를 유료공간 내 1개소 이상 이용이 편리한 곳에 설치하되, 엘리베이터 이용객의 동선에 지장이 없도록 설치한다.

다. 국내외 사례 조사

(1) 국내외 대심도 정거장 사례 조사

- 대심도 정거장 중, 엘리베이터를 주 동선으로 활용하고 있는 국내외 사례를 조사하여 제시하고, 현황 검토를 통해 앞으로 대심도 엘리베이터를 활용하는 데 있어 문제점 및 이에 따른 대응 방안을 도출하고자 함

■ 국내(만덕역)

개요		정거장 현황	
운영 역사	만덕역 (부산 3호선)	① 외부출입구	② E/S
외부출입구	캐노피형 출입구		
E/V 운행 심도	약 70m	E/V 형태	일방향형(17인승)
여객동선	지상 → 지하1층 대합실 → 승강장 : E/S+E/V 이용 (E/V 이동시간 약 1분 30초, E/S 이동시간 약 8분)	③ E/V 승·하차층(지하1층)	
동선계획			
			

- 운행초기 E/S와 E/V 병행사용 → 안전사고 발생 예방 및 이용률 저하에 따라 E/S 운행중단
- 승·하차 동선 혼재, 게이트와 E/V간 통로 폭이 좁아 대기공간이 협소하고 승객수 증가시 혼잡이 예상됨

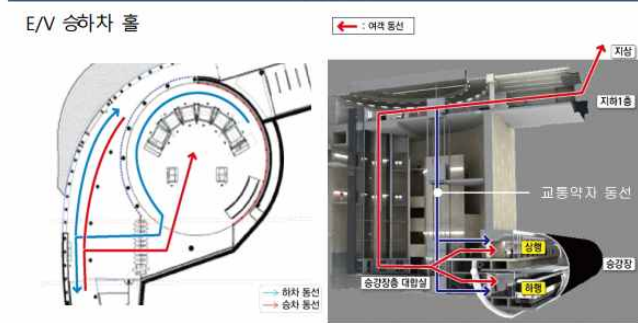
■ 홍콩

개요		정거장 현황	
운영 역사	MTR 아일랜드 라인, 17개 정거장 중 2개소	외부출입구	
외부출입구	캐노피형 출입구(E/S 출입구) / 건물형 E/V출입구		
E/V 운행 심도	50~70m	E/V 형태	관통형 (24인승)
여객동선	지상 → 지하 E/V홀 → 대합실 → 승강장 : E/S+E/V 이용 (E/V 이동시간 : 약 1분 30초)	지하 승·하차홀	
동선계획			
			

- 승·하차 홀 공간 분리로 동선혼잡 해소 및 운영효율 향상/관통형 E/V적용, 대기~하차 순방향 동선
- 승·하차 홀 진입 통로 폭이 협소하여 첨두시 통행조건 불리 / 증설공간 미계획

스페인

개요	
운영 역사	Barcelona Metro 라인9/10, 30개 정거장 중 9개소
외부출입구	캐노피형 출입구/건물형 출입구
E/V 운행 심도	40~60m E/V형태 관통형 (40인승)
여객동선	지상 → 지하1층 → 승강장층 대합실 → 승강장 : E/S+E/V 이용 (E/V 이동시간 : 약 1분)



- 교통약자 전용E/V 별도계획(승강장으로 이동) / 승·하차 동선 분리, 대부분의 정거장 하차공간 미이용
- E/V원형배치로 하차 동선이 길어짐 / 승강장이 2층으로 구성되어 동선이 다소 복잡함

미국

개요	
정거장명	Beacon Hill Station(Seattle)
외부 출입구	건물형 E/V출입구
E/V 운행 심도	약 50m E/V형태 관통형

개요	
정거장명	Forest Glen Station(Chicago)
외부 출입구	외부 출입구
E/V 운행 심도	약 60m E/V형태 일방향형



- 관통형E/V, 일방향형 E/V를 이용한 E/V 승·하차홀 운행중
- 승·하차 동선이 혼재되어 있음

(2) GTX-A 서울역, 연신내역 환승 현장

○ 서울역

- (보행동선 단절 등 불편 요소) 지하철 1, 4호선, KTX와 GTX-A 이용자가 한곳으로 모이는 지점이 개찰구로 둘러싸여, 승객 보행 동선이 단절되어 우회 구간 발생
- 철도역 내 개찰구 등 시설, 기둥 등 구조물로 인해 시인성 확보에 어려움이 있으며, GTX에서 타 노선 환승 대비 기존 노선에서 GTX 환승 안내 등 정보 미흡

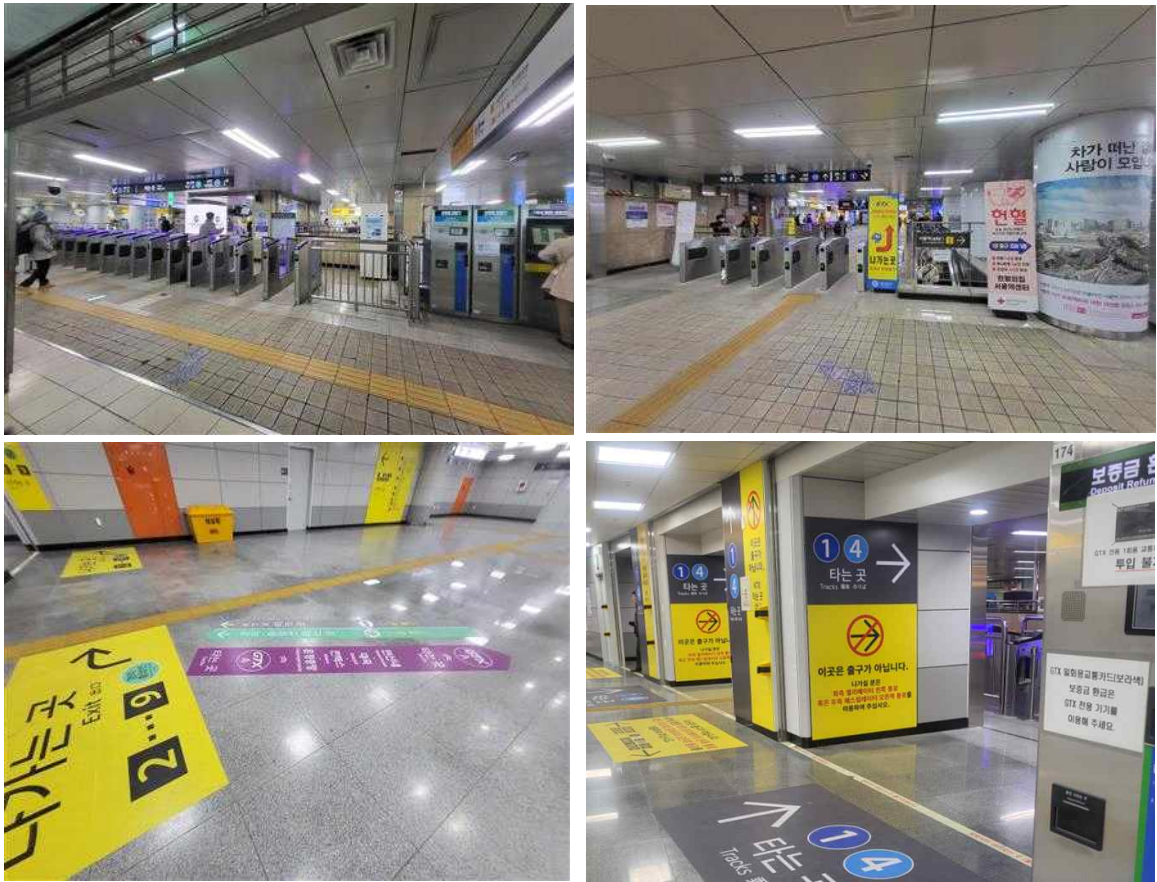


그림 2-4-3 GTX-A 서울역 환승 현장: 환승공간

- (에스컬레이터 2회 탑승) GTX 대심도 대합실까지 에스컬레이터를 2회 탑승하여 도착할 수 있으나, 이로 인해, 에스컬레이터는 매우 가파른 경사도를 가진 구조로 승객의 안전 이슈 대두
- 첨두시, 엘리베이터 주변에 이용 대기가 종종 발생

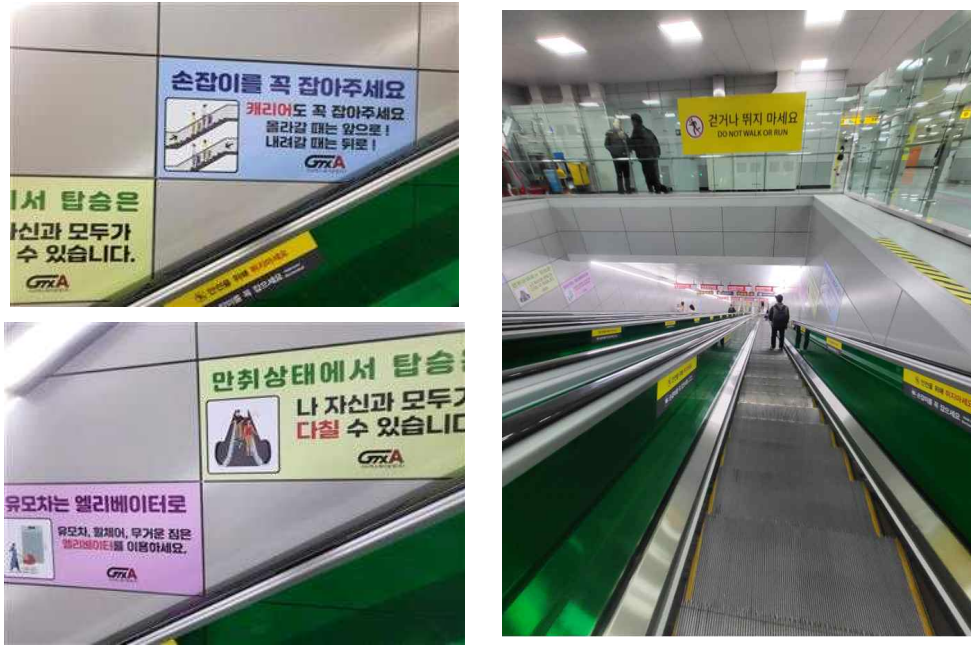


그림 2-4-4 GTX-A 서울역 환승 현장: 에스컬레이터

○ 연신내역

- (타노선 환승시 불편 요소) GTX 승하차 승객의 경우, 엘리베이터를 주 동선으로 이용하나, 지하철 3, 6호선과 GTX-A의 환승시 에스컬레이터로 이동
- 에스컬레이터를 3회~5회 반복적으로 탑승 후, 지하철 3, 6호선과 각각 환승하도록 되어 있으나, 에스컬레이터와 에스컬레이터 탑승 전후 보행상충이 발생하여, 첨두시 잠재적 안전 위험요인임

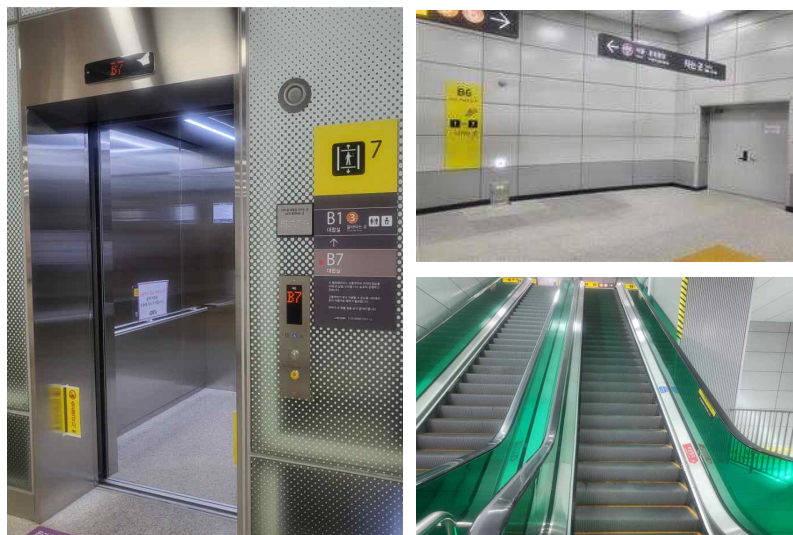


그림 2-4-5 GTX-A 연신내역 환승 현장

(3) 환승 컨트롤타워 부재 현황

- (운영기관 및 주체별 관한 구역 한정 관리) 철도를 포함한 환승 업무는 각 운영기관 및 주체별 관할 구역이 구분되어, 이용자의 이동 측면에서는 관리의 사각지대 발생



그림 2-4-6 환승 컨트롤타워 부재 예시

라. 환승시설 패러다임 변화 대응 방안

- 대기공간 설계 기준, 엘리베이터 용량산정 기준 등 기술적 지원을 위한 기반 마련 필요
 - 엘리베이터로의 주 동선 변화에 따른 현재 기준상 문제점 및 부재 요소를 도출하여 환승시설 이동체계 변화 대응 방안 수립



그림 2-4-7 주동선 변화에 따른 동선계획 전략

- 기존 엘리베이터 대기공간 좁스 수준, 엘리베이터 대수 산정 식 등을 검토하여 체계적인 검증 프로세스 개발 필요

【 고속 엘리베이터 설치 대수 검증 프로세스



그림 2-4-8 주동선 변화에 따른 엘리베이터 설치 대수 산정 프로세스 예시

2. 대도시권 광역교통혁신 공모전

가. 공모전 개요

(1) 개요 및 추진 경위

- 광역교통 공급부족 등 문제 해결을 위해 광역교통 빅데이터 접근성 향상, 빅데이터 기반 정책 의사결정지원체계 개선의 계기 마련을 위해 2023년부터 「대도시권 광역교통혁신 공모전」을 개최하여 시행하고 있음
- 이에, 2024년 제1회 대도시권 광역교통혁신 공모전에서 국토교통부 대도시권 광역교통위원회 후원명칭 사용 및 대도시권 광역교통위원장상을 수여하고 있음

[추진 경위]

- '23. 10. 11. (수): 「2023년 대도시권 광역교통혁신 공모전」 개최
 - (후원) 국토교통부 대도시권 광역교통위원회
 - (주최) 한국철도기술연구원*, 대한교통학회**
 - 공모내용: 철도연, 연구개발 성과품인 TRIPS*를 활용 공모전 수행
 - * 교통카드 대중교통분석시스템(Travel Record based Integrated Public transport operation System)
 - 수상팀: 최우수상/대광위원장상 1팀(한양대학교 HY-BARTS팀),
우수상 3팀(KAIST TUPA팀, 아주대학교 서민수·조한결팀, (주)스튜디오갈릴레이 탕슈팀)
- '24. 09. 25. (수): 「2024년 대도시권 광역교통혁신 공모전」 계획 수립
 - 「대도시권 광역교통혁신 공모전」 명칭에 부합하도록, 공모주제를 최근 이슈 사항을 포함한 광역교통 정책 및 연구·기술분야로 다변화 및 확대 개편 필요
 - 국토부 대광위, 광역교통정책연구를 담당하고있는 한국교통연구원 참여 독려를 통한 실효성 제고 기대
 - * 공모전 주최를 교통학회-철도연-교통연으로 확대 개편시, 광역교통 정책 및 기술 활용 등 시너지 있는 아이템 발굴 가능

(2) 공모전 일정

- 공모를 통해 관련 학생, 연구원 등 다양한 분야에서 참여할 수 있도록 하였으며, 서면평가를 통한 1차 평가를 통해 우수사례를 선정하고, 2차 발표평가를 통해 최종 최우수 공모작을 선정하도록 계획을 수립함
- 1차 서면평가와 2차 발표평가를 통해 최종 수상자를 선정하도록 하였으며, 2024년 대한교통학회 추계학술대회에서 발표하여 다양한 전문가들의 의견을 수렴하고자 함

[공모전 일정]

- 공고안내 및 참가신청: 2024.06.10. (월) ~ 2024.06.30. (목) [18개 팀 신청]
 - 공고형태: [대한교통학회] https://kst.or.kr/bbs/page.php?hid=latest_notice
- 공모전 설명회: 2024.07.12. (금) 오후 2시 / 대한교통학회 회의실
- 출품자료 제출: 8월 15일 (목) 오후 6시 [14개 팀 제출]
- 1차 평가(서면평가): 8월 23일 (금) 오후 1시, 대한교통학회 [4개 팀 선정]
- 최종 평가: '24.09.26. (목) 15시 10분 / 강릉 라카이샌드파인 라카이볼룸 I
- 시상식: '24.09.26 (목) 17시 00분 / 강릉 라카이샌드파인 라카이볼룸 I

공모 (신청서 접수)	사전교육	1차 평가	자료 제출	발표 및 시상식
~6.30(목)	7.12(금)	제출: 8.15(목) 평가: 8.23(금)	9.20(금)	9.26(목)

(3) 공모전 주제

- 교통카드 대중교통분석시스템(TRIPS)를 활용한 학술, 기술, 정책 평가 및 정책 발굴 (※ TRIPS 단기 무상 사용 허가)
 - 2023년 TRIPS 활용지역: 대전광역시
 - 2024년 TRIPS 활용지역: 수원특례시
- 광역콜버스 실증운영 결과를 활용한 학술, 기술, 정책 평가 및 정책 발굴 (※ M-DRT 운행실적 데이터, M-DRT 서포터즈 운영단 활용)
 - 노선, 정류장, 차량, 승하차 데이터 및 호출 실적 제공

2024 제2회 대도시권 광역교통혁신 공모전

2024. 6. 3(월) ~ 9. 26(목)



개요

- 교통카드 데이터 기반 대중교통분석시스템인 "TRIPS"와 광역콜버스 운행 실적 기반 의사결정 정책지원시스템인 "MDRT"를 활용하여, 광역교통 빅데이터를 쉽게 접근하고, 이해할 수 있는 기회를 마련
- 광역교통 빅데이터 분석을 통한 국민 일상생활과 밀접하게 연관된 출퇴근 혼잡, 대중교통 공급 부족 등 문제를 신속하게 해결할 수 있는 교통정책 의사결정 지원체계 개선에 대한 공감대 형성
- 공동 주최 주관 : 한국철도기술연구원, 한국교통연구원, 대한교통학회
- 후원 : 국토교통부 대도시권광역교통위원회

공모 안내

공모주제 광역교통과 관련된 현안, 정책 및 의사결정 체계 개선을 위한 교통카드 데이터, 광역콜버스 운행실적 자료를 활용한 자율주제 선정

※ 타 공모전/경진대회에서 수상한 실적이 있는 과제는 출품금지

참가대상 광역교통 이슈에 관심이 있는 누구나
(관련 학과 재학생 참가 장려)

신청방법 공모전 신청서를 작성하여, 팀별 제출

신청기간 2024년 6월 3일(월) 09시~2024년 6월 21일(금) 18시
※ 신청기간 내 도착분에 한함

제출서류 참가신청서 (개인정보이용 동의서 포함)

제출방법 및 문의 E-mail : 대한교통학회 kst@kst.or.kr

시상계획

심사기준 독창성(30점), 과학/기술 가치(20점), 학술/정책 파급효과(20점), 광역교통 혁신 및 개선 기여도 (20점)

수상등급	시상 기관	수상자	상금
최우수상	국토교통부 대도시권 광역교통위원회 위원장상	1팀	300만원
	한국철도기술연구원 원장상	1팀	각 150만원
우수상	한국교통연구원 원장상	1팀	
	대한교통학회 회장상	1팀	

공모 추진 일정 및 평가계획

1차 서류평가 (제출) 8월 2일(금), (평가) 8월 14일(수)

2차 최종발표 (제출) 9월 20일(금), (평가) 9월 26일(목)
※ 장소 : 강릉 라카이 샌드파인

공모 (신청서접수)	공모전 설명회 (TRIP, MDRT 교육)	1차 평가	2차 자료 제출	발표 및 시상식
6. 3(월) ~ 6. 21(금)	7. 3(수)	제출: 8. 2(금) 평가: 8. 14(수)	9. 20(금)	9. 26(목)

주최 주관 : 한국철도기술연구원 한국교통연구원 대한교통학회 후원 : 국토교통부 대도시권광역교통위원회

그림 2-4-9 제2회 대도시권 광역교통혁신 공모전 안내문

나. 우수사례 평가

(1) 평가 기준

- 공모전에 제출한 공모작 중, USE CASE 발굴에 적합한 우수사례를 선정하기 위하여 아래와 같이 평가기준을 마련하고, 평가표를 작성하여 공정하고 객관적으로 분석 사례에 대한 평가를 수행함
- 평가기준
 - (1) 독창성: 공모출품작의 학문적, 기술적 독창성, 신규성 여부
 - (2) 과학적 가치: 교통빅데이터 분석, 연구, 정책 활용절차 및 방법론 측면의 논리적, 과학적 타당성 여부
 - (3) 학술적/정책적 파급효과: 광역교통 현안 파악의 타당성 및 정책 활용성 여부
 - (4) 학술 및 기술발전 기여도: 빅데이터 기반 의사결정 지원 체계 개선 등 학술 및 기술발전 기여도
- 평가표
 - 공모전 평가를 위해 평가기준 기반 아래와 같이 평가표를 구성하여 평가에 활용함

□ 평가기준

평가항목	평가내용	평점기준				
		탁월	우수	보통	미흡	저조
독창성	- 공모출품작의 학문적, 기술적 독창성, 신규성 여부	30	27	24	21	18
과학적 가치	- 교통빅데이터 분석, 연구, 정책 활용절차 및 방법론 측면의 논리적, 과학적 타당성 여부	30	27	24	21	18
학술적/정책적 파급효과	- 광역교통 현안 파악의 타당성 및 정책 활용성 여부	20	18	16	14	12
학술 및 기술발전 기여도	- 빅데이터 기반 의사 결정지원 체계 개선 등 학술 및 기술발전 기여도	20	18	16	14	12
합계						

□ 평가표

평가항목	A팀	B팀	...	N팀
독창성				
과학적 가치				
학술적/정책적 파급효과				
학술 및 기술발전 기여도				
합계				

평가자: (인)

그림 2-3-10 공모전 평가표

(2) 1차 평가

- 공고를 통해 참가신청을 한 공모팀은 총 18팀이며, 그 중, 기한 내 출품자료를 제출한 팀은 총 14팀으로 확정됨
- 본 연구에서는 기한 내 출품자료를 제출한 14팀에 대한 공모전을 진행하였으며, 공모출품작의 정보는 아래와 같음

표 2-4-1 공모출품작 개요

번호	제목	팀명	소속	비고
1	노선 상 정류소 OD를 고려한 굴곡도 개선을 통한 동수원 지역 광역교통체계 개선에 관한 연구 - 8800번 노선을 중심으로	HBT (Hanyang - Based Trips)	한양대학교	
2	주중 출근시간대 대중교통불편 개선을 위한 M-DRT 노선 설계 방안: TRIPS를 활용한 다중 OD추정을 중심으로	HY-DRT	한양대학교	
3	TRIPS · MDRT 데이터를 활용한 광역버스 연계성 개선 및 효과분석	HYTEL	한양대학교	●
4	수원시 광역콜버스(M-DRT) 도입 효과 분석 및 유사 지역 선정 연구	Link Insight (링크인사이트)	명지대학교	
5	수도권 광역 이동 효율화를 위한 광역 교통 수단 의사결정 도구 제안 MT 프로젝트	MT(Metropolitan Transportation) 프로젝트	충북대학교	
6	TRIPS 기반 M-DRT 신규 노선 생성 및 수요 예측 방안 제시	SG와나비	서울시립대학교	
7	TRIPS & DEA를 이용한 수원시 내 광역버스 노선 효율성 평가 및 개선	TAIM	경기대학교	
8	노선의 운행 계통 분리를 통한 운전자-이용자 효율 제고 방안 마련: 선택 정차(Skip-Stop), '원근분리(遠近分離)' 를 중심으로	TR, HY(트라이)	한양대학교	●
9	광역버스 정류장 혼잡해소를 위한 광역 급행 노선 도입 제안	UOS POS	서울시립대학교	●
10	남양읍 대중교통 활성화 방안	광흥무진	개포중학교	
11	TRIPS와 MDRT 데이터를 이용한 수원-서울 왕복 MDRT 최적 노선 선정	아이모빌	아주대학교	●
12	TRIPS를 활용한 평택시 버스노선개편	평택시 · 평택 도시공사	평택시	
13	광역 콜버스 예약제 배차 시스템 알고리즘 개발 및 평가	픽미업(PickMeUp)	가천대학교	
14	TRIPS를 활용한 수원시 UAM VERTIPORT 입지 선정 및 효과 분석	한도초과	한양대학교	

- 14팀의 공모출품작을 대상으로 앞서 마련한 평가 기준을 바탕으로 1차 서면평가를 수행하였으며, 서면평가 중 상위 4팀을 우수사례로 선정함

(3) 우수사례 발표를 위한 특별세션 개최

- 2024년도 대한교통학회 추계학술대회 특별세션에서 1차 서면평가를 통해 선정된 4팀에 대한 우수사례 발표를 진행하였으며, 이를 통해 공모전 출품작 및 활용 시스템에 대한 다양한 의견 수렴, 새로운 아이디어를 도출하고자 함
- 또한, 최종 평가를 통해 최우수작을 선정하여 현재 보유하고 있는 TRIPS 및 M-DRT 의사결정 정책지원 시스템에 접목하고, 추후 광역교통 정책 지원에 활용할 수 있는 기반을 마련함
- 아래 대한교통학회 추계학술대회 프로그램 중, 특별세션 및 시상식 자리를 마련하여 특별세션 후 우수사례에 대한 시상식을 진행함

PPP (Public Private Partnership) 대한교통학회 제91회 학술발표회 (2024.09.26목-27금, 라이이 샌드파)

26(목)										컨벤션센터 2층	로비
컨벤션센터 2층 (1층과 유사)					라셀선동 1층 (지하1층과 유사)						
라카이볼륨 I (220)	라카이볼륨 II (180)	샌드파인룸 (40)	한송 (120)	호해 (40)	해운 (40)	천연 I (36)	천연 II (36)				
10:00-11:40 (100)	연구과제세션	기관세션	기관세션	위원회세션	위원회세션						
	신규 철도차량의 효율적인 도입방안 연구	고속도로 내 오일리터 서비스 개발	교통민자SOC 추진 경쟁 및 해결방안	지하고속도로	부산울산경남 미래교통 현행과 과제						
11:50-12:50	중식									부스 전 시	09:00-16:30
13:20-15:00 (100)	기관세션	위원회세션	기관세션	위원회세션	기관세션	기관세션	특별세션	기관세션	특별세션		
모빌리티 통합 플랫폼 혁신과 AI 서비스 확대 방안	수도권 광역교통시설 확대 방안	수도권 대중교통 문제 해결방안 마련 연구	교통민자투자제도 이해 및 개선방안	공공데이터 개방 플랫폼 확대 방안	교통안전연구 우수논문 발표 및 소개	교통정책의 역사적 교훈: 한국의 사례	AI 솔루션을 적용한 교통문제 해결방안	차동축의 "한국의 교통 역사" 출판기념회	핀빌		
콘라드 아데나워 재단	광역교통 특별위원회	경기연구원	민자제도발전 특별위원회 1	한국교통안전공단	한국도로교통공단						
15:00-15:10	중식										
15:10-16:50 (100)	기관세션	연구과제세션	위원회세션	위원회세션	기관세션	연구과제세션	연구과제세션	기관세션	특별세션		
2024년 제2차 대도시권 광역교통혁신 공모전	인프라 가이던스를 통한 자율차 주행지원 기술 개발	Transport/Mobility Research Issues, Challenges, and Opportunities	교통민자투자제도 현장 이슈 및 발전방안	모빌리티 현황 및 발전 방안	Lx4 자율주행 대응 교통안전 인프라 기술 개발	인공소말지역 모빌리티 혁신 지원사업	고위험군 운전자 운전면허관리 개선방안				
대도시권광역교통위원회	지음주행기술개발 혁신사업단	Young Scholar Committee (YSC)	민자제도발전 특별위원회 2	한국교통안전공단	과파치안전공생센터	한국교통연구원	상성교통안전문화연구소				
16:50-17:00	중식										
17:00-17:20	개회식 / 라카이볼륨 I										
17:20-17:50	특별강연 / 라카이볼륨 I										
18:00	만찬 / 라카이볼륨										

그림 2-4-11 학회 프로그램

- 대한교통학회 추계학술대회 특별세션을 통해 1차 서면평가를 통해 선정된 아래 4팀에 대한 발표를 진행함

- TRIPS-MDRT 데이터를 활용한 광역버스 연계성 개선 및 효과분석 (한양대학교)
 - 노선의 운행 계통 분리를 통한 운영자-이용자 효율 제고 방안 마련 (한양대학교)
 - 광역버스 정류장 혼잡해소를 위한 광역 급행 노선 도입 제안 (서울시립대학교)
 - TRIPS와 MDRT 데이터를 이용한 수원-서울 왕복 MDRT 최적 노선 선정 (아주대학교)
- ※ 최우수상(1팀)/우수상(3팀) 심사 후, 개회식에서 시상식 진행

- 우수사례 발표를 통해 최우수상 1팀, 우수상 3팀을 선정함
 - 국토교통부 대도시권광역교통위원장상 (최우수상 1팀)
 - 한국철도기술연구원장상 (우수상 1팀)
 - 한국교통연구원장상 (우수상 1팀)
 - 대한교통학회장상 (우수상 1팀)



그림 2-4-12 제2회 대도시권 광역교통혁신 공모전 시상식

- 본 공모전은 국토교통부 대도시권 광역교통위원회와 교통 미래 세대가 교통 현안을 고민하고 혁신 아이디어가 정책에 반영될 수 있는 장(場)으로, 일회성이 아닌 정기 공모전 형태 추진을 제안하여 지속적 추진 예정임
 - 정기 공모전 추진시, (공동) 주최/주관인 한국철도기술연구원, 대한교통학회에서 매년 대한교통학회 학술대회를 통해 진행 예정

3. 관계기관과의 지속적 협력체계 확보

- 국토교통부 대도시권 광역교통위원회 정책지원 및 국가연구개발사업 요소 발굴을 위한 추진 경위
 - 대도시권광역교통위원회 광역환승과 정책지원 방향 논의 및 의견수렴 (9/25)
 - 2026년 국가연구개발사업 본사업 추진 협의 (10/30, 11/7, 11/8)
 - 대도시권광역교통위원회 「제2차 환승혁신포럼」, “철도역 접근성 분석을 통한 정책 의사결정 체계 개선 방안” 발표 (11/19)
- 국토교통부 주관, 「제2회 환승혁신포럼」 발표 및 참석

2024년 제2차 환승 혁신포럼 발표주제 요약

< 2024. 10. 30. / 한국철도기술연구원 교통물류체계연구실 유소영 실장 >

□ 행사 개요

- 주제: 교통과 GIS 데이터를 활용한 환승 정책 개선 방안
- 일시: '24.11.19(화) 오후 2시
- 장소: 삼각지역 부근 피스엔파크 컨벤션

□ 세부사항

- 발표자: 한국철도기술연구원 유소영 실장
- 발표 제목: 철도역 접근성 분석 사례 등 데이터 기반 환승 정책 추진 방안
- ① 철도속도경쟁력을 상쇄시키는 철도역 접근성 이슈 및 현황
- ② 현재 활용되고 있는 주요 철도 환승 지표 소개 및 비교분석
- ③ 한국철도기술연구원에서 국토 접근성, 철도역 접근성, 환승 편의성을 분석을 위한 시스템 주요 기능 및 시스템 간 인터페이스(I/F) 설명 (동영상, 이미지 활용)
- * TRIPS (Trip Record Integrated Public transport operation System): 교통카드 빅데이터를 활용하여, 노선개편, 환승정책, 운영계획 수립을 위한 노선분석 시스템으로 2023년부터 개최되는 “대규모 광역교통혁신 공모전”에서 매년 활용되고 있으며, 광역버스와 노선개편 전후 비교분석서 분석 지원 중임 **[별첨 4]**
- * ASAP (Accessibility & Spatial Analysis Platform): 전국 도로, 철도네트워크 (KIDB 제공 네트워크 재가공)를 기준으로 지역간 접근성을 분석하는 시스템으로, 사회경제 공공데이터를 활용하여, 1차 분석된 접근성 중급선별 수혜인구를 추정, 전국 단위 접근성 개선에 영향을 미치는 하이퍼루브 등 도입시 기대효과 분석
- * TCMS (Transit Oriented Mobility System): 실 대중교통 노선분석 정보 및 교통카드 기반 환승수요를 활용하여, 철도역별 통행시간, 거리, 환승횟수 등 환승지표 및 수준을 분석하는 시스템
- * PAIS (Pedestrian-movement Assessment Tools for Simulation): 기존/신설 철도역의 CAD도면을 기반으로 실내 공간 네트워크를 구성하고, 분석대상 역 내 보행수요를 입력하여, 각 경로를 환승거리, 혼잡도를 분석하는 시스템으로, GIX-A 민자사업자가 해당 시스템으로 환승기준 만족 여부 분석에 활용함. 현재, 디지털 트윈 기술을 접목하여, 환승센터 실시간 운영관리시스템에 적용할 수 있는 2세대 기술로 전환 중임
- ④ 빅데이터 분석을 활용하여, 국민에게 필요한 환승 정책 추진 방안 제시 (정책, 국/IR&D 주요 내용 및 추진 방향 설정 등)



[2024년 제2차 환승혁신포럼]
철도역 접근성 분석 사례 등 데이터 기반 환승 정책 추진 방안

2024. 11. 19.

한국철도기술연구원
교통물류체계연구실 유소영 실장



국토교통부
대도시권광역교통위원회



한국철도기술연구원

본 자료는 한국철도기술연구원(www.korail.co.kr)의 책임으로 작성된 것이며, 복사, 배포 등을 금합니다. 무단으로 복사, 배포 또는 제3자에게서당첨 자격을 얻을 수 없습니다.

01. (배경) 철도역 접근성 이슈, 출퇴근 및 환승수요 집중 등 불편은 오히려 확대?

▶ 철도 수혜지역 확대 및 동반상승한 수송 분담을 재고하는 도마리 토끼 찾기 전략이 필요하다!

▶ 철도역사의 대규모 도심도 입체화 추세는 철도역사 내 이동거리, 혼잡 증가의 원인

복합환승센터의 거대 지하화(대 전개)	대심도 재난-재해 등 파나미티 대응 강화	혼잡 관련 승객 안전 편의 향상
 출처: 서울시 담당자 상담과	 출처: 한국철도기술연구원	 출처: 뉴스1, 메트로 경제 위

▶ 철도 네트워크 확충에 도 불구하고 철도역 접근성 및 수송분담을 담보

 출처: 한국철도기술연구원	 출처: 한국철도기술연구원	 출처: 한국철도기술연구원
---	--	--

그림 2-4-13 제2차 환승혁신포럼 계획 및 발표자료

- 187 -

제3장

디지털 트윈 기반 GTX 환승안전 및 혁신기술 개발 기획

제1절 사업추진 중점분야 도출 및 사업 범위
설정

제2절 핵심기술 및 구성기술 도출

제3절 핵심기술 개발 계획

제4절 사업 운영계획 및 소요예산

제5절 사업타당성 분석

제3장 디지털 트윈 기반 GTX 환승안전 및 혁신기술 개발 기획

제1절 사업추진 중점분야 도출 및 사업 범위 설정

1. GTX 연계·환승 관련 이슈/문제 도출

- 사업추진 중점분야 도출에 앞서, 기초연구 및 전문가 의견수렴 기반으로 GTX 환승·편의 분야에서 가장 시급하고 파급영향이 큰 핵심 이슈를 도출하고 이슈로부터 발생 예상되는 문제점을 연결
 - (이슈) GTX 환승센터 분야에서의 현재 이슈화 되고 있거나 혹은 근미래에 확실히 나타날 것으로 예상되는 이슈를 시급성과 파급·영향력 기준으로 도출
 - (문제) 각 이슈와 관련하여 이 사업에서 해결할 수 있고(해결 가능성), 이 사업을 통해 해결해야 하고(해결 당위성), 이 시점에 해결해야 하는(해결 시급성) 문제를 선별·정리

표 3-1-1 GTX 환승센터 안전·편의 분야 6대 이슈/문제

종합 분석		다수단 모빌리티 연계환승 센터	
		6대 이슈	해결 필요 문제
정책/ 제도	<ul style="list-style-type: none"> 미래모빌리티 육성을 국정과제로 제시, 모빌리티 혁신로드맵 기반 종합적·체계적 투자계획 제시 이동수단 공급, 도로사업 중심의 교통정책추진으로 대중교통 수송분담율 담보 이동수단 증가, 탄소중립 대응을 위한 수단으로 교통수단간 접근성 및 이동효율 향상 강조 	①다양한 신교통수단 대규모 도입 본격화 예상, 새로운 환승수요 급증 예상	새로운 모빌리티 등장에 따른 환승수요 대응 동선계획 미흡
		②환승센터 내 환승 경로복잡 및 이동불편 지속	향후 환승허브 대형화, 입체화, 복잡화에 따른 환승불편 심화
경제/ 산업	<ul style="list-style-type: none"> 초고령화, 도시화·과밀화 심화, 1인 가구 증가, 주거·노동 환경의 변화, 라이프 스타일 변화 등은 이동 수요 및 가치, 그리고 이동패턴 변화 영향 성능개선 및 투자효율화 관점의 전환으로 스마트시티의 인프라로서의 모빌리티의 역할 증대 예상 미래 교통수단 확대 및 연계 이동 서비스 증가에 따른 새로운 환승수요 급증 예상 이동효율성, 친환경성, 접근성 방향으로의 모빌리티 수요 증가로 MaaS의 중요성 증가 교통, 환경문제 등으로 전기·수소차 등 친환경차로의 전환 및 공유 모빌리티 확산 가속화 	③최적 서비스 개발·제공을 위한 데이터 수집·관리 체계 미흡 (양/질)	모빌리티 서비스의 신뢰성/정확성 확보에 한계
		④글로벌 모빌리티 산업 육성을 위한 투자 가속화	이동수단 공급 중심 정책→ 이용자 중심 서비스혁신 한계
사회/ 문화	<ul style="list-style-type: none"> 대도시권 대중교통 통행시간의 경쟁력 부족, 교통체증 및 혼잡문제 가중 수도권의 환승 시간·혼잡 문제의 심화, 비수도권은 (철도-버스간)환승연계 미흡 불편 고령화, 이동가치 다양화, 삶의 질/쾌적성에 대한 수요 증가로 ‘승객’ 이동경험 가치 중요성 확대 	⑤비수도권 교통수단-인프라 간의 연계 열악(정시성)	지역/세대간, 경제/신체적 측면 모빌리티 서비스 수혜 격차 심화
		⑥대도시권 내 열악한 환승 체계로 대중교통 경쟁력 부족	수단간 연계·효율 향상을 통한 대중교통 활성화 중요
과학/ 기술	<ul style="list-style-type: none"> 자율차, UAM, 하이퍼루프 등 새로운 교통수단과 함께 교통수단간 연계·운영을 위한 연구개발 활발 기관별, 목적별 산발적 데이터 수집·관리·운영으로 개발 서비스의 신뢰성·정확성 확보 한계 모빌리티의 역할 확대, 산업경계 모호→ 도시, 건축, 교통 등 공간 구조적·체계적 접근 중요 		

가. [이슈/문제1] 新 교통수단 도입 본격화, 새로운 환승수요 대응계획 미흡

- 新 교통수단의 대규모 도입 본격화로 새로운 환승수요는 급증할 것으로 예상되고 있으나, 이에 대응하기 위한 이용자 중심의 환승동선 계획 및 실행은 미흡
- 최근 PM, DRT 등과 같이 기존 수단의 고도화한 새로운 모빌리티 서비스가 확산되고, 향후 GTX-A,B,C(2023~2028년), 자율차(Lv4 노선형(2025년)/구역형(2027년)), UAM(2030년) 상용화 등 새로운 이동수단·서비스 확산으로 새로운 환승수요가 급증할 것으로 전망
 - 자율차, UAM, GTX 등 새로운 이동수단 등장 및 공유형 이동서비스 모델 다양화, 목적기반 모빌리티 확산 등에 따른 퍼스트/라스트 마일에서의 새로운 환승수요가 급증할 것으로 예상
 - 새로운 모빌리티의 도입 외에도 MaaS 플랫폼을 통해 다양한 교통수단을 연계하여 시간별, 상황별, 목적별 개개인 특성에 따른 모빌리티 이용 옵션 유연화에 따른 환승수요 변화 예상

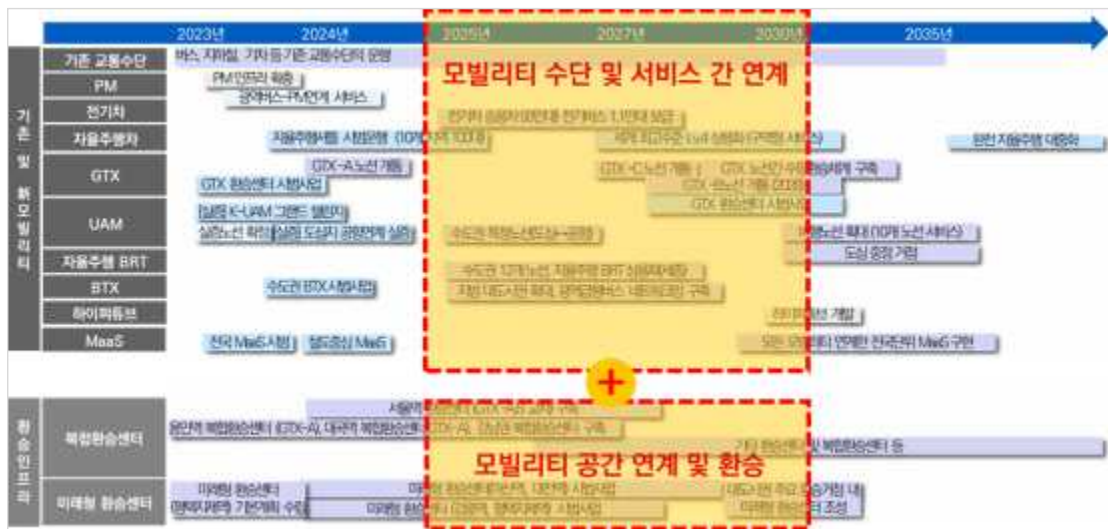


그림 3-1-1 신규모빌리티 및 서비스 보급 목표 제시

- 그간 교통문제 해결을 위해 새로운 교통수단의 보급, 대중교통 활성화를 위한 다양한 정책은 교통수단 공급위주의 정책으로 이용자의 환승수요 대응을 위한 환승동선 계획은 미흡
 - 정부는 환승센터 및 복합환승센터 구축 기본계획을 통해 대중교통 이용편의 제고를 위한 연계교통수단간 효과적인 환승체계 구축을 위해 환승센터 및 복합환승센터 개발 계획을 발표하고 있으나, 사업추진 절차 복잡성, 불확실성, 사업성 분석 미흡 등으로 사업별 진행 부진

- 「제3차 환승센터 및 복합환승센터 구축 기본계획(2021~2025)」의 대도시권 환승센터 및 복합환승센터 사업 중 2022.12월 기준 명지신도시 환승센터는 준공, 운정역 환승센터 등 4개 사업은 공사 중, 37개 사업은 협의, 타당성·기본계획 용역, 개발계획 수립 등을 추진 중이나 부천종합운동장역 환승센터와 대저역 환승센터는 사업을 포기, 금정역 등은 재구상인 상황¹⁰⁾
- 「제2차 환승센터 및 복합환승센터 구축 기본계획(1996~2020)」이 반영된 사업 21곳 중 가시화된 사업은 5곳(준공 1, 공사 중 1, 설계 3)이며, 16곳은 계획 초기 단계이거나 사업성 부족, 관계기관간 이견 등으로 인해 사업추진이 불투명하며, 사업이 추진되고 있는 5곳도 철도노선 및 연사가 완공된 이후에 환승시설이 별도로 건설되는 등 환승 편의 개선에 한계
- GTX의 경우, 재원 마련에 대한 어려움과 낮은 환승센터 사업성으로 인해 사업추진에 소극적인 상황으로 총 36개 역 중 14곳(40%)이 환승센터 계획이 전무¹¹⁾

나. [이슈/문제2] 환승허브의 대형 입체·복잡화에 따른 환승이동 불편 심화 예상

- 환승시설 확충 및 서비스 수준 개선에도 불구하고 환승 불편·사고가 지속되고 있으며, 이는 향후 환승허브의 대형·복잡화에 따른 환승이동 복잡성 증가로 심화될 것으로 예상
- 지방대도시의 대중교통 이용자의 전체 통행시간 중 환승통행 시간비율은 30~60%로 수도권 대비 열악한 수준으로 대중교통망 구축에 따른 통행시간 경쟁력이 미흡한 수준이며, 수도권은 신도시 확대에 향후 지역과 연계된 주요 도로·철도시설의 교통량 증가 및 혼잡 심화가 예상

표 3-1-2 대중교통 통행시간 중 환승통행시간 비율 (평일기준, 2021)

구분	목적통행 시간	환승통행 시간	환승통행 시간비율
전국	31.3 분/통행	7.8 분/통행	24.9%
서울특별시	32.8 분/통행	7.3 분/통행	22.3%
부산광역시	25.1 분/통행	8.4 분/통행	33.5%
대구광역시	22.5 분/통행	7.8 분/통행	34.7%
인천광역시	31.1 분/통행	7.7 분/통행	24.8%
광주광역시	19.8 분/통행	8.4 분/통행	42.4%
대전광역시	23.4 분/통행	9.8 분/통행	41.9%
울산광역시	18.7 분/통행	11.7 분/통행	62.6%
세종특별자치시	23.7 분/통행	9.7 분/통행	40.9%
경기도	33.6 분/통행	7.7 분/통행	22.9%

*환승통행시간은 1회 목적통행시 환승에 소요된 총 시간을 의미

[자료] 국토교통부, 한국교통안전공단 (2022), 「2021 대중교통 현황조사」 : 대중교통 이용자

10) 대도시권 연계환승체계 개선방안, 한국교통연구원, 2023.03.24

11) <https://www.fnnews.com/news/202205301831228121>

- 서울 주요역 또는 광역철도의 경우 특정시간대 환승수요 쏠림으로 인해 환승 대기, 계단, 보행통로의 점유면적(m²/인)이 낮아 혼잡도가 매우 높아져 승객들의 안전을 위협하는 수준¹²⁾
 - 대표적인 예로 김포 골드라인, 서울 9호선 급행열차 혼잡 등이 있으며, 김포 골드라인의 경우 2020~2022년 혼잡률 및 일일수요는 지속적으로 증가중이며, 최대혼잡률은 285% → 234% → 270% 수준으로 지속적 증가¹³⁾ 중이며, 지하철 9호선 급행열차의 1m²당 밀집도는 5명, 김포골드라인은 7~8명 수준으로 미 연방 재난관리청 권고 대비 2배~4배 수준¹⁴⁾
- 주요 환승거점인 철도 환승역의 환승서비스 수준(LOS)은 전체의 69%가 LOS D 수준 이하이며, 비교적 최근 구축된 환승역인 경우에도 LOS D 이하가 73%인 것으로 나타나 개선이 시급
 - 철도설계기준상 신설되는 철도역은 접근 교통수단에 대한 체계적인 연계·환승 방안을 마련하여 서비스수준(LOS) C 이상(180m)으로 배치하도록 규정하였으나, 현재 LOS D인 철도역이 38%(41곳)로 가장 많으며, LOS E 수준이 22%(23곳), LOS F 수준도 9%(10곳)로 분석
 - 철도역사 유형별 환승서비스수준을 살펴보면, 고속철도역 조차 LOS D 이하인 경우가 73% 수준이며, LOS F 비율은 도시철도 21%, 고속·광역철도 각각 4%로 개선이 시급한 수준임

표 3-1-3 철도역사 유형별 연계교통수단 환승서비스 수준

구 분	LOS B	LOS C	LOS D	LOS E	LOS F	LOS D 이하
고속철도 환승역	8%	19%	46%	23%	4%	73%
일반철도 환승역	-	13%	38%	38%	13%	89%
광역철도 환승역	4%	25%	38%	29%	4%	71%
도시철도 환승역	3%	26%	38%	12%	21%	71%

[자료] 국토교통부 고시 제2021-1046호, 「제3차 환승센터 및 복합환승센터 구축 기본계획」, p21

- 향후 GTX 뿐만 아니라 UAM 등 다차원의 이동수단의 도입, 그리고 다양한 이동수단 및 서비스가 본격화 됨에 따라 환승센터는 대형화, 입체화, 복잡화는 심화될 것으로 예상되어 이에 대한 대응이 없다면, 이용자 환승불편 및 새로운 교통수단 도입의 효용성 확보에 한계
 - 수도권 확장의 확장, 신도시 증가 및 이동인구의 확대가 지속될 것으로 예상되는 가운데, 신규 모빌리티들의 도입시 환승공간은 수직, 수평적 공간 확장((수직) UAM, GTX,

12) <https://travelview.co.kr/%eb%b0%80%eb%a6%ac%ed%88%ac%eb%8d%b0%ec%9d%b4/23013/>

13) <https://v.daum.net/v/20221010070027328>

14) “여기도 호흡곤란” 9호선 급행의 비명, 조선일보, 2023.05.19

하이퍼루프 등, (수평)PM, 자율주행, 공유차 등)으로 대형·입체화되어 환승이동은 보다 혼잡·복잡해질 것으로 예상



* GTX 개통시 수도권 인구의 70% 이상이 혜택을 누릴 것으로 예상되며, 대규모 환승수요로 인해 혼잡이 가중되고 도심도 건설로 인한 수직이동거리 증가로 환승 복잡 및 소요시간 확대가 예상

다. [이슈/문제3] 데이터 수집·관리체계 미흡, 서비스 신뢰성 확보에 한계

- 현재 기관별 산발적 수집·관리·운영으로 인해 모빌리티 데이터 활용이 제한적, 이는 모빌리티 서비스의 신뢰성·정확성을 떨어뜨리는데 주요 걸림돌로 작용
- 현재 대중교통정보는 국가대중교통정보센터에서 통합·제공하고 있으나, 실제 지자체별, 수단별 교통정보가 각 기관별 분산되어 제각각 수집·관리·운영되고 있으며, 수단별 정보 형식이 달라 연계 S/W로 변환하여 제공중 → 데이터 연계·관리에 대한 사회적 비용 급증으로 이어짐
 - ITS국가교통정보센터에서 표준노드링크 및 도로 관제용 CCTV 정보를 수집·제공중이나 공공이 제공하는 모빌리티 운행정보는 각 관리주체가 별도로 수집하고 있어 연계성이 크게 떨어지는 상태
 - * 버스는 지자체에서 각각 버스정보관리시스템을 두고 관리중이며, 철도, 항공, 선박 등 모든 관리주체가 별도로 관리시스템을 가지고 있음
 - BIS 외 교통정보는 표준 無, 기관마다 운영환경 및 정책이 상이하며, 데이터 관리 수준 편차도 커서 인접지역간 네트워크 연계 및 실시간 데이터 제공이 어려움



그림 3-1-2 현재 국가대중교통정보시스템의 교통정보 연계 현황

- 향후 PM, 수요응답형 버스, 플랫폼 택시 등 모빌리티 수단·서비스의 다양화 및 확산으로 모빌리티 데이터는 급증할 것으로 예상되며, 이용자 수요에 맞는 D2D 모빌리티 서비스 개발에 필요한 데이터에 대한 양적·질적 요구 수준은 증가 → 모빌리티 데이터의 연계 및 통합의 필요성(수요)는 점차 증가하고, 이는 시간이 지날수록 어려워질 것으로 전망
 - 모빌리티 데이터는 이를 기반으로 한 운영 효율화가 핵심으로, 데이터의 정확성, 최신성, 무결성 등의 점검을 통해 신뢰성 검증이 되어 상시 활용이 가능한 상태로 유지되어야 하는 것이 핵심, 이러한 모빌리티 정보의 비표준화, 실시간 데이터 전송·공유 및 연계의 어려움은 모빌리티 서비스 기업·기관의 이용자 최적화된 모빌리티 서비스 개발·혁신에 한계점으로 작용
 - 현재 모든 이용자 수요에 맞는 D2D 모빌리티 서비스 개발에 필요한 수집대상, 수집수단, 수집내용, 수집범위 등 다양한 측면에서 정확하고 신뢰할 수 있는 데이터 부족, 이는 이동수단·서비스가 다양화·세분화되고, 이용자의 이동옵션의 증가함에 따라 심화될 것으로 예상
 - * 현재 수집대상(약자시설 및 약자경로 정보 X), 수집수단(지역별 편차 大(대구는 택시/지하철 데이터 X)), 수집내용(철도/지하철→버스역까지의 도보이동 부분 등 미싱링크/음영영역 有, 지하철 관련 정보 無), 수집범위(버스 중심의 노드/링크정보로 정확한(3차원) 위치정보 無) 측면에서 다양한 한계점을 보유

라. [이슈/문제4] 모빌리티 산업 투자 가속화, 이용자 중심 서비스 혁신에 한계

- 모빌리티를 미래 성장동력의 핵심산업으로 육성하기 위한 혁신 투자 가속화, 그간 공급자 중심의 모빌리티 정책 추진으로 인한 이용자 중심의 서비스 혁신에 한계
- 글로벌 모빌리티 산업·시장은 자율차, UAM, MaaS 등 다양한 분야가 급격하게 성장할 것으로 전망되는 상황에서, 주요 국가 및 기업들은 주도권 선점을 위한 노력이 강화되는 추세
 - 모빌리티 시장의 확장성에 따른 산업의 범위가 계속 확대됨에 따라 기존의 운송수단의 개념에서 현재는 사람과 사람, 사람과 물류 등을 연결하는 서비스로 산업의 성장성을 높게 평가됨에 따라 글로벌 벤처캐피털 업계 역시 최근 모빌리티 Seamless에 대한 투자를 확대
- 정부는 「120대 국정과제」에서 미래모빌리티 육성(28번 과제)과 빠르고 편리한 교통혁신(39번 과제)을 국정과제로 제시하고, 국토부는 「모빌리티혁신 로드맵」을 발표하는 등 모빌리티 혁신을 통한 글로벌 선도를 위한 정부의 종합적·체계적인 투자를 본격화

- 「모빌리티 혁신 및 활성화 지원에 관한 법률(이하 ‘모빌리티법’)」이 2023.3.30.일 국회 본회의를 통과하여, 모빌리티 산업 환경변화에 대응, 혁신을 위한 법·제도 기반을 마련, 여기에는 모빌리티 특화형 샌드박스 제도 도입, 모빌리티 혁신위원회 설치, 모빌리티지원센터 운영 모빌리티 특화도시 조성지원, 민간주도 모빌리티 혁신지원 등의 내용을 포함
- 지금까지 모빌리티 정책의 초점은 이동수단을 개발·보급하는 등 주로 공급자 중심, 인프라 위주, 경제성 중심의 목표에 집중하면서 이용자 관점에서의 모빌리티 서비스 혁신 유도 및 새로운 교통수단 도입의 효용성 확보(환승경로 복잡성, 수단-인프라 접근성 등)에 한계점으로 작용
 - * 주로 수도권은 교통혼잡에 따른 환승시간 문제가 심화, 비수도권은 환승 연계 미흡
 - 환승불편 해소 미진으로 인해 대중교통망 구축에 따른 통행시간 경쟁력이 미흡한 수준으로, 대중교통 이용자의 전체 통행시간 중 환승통행 시간비율은 수도권이 약 22~24%, 지방 대도시의 경우 30~60%로 수도권 대비 지방 대도시권이 보다 열악한 수준인 것으로 나타남
 - 수도권의 경우 신도시 확대에 의해 향후 지역과 연계된 주요 도로 및 철도시설의 교통량 증가 및 혼잡이 심화될 것으로 예상되며, 서울·인천 등으로 진입하는 교통수요 증가로 도심내 교통혼잡 가중으로 인한 환승 거리·시간 과다로 승객 불편 초래¹⁵⁾
 - 도로교통 혼잡비용은 2020년 57.64조원, GDP의 2.97% 수준으로 전국 교통혼잡비용 중 수도권 교통혼잡비용은 34.81조 원(60.4%)으로 수도권에서 절반 이상의 교통혼잡비용이 발생하는 것으로 나타났으며¹⁶⁾, 이러한 문제 해결방안으로 대중교통 중심의 이동이 대두되었으나 수단분담율은 답보상태
- 모빌리티 산업은 디지털 전환, 영역이 확장되면서 디지털화, 앱 기술 등 서비스 기반 부문이 모빌리티 산업 경쟁력의 중요한 부문으로 주목되고 있으며, ‘이용자’, ‘수요’ 중심으로 패러다임 변화중으로 이용자 중심의 맞춤형 서비스에 대한 요구·수준이 증가, 이에 이용자 중심의 정책 지원으로의 전환은 모빌리티 산업 성장, 경쟁력 확보를 위해 필수적

마. [이슈/문제5] 비수도권 교통수단-인프라간 연계 열악, 서비스 수혜격차 심화

- 지역간 대중교통 이용자의 환승시간, 접근성 차이 大, 모빌리티 서비스 수혜 격차 심화
- 지역별 대중교통 이용자들의 전체 통행시간 중 환승 통행시간 비중을 살펴보면, 수도권

15) 제2차 대도시권 광역교통 기본계획(2021~2040), 국토부 대도시권광역교통위원회, 2021.10

16) [자료] 2022 교통정책 평가지표 조사, KOTI, 2023.03

의 경우 20% 대를 차지하고 있으나, 강원도, 충청도, 전라도 등 지역의 경우 환승 통행 시간이 전체 이동시간의 70% 이상을 차지하며 매우 큰 비중을 차지하고 있는 것으로 조사되어 지역간 대중교통 서비스(수단간 연계) 이용 격차가 큰 것으로 조사됨

표 3-1-4 지역별 환승통행시간 비율

	목적통행시간(A)			환승통행시간(B)			환승통행시간 비율(B/A)		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022	2020	2021	2022
전체	31.31	31.17	31.53	8.25	8.19	8.28	26.3%	26.3%	26.3%
서울특별시	32.43	32.54	32.38	7.64	7.62	7.76	23.6%	23.4%	24.0%
부산광역시	28.95	25.39	29.98	8.80	8.58	8.58	30.4%	33.8%	28.6%
대구광역시	22.16	22.56	22.96	8.31	7.98	8.00	37.5%	35.4%	34.8%
인천광역시	31.05	31.25	31.65	8.19	8.07	8.00	26.4%	25.8%	25.3%
광주광역시	23.45	19.72	24.33	8.98	8.70	8.77	38.3%	44.1%	36.0%
대전광역시	22.13	23.36	23.59	10.21	10.23	10.38	46.1%	43.8%	44.0%
울산광역시	17.41	18.51	22.88	12.08	12.02	12.08	69.4%	64.9%	52.8%
세종특별자치시	23.80	24.02	23.82	9.93	10.30	10.49	41.7%	42.9%	44.0%
경기도	32.92	33.65	33.59	8.20	8.14	8.17	24.9%	24.2%	24.3%
강원도	25.64	27.75	26.57	18.19	17.61	19.00	70.9%	63.5%	71.5%
충청북도	19.26	23.02	23.22	12.37	12.77	13.13	64.2%	55.5%	56.5%
충청남도	24.89	26.57	26.30	14.88	13.57	14.29	59.8%	51.1%	54.3%
전라북도	16.04	16.71	17.02	11.91	11.84	12.17	74.2%	70.9%	71.5%
전라남도	19.15	20.24	20.54	14.80	14.44	14.46	77.3%	71.3%	70.4%
경상북도	23.73	24.41	27.05	11.03	12.39	10.53	46.5%	50.8%	38.9%
경상남도	22.91	24.20	23.81	9.97	9.29	9.35	43.5%	38.4%	39.3%
제주특별자치도	25.48	27.38	26.72	14.20	13.88	13.85	55.7%	50.7%	51.8%

주 : 환승통행시간은 1회 목적통행시 환승에 소요된 총 시간을 의미함 (요일별 통행시간에 대한 평균값으로 산정)

[자료] TS한국교통안전공단 국가대중교통DB (https://www.kotsa.or.kr/ptc/inside_time.do)

- 비수도권의 대중교통 통행 중 환승 비율은 16.8% 수준으로 수도권 42.6%(철도↔철도 제외 시 31.9%)에 비하여 낮은 수준이며, 수단별 환승 비율도 버스↔철도 간 환승(35%)보다는 버스↔버스 환승 비율(65%)이 대부분으로, 도시철도망과 버스 간의 연계성이 부족한 것으로 분석

표 3-1-5 수도권/비수도권 대중교통 수단별 환승 통행 비율

(단위 : 천 건/일, %)

구분		비환승통행			환승통행			총통행	
		소계	철도	버스	소계	버스-철도	철도-철도		버스-버스
수도권	건수	7,956	3,266	4,690	5,904	2,426	2,163	1,315	13,860
	비율	57.4	41.0	59.0	42.6	41.1	36.6	22.3	100.0
비수도권	건수	226,677	140,747	85,930	54,512	19,099		35,410	281,186
	비율	83.2	62.0	38.0	16.8	35.0		65.0	100.0

자료) : 교통 카드, 비수도권 11개 역 대상 1일간 교통 카드 이용실적 자료 분석, 2019.03.06. 기준
 철도-철도 환승통행은 수도권 수단통행(경기도 교통 DB) 중 철도환승통행 비율을 적용한 추정치
 [출처] 제3차 환승센터 및 복합환승센터 구축 기본계획
 국토교통부 보도자료, 교통카드 데이터 기반 2019년도 대중교통 이용실태 분석, 2020.4.24.
 교통카드, 비수도권 11개역 대상 1일간 교통카드 이용실적 자료분석, 2019.3.6. 기준

- 비수도권, 특히 교통소외지역의 경우 대부분 인구에 비해 면적이 넓어 핵심 교통인프라와 목적지 또는 거주지 사이의 접근성이 낮아 대중교통 이용에 어려움이 존재

- 한국형 도시 모니터링 지수(K-UMF)에 따르면, 지자체간 편차가 가장 큰 분야가 대중교통 분담율 지표로 서울은 95.68점, 강원은 1.14점으로 나타남¹⁷⁾
- 이는 지속적으로 악순환되고 있는 것이 문제인데, 교통수단의 운행거리가 길어짐에 따라 운행비용이 상승하고, 정류장별 배차시간을 준수하기 어려워지는 공급측면의 문제와, 수요측면에서 인구감소와 고령화로 교통수요와 이동빈도가 줄어 수요-공급 불균형으로 인한 교통서비스 공급횟수가 줄고, 서비스가 악화되어 이용자 역시 자가용으로 교통수단을 전환하는 경향¹⁸⁾
- 고령자, 장애인 등 교통약자의 이동권 보장을 위한 환승센터 설계 및 안내 부족
- 노약자, 장애인 등 교통 약자의 경우, 대중교통을 이용하는 빈도에 비해 실질적인 혜택을 누리기 어렵다는 문제 존재하며 환승센터로의 이동(퍼스트마일, 라스트마일)수단도 부족한 실정
 - 지역간 이동시, 고령자는 승용차(57.9%) 외에도 시외·고속버스(24.7%)와 기차(12.3%) 등 대중교통을 다수 이용하였으며, 장애인의 경우 승용차(63%), 대중교통(시외·고속버스 10.7%, 기차 8.1%) 외에도 장애인 택시(8.1%) 및 특별교통수단(5.3%) 순으로 조사됨¹⁹⁾
 - 휠체어 이용자 등 장애인의 환승 이동 시 이동 안내 부재, 경로 복잡 및 비효율 등 이용 불편이 발생하는 상황
 - * [공덕역] 공항철도에서 5, 6호선 가는 환승 통로에 엘리베이터가 없고 계단 있는 구간이 있어 휠체어/유모차 탑승객은 외부로 나가야 환승이 가능(하차→공덕역 맞이방 엘리베이터→9번 출구→횡단보도→2번 출구→환승)하며, 점자 안내판 음성 유도기 부재
 - * [대림역] 휠체어 환승 시 개찰구에서 나가 다른 출구로 이동하여 들어와야 함
 - 최근 대중교통과 연계한 퍼스널 모빌리티 서비스가 활발히 운영되고 있으나, 이용자의 대다수가 20~30대의 청년층으로 국한되어 있어, 유아, 고령자, 장애인 등 이동성이 불편한 대상은 실질적인 이용 혜택이 어려움²⁰⁾
- 교통약자를 고려한 환승시설 및 경로 등이 부족한 실정으로, 현재 환승시설의 경우 장애인 비장애인보다 더 많은 이동이 소요되는 것으로 분석되어 교통약자를 고려한 환승설계가 필요²¹⁾
 - 교통약자의 이동행태와 이동불편요소를 고려한 경로정보 제공 서비스는 이루어지고

17) 수도권·비수도권 인프라·서비스 격차 줄여야 '지속 가능' 미래 열린다[창간 기획], 서울신문, 2023.07

18) 농어촌 등 교통소외지역의 교통서비스 강화방안, 입법·정책보고서, 2020.12

19) <https://www.smarttoday.co.kr/news/articleView.html?idxno=24109>

20) http://www.koreanclick.com/insights/newsletter_view.html?code=topic&id=599&page=1&utm_source=

21) 최악의 지하철 환승역?...교통약자를 고려한 설계가 필요한 이유, 경향신문, 22. 10

있지 않아 대중교통을 이용하는 교통약자의 어려움은 해소되지 않고 있으며 대부분의 경로정보 제공 서비스는 일반인 위주의 경로정보를 중심으로 서비스되고 있어 추천된 경로를 교통약자가 그대로 사용하기 어렵다는 문제가 발생함²²⁾

- 일반인(비장애인) 환승거리는 최소 35m, 최대 355m였으며 환승시간이 최대 6분을 넘지 않은 반면, 교통약자 환승거리는 최소 234m, 최대 1404m 수준으로 거리 외에도 승강기 배치가 역마다 편차가 큰 것으로 분석되며, 평균 환승거리는 일반인은 150m, 교통약자는 725m로 약 4.8배가량 차이가 발생함
- * 2·7호선 건대입구역의 경우 일반인(77m)과 교통약자(1404m) 환승거리 차이가 18배에 달하며, 휠체어를 탄 장애인이 7호선에서 2호선으로 갈아타려면 지하 2층 승강장에서 지상으로 올라와 외부도로를 이동해 횡단보도를 건너고 다시 지상 3층 승강장으로 이동하는 등 최대 30분 가량의 소요시간이 예상됨
- * 환승시간이 비장애인보다 10배 이상 차이가 난 역은 신설동, 가산디지털단지, 시청역, 상봉역, 왕십리역 등이 있었으며, 환승거리가 10배 이상 차이가 나는 역은 건대입구역 외에도 가산디지털단지, 시청역, 상봉역, 왕십리역 등으로 분석됨

바. [이슈/문제6] 대도시권 내 열악한 환승체계, 수단간 연계·효율 향상 시급

- 대도시권내 지역 간 통행의 열악한 환승 체계로 인해 대중교통의 통행시간 경쟁력 부족
- 수도권 내 긴 환승 시간으로 인한 불편함으로 인해 대중교통 이용으로 인한 시간 절감 효과, 대중교통 수단분담률 제고 효과가 미미한 수준²³⁾
 - 수도권 대중교통 이용자들의 전체 통행시간 중, 환승 시간은 평일 약 22~23%(7~8분), 주말은 약 26%(8~9분)로 큰 비중을 차지하며, 환승 불편으로 대중교통망 구축에 따른 시간 절감 효과 감소로 인해 대중교통 투자 대비 대중교통 수단분담률 제고 효과 미미

표 3-1-6 수도권 대중교통 투자액 및 수단분담률(2008~2018)

(단위 : 억 원, %)

구분		2008	2010	2012	2014	2016	2018
대중교통 투자액	버스	28,425	25,892	28,755	27,651	31,571	35,626
	도시철도	30,107	38,500	35,862	27,824	28,723	22,942
	합계	58,532	64,392	64,617	55,474	60,294	58,568
수단분담률	대중교통	37.9	36.8	36.5	36.5	38.7	40.7
	승용차	46.5	47.8	48.4	48.4	46.8	47.7

주) : 도시철도 투자액은 지방 대도시권을 포함한 도시철도 투자액임
 자료) : 버스 투자액 : 행정안전부, 지방재정연감(해당연도)/ 도시철도 투자액 : 2019년 국가교통통계(국내편)/ 수단분담률 : 한국교통연구원, 전국 여객 O/D 보고서(해당연도)
 [출처] 제3차 환승센터 및 복합환승센터 구축 기본계획

22) 교통약자 이동불편지수 산정을 통한 경로추천방법 설계 및 구현, 김기수 외 4, 2020

23) 제3차 환승센터 및 복합환승센터 구축 기본계획

- 주요 광역통행 거점인 철도역의 환승 소요 시간 및 통행 증가로 인한 이용자의 불편 가중, 서울시는 가장 많은 비중을 차지하는 환승시간이 10~15분 사이(35.6%)인 것 대비 강원, 충남, 전남, 경북, 제주 등은 15~20분이 가장 많은 비중을 차지²⁴⁾

표 3-1-7 시도별 환승소요시간

[단위 : %]

구분	2022						
	5분 미만	5분~10분	10분~15분	15분~20분	20분~25분	25분~30분	30분 이상
전체	0.9	20.9	35.6	23.1	10.5	5.1	4.0
서울	1.0	22.4	37.8	21.8	9.4	4.8	2.7
부산	0.8	22.6	39.0	23.4	7.8	3.6	2.8
대구	0.8	23.8	39.8	21.8	7.9	4.1	2.0
인천	0.7	24.0	38.0	22.1	8.2	4.7	2.3
광주	1.0	24.2	42.5	19.9	5.8	4.1	2.6
대전	1.1	23.7	41.4	21.9	6.6	3.3	2.0
울산	1.0	25.6	42.2	18.4	6.5	3.2	3.0
세종	0.0	22.8	45.0	5.5	6.8	13.3	6.6
경기	0.9	18.6	31.2	24.5	13.2	5.6	5.9
강원	1.1	8.4	26.2	29.3	17.6	8.8	8.6
충북	0.6	9.7	28.4	26.7	16.0	12.2	6.5
충남	0.2	12.3	25.0	30.0	18.8	8.0	5.7
전북	0.0	17.5	24.5	24.5	16.1	7.6	9.8
전남	0.2	6.0	26.2	29.8	20.3	9.4	8.2
경북	0.2	12.2	26.4	28.3	15.4	9.4	8.2
경남	0.9	15.1	29.3	24.6	15.4	7.3	7.5
제주	1.2	16.1	26.4	26.8	10.0	13.5	6.0

- 수도권외의 경우 신도시 확대에 의해 향후 지역과 연계된 주요 도로 및 철도시설의 교통량 증가 및 혼잡이 심화될 것으로 예상되며, 서울·인천 등으로 진입하는 교통수요 증가로 도심내 교통혼잡 가중으로 인한 환승 거리·시간 과다로 승객 불편 초래²⁵⁾
 - 2기 신도시 개발시, 광역교통개선대책이 수립됐지만 주변 개발 가능성을 제대로 반영 못해 수요 예측에 실패하여 교통난 해결이 어려우며, 3기 신도시의 경우도 교통난을 해결할 뚜렷한 대책이 부재하여 수도권 내 출퇴근 등 이동불편, 도로혼잡 문제 심화될 것으로 우려²⁶⁾

24)

http://hi.kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=116&tblId=DT_MLTM_5722&vw_cd=&list_id=&seqNo=&lang_mode=ko&language=kor&obj_var_id=&itm_id=&conn_path=

25) 제2차 대도시권 광역교통 기본계획(2021~2040), 국토부 대도시권광역교통위원회, 2021.10

26) <https://www.seoul.co.kr/news/newsView.php?id=20230511001008>



그림 3-1-3 국내 신도시계획 및 교통문제 심화(과천)

- 철두시 지역 간 승용차 대비 대중교통 통행시간 경쟁력은 수도권 1.1배(승용차 70분, 대중교통 74분), 부산·울산권 2.2배(승용차 43분, 대중교통 93분), 대구권 2.4배(승용차 44분, 대중교통 107분), 대전권 2.5배(승용차 46분, 대중교통 111분), 광주권 3.0배(승용차 37분, 대중교통 110분) 순으로 나타남(2019년 10월 기준)인 것으로 나타남
- 대도시권의 대중교통 통행시간은 승용차 대비 경쟁력이 부족하여 이용자의 불편 지속²⁷⁾
 - [부산·울산권 환승 수요] 대중교통 경쟁력 확보를 광역철도, 광역 BRT, 환승시설 등 지역 간 광역 대중교통 시설 확충과 이를 활성화할 수 있는 광역 환승 할인제가 필요
 - [대구권 환승 수요] 대구권 장래 광역통행의 개인 교통(승용차, 택시, 기타) 수단분담률은 2025년 기준 74%로 버스, 철도 등 대중교통 중심의 광역교통 인프라 구축, 서비스 확대 등의 대책을 통한 개인 교통 수단분담률 감소 유도 등을 위한 노력이 시급
 - [광주권 환승 수요] 도시철도 역사 등 주요 환승 거점의 환승 체계 부족 등으로 승용차 중심의 광역통행이 지속될 것으로 전망
 - [대전권 환승 수요] 대전권 남북측 간선도로망은 발달되어 있는 편이나 동서축과 대전 주변도시 간 연결 도로망 미흡하여 지역간/교통간 연계가 부족하며, 환승센터의 부족, 통합환승요금제 미시행(대전, 세종, 계룡만 시행) 등으로 연계환승체계가 미흡한 실정이며, 광역 통행시 대중교통 통행시간이 승용차에 비해 과다하여 승용차 의존도가 높음

27) 제2차 대도시권 광역교통 기본계획

2. 사업추진방향 및 중점추진분야 도출

가. SWOT 분석을 통한 중점분야 도출

(1) 외부환경 : [기회]와 [위협]

- [기회1] 자율차, UAM 등 새로운 교통수단 및 서비스 확대
 - 글로벌 자율주행차·UAM·PM 등은 모두 2030년까지 지속적인 성장률을 보여줄 것으로 예상됨
 - 글로벌 자율주행 자동차 시장은 2021년 기준, 약 1,060억 달러 규모에 달했으며, 2025년에는 약 4,208억 달러, 2030년에는 약 2조 3,000억 달러 규모²⁸⁾, 국내의 경우 2030년에는 53억 4,065만 달러 규모에 이를 것으로 분석됨²⁹⁾
 - 기술 스타트업 중심으로 PAV 시장에 항공기업들이 참여하는 증으로, 글로벌 UAM 시장 규모는 2040년까지 1조 달러 규모로 성장하고 국내 UAM 시장은 2040년까지 약 13조 원까지 성장할 것으로 예상됨³⁰⁾
 - 퍼스널모빌리티의 전 세계 시장 규모는 2022년 183억 달러에서 2030년 298억 달러 규모로 성장하여 6.3%의 성장률(CAGR), 국내 퍼스널모빌리티 시장은 2018년 12만 6천대에서 2029년 약 49만대로 연평균 성장률(CAGR) 약 13%로 분석됨³¹⁾
 - 신교통수단들의 각종 유입과 이를 기반으로 한 서비스 모델들의 개발이 예상되며, 이를 연결할 MaaS(통합교통서비스)에 대한 성장세도 지속되는 중
 - 최근 전 세계적으로 공유경제가 급부상한 모빌리티 분야에서 다양한 플랫폼 기업이 출현하며 모빌리티 플랫폼 기반 차량 공유(car sharing) 또는 차량 호출(ride hailing) 서비스를 제공하는 기업들이 다수 등장하였음³²⁾
 - 글로벌 MaaS 시장은 2021년 기준 약 670억 달러에서 2030년까지 약 7,450억 달러 까지 성장할 것으로 예상되어, 연평균증가율(CAGR) 약 30.8% 수준으로 성장할 것으로 전망³³⁾
 - 국내 모빌리티 서비스 시장은 고성장 할 것으로 예측, 국내 모빌리티 서비스 시장규모는 2018년 8,960억 원에서 2022년 2조4,100억 원으로 연평균 28% 수준의 성장세

28) <https://www.statista.com/statistics/1224515/av-market-size-worldwide-forecast/>

29) https://www.researchandmarkets.com/reports/5696924/south-korea-autonomous-vehicles-market-size?utm_source=GNO&utm_medium=PressRelease&utm_code=dv1b4h&utm_campaign=1804866--South+Korea+Autonomous+Vehicles+Market+Report+2022-%3a+A+%245.34+Billion+Industry+by+2030+Level+3+Vehicles+Have+the+Largest+Market+Share&utm_exec=chdo54prd

30) <https://www.metroseoul.co.kr/article/20230118500139>

31) <https://www.researchandmarkets.com/reports/4991431/global-personal-mobility-devices-market-size#src-pos-3>

32) 모빌리티 플랫폼 기업의 규제와 혁신, 류진, 2021

33) <https://www.amecoresearch.com/market-report/mobility-as-a-service-market-276790>

로 추정³⁴⁾

→ UAM, 자율주행, PM 등 신교통수단의 꾸준한 시장증가율이 예상되며 동시에 신모빌리티들의 이용을 활성화 할 수 있는 모빌리티 서비스 시장의 확대가 전망됨

- [기회2] 친환경성, 접근성에 대한 수요 증가로 MaaS의 역할 확대
 - 교통공간의 효율적 활용과 대중교통 이용활성화 및 탄소중립에 기여가능한 MaaS 시스템을 도입하고자 정부는 「모빌리티 혁신 로드맵」을 발표 후 전국 MaaS사업을 본격 추진
 - 기존의 정책은 도시 교통 문제를 해결하기 위해 대중교통을 활성화 하였다면, MaaS는 이용자의 수단 이용 형태의 변화를 유도하여 대중교통, 친환경 모빌리티, 공유차량 등의 수단들을 연계하고자 함
 - 앞으로 MaaS에서 대중교통은 간선 역할을 하는 노선버스·철도와 지선 역할을 하는 마을버스·수요응답형버스(DRT)의 효율적 연계 운영이 필요할 것으로 보임
 - MaaS를 도입하면 끊어짐 없는 모빌리티 서비스 구현을 위해 다양한 교통수단을 연계하여 공간이동에 대한 수요를 대상으로 개인맞춤형 실시간 수요대응형 모빌리티 서비스 이용이 가능하고, 환경 개선효과 증대와 교통혼잡 감소 등 긍정적 영향이 있을 것으로 전망됨³⁵⁾
 - 통합교통서비스의 구현으로 대중교통을 비롯하여 보행, 자전거, PM 등 무동력, 친환경 이동수단을 이용이 증가하고 승용차 이용이 감소되면, 수송부문 온실가스 배출량 감축효과가 가시화될 것으로 예측됨³⁶⁾
 - 2016년, 대표적인 MaaS 사례인 핀란드는 ‘Whim’을 도입한 후 대중교통 이용률이 48%에서 74%까지 상승하여 MaaS의 수송분담률 확보 효과를 확인하였음³⁷⁾
 - 도로수송부문의 탄소배출량은 전체 배출량의 약 20%를 차지하고, 1km 이동을 기준으로 할 때 버스(27.7g)와 지하철(1.53g)의 탄소배출량은 승용차(210g)에 비해 낮으므로, 대중교통 수송분담률을 확보하여 탄소배출량을 저감할 수 있도록 하여야 함³⁸⁾

→ 친환경 교통시스템의 전환을 위해, 대중교통 수송분담률은 매우 중요한 요소 중 하나로, MaaS의 개발 및 구현을 통해 대중교통 수송분담률을 확보할 수 있어야 함

- [기회3] 친환경차로의 전환 및 공유모빌리티 확산 예상
 - 국내 전기차 시장은 국내 친환경차 보조금 지급, 충전인프라 확충, BEV 신차 효과 영향 등으로 인해 지속적으로 성장할 것으로 전망됨
 - 환경부는 ‘무공해차 보급 및 충전인프라 구축’ 예산으로 총 3조 2,591억원을 편성하고, 이를 통해 배터리 전기차 27.3만대, 충전인프라 6.2만대를 보급하는 것을 목표로 하였음³⁹⁾

34) 소유에서 공유로 215조원 MaaS 시장, 오픈이엔뉴스, 2021.09.22

35) KOTI 모빌리티 전환 브리프 2022 Vol.01, KOTI

36) 대중교통 중심의 통합교통서비스발전방안 연구, 한국운수산업연구원, 2021

37) <https://www.busan.com/view/busan/view.php?code=20211110000045>

38) <https://www.sisaon.co.kr/news/articleView.html?idxno=152106>

- 또한 친환경차량으로의 전환을 위해 정부는 제 4차 친환경자동차 기본계획('21~'25)을 수립하여, 수소자동차 누적 보급을 '25년 20만대, '30년 85만대를 목표를 제시
- 최근 환경위기 및 기후변화 인식 확대로 국민의 환경에 대한 인식 증가하면서 친환경 소비트렌드와 함께 교통수단에 대한 친환경 트렌드도 확대 증으로, 대표적으로 친환경 차량의 구매희망 비율이 확대되고 있으며 주요국 대비 국내 전기차 전환희망이 높은 편
- 다음 구매 차량의 파워트레인 선호도 조사결과, 한국이 7개국 중 배터리 전기차에 대해 관심이 가장 높은 것으로 분석되며, 한국 소비자들은 연료비 절감과 기후변화 우려 및 탄소배출 감축에 대한 요인으로 전기차 구매를 희망하는 것으로 분석됨⁴⁰⁾
- 최근 전 세계적으로 공유경제가 급부상한 모빌리티 분야에서 다양한 플랫폼 기업이 출현하며 모빌리티 플랫폼 기반 차량 공유(car sharing) 또는 차량 호출(ride hailing) 서비스를 제공하는 기업들이 다수 등장⁴¹⁾
- IT기업들의 시장 진입과 함께 기존의 완성차 제조중심의 자동차 산업이 여러 이해관계자 간 협력 구조로 전환되고 있으며, 이러한 변화 속에서 모빌리티 서비스 부문이 가장 큰 부가가치를 창출할 것으로 예상되며, 모빌리티 서비스들은 모빌리티 플랫폼을 통해 제공되는 형태로, 공유차량 기반의 기본 서비스 외 대중교통 연결, 고속 시외버스 예약 결제 기능 등을 추가하며, 모빌리티 연결을 확장 중

→ 정부의 친환경차량 전환을 위한 목표제시 및 보조금 지급과 친환경 트렌드 확산으로 친환경차량으로의 전환이 예상되며, 모빌리티 플랫폼의 개발을 통해 공유모빌리티 이용 확대가 예상됨

- **[위협1]** 도시화과밀화 심화, 도시외연 확대로 통행량 증가 및 혼잡 심화
 - 도시확장에 따른 도시 외곽 택지 개발, 대규모 광역교통시설 확충 등으로 인해 광역교통 수요의 지속적인 증가가 예상되며, 이에 따른 용량부족 현상도 지속적으로 발생할 것으로 전망
 - 생활권 광역화로 인한 교통수요 증가로 인한 용량 부족 현상이 지속적으로 발생하나 이를 수용할 수 있는 교통 인프라 확장은 한계가 있고, 이용자들의 요구도 다양해지는 추세⁴²⁾
 - 우리나라 도시면적은 국토의 약 16.7% 수준이나, 국내 총 인구의 91.8%가 도시에 거주하는 등 주거·일자리가 집중되어 있으며⁴³⁾, 도시 외연이 점진적으로 확대 증으로 이러한 광역 생활권이 확대됨에 따라 광역통행의 지속적인 증가로 인해 광역 교통망 혼잡 가중은 심화
 - 수도권외의 경우 신도시 확대로 인해 향후 지역과 연계된 주요 도로 및 철도시설의 교통

39) 2023 EV MOBILITY OUTLOOK 유진투자증권

40) 2022 글로벌 자동차 소비자 조사, 딜로이트

41) 모빌리티 플랫폼 기업의 규제와 혁신, 류진, 2021

42) 울산형 MaaS(Mobility as a Service) 도입방안, 한국지방행정연구원, 2021

43) 국토 17%인 도시지역에 국민 92% 거주, Sedaily, 2022.06

량 증가 및 혼잡이 심화될 것으로 예상되며, 서울·인천 등으로 진입하는 교통수요 증가로 도심내 교통혼잡 가중으로 인한 환승 거리·시간 과다로 승객 불편 발생⁴⁴⁾

- 광역철도의 경우 기능적으로 광역시·도 간을 연결하므로 출근 시 중심도시로 진입하는 구간에서 혼잡이 최대치를 보이는 것이 일반적이거나, 최근 과다한 환승수요로 인해 이용객 밀집으로 인한 안전문제 우려도 제기
 - 최근 김포골드라인의 김포공항역에서 10대 여고생과 30대 직장인이 호흡곤란으로 실신하는 사고가 발생,⁴⁵⁾ 광역철도의 경우, 일반적으로 혼잡도 150%를 기준으로 설계가 되므로 김포골드라인 역시 150% 수준의 혼잡도를 전제하고 설계되었을 것으로 예측되나, 실제 김포골드라인의 혼잡도는 285% 수준으로 분석된 바 있음
 - ※ 열차 혼잡도는 여유(80% 이하), 보통(80~130%), 주의(130~150%), 혼잡1(150~170%), 혼잡2(170% 이상)으로 분류
 - 예측대비 적은 수준의 교통량에도 발생하는 혼잡의 원인은, 첨두시 최대 재차인원이 계획대비 과다한 것으로 판단되며, 교통수요예측 측면에서 혼잡발생의 원인은 첨두시 방향성이 충분히 고려되지 않은데 기인하는 것으로 분석됨

➔ 생활권 광역화로 인해 도심 내 이동 및 광역간 이동이 확대되고, 과다한 환승수요로 인해 혼잡 및 이용자 밀집 문제 등 안전에 대한 문제 발생

- **[위협2]** 고령인구의 모빌리티 이용 증가 예상, 이용자 요구 기대 수준 증가
 - 2020년 65세 이상의 고령자 가구 유형은 1인 가구(34.9%), 부부 가구(34.7%), 부부+자녀가구(9.6%) 순으로 많았으며, 2050년에는 1인가구(41.1%), 부부가구(34.8%), 부부+자녀가구(7.1%) 순으로 65세 이상 고령의 1인가구는 2020년 25%(162만가구)에서 2050년에는 전체 1인 가구의 51.6%(467만 가구)인 절반 이상을 차지할 것으로 전망⁴⁶⁾
 - 노약자, 장애인 등 교통 약자의 경우, 대중교통을 이용하는 빈도에 비해 실질적인 혜택을 누리기가 어렵다는 문제 존재하며 환승센터로의 이동(퍼스트마일, 라스트마일)수단도 부족한 실정
 - 대중교통과 연계한 퍼스널 모빌리티 서비스가 활발히 운영되고 있으나, 이용자의 대다수가 20~30대의 청년층으로 국한되어 있어, 유아, 고령자, 장애인 등 이동성이 불편한 대상은 실질적인 이용 혜택이 어려움⁴⁷⁾
 - 또한 휠체어 이용자 등 장애인의 환승 이동 시 이동 안내 부재, 경로 복잡 및 비효율 등 이용 불편이 발생하는 상황임
 - 환승시설 내, 휠체어 이용자 등 장애인의 환승 이동 시 이동 안내 부재, 경로 복잡 및

44) 제2차 대도시권 광역교통 기본계획(2021~2040), 국토부 대도시권광역교통위원회, 2021.10

45) 광역교통 BRIEF, 한국교통연구원, 2022.12

46) <https://webzine.kacpta.or.kr/news/articleView.html?idxno=11973>

47) http://www.koreanclick.com/insights/newsletter_view.html?code=topic&id=599&page=1&utm_source=

비효율 등 이용 불편 등 교통약자를 고려한 환승시설 및 경로 등이 부족한 실정으로, 현재 환승시설의 경우 장애인은 비장애인보다 더 많은 이동이 소요되는 것으로 분석⁴⁸⁾

- 교통약자의 이동행태와 이동불편요소를 고려한 경로정보 제공 서비스는 이루어지고 있지 않아 대중교통을 이용하는 교통약자의 어려움은 해소되지 않고 있으며 대부분의 경로정보 제공 서비스는 일반인 위주의 경로정보를 중심으로 서비스되고 있어 추천된 경로를 교통약자가 그대로 사용하기 어렵다는 문제가 발생⁴⁹⁾
- 일반인(비장애인) 환승거리는 최소 35m, 최대 355m였으며 환승시간이 최대 6분을 넘지 않은 반면, 교통약자 환승거리는 최소 234m, 최대 1404m 수준으로 거리 외에도 승강기 배치가 역마다 편차가 큰 것으로 분석되며, 평균 환승거리는 일반인은 150m, 교통약자는 725m로 약 4.8배가량 차이가 발생함

➔ 고령화 사회로 진입하며 고령인구 확대가 예상되고, 환승시설 내 교통약자들의 이동에 대한 어려움이 지속적으로 발생 중이며, 환승 경로 (승강기 배치 배치 등)의 문제로 더 많은 이동이 소요됨

○ **[위협3]** 기후위기 대응 요구 강화, 수송 부문의 탄소감축 목표 이행 시급

- 탄소중립은 글로벌 주요 과제로서, 해외는 수송 부문의 탄소 감축을 위해 교통부문의 다양한 탄소중립 전략 및 로드맵 등을 제시
 - 미국 교통부(DOT)는 교통연구 우선순위 및 전략을 제시하며, ‘순 배출량 제로’라는 비전 달성을 위해 ① 탈탄소화, ② 지속 가능하고 탄력적인 인프라 등 2가지 연구 우선순위 설정
 - 유럽은 ERTICO 2035 로드맵을 통해 안전하고 스마트하며 친환경적인 교통 서비스와 네트워크를 구축하는 것을 목표로, ① 지속 가능한 모빌리티, ② 효율적인 모빌리티, ③ 안전한 모빌리티 등 3가지 비전과 정책 방향을 제시하였으며, New EU Urban Mobility Framework roadmap 로드맵을 통해 저렴하고, 스마트하고, 탄력적이며, 배기가스가 없는 도시 교통 시스템을 개발하도록 장려하는 조치를 제안⁵⁰⁾
 - 중국은 녹색 대중교통 실행 계획 (中國綠色交通行動計劃 2019-2022)을 통해 친환경 차량의 대규모 적용 촉진과 충전 인프라 구축 가속화, 통합 교통 서비스망 구축 및 개선 목표제시를 통해 교통수단 간 환승강화를 추진하고, 대중교통 서비스의 질적향상 목표제시를 통해 이용자 이동시간 단축 등을 제시⁵¹⁾
- 국내는 국토교통 탄소중립 로드맵, 제 2차 광역교통 기본계획 등을 제시하며 수송부문의 탄소중립 이행을 위해 대중교통활성화, 친환경 교통수단 기술 개발 및 전환 등을 제시
 - 국토교통 탄소중립 로드맵에서는 ①탄소중립 기반 마련·가속화·고도화 3단계로 감축, ②

48) 최악의 지하철 환승역?...교통약자를 고려한 설계가 필요한 이유, 경향신문, 22. 10

49) 교통약자 이동불편지수 산정을 통한 경로추천방법 설계 및 구현, 김기수 외 4, 2020

50) https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12916-Sustainable-transport-new-urban-mobility-framework_en

51) <https://greenfdc.org/green-public-transport-innovation-in-china-an-opportunity-for-bri-countries/>

- R&D 투자 확대, 홍보 확대, 이행작업반 구축 등을 감축 전략으로 제시하며 전기·수소차 전
환지원, 대중교통 활성화, 자가용 이용수요 관리, 친환경 철도·환경 등을 추진과제로 제시
- 지능형교통체계(ITS) 기본계획(2030)에서는 ‘친환경적이고 안전하면서 단절 없는 사
람 중심의 교통서비스 제공’을 비전으로 환경 중심의 지속 가능한 교통 체계를 위한
탄소중립 및 친환경 디지털 인프라 구축·확대 등을 제시
- 광역교통 R&D 로드맵에서는 기후변화에 대비한 친환경 대중교통 활성화 목표를 제
시하며, 저탄소·친환경 대중교통체계 구축을 위한 친환경 교통수단 상용화 기술, 대중
교통체계 에너지 관리기술 등의 중점과제를 제시
- 제2차 광역교통 기본계획(2021~2040)은 ‘전략3. 친환경·스마트 교통시스템 구축’에서 탄
소저감을 위한 친환경 교통 수단의 도입, 광역권 통합교통서비스 도입 등을 제시

➔ 탄소중립은 글로벌 주요 과제로서, 국내외 모두 로드맵, 계획 등을 발표하여 수송 부문의 탄소감축을
위한 전기차 전환, 대중교통 확대 등을 제시

(2) <내부환경> : [강점]과 [약점]

○ [강점1] 모빌리티 산업 육성을 위한 투자 강화

- 정부 120대 국정과제는 다시 도약하는 대한민국, 함께 잘사는 국민의 나라에서 ‘민간이 끌고 정부가 미는 역동적 경제’를 6대 국정 목표 중 하나로 제시하며 [국정과제 28] 모빌리티 시대 본격 개막 및 국토교통산업의 미래 전략산업화를 제시⁵²⁾
 - 국토교통 산업 혁신을 통해 4차 산업혁명 시대의 미래 먹거리로 육성하고, 역동적 경제 성장을 지원하는 것을 목표로, 미래 모빌리티 육성, 물류 건설산업 혁신, R&D 확대와 강소기업 스케일업, 항공 강국 도약을 주요 내용으로 제시
- 산업통상자원부는 관계부처 합동으로 「미래 자동차 확산 및 시장 선점 전략」을 발표하며, ‘2022년 미래 차 대중화 원년, 2025년 미래 차 중심 사회 산업·생태계 구축’을 비전으로 제시하고, 3개의 추진전략 제시
 - [추진전략 1] 민간의 대대적 수요 창출을 위해 사회 시스템 전환, [추진전략 2] 환경 개선·일자리 효과가 큰 분야에 비용 효과적 투입, [추진전략 3] 배터리·연료전지 등 미래 차 부품을 수출 주력으로 육성 등을 추진전략으로 제시
- 국토부는 「모빌리티 혁신 로드맵(2022.9)」을 발표하며 “미래를 향한 멈추지 않는 혁신, 모빌리티 혁명의 일상 구현과 글로벌 선도”를 목표로 제시하며, 이를 달성하기 위한 5개의 세부과제 제시
 - [세부 과제 2 : 교통체증 걱정 없는 항공 모빌리티 구현]에서 교통체증 걱정 없는 항공 모빌리티 구현을 위한 ① UAM 등 미래항공 모빌리티 서비스 본격화, ② 미래를 준비하는 선제적인 규제 개혁, ③ 서비스 확산을 위한 맞춤형 인프라 투자, ④ 미래 항공 모빌리티의 글로벌 경쟁력 강화 등의 과제 수립

➔ 국정과제를 비롯한 국내 다수의 계획·로드맵에서 모빌리티 산업 확대를 위한 첨단 모빌리티 산업 육성, 인프라 투자, 서비스 확대, 글로벌 경쟁력 강화 등의 목표를 제시

○ [강점2] 대중교통 효율화를 위한 적극적 투자 지속

- 국토교통부는 「제3차 환승센터 및 복합환승센터 구축 기본계획」을 발표하며, ‘빠르고 편리한 환승으로 대중교통 중심의 교통 체계 구현’을 비전으로 제시
 - [목표] 제3차 환승센터 및 복합환승센터 구축 기본계획은 ① 환승 인프라 2배 확충, ② 3분 이내 환승 체계구축 비율 2배 확대, ③ 주요 역사의 환승 거리 1/2 단축 등을 목표로 제시하며, 이를 달성하기 위한 2개의 정책과제 제시
 - 이러한 계획의 일환으로 총 47곳에 대한 (복합) 환승센터 사업계획을 발표
- 국토교통부는 「간선급행버스체계(BRT) 종합계획 수정계획」을 발표하며, ‘고품질의

52) https://www.evaluation.go.kr/web/page.do?menu_id=162#gTask02

BRT 확산으로 빠르고 편리한 대중교통 구현'을 비전으로 제시

- GTX, 신도시 등 주요 거점을 연결하는 광역 간선축 형성 및 지자체 도심 간선축 형성 등의 기본방향을 수립하여 대중교통 확대 및 광역간 이동 확대를 제시
- 국토교통부는 「지능형교통체계(ITS) 기본계획(2030)」을 발표하며, '친환경적이고 안전한 하면서 단절 없는 사람 중심의 교통서비스 제공'을 비전으로 제시하며 목표 2에서 수요대응별 효율적인 교통체계 구축을 제시
 - [목표 2 : 지역별·계층별 수요 대응 별 효율적인 교통 체계] 지역별·계층별 수요 대응 별 효율적인 교통 체계를 위한 ① 지역별·계층별 수요대응형 교통서비스 제공, ② 수단과 시설의 상호 초연결을 통한 모빌리티 서비스 제공 등의 전략 수립
- 국토부는 「모빌리티 혁신 로드맵(2022.9)」에서 "미래를 향한 멈추지 않는 혁신, 모빌리티 혁명의 일상 구현과 글로벌 선도"를 목표로써, 편리하고 안전한 대중교통과 다양한 이동서비스 확산을 제시
 - 세부 과제 4(모빌리티 시대에 맞는 다양한 이동 서비스 확산)에서 모빌리티 시대에 맞는 다양한 이동 서비스 확산을 위해 ① 이동시간의 획기적 단축을 위한 서비스 다각화, ② 편리하고 안전한 대중교통 서비스 제공, ③ 민간의 혁신적인 서비스 발굴·확산 지원 등의 과제 수립을 제시
- 국토교통부는 「광역교통 R&D 로드맵」을 발표하며, '국민이 편리한 스마트 광역교통 구현'을 비전으로 제시
 - [추진전략 2 : 이용자 중심 광역교통서비스 제공] 이용자 중심 광역교통서비스 제공을 위해 ① 수요응답형 모빌리티 서비스 운영 기술, ② 개인 맞춤형 광역 모빌리티 통합 서비스 기술 등의 중점과제를 제시

➔ 국토교통부는 부처 계획 및 로드맵을 통해 첨단 기술 개발을 통해 이용자 수요대응형 대중교통 확대와 광역교통 서비스 및 환승센터 등의 인프라 구현 등 대중교통에 대한 적극적 투자를 제시

○ [강점3] ICT, 센서, 제어 등 다양한 부문에서의 기술혁신 역량 보유

- 빅데이터 기술은 AI, IoT 등과 융합을 통해 단순히 정보를 수집/저장하는 단계에서 분석·예측하는 고도화된 기술로 빠르게 발전 중이며, 자율주행 장치와 편의 장치에의 센서 장착 확대로, 이로 인한 데이터 양이 기하급수적으로 증가할 것으로 예상됨에 따라 빅데이터를 수집, 처리 및 저장하기 위한 기술이 확대되는 중
- 초기 빅데이터 기술은 다양하고 대량의 데이터를 신속하게 처리하는 기술 위주로 발전되어 왔으나, 최근 AI 분석기술과 결합하여 데이터를 분석·예측하는 형태로 진화 중
- IoT, 자율주행, 엣지 기술이 점차 확대되면서 초연결 기술의 발전과 병행하여 양질의 데이터를 실시간성으로 활용하고 초연결 지능화를 달성하는 방향으로 발전이 전망됨
- 자율주행과 관련된 ICT 분야는 국내 시장에서 전통적으로 높은 기술력과 시장점유율

을 인정 받고 있으며, 이로 인해 레벨 3~4 수준의 자율주행 자동차 시장 확대 가능성은 매우 높음

- 사물인터넷은 도로·거리 용량을 늘리고 승객 안전을 강화하기 위해 센서, 디지털 카메라 및 통신시스템의 네트워크를 사용하여 더 효율적이고 저렴한 환승을 제공하며, 실시간 도로/거리 상태, 차선 폐쇄 및 이동 시간을 자동으로 표시하는 데 사용 가능
- ICT 기술의 발전에 따라 이용자와 공급자를 실시간 원하는 위치에 연결하는 기술이 일반화되면서 교통서비스 역시 기존 버스나 지하철처럼 특정 지점에 가야만 이용하는 것이 아니라 내가 원하는 위치에서 원하는 시간대에 타고 싶은 욕구가 증가하였고⁵³⁾, 이를 좀 더 편하게, 좀 더 끊김 없이 연결하는 솔루션에 대한 요구 증가 중

→ ICT, AI 기술이 개발됨에 따라, 이용자들의 끊김없는 이동에 대한 욕구를 실현할 수 있는 솔루션을 제공할 수 있을 것으로 전망됨

- **[약점1]** 산발적 정책으로 종합/체계적 준비/실행 부족 + 공급자 중심의 정책
 - 정부는 환승센터 및 복합환승센터 구축 기본계획을 통해 대중교통 이용편의 제고를 위한 연계교통수단간 효과적인 환승체계 구축을 위해 환승센터 및 복합환승센터 개발 계획을 발표하고 있으나, 사업추진 절차 복잡성, 불확실성, 사업성 분석 미흡 등으로 사업별 진행 부진
 - 국내에서 환승의 중심은 아직 철도역으로 철도역사의 배치 등이 효율적 환승체계 구축의 핵심요소, 제3차 환승센터 및 복합환승센터 구축 기본계획에 포함된 총 47개 사업은 모두 현재 및 장래에 고속/광역/일반/도시철도와의 연계할 수 있는 지점임
 - 철도역사 설치 담당부서와 환승센터 설치/관리부서가 상이하고 관련 이해관계가 다양하게 얽혀 있어 광역교통 관점에서 입지가 축소되는 것이 문제점으로 지적됨⁵⁴⁾
 - 이러한 문제 해결을 위해 ‘환승편의성 사전검토제도’ 도입이 추진되나, 철도사업이 어느정도 구체화할 기본계획 수립 직전에 진행될 가능성이 높아 환승편의성 제고를 위한 철도역사 배치 변경 등의 실질적 조치가 가능하도록 세부 운용방안 마련이 중요
 - 과거 교통 수단의 경우, 공급자가 열차, 버스 등의 노선과 정류장을 만들고 배차 간격을 정해 필요한 사람이 와서 이용하는 공급자 중심의 교통체계가 구성되었음⁵⁵⁾
 - 민간에서도 자율주행차, 도심항공교통(UAM), 스마트물류, 개인형 이동장치(PM) 등 다양한 모빌리티 서비스가 공급자 위주로 개별적으로 도입되고 있는 실정으로, 실제 수요자 관점에서 이동성을 극대화하기 위해 데이터간 연계·통합 기반으로 다양한 이용자 수요에 대응 필요

53) 울산형 MaaS(Mobility as a Service) 도입방안, 한국지방행정연구원, 2021

54) 대도시권 연계환승체계 개선방안, 한국교통연구원, 2023.03.24

55) <https://m.segye.com/view/20210224505367>

➔ 모빌리티 연계환승을 담당할 수 있는 거버넌스 체계가 부재하며, 지난 교통체계의 경우 교통수단 공급자가 노선과 정류장을 지정하는 공급자 중심의 교통체계의 한계 보유

- **[약점2]** 수도권은 열악한 환승체계, 비수도권은 환승 연계 문제 심화
 - 수도권의 경우 신도시 확대에 의해 향후 지역과 연계된 주요 도로 및 철도시설의 교통량 증가 및 혼잡이 심화될 것으로 예상되며, 서울·인천 등으로 진입하는 교통수요 증가로 도심내 교통혼잡 가중으로 인한 환승 거리·시간 과다로 승객 불편 초래⁵⁶⁾
 - 이러한 수도권의 긴 환승 시간으로 인한 불편함으로 인해 대중교통 이용으로 인한 시간 절감 효과, 대중교통 수단분담률 제고 효과가 미미한 수준⁵⁷⁾
 - ※ 수도권 대중교통 이용자들의 전체 통행시간 중, 환승 시간은 평일 약 22~23%(7-8분), 주말은 약 26%(8-9분)로 큰 비중을 차지
 - 환승 불편으로 대중교통망 구축에 따른 시간 절감 효과가 감소하고, 그 결과 대중교통 투자 대비 대중교통 수단분담률 제고 효과는 미미하며 수도권의 환승역 내 긴 이동 거리, 수직·수평 이동 경로의 복잡성 증가로 인해 이용자 환승 불편 지속⁵⁸⁾
 - 환승불편 해소 미진으로 인해 대중교통망 구축에 따른 통행시간 경쟁력이 미흡한 수준으로, 대중교통 이용자의 전체 통행시간 중 환승통행 시간비율은 수도권이 약 22~24%, 지방 대도시의 경우 30~60%로 수도권 대비 지방 대도시권이 보다 열악한 수준인 것으로 나타남
 - 지역별 대중교통 이용자들의 전체 통행시간 중 환승 통행시간 비중을 살펴보면, 수도권의 경우 20% 대를 차지하고 있으나, 강원도, 충청도, 전라도 등 지역의 경우 환승 통행시간이 전체 이동시간의 70% 이상을 차지하며 매우 큰 비중을 차지하고 있는 것으로 조사되어 지역간 대중교통 서비스(수단간 연계) 이용 격차가 큰 것으로 조사됨
 - 향후 GTX 뿐만 아니라 UAM 등 다차원의 이동수단의 도입, 그리고 다양한 이동수단 및 서비스가 본격화 됨에 따라 환승센터는 대형화, 입체화, 복잡화는 심화될 것으로, 이용자 환승불편 및 새로운 교통수단 도입의 효용성 확보에 한계가 발생할 것으로 예상됨

➔ 수도권 내 환승역 내의 수직, 수평 이동 경로의 복잡성 증가 및 인구 밀집으로 인한 혼잡도 증가로 인해 환승불편에 대한 문제가 지속적으로 발생하고 있으며, 비수도권의 경우 대중교통망 구축의 미비로 통행시간이 오래 소요되는 문제가 발생

- **[약점3]** 분산된 데이터 수집/관리/운영, 수집된 데이터의 양/질 미흡으로 모빌리티 서비스 혁신에 한계
 - 국내 교통수단별 정보형식은 현재 서로 다른 데이터 규격과 시스템 사용으로 퍼스트-라스트

56) 제2차 대도시권 광역교통 기본계획(2021~2040), 국토부 대도시권광역교통위원회, 2021.10

57) 제3차 환승센터 및 복합환승센터 구축 기본계획

58) 출처 : 소형 다빈도 대광위 보고자료

- 마일을 포함한 완전한 형태의 모빌리티 데이터 연결 및 통합 연결 서비스 개발이 어려운 실정
- 현재 국내 대중교통정보는 지자체별, 수단별 교통정보가 각 기관별로 분산되어 제각각 수집/관리/운영되고 있으며 수단별 정보형식이 달라 연계 S/W를 추가하여 변환·제공하는 상황으로 수단별 데이터 연계성이 떨어지고, 관리비용이 지속적으로 증가하는 상황
- 교통수단별 표준화된 데이터 형식과 프로토콜이 부재하고, 교통수단별 솔루션간의 기술 호환이 되지 않아, 서비스 연결을 통한 통합 정보 제공이 어려운 실정으로 통합 정보 제공의 어려움으로 편의성, 효율성, 지속 가능한 새로운 모빌리티 서비스의 성장과 발전이 어려움
- PM, 도심형DRT 등 新모빌리티수단은 대부분 민간 기업에서 운영하고 있어, 데이터 표준화와 연결이 어렵고, 데이터 수집의 경우 수단별 특성을 고려해야 하는 어려움 존재
- 대중교통데이터 수집의 경우 대중교통통합정보센터를 통해 대중교통정보를 통합하여 제공하고 있으나, 모빌리티데이터 수집을 위한 제도는 부족한 상황
 - 국가대중교통정보센터(TAGO)에서는통합교통체계법에 의해 국가단위대중교통정보를 수집, 분석, 관리, 제공하고 있으나, 모빌리티관련 법은 아직 제정되지 않았고, 제정을 추진 중인 관련 법(안)에도 모빌리티데이터 통합에 관련된 내용이 미포함
 - 모빌리티 수단을 지자체 등록하여 운영되는 경우가 예상되나, 현재 지자체의 조례중 모빌리티수단은 주로 개인형이동장치 관련 조례로, 이는 대부분 안전사항을 다루고 있으나, 정보통합에 대한 내용은 포함되어 있지 않은 상황
- 또한 국내 모빌리티 서비스 간의 연결을 지원하기 위한 데이터 플랫폼 및 서비스 플랫폼은 부재한 실정으로, 모빌리티 서비스들이 독립적으로 서비스 개발을 진행하여 왔기 때문에 각각의 데이터 관리 모델이 상이하고 서비스 간의 연결을 확보하기 어려운 상황
 - 모빌리티 수단/서비스의 다양화 및 확산과 함께 이용자 관점에서의 연계·통합 기반의 서비스 제공 요구는 지속적으로 증가할 것으로 예상되어, 이러한 데이터 표준화 및 통합은 시간이 지날수록 어려워질 것으로 예상되므로 선제적인 대응방안이 필요함
 - 모빌리티 통합서비스가 안정적으로 실현되기 위해서는 관련 데이터를 공공데이터로 생성 및 수집하고 정부를 중심으로 데이터를 표준화 및 제공해야하고, 대중교통 모빌리티 통합서비스 제공을 위해서는 수많은 데이터셋을 바탕으로 데이터 마이닝을 해야 개별 맞춤형 서비스가 가능

- ➔ 국내의 기술은 퍼스트-라스트 마일을 포함한 완전한 형태의 모빌리티 연결이 아닌 일부 수단-지역별로 분절이 되어 모빌리티 통합의 한계 존재함
- ➔ 공공주도의 모빌리티 데이터를 통합-중계하고 민간에서 데이터를 바탕으로 서비스를 개발할 수 있는 정부 차원의 기반 마련이 필요하며 모빌리티 데이터 탐색·연결 기술 개발을 통해 보다 정확하고, 편리하고, 효율적인 모빌리티 서비스 기술 기반 확보 필요

나. 종합분석 및 전략방향 도출

- 외부 환경 및 내부 역량 분석을 통하여 기회/위협 요인과 강점/약점 요인을 도출, SWOT 틀을 활용하여 이 사업이 대응해야 하는 이슈와 고려해야 할 내적 역량을 분석

<ul style="list-style-type: none"> • (O1) 자율차, UAM 등 새로운 교통수단 및 서비스 확대 • (O2) 친환경성, 접근성에 대한 수요 증가로 MaaS의 역할 확대 • (O3) 친환경차로의 전환 및 공유 모빌리티 확산 예상 	<p>동 사업이 대응해야 하는 외부환경적 이슈</p>	
	O (기회)	T (위협)
<ul style="list-style-type: none"> • (S1) 모빌리티 산업 육성을 위한 투자 강화(정부의지) • (S2) 대중교통 효율화를 위한 적극적인 투자 지속 • (S3) ICT, 센서, 제어 등 다양한 부문에서의 기술혁신 역량 보유 	<p>동 사업이 고려해야 하는 내부역량</p>	
	S (강점)	W (약점)
	<ul style="list-style-type: none"> • (W1) 산발적 정책으로 종합적/체계적 준비/실행 부족, 이동수단 공급중심 • (W2) 수도권은 열악한 환승체계(이동거리/시간/환승센터 내 이동불편), 비수도권은 환승 연계(정시성) 문제 심화 • (W3) 분산된 데이터 수집·관리·운영, 수집된 데이터의 양/질 미흡으로 모빌리티 서비스 혁신에 한계 	

그림 3-1-4 SWOT 분석 결과

- 외부 환경과 내부 역량을 종합적으로 분석하여 사업 추진을 위한 전략 방향으로 장점/기회를 활용한 시너지 전략(SO), 강점을 활용한 위기 최소화 전략(ST), 기회를 이용한 약점 보완 전략(WO), 약점/위협 극복 전략(WT)을 수립

<div style="text-align: center;">외부 요인</div> <div style="text-align: center;">내부 요인</div>	<div style="text-align: center;">기회(O)</div> <ul style="list-style-type: none"> • (O1) 자율차, UAM 등 새로운 교통수단 및 서비스 확대 • (O2) 친환경성, 접근성에 대한 수요 증가로 MaaS의 역할 확대 • (O3) 친환경차로의 전환 및 공유 모빌리티 확산 예상 	<div style="text-align: center;">위협(T)</div> <ul style="list-style-type: none"> • (T1) 도시화·과밀화 심화, 도시 외연 확대로 통행량 증가, 혼잡 심화 • (T2) 고령인구의 모빌리티 이용 비중 증가 예상, 이용자 요구·기대 ↑ • (T3) 기후위기 대응 요구 강화, 수송부문의 탄소감축 목표 이행 시급
<div style="text-align: center;">강점(S)</div> <ul style="list-style-type: none"> • (S1) 모빌리티 산업 육성을 위한 투자 강화(정부의지) • (S2) 대중교통 효율화를 위한 적극적인 투자 지속 • (S3) ICT, 센서, 제어 등 다양한 부문에서의 기술혁신 역량 보유 	<div style="text-align: center;">장점/기회 시너지 창출(SO전략)</div> <ul style="list-style-type: none"> • (SO1) 미래 모빌리티 관련 정보 수집을 위한 기반 조성 및 현재 데이터 수집의 완결성 확보 • (SO2) 자율차 교통수단·서비스 확대에 따른 지역별 새로운 환승수요(환승거점-퍼스트/라스트마일 등) 대응 	<div style="text-align: center;">강점 활용 위기 최소화(ST전략)</div> <ul style="list-style-type: none"> • (ST1) 이용자 편의 요소(수직/수평적 형평성, 비기술적 측면)를 고려한 환승체계 설계로 환승의 기능·역할 강화 • (ST2) 친환경·탄소중립을 위해 교통수단간 연계·이동 효율화 및 편의 개선 → 대중교통 이용 활성화
<div style="text-align: center;">약점(W)</div> <ul style="list-style-type: none"> • (W1) 산발적 정책으로 종합적/체계적 준비/실행 부족, 이동수단 공급중심 • (W2) 수도권은 열악한 환승체계(이동거리/시간/환승센터 내 이동불편), 비수도권은 환승 연계(정시성) 문제 심화 • (W3) 분산된 데이터 수집·관리·운영, 수집된 데이터의 양/질 미흡으로 모빌리티 서비스 혁신에 한계 	<div style="text-align: center;">기회 이용 약점 보완(WO전략)</div> <ul style="list-style-type: none"> • (WO1) 이동수단 개발보급이 아닌 수단-공간-건축-제도-거버넌스 등 통합적 관점의 R&DD 필요 • (WO2) 구조적·입체적 관점에서의 모빌리티 허브 공간 및 인프라 설계와 허브 내외 이동지원 시스템 	<div style="text-align: center;">약점/위협 극복(WT전략)</div> <ul style="list-style-type: none"> • (WT1) 지역간/기관간 교통정보 연계 효율화 및 데이터 수집-제공의 실시간성 확보 → 서비스 혁신 • (WT2) 교통수단간 연계 최적화(대기시간/복잡도 최소화)를 위한 정보 공유·조정 및 수요관리 기술 개발 필요

그림 3-1-5 SWOT 분석을 통한 전략방향 도출

3. 중점분야 도출

○ 중점추진분야 도출 개요

- SWOT 분석 기반 「디지털 트윈 기반 GTX 환승안전 및 혁신기술 개발」의 중점분야 도출
 - 본 사업의 중점 연구분야를 도출하기 위해 상기 SWOT 분석을 기반으로 도출된 SO, ST, WO, WT 관점에서의 연구개발의 목적성 및 역할성을 기준으로 유형화하여 그룹화 함
 - 이에, 본 사업의 중점 연구분야는 알와 같이 [데이터 서비스 기반] 대중교통 데이터 연계 접근성편의성 향상 기술 개발, [환승센터 안전·편의 기반] GTX 환승센터 안전성 향상 기술 개발, [서비스 고도화 및 현장적용] 기술 실증 및 법제도 개선으로 도출함
- 디지털 트윈 기반 GTX 환승안전 및 혁신기술 개발 6대 핵심문제와 중점분야 연계
 - (6대 핵심 문제) ① (환승동선계획 수립) 교통수단/서비스 확대에 의한 새로운 환승수요 발생 ② (환승불편해소) 환승시설의 대형화, 복잡화에 따른 환승불편 해소필요 ③ (서비스 신뢰성 확보) 모빌리티 서비스 신뢰성, 정확도 확보 필요 ④ (서비스 혁신) 공급자 중심이 아닌 이용자 중심의 서비스 혁신 필요, ⑤(평등한 서비스 제공) 지역, 세대간 모빌리티 서비스 수혜격차 심화, ⑥(연계효율향상) 수단간 연계효율 향상으로 대중교통 활성화 도모
 - 중점 추진분야 : 6대 핵심문제 해결과 매칭 되는 추진 방향과 추진 분야를 연계하여 설정
- 도출된 중점 추진분야는 GTX 환승센터 시공 및 설계 목표를 반영하여, 대중교통 데이터 연계를 통한 접근 편의성 향상 기술 개발, GTX 환승센터 안전성 향상 기술 개발, 서비스 고도화 기술 및 실증으로 GTX 연계·환승의 전 단계를 포괄할 수 있도록 함

4. 사업의 비전, 목표, 논리모형 설정

가. 비전 및 목표체계

○ 비전 체계도

사업명	디지털 트윈 기반 GTX 환승안전 및 혁신기술 개발		
비전	빠르고 편리한 환승으로 대중교통 중심의 교통체계 구현		
사업 목적	제한된 GTX 수해지역을 확대하고, 광역통행 인파밀집으로 인한 혼잡을 해소하기 위해 GTX환승센터의 접근성과 안전 향상 기술 개발을 통해 국민의 안전과 편의 제고		
사업 목표	GTX 수해지역 확대와 대심도 환승센터 이용객의 보행 안전을 위한 접근편의성 향상 기술 및 디지털 트윈 기반 안전관리 기술 개발·실증		
전략 목표	GTX 환승센터 연계·환승 핵심기술 확보 및 서비스 제공 기반 구축	GTX 환승센터 안전·편의 기술 현장적용 및 확산	
추진 단계	1단계 ('26~'27) 핵심/구성기술개발	2단계 ('27~'28) 중점분야간 핵심/구성기술 연계	3단계 ('28~'29) 현장적용 및 검증
핵심 기술 및 구성 기술	① 이용자 중심의 GTX 환승센터 접근편의성 향상 기술 개발	[1-1] GTX 수해범위 확대를 위한 지능형 최적 연계교통 체계 도출 기술 [1-2] GTX 환승센터 특성을 반영한 이용자 맞춤형 최적 경로 탐색 기술	
	② 디지털 트윈 및 생성형 AI 기반 GTX 환승센터 안전성 향상 기술 개발	[2-1] 디지털 트윈 기반 GTX 환승센터 비상상황 사전 예방 기술 [2-2] 생성형 AI 기반 GTX 환승센터 비상상황 신속 대응 및 자동 제어 기술	
	③ GTX 환승센터 편의·안전 기술 실증 및 법제도 개선	[3-1] GTX 환승센터 편의·안전 기술 테스트베드 구축 및 실증 [3-2] GTX 환승센터 이용자 체감형 서비스 시범운영 및 법제도 개선	
수해자 및 성과 활용	수해자	성 과 활 용	
	일반 국민	• 모든 국민(디지털/교통 약자 등)이 안전하고 편리하게 GTX 환승센터 이용	
	관리기관 (중앙정부/지자체/공공기관 등)	• 국가차원의 환승센터 관리체계 구축 및 연계·환승체계 개선	
	민간기업	• 다양한 데이터 기반의 환승센터 안전 및 혁신 서비스 개발에 활용	
	대학 및 출연연 등 연구기관	• R&D 참여로 GTX 환승센터 핵심기술 및 전문 인력 확보	

그림 3-1-6 사업비전 및 목표 체계도

- 사업비전 : 빠르고 편리한 환승으로 대중교통 중심의 교통체계 구현
 - [설정원칙] 국가상위계획의 방향성, 국내 역량, 대내외 환경변화를 고려한 비전을 설정
 - 국내외 환승센터 분야의 주요 이슈, 정책, 산업 및 기술 동향 조사 등을 바탕으로 핵심키워드를 도출하고 이를 반영할 수 있도록 비전 설정
 - [정책적 부합성] GTX 환승센터 연계환승 관련, 국가정책 및 부처 상위계획의 원활한 이행을 도모하는 비전 설정
 - 법적 근거
 - 「모빌리티 혁신 및 활성화 지원에 관한 법률(약칭 : 모빌리티혁신법)」에서는 모빌리티의 혁신을 체계적으로 수행하고 활성화하기 위한 기반 조성 및 지원 등에 필요한 사항을 규정하여 새로운 모빌리티 수단·기반시설·서비스 및 기술의 도입·확산을 도모함으로써 국민 이동성의 획기적인 증진을 위한 국가 책무를 제시
 - 「국가통합교통체계효율화법」에서는 교통체계의 효율성통합성 및 연계성을 향상하기 위하여 육상교통해상교통항공교통정책에 대한 종합적인 조정과 각종 교통시설 및 교통수단 등 국가교통체계의 효율적인 개발운영 및 관리 등에 필요한 사항을 정하여 국민생활 편의를 증진하고 국가 경제 발전에 이바지해야 함을 명시
 - 「대도시권 광역교통 관리에 관한법」에서는 국민의 환승편의성 제고를 위해 환승거리, 환승시간 등의 편의성에 대한 검토를 제시
 - 법정 계획
 - 정부의 「120대 국정과제」 과 「제5차 과학기술기본계획(2023~2027)」 등에 따라 모빌리티 시대 본격 개막에 따른 국가 미래 핵심 전략산업으로써 시장주도권 강화를 위한 미래 모빌리티 육성을 위한 첨단 모빌리티 및 상용화를 위한 인프라/기반 마련의 필요성 명시
 - 부처 계획
 - 「모빌리티 혁신 로드맵」, 「제3차 환승센터 및 복합환승센터 구축 기본계획(2021~2025)」, 「제2차 대도시권 광역교통기본계획(2021~2040)」 등 이용자 모빌리티 수단과 서비스의 혁신을 제시하고, 편리한 환승시설 구축으로 거점간 연결의 확대, 이용자들의 교통이용 편의성 증대 등에 대한 공공기술 개발의 필요성 명시

나. 사업 목표 및 지표

○ 사업 추진에 따른 세부 성과 목표 및 지표

성과지표	구분	2026	2027	2028	2029	2026목표치 산출근거	측정산식 (또는 측정방법)	자료수집방법 (또는 자료출처)
GTX 환승센터 접근편의성 분석 기능 적용 대상지 수	목표	-	1개 역사	5개 역사	개통된 모든 GTX 역사	1차연도에는 설계를 진행하므로 목표치를 설정하지 않았으며, 2차연도부터 분석 기능 적용 대상지에 대한 정량적 목표치 산출	접근편의성 분석 기능이 적용된 GTX 환승센터 대상지 수	GTX 환승센터 접근편의성 분석 시스템
	실적	-	-	-	-			
	달성도	-	-	-	-			
강화학습 기반 최적 연계교통 체계 도출 AI 모델 성능	목표	-	-	80점 이상	90점 이상	AI 모델 학습이 완료되는 3차연도부터 정량적 목표치를 산출하였으며, 성능을 정량화하기 어려운 task 이므로 정성적 평가점수를 목표치로 산출	AI 모델을 통해 도출한 최적 연계교통 체계 결과에 대하여 전문가가 평가하여 100점 만점으로 점수 산정	전문가 평가 의견서
	실적	-	-	-	-			
	달성도	-	-	-	-			
이용자 서비스 시나리오 도출 및 제공 건수	목표	시나리오 도출 1건	시나리오 도출 1건	서비스 제공 1건	서비스 제공 1건	1차연도에는 이용자 서비스 시나리오를 도출하고 3차연도부터 이용자 서비스 제공하는 것으로 목표치 산출	이용자 서비스 시나리오 도출 건수 및 제공 건수	이용자 서비스 시나리오 도출 결과 및 이용자 서비스 제공 현황
	실적	-	-	-	-			
	달성도	-	-	-	-			
이용자 서비스 만족도	목표	-	-	80점 이상	90점 이상	이용자 서비스가 제공되는 3차연도부터 목표치 산출	이용자를 대상으로 서비스 만족도 설문조사를 진행하여 100점 만점으로 점수 산정	이용자 만족도 설문조사 결과
	실적	-	-	-	-			
	달성도	-	-	-	-			

GTX 환승센터 표준 건수	목표	국내표 준 신규과 제 채택 1건	국제표 준 신규과 제 채택 1건	국내표 준 제정 1건	국제표 준 제정 1건	1차연도부터 신속하게 국내표준 신규과제 채택을 추진하는 것으로 목표치 산출	국내 및 국제 표준 진행 건수	표준 문서
	실적	-	-	-	-			
	달성도	-	-	-	-			
무선신호 및 비전 센서 융합 기반 혼잡도 추정 정확도	목표	-	90% 이상	95% 이상	98% 이상	1차연도에는 설계를 진행하므로 목표치를 설정하지 않았으며, 2차연도부터 혼잡도 추정 정확도에 대한 정량적 목표치 산출	「도시철도 정거장 및 환승·편의시설 설계 지침」에 따라 혼잡도 수준을 구분하고 이에 대한 실측결과와 예측 결과를 비교하여 정확도 산정	실측 결과와 예측 결과를 비교한 정확도 산정 결과
	실적	-	-	-	-			
	달성도	-	-	-	-			
비상상황 대응 및 제어 자동화를 위한 AI 모델 성능	목표	-	-	80점 이상	90점 이상	AI 모델 학습이 완료되는 3차연도부터 정량적 목표치를 산출하였으며, 성능을 정량화하기 어려운 task 이므로 정성적 평가점수를 목표치로 산출	AI 모델을 통해 도출한 비상상황 대응 및 제어 결과에 대하여 전문가가 평가하여 100점 만점으로 점수 산정	전문가 평가 의견서
	실적	-	-	-	-			
	달성도	-	-	-	-			
GTX 환승센터 안전관리 및 혁신기술 확대를 위한 법제도 개정	목표	법제도 개정 전략수 립 1건	법제도 개정(안) 마련 1건	전문가 의견수 령 및 수정(안) 마련 1건	법제도 개정 완료 1건	보다 완성도 높고 실효성 있는 법제도 개정을 위하여 연차별 단계적 목표치 산출	법제도 개정 관련 단계별 진행 건수	법제도 개정 관련 단계별 진행 결과 문서
	실적	-	-	-	-			
	달성도	-	-	-	-			

○ 사업 대표 성과

- GTX 환승센터 안전 및 편의증진을 위한 통합운영전략 가이드라인(안)
- GTX 환승센터 접근편의성 분석 시스템 1식
 - 접근편의성 음영지역 진단 및 시나리오(신규수단 도입, 노선 변경 등) 기반 접근편의성 변화 예측을 위한 핵심 알고리즘 포함
 - 강화학습 기반 GTX 환승센터 최적 연계교통 체계 도출 알고리즘 포함
- GTX 환승센터 안전성 향상 기술 S/W 1식
 - 디지털 트윈 기반 GTX 환승센터 비상상황 사전 예방 모듈 포함
 - 생성형 AI 기반 GTX 환승센터 비상상황 신속 대응 및 자동 제어 모듈 포함
- GTX 환승센터 디지털 트윈 분야 국내 표준 1건 및 국제 표준 1건
- 현장실증 모니터링 및 통합운영 테스트를 통한 효과평가 보고서
- 실증결과를 반영한 「환승센터 및 복합환승센터 설계·배치 기준」 개정 1건



- 현장구축을 통한 이용자 서비스 Use Case 1건 이상
 - 교통약자 지원을 위한 자율이동체 서비스 등
- GTX 환승 접근성 향상, 안전 및 편의 향상 관련 법제도 개정
 - * 국가통합교통체계효율화법 제3장 교통물류거점 등 연계교통체계 고도화

다. 사업의 논리모형

○ 논리모형 개념

- 본 사업 메커니즘을 논리적으로 표현하기 위해 논리모형(Program Logic Model) 적용
 - [논리모형의 정의] 논리모형은 사업(또는 프로그램)을 특정한 목표를 달성하기 위한 투입, 활동, 산출 및 결과의 과정으로 파악하고, 이들 간의 논리적 인과관계를 활용

하여 사업의 경제성, 효율성 및 효과성을 극대화시키려는 논리적 기본 틀⁵⁹⁾을 의미함

→ 단순히 투입→활동→산출→결과→영향의 ‘논리적 순서를 갖는 도표’에 사업구성 요소나 성과지표를 대입(mapping)하는 것이 아님

→ 즉, 어떠한 문제를 인식하고 이를 개선하기 위한 변화(change)를 만들어 내는 것이 정부개입(intervention)의 목적이며, 이러한 변화를 결과(outcome)로 정의함

- [논리모형 구축목적] 본 사업이 어떠한 인과관계를 거쳐 원하는 결과를 도출해내는지를 살펴보기 위해 사업의 구성요소, 주변여건 및 각 요소·상황에 대한 연관관계를 종합적으로 검토하여 도식화하여 사업의 논리를 표현함으로써 사업의 구조, 내용, 방향 등의 시각화를 통해 직관적으로 사업을 이해할 수 있게 함
- [논리모형 기본방향] 기본적인 논리모형의 단계인 ‘투입(Input)▶활동(Activity)▶산출(Output)▶결과(Outcome)▶영향(Impact)’에 지원필요성 및 수요(환경), 목표체계(비전-목표)를 연계하여 사업구조를 설명할 수 있는 논리모형을 도출함

[참고] 논리모형의 구성요소

■ [투입]

- 사업에 들어가는 자원으로, 자금·연구기반·사업 이전에 축적된 기술지식·시설이나 장비 등의 유형물을 포함

■ [과정]

- 목적을 달성하기 위해 취하는 일련의 행동 또는 산출 및 결과를 유도하는 것으로, 기술개발이나 홍보 등이 포함

* 논리모형 구성 시, 과정의 적합한 수준을 결정하는 것이 중요

■ [산출]

- 과정에 대한 직접적이고, 즉각적인 결과물로, 각 활동별로 하나 이상의 산출이 존재하며, 일반적으로 숫자로 표현이 가능하고 서비스 및 생산물 등을 포함

■ [결과]

- 과정에 따른 변화로, 단기, 중기, 장기로 사업의 성과가 구분되어 나타남

■ [영향]

- 프로그램의 실시로 인하여 유발된 의도되거나, 의도되지 않은 경제·사회적 조건의 변화를 총칭

59) 정상기 외(2007), <표준사업분류별 논리모형 개발 및 핵심성과지표도출>, KISTEP.

- [논리모형 활용] 논리모형을 활용하여 사업을 분해함으로써 사업의 필요성, 세부활동 및 전략, 기대성과의 산출시기, 수행주체 및 수행처, 투입자원, 산출의 종류와 규모, 사업 결과를 활용한 성과 등 사업 전반의 타당성을 검토
 - 대내외 환경과 사업 추진 여건 및 수요에 대한 조사분석 결과 등을 토대로 논리모형을 활용하여 사업 전반을 설계
 - 논리모형에 따라 주요이슈와 해결하고자 하는 문제를 정의하고, 문제가 해결되었을 경우 기대되는 사업의 효과와 수혜자를 정의
 - SWOT 분석을 통해 도출된 기본 전략에 따라 사업의 내용을 구성하고, 적정 예산 투입 규모와 구체적인 사업의 성과 목표를 도출
 - 국내 R&D 역량 분석과 각종 토론회, 간담회 및 전문가 자문회의를 통해 도출된 사업과 직·간접적으로 연관된 산업계의 수요와 현황 및 파급효과에 대해 검토

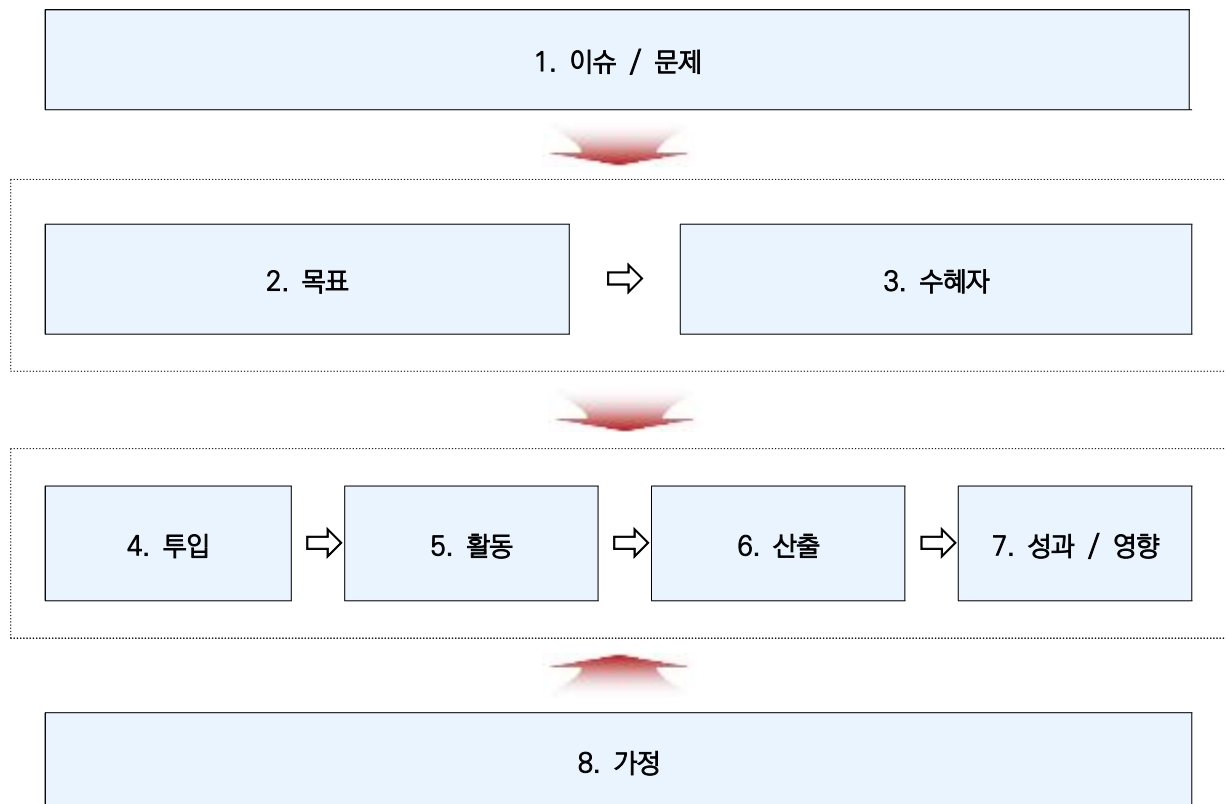


그림 3-1-7 논리모형의 기본 구조

※ 출처: 한국과학기술기획평가원(2023.3). 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침. p.62.

○ 사업 논리모형

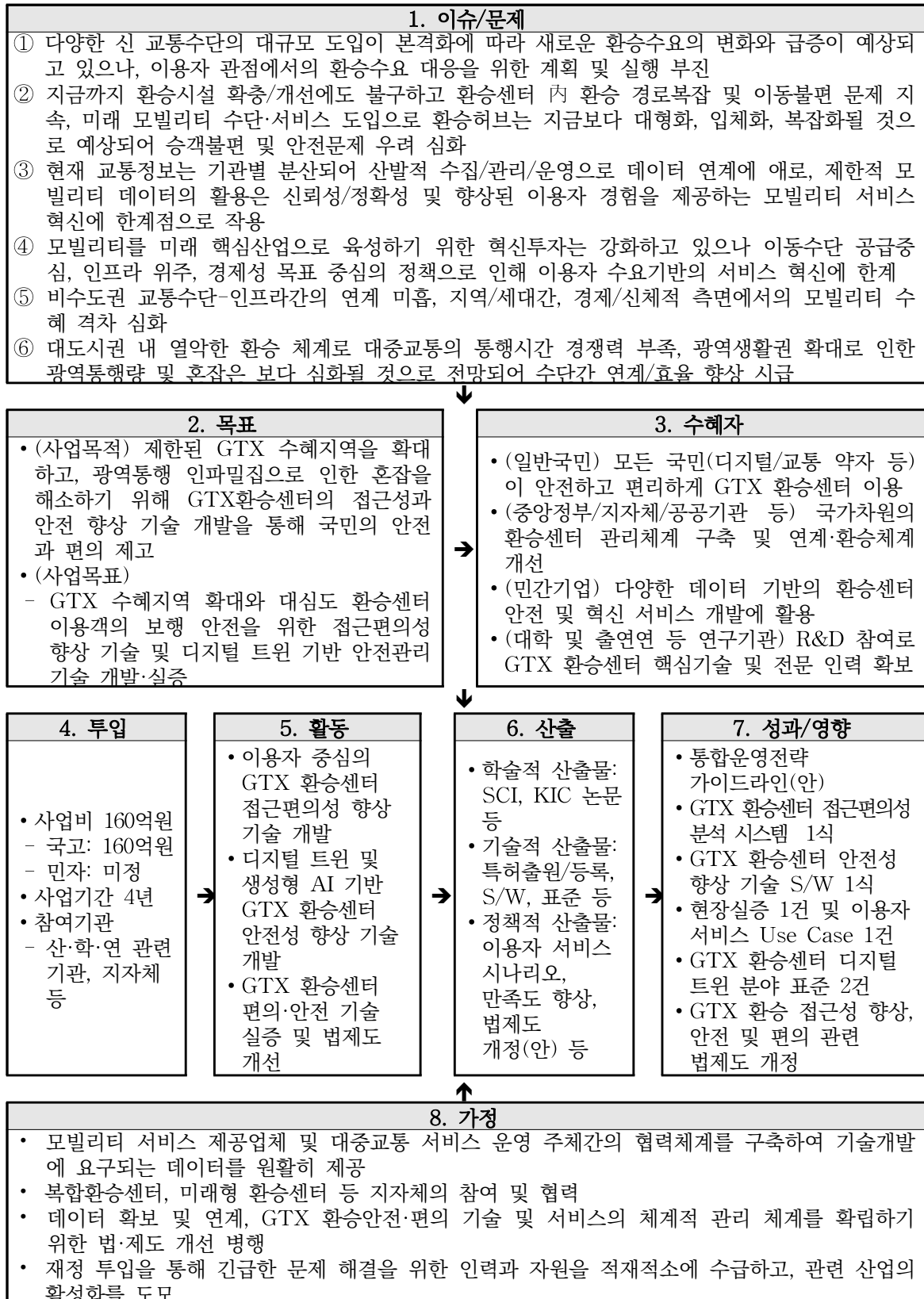


그림 3-1-8 사업의 논리모형

라. 종합 추진전략

○ 추진전략

- 시장 및 기술 변화 상황을 능동적으로 고려하기 위해 단계별로 사업을 추진하고, 생활 기반시설 개별 주무부처의 재정사업 및 개별 연구사업과의 연계를 통해 R&D 사업의 적용성 및 파급 효과를 극대화

추진전략			
2단계 추진 (2+2)	재정사업과의 연계	민간참여 확대	테스트베드(현장적용) 연계형 R&D 추진

- [전략1] 2단계 추진

- 사업기간(4년) 내, 2단계(2+2)로 사업을 추진하고 단계별로 사업 방향 점검
 - 단계별 중간평가 시, 기술 환경 및 시장 변화 등을 고려하여 연구내용 변경·개선
 - 최종 성과의 기술적·경제적 효과를 극대화할 수 있도록 단계별로 사업 목표와 방향을 수정하는 등 유연한 R&D 추진 체계 구성

표 3-1-8 단계별 사업 추진 방향 및 내용

단계	1단계 ('26~'27)	2단계 ('28~'29)
추진 방향	핵심/구성기술 확보 및 핵심기술 간 연계	기술의 현장 적용 및 평가·검증
추진 내용	<ul style="list-style-type: none"> · 과제 추진 로드맵에 따라 기술 개발 · 핵심기술의 연계성을 확보할 수 있도록 추진 · 각 개발 기술 간의 연계 방안 구체화 	<ul style="list-style-type: none"> · 핵심기술 1~3의 개발기술을 실제 현장에 적용하여 검증 · 개발기술의 적용성 제고를 위한 기술 성과 물 보완

- [전략2] 재정사업과의 연계 강화

- 본 디지털 트윈 기반 GTX 환승안전 및 혁신기술 개발사업과의 현재 추진하고 있는 환승센터 관련 재정사업과의 협력 및 연계를 통해 지원영역의 사각지대를 최소화하고 사업 운영 성과를 최적화함
 - (미래형 환승센터) 이동수단 다양화에 따른 새로운 접근체계, 연계환승 시설, 지역내/지역간 연계 강화를 위한 모빌리티 허브 역할/기능 등 다각적인 관점에서 ICT 기술기반의 환승허브의 계획/설계/평가 기술개발을 연계 적용
 - (모빌리티 특화도시지원) 스마트기술, ICT 기술 등을 융합한 모빌리티 연계·환승을 위한 환승허브 및 혁신서비스 기반 마련을 위한 본 사업 기술개발 성과를 연계·적용

표 3-1-9 재정사업과의 연계지원

재정사업	지원내용	R&D 연계 지원
모빌리티 특화도시 지원	<ul style="list-style-type: none"> 도시여건 맞춤형 모델 발굴, 도시 공간구조재편, 모빌리티 산업 생태계 조성 지원(2023년 시범 추진, 2025년부터 확대추진) 	<ul style="list-style-type: none"> 스마트기술, ICT 기술 등을 융합한 모빌리티 연계·환승을 위한 환승허브 및 혁신서비스 기반 마련을 위한 기술개발
미래형 환승센터	<ul style="list-style-type: none"> 미래형 환승센터의 표준모델 구상 지원 선정된 지자체에 미래형 환승센터 구축 계획 수립비(국비 10억원) 지원 	<ul style="list-style-type: none"> 이동수단 다양화에 따른 새로운 접근체계, 연계환승 시설, 지역내/지역간 연계 강화를 위한 모빌리티 허브 역할/기능 등 다각적인 관점에서 ICT 기술기반의 환승허브의 계획/설계/평가 기술개발 필요

- 따라서 본 사업이 타 사업의 연구기획-개발-성과 활용 및 사업화의 단계상에서 보완적(Twinning) 역할 또는 상호 Win-Win 관계로 포지셔닝될 수 있도록 역할·기능을 수행

- [전략3] 민간 참여 확대

- 본 사업의 전·후 단계에서의 민간 기업의 현장 니즈를 본 사업에 반영하고, 본 사업을 통해 도출된 성과가 실제 민간 기업의 사업화로 연결될 수 있도록 연계 지원함으로써 성과 활용 및 확산 극대화를 유도함
 - 모빌리티 플랫폼 제공기업, 모빌리티 서비스 기업, 교통 정보처리 전문기업 등 다양한 관련 민간 업체 참여를 통해 본 사업의 다양한 성과물(SW, HW, 시스템, 플랫폼 등)을 AI, IoT, 빅데이터, 클라우드 등의 기술과 접목하여 모빌리티 분야의 새로운 혁신 서비스·솔루션 모델 개발
 - 국토부는 다양한 국토교통기술의 창의적 도전연구 및 연구인프라 구축을 지원하는 ‘국토교통기술촉진사업’을 운영하고 있으며, 국토교통기술의 사업화 지원을 위한 ‘국토교통기술사업화지원사업’ 등 다양한 사업을 추진중, 본 사업을 통해 도출된 사업성과 중 국토교통 영역에서의 도로부문 이외 타 부문에서 필요한 유망 기술 및 서비스를 타 사업에서 활용하여 산업계에 바로 공급될 수 있도록 유도함으로써 연구성과의 후속 활용 및 성장 지원 플랫폼으로써의 역할을 강화함

- [전략4] 테스트베드(현장적용) 연계형 R&D 추진

- 도시교통 및 정주환경 등 여건을 고려하여, 국민이 즉각 경험할 수 있는 연계·환승 서비스를 현장에 적용하고, 지속가능한 운영관리를 위한 검증 및 기술 고도화를 지원
 - GTX 환승센터 특성에 적합한 새로운 연계·환승 모델을 개발하고, 해당 모델 구현에 필요한 기술을 현장 적용하고 검증평가를 통해 수용성을 제고
 - 새로운 GTX 환승센터 연계·환승 기술의 현장 적용 및 시범운영 결과를 바탕으로, 각 지역/도시에 적합한 기술 선정 및 기술 표준을 통한 유연성 및 확장성 확보

제2절 핵심기술 및 구성기술 도출

1. 기술수요조사

가. 조사 목적 및 개요

(1) 조사 목적

- 산·학·연을 대상으로 「디지털 트윈 기반 GTX 환승안전 및 혁신기술 개발」 연구수요 발굴
- 첨단 모빌리티 도입 및 대규모·대심도 GTX 역사 건설에 따른 GTX 연계·환승 부분의 교통산업 육성과 사회적 가치 창출을 위한 서비스·솔루션 구현에 필요한 요소 기술 발굴을 목적으로 산업계, 학계 및 연구계의 연구개발 수요 조사
- GTX 환승안전 및 혁신기술 개발사업의 핵심 연구 분야, 세부 분야 구성 및 기술개발 항목 선정의 근거자료로 활용하고자 함

(2) 조사 개요

- 국토교통 연구개발사업 관계자 대상으로 사전적 기술수요를 발굴하고, 관련 산·학·연 전문가 대상 2차례의 기술수요 조사를 실시함

표 3-2-1 기술수요조사 개요

구분	조사대상	조사시기	비고
사전적 기술수요 발굴	국토교통 R&D 관계자	2018.02.27. ~ 2022.07.29	24건
1차 기술수요조사	교통, 환승 관련 산·학·연 전문가 도시계획, 시설 관련 산·학·연 전문가	2023.03.16. ~ 2023.03.30	26건
2차 기술수요조사	교통, 환승 관련 산·학·연 전문가 도시계획, 시설 관련 산·학·연 전문가	2023.04.06. ~ 2023.04.14	20건

- (사전적 기술수요 발굴) 본 사업 이전에 발굴된 연구 수요 검토 결과, 총 24건 활용
 - 본 기획연구인 ‘디지털 트윈 기반 GTX 환승안전 및 혁신기술 개발’ 이전에 추진된 모빌리티 환승 관련 연구개발 수요 중 본 사업 범위와 부합되면서 미추진된 기술 수요를 발굴하여 활용
 - 본 기획연구의 사전적 수요로 국토교통 R&D 관계자로부터 조사된 기술수요 조사 결과를 활용하여 본 과제 범위에 해당하는 수요를 스크리닝하여 본 과제 기술 수요로

활용

표 3-2-2 사전적 기술수요조사 내용

조사구분	조사일시	조사대상	조사방법	조사결과
2018년 신규 R&D 사업기획 수요조사	'18.2.27~'18.3.20	국토교통 R&D 관계자	KAIA 홈페이지 온라인 조사	108건
'18년 하반기 국토교통연구기획사업 수요조사	'18.6.25~'18.7.6			17건
'19년도 신규 R&D 사업과제 기술수요조사	'19.1.2~'19.12.31			118건
2020년도 신규 R&D 기술수요조사	'19.6.24~'20.2.10			82건
DNA 신규 R&D 사업 수요조사	'20.4.8~'20.4.22			10건
2020년도 신규 R&D 기술수요조사	'20.2.11~'20.8.18			91건
2021년도 신규 R&D 기술수요조사(1차)	'20.8.19~'20.11.15			48건
2021년도 신규 R&D 기술수요조사(2차)	'20.11.16~'21.2.21			88건
2021년도 신규 R&D 기술수요조사(3차)	'21.2.22~'21.5.14			60건
2022년도 신규 R&D 기술수요조사(1차)	'21.5.17~'21.12.17			90건
2022년도 신규 R&D 기술수요조사(2차)	'21.12.21~'22.4.29			86건
2023년도 신규 R&D 기술수요조사(1차)	'22.5.19~'22.12.30			118건
제2차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획 수립을 위한 과제수요조사	'22.6.29~'22.7.29			223건
계				1,139건

- (1차, 2차 기술수요 조사) 환승안전 및 혁신기술과 관련도가 높은 대한교통학회, 대한국토·도시계획학회 등 산학연 연구 커뮤니티 중심으로 2차례의 기술수요조사 실시
 - (조사기간) [1차] 2023.03.16.~2023.03.30., [2차] 2023.04.06.~2023.04.14.
 - (조사대상) 대한교통학회, 대한국토·도시계획학회
 - (조사방법) 이메일 및 홈페이지 게시
 - (기술수요조사 결과) 총 46건 (1차: 26건, 2차: 20건)
 - (조사내용) Top-down 관점에서 대내외 환경변화 기반의 3개 중점연구분야 해당 연구수요

나. 기술수요조사 결과

- 기술수요조사 결과 분석은 사전적 기술수요 발굴, 1/2차 기술수요 조사 결과 등을 종합적으로 검토하여 아래 3단계 과정을 거쳐 핵심기술을 도출함

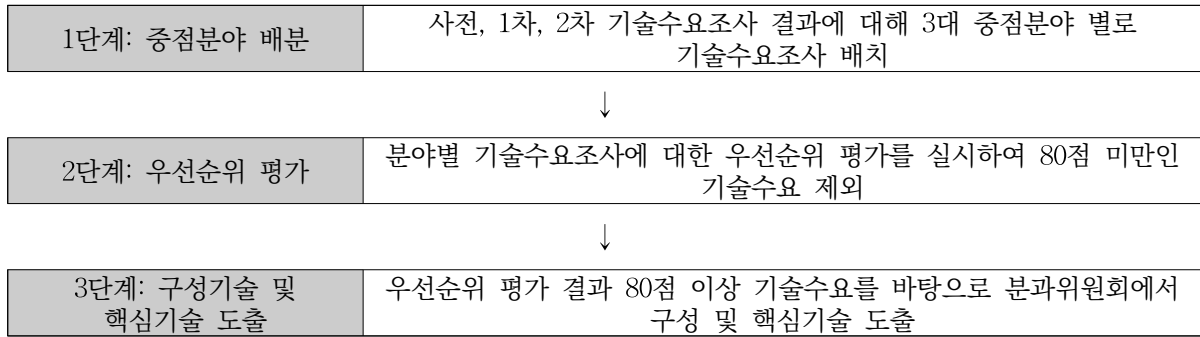


그림 3-2-1 기술수요조사 정리 과정

- 사전적 수요발굴 및 1,2차 수요조사를 기반으로 조사된 본 사업관련 연구 수요는 총 70건으로, 각 핵심기술별 수요조사 결과는 아래와 같음

표 3-2-3 기술수요조사 결과

구분	[핵심1] 이용자 중심의 GTX 환승센터 접근·편의성 향상 기술 개발	[핵심2] 디지털 트윈 및 생성형 AI 기반 GTX 환승센터 안전성 향상 기술 개발	[핵심3] GTX 환승센터 편의·안전 기술 실증 및 법제도 개선
사전적 기술수요 발굴	8	3	13
1차 기술수요조사	9	9	8
2차 기술수요조사	4	6	8
합계	23	18	29

표 3-2-4 기술수요조사 제안 기술 목록

차수	구분	제안 기술명
사전 수요 조사	1	국토교통 데이터 산업 활성화를 위한 디지털 데이터 기반환경(데이터 클러스터 혁신지구) 구축
	2	데이터거버넌스 기반 스마트도로 관리시스템 연구개발
	3	도로교통 디지털플랫폼 활성화를 위한 초격차 도로정보 생태계 조성
	4	도로환경 위험 대응 AIoT 기술 개발 기획
	5	모빌리티(자동차 기반) 통합 데이터 연계 생태계 플랫폼 구축
	6	미래 혁신 교통생태계 조성을 위한 동적도로안전 정보 제공 기술 개발
	7	자율협력주행 지원을 위한 CCTV 기반 통합교통상황 인식 및 Unknown Object Detection기술개발
	8	전국단위 통합모빌리티 서비스 운영 기술 개발
	9	버스 안전 및 탄소 저감 통합관제 구축
	10	스마트허브스테이션 구축 사업
	11	탄소중립 실현을 위한 저탄소 스마트 모빌리티 요소기술 개발 및 체계 구축
	12	5G기반 통합 공영주차 공유 플랫폼 시스템 구축 및 비대면 서비스
	13	개인용 이동수단 충전 스테이션을 기반한 환승교통시스템 개발
	14	교통 효율화를 위한 링크 연결형 이동수단 개발
	15	도심지 대중교통 혼잡도 완화와 이용 편의성 향상을 위한 고속무빙워크기술 개발
	16	분산공간형 무인 대중교통 시스템 개발
	17	영·유아/어린이 통학 안전과 개인별 동선 종합관리 및 미아 예방시스템 개발
	18	융합보안성능이 강화된 스마트폴 기반 지능형 주차관제시스템
	19	이동편의 향상을 위한 D2D 기반 모듈형 스마트모빌리티 및 운영기술 개발 기획

	20	인공지능 모빌리티 주차인프라 시스템 구축
	21	자율주행 기반 퍼스트 앤 라스트 마일(First & Last mile) 철도역 접근성 향상 실용화 기술개발
	22	코로나 시대 대응을 위한 빅데이터 활용 PM(퍼스널 모빌리티) 네트워크 설계 기술개발연구
	23	퍼스널 모빌리티 스마트 충전 스테이션 실증
	24	대용량 대중교통수단 경량형 회차 인프라 구축 기술 (버스턴 기술)
1차 수요 조사	1	AI 빅데이터 기반 다수단 모빌리티 예약 기술 개발
	2	개방형 교통정보 통합·제공 플랫폼 구축을 위한 기본 설계
	3	다수단 모빌리티 빅데이터 통합 및 서비스 플랫폼 실용화 기술 개발
	4	다수단 모빌리티 연계환승 서비스 플랫폼 표준 체계 구축
	5	다수단 모빌리티 연계환승 지원을 위한 보행자길 공간정보플랫폼 기술 개발
	6	다수단 모빌리티 환경의 유연한 인증과 데이터 가버넌스를 위한 보안 인프라의 개발
	7	다수단 모빌리티의 심리스(Seamless) 이동지원을 위한 빅데이터 기반 스마트 MaaS 플랫폼 실용화 기술 개발
	8	민간 모빌리티와 공공 대중교통 데이터 통합 수집 및 유통 기술 개발
	9	안전하고 신속한 연계환승을 위한 엣지 인텔리전스 기반의 모빌리티 가이던스 서비스 개발
	10	국토공간 상의 공간 위계와 도시규모를 고려한 복합환승센터 표준모델 개발
	11	다수단 모빌리티 연계를 위한 퍼스널 모빌리티 빅데이터 분석 모델 개발 및 거점 환승센터 입지 분석
	12	다수단 모빌리티 활용 화물 자동 연계 및 환적거점 기술
	13	다차원/다수준 복합환승센터 조성에 따른 장·단기적 도시활동 및 공간 변화 시뮬레이션
	14	복합환승센터 UAM 연계 수직 수평 환승 설계기법
	15	복합환승센터의 적정 입지 선정 및 필지, 도시, 지역 단위 공간 연계 융합 기술
	16	이동 편의성 향상을 위한 복합환승센터 환승체계 개선 기술
	17	첨단 모빌리티를 활용한 지속가능한 도시 조성 기본방향
	18	효율성 및 형평성을 고려한 첨단모빌리티 거점 입지 선정 인공지능 알고리즘 개발과 적용
	19	GTX 환승센터 혼잡제어 및 비상대응 안전관리 기술 개발
	20	미래형 3D 복합환승시스템 구축을 위한 자동 환승이동 기술 개발
	21	미래형 복합 환승시설을 위한 개인 맞춤형 환승 가이던스 시스템 개발
	22	복합환승센터 보행류 모니터링 및 안전관리 기술개발
	23	수요 유도 다수단 대안 다변화에 의한 공익 최적화 기술 개발
	24	연계환승 거점기반 개인형이동수단(PM) 안전성 관리 검사 인프라 개발 및 서비스 실증
25	워킹스루(Walking-Thru)형 비접촉 교통결제시스템 실용화를 위한 표준 인증 및 실증운영 기술 개발	
26	활동인구기반 다수단 모빌리티 환승 수요 분석 기술 개발	
2차 수요 조사	1	데이터허브를 활용한 다수단 모빌리티 빅데이터 통합 및 멀티 서비스 플랫폼 개발
	2	모빌리티 데이터 통합플랫폼을 위한 아키텍처 및 기반기술 개발
	3	다수단 모빌리티 서비스 제공에 따른 이용자 교통행태·도시공간 변화 예측과 경제적 효과 분석 시스템 개발
	4	다수단 재난물자(인력, 장비) 수송기술
	5	수송부분 탄소절감지수화 데이터 플랫폼 및 RE100 충전관제 기술개발 서비스 실증
	6	환승센터 유동인구를 활용한 그린 에너지 하베스팅 기술
	7	디지털 트윈 기반 환승센터 시범설계 및 실증 운영 기술
	8	디지털트윈 기반의 다수단 모빌리티 서비스 연계 환승체계 구축 및 효과평가 기법 개발
	9	사용자 수요예측에 기반한 UAM환승 최적거점 도출과 비충돌 이동루트 실시간 자동생성 기술개발
	10	역사 내 이동경로를 반영한 혼잡도 예측 기술
	11	연계환승 거점기반 개인형이동수단(PM) 충전·보관 스테이션 개발
	12	연계환승 거점기반 도심형항공모빌리티(UAM) 안전관제 기술 개발 및 서비스 실증

13	완전 자율주행(Lv 5) 기반 지능형 모빌리티의 철도역 연계·환승 편의 향상 기술 개발
14	이용자 편의 중심 다수단 환승 유형 표준 및 환승센터 설계 가이드라인 개발
15	다수단 모빌리티의 데이터 공간을 위한 데이터 플랫폼 및 서비스 플랫폼 개발
16	모빌리티 이용자 중심 서비스 대화형 AI 기술
17	다수단 모빌리티 시맨틱 데이터 가공기술 개발
18	모빌리티 환승 기반 데이터 운용기술 개발
19	연계환승시설 공간설계 AI 자동화 기술
20	디지털 트윈 기반의 지역 파급효과 시뮬레이션 기술개발

- 핵심 1,2,3에 각각 32건, 21건, 17건의 연구수요가 조사
 - [핵심1]에 해당하는 기술수요는 총 32건이 조사되었으며, 특히 구성기술 1의 수요가 20건으로 가장 많이 조사되었으며, 이어서 구성기술2에 13건의 기술수요가 조사됨
 - [핵심2]에 해당하는 기술수요는 총 21건이 조사되었으며, 특히 구성기술 3의 수요가 13건으로 가장 많이 조사되었으며, 이어서 구성기술 4에 7건의 기술수요가 조사됨
 - [핵심3]에 해당하는 기술수요는 총 17건이 조사되었으며, 특히 구성기술 5 부분의 수요가 12건으로 가장 많이 조사되었으며, 이어서 구성기술 6에 5건의 기술수요가 조사됨

표 3-2-5 중점·세부분야(안)별 Bottom-up 기반 수요조사결과

핵심기술 및 구성기술	사전수요조사	1,2차수요조사	합계
[핵심 1] 디지털 트윈 및 생성형 AI 기반 GTX 환승센터 안전성 향상 기술	7	14	21
[1-1] 디지털 트윈 기반 GTX 환승센터 비상상황 사전 예방 기술	4	9	13
[1-2] 생성형 AI 기반 GTX 환승센터 비상상황 신속 대응 및 자동 제어 기술	3	4	7
[핵심 2] 이용자 중심의 GTX 환승센터 접근편의성 향상 기술	12	20	32
[2-3] GTX 수혜범위 확대를 위한 지능형 최적 연계교통 체계 도출 기술	7	13	20
[2-4] GTX 환승센터 특성을 반영한 이용자 맞춤형 최적 경로 탐색 기술	5	8	13
[핵심 3] GTX 환승센터 편의·안전 기술 실증 및 법제도 개선	5	12	17
[3-5] GTX 환승센터 편의·안전 기술 테스트베드 구축 및 실증	5	7	12
[3-6] GTX 환승센터 이용자 체감형 서비스 시범운영 및 법제도 개선	0	5	5
총 계	24	46	70

2. 핵심기술 및 구성기술(안) 도출

가. 우선순위 평가를 통한 후보기술 도출

○ 우선순위 평가 개요

- (목적) 기술수요조사 결과에 대한 우선순위 평가를 통해 핵심기술 및 구성기술을 도출할 후보기술 대상을 선정
- (평가기준 및 방법) 4개 항목(6대 이슈 부합성, 정부지원 필요성, 성공 가능성, 경제·사회적 파급효과)에 대해 기획분과위원회 위원 개별 평가

표 3-2-6 우선순위평가 평가기준

평가항목	세부기준	평가의 주안점
6대 이슈 부합성	사업 전략·영역 적합성	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 사업에서 정의한 문제의 해결에 기여할 수 있는 기술 여부 - (1) 다양한 신교통수단 대규모 도입 본격화 예상, 새로운 환승수요 급증 예상 - (2) 환승센터 내 환승 경로복잡 및 이동불편 지속 - (3) 최적 서비스 개발·제공을 위한 데이터 수집·관리 체계 미흡(양/질) - (4) 글로벌 모빌리티 산업 육성을 위한 투자 가속화 - (5) 비수도권 교통수단-인프라간의 연계 열악 (정시성) - (6) 대도시권 내 열악한 환승 체계로 대중교통 경쟁력 부족
	시급성	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 기술개발이 시급하게 이루어져야 하는 정도
정부지원 필요성	공공투자 타당성	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 공공투자가 반드시 이루어져야 할 필요성 (시장실패의 영역 등)
	국토부/상위계획 미션 부합성	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 국토교통부 부처미션 및 상위계획에 근거하여 추진하는 것이 타당하고 효율적인지의 여부
성공 가능성	해당 분야 국내 연구개발 역량·인프라 수준	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 해당분야 국내 연구자 수(규모), 연구소, 연구 설비 등
경제·사회적 파급효과	기술개발을 통한 파급효과	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 기술개발에 의한 사업화 및 산업지역 경제적 파급효과 ▪ 기술개발을 통한 고용창출 및 중소기업 육성효과 ▪ 기술개발로 인해 발생 가능한 연관기술 및 연관산업에 대한 파급효과

○ 평가 및 선정결과

- 기획분과위원회 위원 개별 평가결과 산술평균이 80점 이상인 기술수요조사서를 후보 기술 대상으로 선정

표 3-2-7 핵심기술별 후보기술 대상 선정 결과

핵심기술	기술수요조사 제출(건) (A)	후보기술 대상(건) (B)	비율 (B/A)
① 이용자 중심의 GTX 환승센터 접근편의성 향상 기술	33	22	66.7%
② 디지털 트윈 및 생성형 AI 기반 GTX 환승센터 안전성 향상 기술	20	11	55.0%
③ GTX 환승센터 편의·안전 기술 실증 및 법제도 개선 기술	17	15	88.2%
합계	70	48	68.6%

- 핵심기술 1(이용자 중심의 GTX 환승센터 접근편의성 향상 기술) 후보기술 우선순위
평가 결과

표 3-2-8 핵심기술 1 후보기술 평가 결과

연번	수요조사 번호		제안기술명	6대 이슈 부합성	정부 지원 필요성	성공 가능성	파급 효과	종합 점수
1	1차	2	AI 빅데이터 기반 다수단 모빌리티 예약 기술 개발	86.5	75	83.5	87.5	83.1
2	1차	9	개방형 교통정보 통합·제공 플랫폼 구축을 위한 기본 설계	89	83.3	83.8	86.5	85.6
3	1차	8	다수단 모빌리티 연계환승 지원을 위한 보행자길 공간정보플랫폼 기술 개발	83	77	79	74.5	78.4
4	1차	23	다수단 모빌리티의 심리스(Seamless) 이동지원을 위한 빅데이터 기반 스마트 MaaS 플랫폼 실용화 기술 개발	87.5	79.8	82.5	83.8	83.4
5	2차	14	데이터허브를 활용한 다수단 모빌리티 빅데이터 통합 및 멀티 서비스 플랫폼 개발	84.3	79.3	83.3	84.3	82.8
6	사전	17	도로교통 디지털플랫폼 활성화를 위한 초격차 도로정보 생태계 조성	72.8	72.8	75	72.3	73.2
7	3차	1	다수단 모빌리티의 데이터 공간을 위한 데이터 플랫폼 및 서비스 플랫폼 개발	84	80.8	82.8	84	82.9
8	2차	13	모빌리티 데이터 통합플랫폼을 위한 아키텍처 및 기반기술 개발	88	82	84.5	85.3	84.9
9	사전	5	모빌리티(자동차 기반) 통합 데이터 연계 생태계 플랫폼 구축	76	76.5	71	76.5	75
10	사전	6	민간 모빌리티와 공공 대중교통 데이터 통합 수집 및 유통 기술 개발	88	81	78	86.3	83.3
11	3차	3	다수단 모빌리티 시맨틱 데이터 가공기술 개발	85.8	78.5	84.5	84	83.2
12	사전	19	자율협력주행 지원을 위한 CCTV 기반 통합교통상황 인식 및 Unknown Object Detection기술개발	72.5	74.5	74.3	72.5	73.4
13	사전	1	전국단위 통합모빌리티 서비스 운영 기술 개발	83.3	78	73.8	84	79.8
14	3차	4	모빌리티 환승 기반 데이터 운용기술 개발	89.8	85	79.5	86	85.1
15	2차	4	다수단 모빌리티 서비스 제공에 따른 이용자 교통행태·도시공간 변화 예측과 경제적 효과 분석 시스템 개발	83.5	86.3	82.4	80.7	83.2

16	1차	1	다수단 모빌리티 연계를 위한 퍼스널 모빌리티 빅데이터 분석 모델 개발 및 거점 환승센터 입지 분석	83.7	83.5	82.6	81.5	82.8
17	1차	26	다수단 모빌리티 활용 화물 자동 연계 및 환적거점 기술	81.7	82.2	86.5	83.7	83.5
18	1차	4	다차원/다수준 복합환승센터 조성에 따른 장·단기적 도시활동 및 공간 변화 시뮬레이션	83.9	85.7	83.7	78.5	82.9
19	3차	23	디지털 트윈 기반의 지역 파급효과 시뮬레이션 기술개발	79.8	78.9	77.2	76.7	78.2
20	1차	17	복합환승센터의 적정 입지 선정 및 필지, 도시, 지역 단위 공간 연계 융합 기술	88.3	87	82.8	86.3	86.1
21	1차	5	첨단 모빌리티를 활용한 지속가능한 도시 조성 기본방향	80.4	84.1	83.3	80.2	82
22	사전	21	탄소중립 실현을 위한 저탄소 스마트 모빌리티 요소기술 개발 및 체계 구축	77.4	80.2	79.6	74.1	77.8
23	1차	0	효율성 및 형평성을 고려한 첨단모빌리티 거점 입지 선정 인공지능 알고리즘 개발과 적용	80.2	84.1	82.4	78.3	81.3
24	사전	27	5G기반 통합 공영주차 공유 플랫폼 시스템 구축 및 비대면 서비스	80.3	76.6	79	79.9	78.9
25	사전	11	개인용 이동수단 충전 스테이션을 기반한 환승교통시스템 개발	80.1	76.2	81.3	84.7	80.6
26	2차	1	사용자 수요예측에 기반한 UAM환승 최적거점 도출과 비충돌 이동루트 실시간 자동생성 기술개발	77.2	76.1	70.9	77.8	75.5
27	2차	7	완전 자율주행(Lv 5) 기반 지능형 모빌리티의 철도역 연계·환승 편의 향상 기술 개발	83.3	83.8	81.3	82.6	82.8
28	사전	7	이동편의 향상을 위한 D2D 기반 모듈형 스마트모빌리티 및 운영기술 개발 기획	83.3	81.1	78.4	77.8	80.1
29	사전	28	인공지능 모빌리티 주차인프라 시스템 구축	83.5	81.1	82.9	81.7	82.3
30	사전	16	자율주행 기반 퍼스트 앤 라스트 마일(First & Last mile) 철도역 접근성 향상 실용화 기술개발	84.1	78.9	81.6	82.3	81.7
31	사전	13	코로나 시대 대응을 위한 빅데이터 활용 PM(퍼스널 모빌리티) 네트워크 설계 기술개발연구	77.6	76.2	72.9	73.7	75.1
32	1차	12	퍼스널 모빌리티 스마트 충전 스테이션 실증	77.3	76.3	75.8	73.1	75.6
33	사전	24	활동인구기반 다수단 모빌리티 환승 수요 분석 기술 개발	88.4	82.1	89.5	82.3	85.6

- 핵심기술 2(디지털 트윈 및 생성형 AI 기반 GTX 환승센터 안전성 향상 기술) 후보 기술 우선순위 평가 결과

표 3-2-9 핵심기술 2 후보기술 평가 결과

연번	수요조사 번호	제안기술명	6대 이슈 부합성	정부 지원 필요성	성공 가능성	파급 효과	종합 점수	
1	사전	4	국토교통 데이터 산업 활성화를 위한 디지털 데이터 기반환경(데이터 클러스터 혁신지구) 구축	79.8	73.5	73.8	75.8	75.7
2	1차	18	데이터거버넌스 기반 스마트도로 관리시스템 연구개발	75.3	70.8	77	75.5	74.6

3	사전	22	도로환경 위험 대응 AIoT 기술 개발 기획	72.8	74.8	75.3	74.3	74.3
4	사전	21	미래 혁신 교통생태계 조성을 위한 동적도로안전 정보 제공 기술 개발	77.5	81	72	80	77.6
5	1차	15	안전하고 신속한 연계환승을 위한 엣지 인텔리전스 기반의 모빌리티 가이던스 서비스 개발	81.5	80.5	83.3	83	82.1
6	3차	2	연계환승시설 공간설계 AI 자동화 기술	82.7	84.2	75.6	78.3	80.2
7	사전	18	버스 안전 및 탄소 저감 통합관제 구축	72.2	77.4	69.6	69.1	72.1
8	1차	14	복합환승센터 UAM 연계 수직 수평 환승 설계기법	87.2	87.2	78.7	82.8	84
9	1차	13	이동 편의성 향상을 위한 복합환승센터 환승체계 개선 기술	88.5	86.3	82.6	83	85.1
10	1차	10	GTX 환승센터 혼잡제어 및 비상대응 안전관리 기술 개발	90.2	89.4	83.8	84.9	87.1
11	2차	8	디지털트윈 기반의 다수단 모빌리티 서비스 연계 환승체계 구축 및 효과평가 기법 개발	83.8	85.9	89.3	84.4	85.8
12	1차	19	미래형 3D 복합환승시스템 구축을 위한 자동 환승이동 기술 개발	85.2	84.1	82.8	85.4	84.4
13	1차	20	미래형 복합 환승시설을 위한 개인 맞춤형 환승 가이던스 시스템 개발	87.5	84.6	83.7	81.8	84.4
14	1차	25	복합환승센터 보행류 모니터링 및 안전관리 기술개발	87.9	87.6	85.7	85.4	86.7
15	2차	2	역사 내 이동경로를 반영한 혼잡도 예측 기술	86.6	83.6	84.3	81	83.9
16	1차	22	연계환승 거점기반 개인형이동수단(PM) 안전성 관리 검사 인프라 개발 및 서비스 실증	79.5	78.5	76.8	75.1	77.4
17	사전	9	연계환승 거점기반 개인형이동수단(PM) 충전·보관 스테이션 개발	78.8	74.2	76.1	75.4	76.1
18	2차	10	연계환승 거점기반 도심형항공모빌리티(UAM) 안전관제 기술 개발 및 서비스 실증	84.9	83.2	82.2	84.1	83.6
19	사전	24	영·유아/어린이 통학 안전과 개인별 동선 종합관리 및 미아 예방시스템 개발	75.6	78.1	80.9	82.5	79.3
20	사전	29	융합보안성능이 강화된 스마트폴 기반 지능형 주차관제시스템	77.3	75.5	83.3	81.5	79.4

- 핵심기술 3(GTX 환승센터 편의·안전 기술 실증 및 법제도 개선 기술) 후보기술 우선 순위 평가 결과

표 3-2-10 핵심기술 3 후보기술 평가 결과

연번	수요조사 번호	제안기술명	6대 이슈 부합성	정부 지원 필요성	성공 가능성	파급 효과	종합 점수	
1	1차	1	다수단 모빌리티 빅데이터 통합 및 서비스 플랫폼 실용화 기술 개발	90.3	79.8	80.3	86.8	84.3
2	1차	26	다수단 모빌리티 연계환승 서비스 플랫폼 표준 체계 구축	90.5	82.5	82.5	87.3	85.7
3	1차	4	다수단 모빌리티 환경의 유연한 인증과 데이터 가버넌스를 위한 보안 인프라의 개발	85.5	83.8	79.3	79.8	82.1
4	3차	2	모빌리티 이용자 중심 서비스 대화형 AI	88.5	74.5	83.3	85	82.8

		기술						
5	1차	9	국토공간 상의 공간 위계와 도시규모를 고려한 복합환승센터 표준모델 개발	86.5	88.7	84.1	79.8	84.8
6	2차	8	다수단 재난물자(인력, 장비) 수송기술	77.5	89.2	82.5	77.1	81.6
7	2차	22	수송부분 탄소절감지수화 데이터 플랫폼 및 RE100 충전관제 기술개발 서비스 실증	77.8	79.3	74.3	80.7	78
8	사전	22	스마트허브스테이션 구축 사업	86.1	85.2	80.4	80.7	83.1
9	2차	6	환승센터 유동인구를 활용한 그린 에너지 하베스팅 기술	73	77.8	69.3	69.6	72.4
10	사전	6	교통 효율화를 위한 링크 연결형 이동수단 개발	87	83.8	81.3	84.7	84.2
11	사전	14	도심지 대중교통 혼잡도 완화와 이용 편의성 향상을 위한 고속무빙워크기술 개발	81.7	83.5	83.1	79.5	81.9
12	2차	15	디지털 트윈 기반 환승센터 시범설계 및 실증 운영 기술	87.9	84.9	86.7	81.9	85.4
13	2차	15	분산공간형 무인 대중교통 시스템 개발	86.2	83.3	82.7	84.8	84.2
14	1차	9	수요 유도 다수단 대안 다변화에 의한 공익 최적화 기술 개발	85.8	84.8	84.4	85.3	85.1
15	1차	11	워킹스루(Walking-Thru)형 비접촉 교통결제시스템 실용화를 위한 표준 인증 및 실증운영 기술 개발	91.6	87.7	88.7	89.9	89.5
16	2차	6	이용자 편의 중심 다수단 환승 유형 표준 및 환승센터 설계 가이드라인 개발	89.5	89.8	88.6	85.9	88.4
17	사전	-	대용량 대중교통수단 경량형 회차 인프라 구축 기술 (버스턴 기술)	81.1	83.6	83.1	82.5	82.6

○ 핵심기술 기반 구성기술 및 세부기술 도출

- (목적) 우선순위 평가 결과 도출(평균 80점 이상)된 48건의 기술수요조사서를 대상으로 내·외부 전문가 논의를 통해 구성기술 및 핵심기술을 도출
- (도출방법) 유사한 기술수요조사서를 통합하여 구성기술 및 세부기술을 도출
- (도출결과) 70건 기술수요조사 기반으로 13개 세부기술과 6개 구성기술이 도출됨

기술수요조사서	세부기술(안)	구성기술
다수단 모빌리티 연계를 위한 퍼스널 모빌리티 빅데이터 분석 모델 개발 및 거점 환승센터 입지 분석	[1-1] GTX 환승센터 접근편의성 진단 및 음영지역 도출 기술	[1] GTX 수혜범위 확대를 위한 지능형 최적 연계교통 체계 도출 기술 개발
자율주행 기반 퍼스트 앤 라스트 마일(First & Last mile) 철도역 접근성 향상 실용화 기술개발		
완전 자율주행(Lv 5) 기반 지능형 모빌리티의 철도역 연계·환승 편의 향상 기술 개발	[1-2] 접근편의성 변화 예측 기술	
다차원/다수준 복합환승센터 구성에 따른 장·단기적 도시활동 및 공간 변화 시뮬레이션		
복합환승센터의 적정 입지 선정 및 필지, 도시, 지역 단위 공간 연계 융합 기술		
다수단 모빌리티 시맨틱 데이터 가공기술 개발	[1-3] 강화학습 기반 최적 연계교통 체계 도출 AI 모델 개발	
모빌리티 환승 기반 데이터 운용기술 개발		

기술수요조사서	세부기술(안)	구성기술
개방형 교통정보 통합·제공 플랫폼 구축을 위한 기본 설계	[2-1] GTX 환승센터 실시간 정보 수집 및 연계 기술	[2] GTX 환승센터 특성을 반영한 이용자 맞춤형 최적 경로 탐색 기술 개발
데이터허브를 활용한 다수단 모빌리티 빅데이터 통합 및 멀티 서비스 플랫폼 개발		
다수단 모빌리티의 데이터 공간을 위한 데이터 플랫폼 및 서비스 플랫폼 개발	[2-2] 다목적 최적 경로 탐색 알고리즘 개발	
다수단 모빌리티의 심리스(Seamless) 이동지원을 위한 빅데이터 기반 스마트 MaaS 플랫폼 실용화 기술 개발		
AI 빅데이터 기반 다수단 모빌리티 예약 기술 개발		
이동편의 향상을 위한 D2D 기반 모듈형 스마트모빌리티 및 운영기술 개발 기획	[3-1] 디지털 트윈 구축 및 데이터 연계를 위한 표준화 기술	[3] 디지털 트윈 기반 GTX 환승센터 비상상황 사전 예방 기술
미래형 복합 환승시설을 위한 개인 맞춤형 환승 가이드 시스템 개발		
연계환승시설 공간설계 AI 자동화 기술	[3-2] 고정밀 시뮬레이션 및 비상상황 예측·예방 기술	
역사 내 이동경로를 반영한 혼잡도 예측 기술		
이동 편의성 향상을 위한 복합환승센터 환승체계 개선 기술		
안전하고 신속한 연계환승을 위한 엣지 인텔리전스 기반의 모빌리티 가이드 서비스 개발	[4-1] 비상상황 실시간 감지 기술	[4] 생성형 AI 기반 GTX 환승센터 비상상황 신속 대응 및 자동 제어 기술
복합환승센터 보행류 모니터링 및 안전관리 기술개발		
연계환승 거점기반 도심형항공모빌리티(UAM) 안전관제 기술 개발 및 서비스 실증	[4-2] 생성형 AI 기반 비상상황 대응 및 제어 자동화 기술	
GTX 환승센터 혼잡제어 및 비상대응 안전관리 기술 개발		
디지털트윈 기반의 다수단 모빌리티 서비스 연계 환승체계 구축 및 효과평가 기법 개발	[5-1] 통합 운영시스템 개발 및 현장 설치 테스트	[5] GTX 환승센터 편의·안전 기술 테스트베드 구축 및 실증
다수단 모빌리티 환경의 유연한 인증과 데이터 가버넌스를 위한 보안 인프라의 개발		
스마트허브스테이션 구축 사업		
디지털 트윈 기반 환승센터 시범설계 및 실증 운영 기술	[5-2] GTX 환승센터 편의·안전 기술 실증	
다수단 모빌리티 빅데이터 통합 및 서비스 플랫폼 실용화 기술 개발		
다수단 모빌리티 연계환승 서비스 플랫폼 표준 체계 구축	[6-1] GTX 환승센터 이용자 체감형 서비스 시범운영	[6] GTX 환승센터 이용자 체감형 서비스 시범운영 및 법제도 개선
모빌리티 이용자 중심 서비스 대화형 AI 기술		
이용자 편의 중심 다수단 환승 유형 표준 및 환승센터 설계 가이드라인 개발	[6-2] 관련 법제도 개정 추진	
국토공간 상의 공간 위계와 도시규모를 고려한 복합환승센터 표준모델 개발		

나. 최종 핵심기술 및 구성기술(안)

표 3-2-11 최종 핵심기술 및 구성기술(안)

핵심기술	구성기술	세부기술(안)
디지털 트윈 및 생성형 AI 기반 GTX 환승센터 안전성 향상 기술	[1] 디지털 트윈 기반 GTX 환승센터 비상상황 사전 예방 기술	[1-1] GTX 환승센터 디지털 트윈 구축 및 데이터 연계를 위한 표준화 기술 개발
		[1-2] 디지털 트윈 기반 고정밀 시뮬레이션 및 비상상황 예측·예방 기술
	[2] 생성형 AI 기반 GTX 환승센터 비상상황 신속 대응 및 자동 제어 기술	[2-1] 무선신호 및 비전 센서 융합 기반 비상상황 실시간 감지 기술
		[2-2] 생성형 AI 기반 비상상황 대응 및 제어 자동화 기술
이용자 중심의 GTX 환승센터 접근편의성 향상 기술	[3] GTX 수해범위 확대를 위한 지능형 최적 연계교통 체계 도출 기술	[3-1] GTX 환승센터 접근편의성 진단 및 음영지역 도출 기술
		[3-2] 시나리오 기반 접근 편의성 변화 예측 기술
		[3-3] 강화학습 기반 최적 연계교통 체계 도출 AI 모델 개발
	[4] GTX 환승센터 특성을 반영한 이용자 맞춤형 최적 경로 탐색 기술	[4-1] GTX 환승센터 실시간 정보 수집 및 연계 기술
[4-2] 실시간 정보 및 이용자 컨텍스트 기반 다목적 최적 경로 탐색 알고리즘 개발		
GTX 환승센터 편의·안전 기술 실증 및 법제도 개선	[5] GTX 환승센터 편의·안전 기술 테스트베드 구축 및 실증	[5-1] 실증을 위한 통합 운영시스템 개발 및 현장 설치 테스트
		[5-2] GTX 환승센터 편의·안전 기술 실증 운영
	[6] GTX 환승센터 이용자 체감형 서비스 시범운영 및 법제도 개선	[6-1] GTX 환승센터 이용자 체감형 서비스 시범운영
		[6-2] 관련 법제도 개정 추진

3. 기존 사업과의 차별성 및 연계방안

가. 유사사업과의 중복성 검토

- 디지털 트윈 기반 GTX 환승안전 및 혁신기술 개발 관련 각 부처별 유사사업을 조사·분석하여 중복성 및 차별성에 대하여 검토
 - 동 사업과의 유사 중복성 여부를 판단하기 위해 NTIS 검색을 통해 유사사업 또는 유사과제가 다수 포함된 사업을 조사 대상으로 선정하여 검토
 - ‘환승센터’, ‘환승허브’, ‘대중교통’, ‘모빌리티’, ‘이동수단’, ‘MaaS’, ‘교통수단’ 등 본 기획사업의 핵심 키워드를 활용하여 검색하고, 유사사업을 선별하여 중복성 검토대상으로 선정
 - 본 디지털 트윈 기반 GTX 환승안전 및 혁신기술 관련 사업의 경우 대부분 국토부 소관의 사업이 유사관련 사업으로 도출되어 아래와 같이 차별성 및 중복성을 검토함
 - 국토부 외 타 부처의 모빌리티 환승안전 및 혁신기술 관련 과제가 속해있는 사업은 창업성장기술개발(중기부), 중소기업혁신기술개발사업(중기부), 개인기초연구(과기정통부), 이공학학술연구기반구축(교육부)과 같이 소액규모의 연구자, 스타트업, 중소기업 등을 대상으로 지원하는 사업이 대부분인 것으로 나타남
 - 본 사업은 대규모 대심도 GTX 환승센터에 대한 통합운영전략 수립 및 안전기술 개발에 중점을 둔 사업으로, 디지털 대전환을 위한 디지털 트윈 및 AI를 활용하여 안전을 예측·예방하고 통합 운영을 통해 이용자의 안전성 및 편의성 강화를 위한 연구에 중점을 둔 다는 것에 타 사업과 차별성이 있음
 - 기존 개발기술은 모니터링 후 전문인력이 상황을 대응하는 방식이었다면, 본 연구는 생성형 AI기반 비상상황 대응 및 제어 자동화 기술을 포함하고 있어, 최소한의 전문인력만으로 비상상황을 신속하게 대응할 수 있음

사업명	(본 사업) 디지털 트윈 기반 GTX 환승안전 및 혁신기술 개발	국토교통 데이터 산업 생태계 플랫폼 구축
소관부처	국토교통부	국토교통부
관리기관	국토교통과학기술진흥원	국토교통과학기술진흥원
예산	16,000백만원	22,279 백만원 (2022~2025)
사업목적	<ul style="list-style-type: none"> [환경] 도시·공간 급변, [공급] 모빌리티 수단·서비스 다양화·세분화, [수요] 이용자 요구수준 증대에 적시 대응하여, GTX 환승역사에 대한 연계·환승 역할·기능 강화를 통한 모빌리티의 지속가능한 혁신 가속화 + 삶의 질 향상 	<ul style="list-style-type: none"> 국토교통 산업 전반의 디지털 전환을 가속화하고, 데이터 소외계층없이 누구나 편리하고 안전하게 데이터를 생산/유통/활용할 수 있는 데이터 경제 생태계 조성과 이를 위한 공통 기반기술 개발 및 활용 체계 구축
사업내용	<ul style="list-style-type: none"> 디지털 트윈 및 AI 기반으로 공간적 + 수단적으로 연계된 디지털 트윈 기반 GTX 환승안전 및 혁신기술 개발을 통해 도시 이동성 및 접근성, 이용자 경험의 획기적 증진과 지속가능성 확보 중점분야 <ul style="list-style-type: none"> - 이용자 중심의 GTX 환승센터 접근편의성 향상 기술 개발: 최적 연계교통 체계 도출, 최적 경로 탐색 기술 개발 등 - 디지털 트윈 및 생성형 AI 기반 GTX 환승센터 안전성 향상 기술 개발: 디지털 트윈 기반 비상상황 사전 예방 기술, 신속 대응 및 자동 제어 기술 등 - GTX 환승센터 편의·안전 기술 실증 및 법제도 개선: 기술 테스트베드 구축 및 실증, 서비스 시범운영 및 법제도 개선 	<ul style="list-style-type: none"> 국토교통 개방형 데이터 생태계 플랫폼을 통해 디지털 전환을 구현하며, 실증서비스를 기반으로 법/제도적 한계가 있는 비식별화 데이터 활용을 위해 데이터 안심구역 안에서 활용될 수 있는 기반 환경구축 및 활용기술개발 세부과제 구성 <ul style="list-style-type: none"> - [세부1] 국토교통 데이터 산업 생태계 미래상 연구/국토교통 데이터 표준 수립 - [세부2] 국토교통 데이터 안심구역 구축 및 확장/국토교통 데이터 리빙랩 제공 - [세부3] 신규 데이터 생산 기술개발 /정시적 실세계 형상 확보 기술개발 - [세부4] 윈스탑 가명정보 처리 및 결합서비스 /다양한 데이터 분석지원 시스템 제공 - [세부5] 데이터 소유권 보호, 거래내역 관리체계, 안심구역 연계 국토교통 데이터 거래소 구축 - [세부6] 국토 및 교통 분야 실증서비스 개발
차별성 및 연계성	-	<ul style="list-style-type: none"> (차별화) 이용자 맞춤형 모빌리티 수단/서비스 개발을 위한 솔루션을 개발한다는 점, 교통부문을 넘어 공간적 관점에서의 지역연계 부문을 포함하고 있다는 측면에서 차별화 (연계성) 본 사업에서 개발된 머신러닝 기반 미래교통운영 기술을 본 이용자 중심의 AI 개발시 연계활용

사업명	교통물류연구	철도기술연구사업
소관부처	국토교통부	국토교통부
관리기관	국토교통과학기술진흥원	국토교통과학기술진흥원
예산	7,18041 백만원(2007~2022)	1,402,090 백만원(2007~2017)
사업목적	<ul style="list-style-type: none"> 선진국 대비 높은 교통사고 사망자 수를 줄이고 교통혼잡 및 물류비용을 감소시키며, 쾌적한 도로환경을 위한 배출가스 저감과 누구에게나 편리한 교통서비스를 제공하기 위한 기술개발 	<ul style="list-style-type: none"> 수송효율 50%향상·전국토 90분이동 등을 목표로 설정하여 철도시스템의 고효율, 고속화, 접근성 제고 및 친환경적 철도구현을 위해 최첨단 미래 철도시스템 개발과 독자적 핵심, 원천기술 확보를 목적으로 함 도시철도 역사 이용 시 이동속도 향상, 환승거리 또는 시간의 단축, 교통약자의 이동편의 증진 등 이용자 중심의 이동 환승 편의성 향상이 가능한 구체적인 인프라 개선 기술개발 및 관련 기술 검증 프로그램 개발
사업내용	<ul style="list-style-type: none"> 안전교통체계 확립을 위한 기술개발 자율주행 등 차세대 교통기술 도입을 위한 도로인프라 기술개발 공해없는 교통환경 구축 기술개발 고령자, 장애인 등 교통약자를 위한 기술개발 운송차량, 물류장비 성능향상과 물류비 절감/운송 효율 향상을 위한 첨단 물류자동화 기술개발 (유사과제) 인공지능 기반의 미래 교통운영 기반기술개발, 사용자 중심 대중교통 운영환경 구축 및 실증 평가기술 개발 등 	<ul style="list-style-type: none"> 철도 수송력 향상 기술개발, 철도 사고 예방 대응 기술 개발 철도 수송력 향상 기술 개발 철도 안전 편의향상 기술개발 철도 건설 운영비 절감 기술 개발 철도 소재 부품 장치 고도화 기술 개발 (유사과제) 도시철도 역사 이용자 편의성 향상기술, 철도역사 안전관리 자동화 및 설계 최적화 기술 개발 등
차별성 및 연계성	<ul style="list-style-type: none"> (차별성) 초개인화된 이용자 맞춤형 모빌리티 수단/서비스 개발을 위한 솔루션을 개발한다는 점, 교통부문을 넘어 공간적 관점에서의 지역연계 부문을 포함하고 있다는 측면에서 차별화, 심층강화학습 기반 AI 기술적용하며, 실시간 대중교통 타임테이블 기반 모빌리티 연계 정보를 가공하는 측면에서 차별성을 가짐 (연계성) 본 기획사업에서는 강화학습 기반 이용자 선호도 추론 AI 기술개발시, 교통물류연구사업에서 개발된 머신러닝 기반 미래교통운영기술을 참조 	<ul style="list-style-type: none"> (차별성) 도시철도 역사에 국한된 연구가 아닌 범용적 GTX 환승센터 중심의 다수단 모빌리티간의 연계·환승, 공간적 관점에서의 연계를 포함하는 연구라는 점에서 차별성 (연계성) 도시철도 역사 3D 실내지도 구축 플랫폼, 역사 내 이동시스템 개발 성과물을 연계/활용하여 본 사업에서 고도화 및 적용가능, 철도 역사 여객시설 시뮬레이션 평가모델 응용활용 가능

사업명	자율주행 기술개발 혁신사업	빅데이터 기반 인공지능 도시계획 기술개발
소관부처	다부처 (국토부, 산업부, 과기정통부, 경찰청) ※ 아래부터 국토부 소관 부문 중심 작성	국토교통부
관리기관	국토교통과학기술진흥원	국토교통과학기술진흥원
예산	294,974 백만원(2021~2027) / 국토부	19,209 백만원(2022~2026)
사업목적	<ul style="list-style-type: none"> (자율주행 융합신산업 육성) 자동차-ICT-도로교통 융합신기술 서비스 개발 및 법/제도 개선, 표준화 등 융합생태계 기반마련을 통한 자율주행 융합신산업 발굴 및 육성 (자율주행 국민수용성 향상) 자율주행 신뢰도 확보 및 공공서비스 개발을 통한 국민 수용성 향상으로 교통사고 저감 등 사회적 현안 해결 	<ul style="list-style-type: none"> 미래사회 변화에 대응하기 위한 빅데이터 기반의 과학적이고 객관적인 인공지능 도시계획(기본 및 관리계획) 기술개발
사업내용	<ul style="list-style-type: none"> 클라우드 소싱 기반 디지털 도로/교통 인프라 융합플랫폼 기술개발 등 도로교통 융합 신기술 개발 교통약자(장애인, 노약자, 교통소외지역 등) 이동지원 모빌리티 서비스 기술개발 등 자율주행 서비스 개발 주행 및 충돌상황 대응 안전성 평가기술개발 등 자율주행 생태계 구축 	<ul style="list-style-type: none"> 도시의 현황을 정확하고 객관적으로 분석할 수 있는 도시 진단기술 개발 인공지능 기술을 활용하여 도시기본계획 및 관리계획 수립 지원기술 개발 도시계획의 정기적인 모니터링을 통한 사후 평가 기술개발 및 지자체 시범적용
차별성 및 연계성	<ul style="list-style-type: none"> (차별성) 자율주행차 및 관련 인프라에 국한된 것이 아닌 다양한 교통수단 및 서비스 전반을 대상으로 이들간의 연계·환승을 위한 플랫폼을 개발하고, 환승센터 내부에서의 안전 및 편의기술을 개발한다는 점에서 차별화 (차별성) 본 사업에서 개발되는 디지털 정보를 데이터 플랫폼 구축 및 대중교통 통합 이용 특성 분석 단계에서 연계활용 	<ul style="list-style-type: none"> (차별성) 교통수단의 운영을 고려한 공간차원을 대상으로 하며, 토지 이용과 교통의 상호작용과 연계 환승거점 내부 및 영향권에 대한 영향 분석 등에서 차별화 (차별성) 연계·환승거점 도입 효과분석을 위한 공간데이터 기반 구축에 활용
사업명(과제)	복합환승역사 통합 모빌리티 분석시스템 개발	물류·교통 체계 선진화 및 친환경성 강화 기술개발 (빅데이터 기반 대중교통 최적운영 및 연계시스템)
소관부처	과기부	과기부
관리기관	국가과학기술연구회	국가과학기술연구회
예산	821.00 백만원(2017~2019)	1,496 백만원(2017)
사업목적	<ul style="list-style-type: none"> 통합 모빌리티의 핵심 키워드인 “연계”에 대한 심층적인 연구를 수행하고자 하였으며, “복합환승역사”를 연구 대상으로 하여, 빅데이터 수집 기술, 이용자 행태 기반 빅데이터 분석 및 DB 구축 기술, 스마트 공간 연계 인프라 기술 등 3가지 핵심 기술 개발을 주요 목표로 함 	<ul style="list-style-type: none"> 빅데이터의 고도화된 분석을 통한 정밀한 대중·교통 수요 분석 및 운영 통합·최적화 통행수요에 최적화된 인공지능 기반 대중교통 운영시스템 기술개발 빅데이터를 활용한 활동인구기반 OD(기종점) 추정 기술개발 통합운영 최적화 모델링 및 인프라 데이터 구축
사업내용	<ul style="list-style-type: none"> 보행자 인식 기반 빅데이터 수집 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 보행자 인식, 수집 및 활용 관련 기술현황 조사 - 웨어러블 디바이스 관련 기술 현황 조사 	<ul style="list-style-type: none"> 통행수요에 최적화된 인공지능 기반 대중교통 운영시스템 기술개발 <ul style="list-style-type: none"> - 대중교통 운영 빅데이터 수집, 처리 및 연계 - 통행수요에 최적화된 대중교통

	<ul style="list-style-type: none"> - LiDAR 센서를 활용한 보행 동선 분석 - 기존 상용 보행자 동선 솔루션 기술의 문제점 도출 및 기본 계획 수립 ▪ 복합환승역사 통합 모빌리티 분석 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> - GIS기반 보행수요예측 자료 DB 구축 - 빅데이터 기반 보행통행예측 기술 및 평가 - 복합환승역사 통합 모빌리티 분석 시스템 요구사항 도출 및 기본 설계 ▪ 스마트 복합환승역사 공간 연계 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 스마트 공간 연계 인프라 기술 기본 계획 수립 	<ul style="list-style-type: none"> 운행계획 실시간 생성 기술개발 (인공지능 기반) - 단일 노선 대상의 최적 운행계획 시뮬레이션 ▪ 빅데이터를 활용한 활동인구기반 OD(기종점) 추정 기술개발 <ul style="list-style-type: none"> - 활동주체(Agent)별 시·공간 활동분포 및 수단선택 추정기술 - 시 공간 및 활동별 기종점 OD 구축 기술 - 시·공간 수준별 활동인구(OD) 검증 기술 ▪ 통합운영 최적화 모델링 및 인프라 데이터 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 철도 및 대중교통 통합운영 최적화 모델링 - 통합운영 시뮬레이션 S/W 설계 및 기본모듈 구현 - 통합운영체계 현장(역사 등) 시범적용 사이트 선정 및 인프라 데이터 구축
차별성 및 연계성	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (차별성) UAM, PM, 자율주행 차량 등을 고려한 대심도 수직, 수평 운영시스템 고려 부재, 철도 외 기타 모빌리티로 인한 혼잡 관리 및 위기대응 모니터링 기술 부재 ▪ (연계성) 수도권, 도시철도에 한정된 빅데이터 DB 확장, 실시간 데이터 연계, 알고리즘 고도화를 통해, 계획, 사전 평가 목적을 실시간 모니터링 및 예측기반 선제적 대응 기술 로 고도화 가능 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (차별성) 시간 및 공간 위계에 대한 고려와 함께 토지이용-교통의 상호작용에 기반한 도시공간·활동 패턴 및 변화 시뮬레이션으로 연구개발 범위 확대 ▪ (연계성) 통행수요, 인공지능, 빅데이터 기술을 활용한 대중교통 통합 이용 특성 분석 결과와 연계

사업명	퍼스널 모빌리티 플랫폼 핵심기술개발 및 실증	AI·데이터기반 스마트시티 통합플랫폼 모델 개발 및 실증연구
소관부처	산업부	국토교통부
관리기관	한국산업기술진흥원	국토교통과학기술진흥원
예산	13,767백만원(2021~2023)	2,878 백만원(2021~2022)
사업목적	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 공유/구독에 적합한 공용 PM(Personal Mobility) 구동 플랫폼 개발 및 지역유형별 실증 <ul style="list-style-type: none"> - (개인용 이동수단(PM) 구동 플랫폼 개발) 공유형 이동체계에 특화된 공용 PM 핵심부품 및 플랫폼 개발, 시험평가·검증기술 개발, 신뢰성 인증체계 구축 - (유형별 PM 실증) 실증 DATA를 원격 수집·활용하는 오픈형 운영시스템을 구축하고, 공용 PM 구동 플랫폼을 활용하여 유형별 실증 수행 * (유형) 도심형, 관광형, 산업지역, 농촌지역 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ AI 및 빅데이터 기반 통합 동선 추적 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 데이터베이스 및 빅데이터 체계 구축 - AI 기반 수배차량 추적 인공지능 알고리즘 개발 ▪ AI 및 인공지능 알고리즘 기반 수배차량 추적·검거서비스 제공으로 도시민 안전 제고 및 디지털 기반 도시운영 체계 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 지자체 통합 광역플랫폼 구축 및 연계솔루션 도출 - AI 기반 수배 차량 추적 시스템의 실증 ▪ 교통 관련 민간영역 수요 서비스 솔루션 전략 개발
사업내용	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 스마트시티 거버넌스 체계 및 프레임워크, 통합 플랫폼 등 공공서비스 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 스마트시티 광역 통합 플랫폼 구축을 위한 기술 고도화 및 실증

	<p>표준화 및 표준인덱스, 포트폴리오-프로그램-프로젝트 프로세스 개발, 도시 데이터 상호운용성 확보 및 가이드라인 정립을 통한 스마트시티 표준화 전략 및 체계 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> 스마트 교통-에너지, 스마트에너지-빌딩, 스마트시티 공간정보, 스마트 ICT분야 표준지침 개발을 통한 스마트시티 도메인별 기술표준 및 서비스 시험표준 개발 국제표준화 역량강화 프로그램, 품질 평가체계 구축 및 인증, 국제표준화를 위한 협력 프로그램 개발을 위한 스마트시티 국제표준화 역량개발 및 국제협력 	<ul style="list-style-type: none"> 지역 통합 플랫폼 연계를 통한 광역 통합 플랫폼화 기술 개발 AI 및 빅데이터 기반 통합 동선 추적 시스템 기술 실증 AI 기반 추적 시스템 및 운영 프로그램 개발 AI 및 빅데이터 기반 통합 동선 추적 시스템을 위한 빅데이터 체계 구축 실증 사업을 위한 AI 운영 기법 개발을 위한 알고리즘 개발 교통 영역의 공공 및 민간 서비스 솔루션 발굴 및 확대를 위한 전략 도출 교통 분야 스마트 서비스 활성화를 위한 공공영역과 민간영역을 연계할 수 있는 서비스 목록을 발굴조사 스마트시티 교통 솔루션 리빙랩 방법론 도출 도시 문제 중 교통 분야 해결 솔루션으로서 서비스 수요를 조사하고 필요 기술에 대한 조사 분석 및 서비스 확대 전략 개발
차별성 및 연계성	<ul style="list-style-type: none"> (차별성) 공유형 이동체계에 특화된 PM에 국한하는 것이 아닌 다수단 모빌리티간 연계를 위한 데이터 및 환승편의/안전시설을 개발한다는 점에서 차별화 (연계성) 공유형 모빌리티 이동체계 내 PM 데이터 및 신뢰성 인증 체계 성과 활용 	<ul style="list-style-type: none"> (차별성) 교통수단의 운영을 고려한 공간자원을 대상으로 하며, 토지 이용과 교통의 상호작용과 연계 환승거점 내부 및 영향권에 대한 영향 분석 등에서 차별화 (차별성) 연계·환승거점 도입 효과분석을 위한 공간데이터 기반 구축에 활용

표 3-2-12 본사업과 유사사업별 차별성 및 연계성 종합

부처	사업명	차별성	연계성
국토부	국토교통 데이터 산업 생태계 플랫폼 구축	<ul style="list-style-type: none"> 이용자 맞춤형 모빌리티 수단/서비스 개발을 위한 솔루션을 개발한다는 점, 교통부문을 넘어 공간적 관점에서의 지역연계 부문을 포함하고 있다는 측면에서 차별화 	<ul style="list-style-type: none"> 본 사업에서 개발된 머신러닝 기반 미래교통운영 기술을 본 이용자 중심의 AI 개발시 연계활용
	교통물류연구 사업	<ul style="list-style-type: none"> 초개인화된 이용자 맞춤형 모빌리티 수단/서비스 개발을 위한 솔루션을 개발한다는 점, 교통부문을 넘어 공간적 관점에서의 지역연계 부문을 포함하고 있다는 측면에서 차별화, 심층강화학습 기반 AI 기술적용하며, 실시간 대중교통 타임테이블 기반 모빌리티 연계 정보를 가공하는 측면에서 차별성을 가짐 	<ul style="list-style-type: none"> 본 기획사업에서는 강화학습 기반 이용자 선호도 추론 AI 기술개발시, 교통물류연구사업에서 개발된 머신러닝 기반 미래교통운영기술을 참조
	철도기술연구 사업	<ul style="list-style-type: none"> 도시철도 역사에 국한된 연구가 아닌 범용적 GTX 환승센터 중심의 다수단 모빌리티간의 연계·환승, 공간적 관점에서의 연계를 포함하는 연구라는 점에서 차별성 모빌리티 수단 및 환승과 연계된 신뢰성 체계 개발 부족 	<ul style="list-style-type: none"> 도시철도 역사 3D 실내지도 구축 플랫폼, 역사 내 이동시스템 개발 성과물을 연계/활용하여 본 사업에서 고도화 및 적용가능, 철도 역사 여객시설 시뮬레이션 평가모델 응용활용 가능

	자율주행기술 개발혁신	<ul style="list-style-type: none"> 자율주행차 및 관련 인프라에 국한된 것이 아닌 다양한 교통수단 및 서비스 전반을 대상으로 이들간의 연계·환승을 위한 플랫폼을 개발하고, 환승센터 내부에서의 안전 및 편의기술을 개발한다는 점에서 차별화 환승거점으로서의 접근 및 환승연계방안 부재 	<ul style="list-style-type: none"> 본 사업에서 개발된 디지털 정보를 데이터 플랫폼 구축 및 대중교통 통합 이용 특성분석결과에 연계/활용
	빅데이터 기반 인공지능 도시계획 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> 교통수단의 운영을 고려한 공간차원을 대상으로 하며, 토지 이용과 교통의 상호작용과 연계 환승거점 내부 및 영향권에 대한 영향 분석 등에서 차별화 	<ul style="list-style-type: none"> 연계환승거점 도입 효과분석을 위한 공간데이터 기반 구축에 활용
	AI·데이터기반 스마트시티 통합플랫폼 모델 개발 및 실증연구	<ul style="list-style-type: none"> 교통수단의 운영을 고려한 공간차원을 대상으로 하며, 토지 이용과 교통의 상호작용과 연계 환승거점 내부 및 영향권에 대한 영향 분석 등에서 차별화 	<ul style="list-style-type: none"> 연계·환승거점 도입 효과분석을 위한 공간데이터 기반 구축에 활용
과기부	복합환승역사 통합 모빌리티 분석 시스템 개발 (연구운영비 지원)	<ul style="list-style-type: none"> UAM, PM, 자율주행 차량 등을 고려한 대심도 수직, 수평 운영시스템 고려 부재, 철도 외 기타 모빌리티로 인한 혼잡 관리 및 위기대응 모니터링 기술 부재 	<ul style="list-style-type: none"> 수도권, 도시철도에 한정된 빅데이터 DB 확장, 실시간 데이터 연계, 알고리즘 고도화를 통해, 계획, 사전 평가 목적을 실시간 모니터링 및 예측기반 선제적 대응 기술 로 고도화 가능
	빅데이터 기반 대중교통 최적 운영 및 연계 시스템 개발 (연구운영비 지원)	<ul style="list-style-type: none"> 시간 및 공간 위계에 대한 고려와 함께 토지이용-교통의 상호작용에 기반한 도시공간·활동 패턴 및 변화 시뮬레이션으로 연구개발 범위 확대 	<ul style="list-style-type: none"> 통행수요, 인공지능, 빅데이터 기술을 활용한 대중교통 통합 이용 특성 분석 결과와 연계
산업부	퍼스널 모빌리티 플랫폼 핵심기술 개발 및 실증	<ul style="list-style-type: none"> 공유형 이동체계에 특화된 PM에 국한하는 것이 아닌 다수단 모빌리티간 연계를 위한 데이터 및 환승편의/안전시설을 개발한다는 점에서 차별화 	<ul style="list-style-type: none"> 공유형 모빌리티 이동체계 내 PM 데이터 및 신뢰성 인증 체계 성과 활용

제3절 핵심기술 개발 계획

1. 기술개발 개요

가. 기술개발 기본 방향

- 모빌리티 6대 이슈/문제에 해결·대응을 위해 필요한 중점분야를 도출하였으며, 각 분야의 기술개발 기본 방향과 목적 및 대상에 적합한 세부기술을 구성함
- (핵심기술 1. 생성형 AI기반 GTX 환승센터 디지털 트윈 구축 및 안전성 향상 기술 개발)
 - (목표) ❶ GTX 환승센터 디지털 프레임워크 개발, ❷ 디지털 트윈 기반 GTX 환승센터 안전성 확보 기술 개발, ❸ 디지털 트윈 기반 GTX 환승센터 안전성 확보 기술 개발
 - (방향) GTX 환승센터 디지털 트윈 기반 물리대상 모니터링, 시뮬레이션, 상호운영 최적화 구현을 위한 핵심 기술개발, 디지털 트윈 데이터 연계를 위한 표준화 기술 개발, 디지털 트윈 표준 모델 정립 및 구축, 센서 융합 기반 실시간 감지 및 디지털 트윈 연계 기술 개발, GTX 환승센터 내에서 발생할 수 있는 혼잡도 예측 및 분석 기술 개발, AI기반 GTX 환승센터 비상상황 및 위험요인 분석대응 기술 개발 등
- (핵심기술 2. 이용자 중심 GTX 환승센터 접근편의성 향상 기술 개발)
 - (목표) ❶ GTX 수혜범위 확대를 위한 환승체계 평가예측대응 기술개발, ❷ GTX 환승센터 이용자 맞춤형 환승 최적화 기술 개발
 - (방향) GTX 환승체계 접근편의성 진단 및 성능평가 기법 개발, 시나리오 기반 접근 편의성 변화 예측 기술 개발, AI기반 최적의 연계교통 체계 구축 및 대응 기술 개발, 이용자 맞춤형 목적지 기반 최적 환승경로 탐색 알고리즘 개발, 연계 교통수단 특성에 따른 도착 동기화를 위한 동적 스케줄링 기술 등
- (핵심기술 3. GTX 환승센터 편의·안전 기술 실증운영 및 평가)
 - (목표) ❶ 이용자 체감형 GTX 환승센터 운영 및 실증, ❷ GTX 환승센터 이용편의 안전혁신기술 확대를 위한 법제도 개선 방안
 - (방향) GTX 환승센터 내 각종 시스템 표준 인터페이스 및 물리적 AI 연동관리 기술 실증, 이용자 맞춤형 스마트 환승 UX/UI 구현, 디지털 트윈기반 GTX 환승센터 테스트베드 구축 및 평가 등

나. 총괄 로드맵

○ 기술 로드맵

핵심기술		1차년도 ('26)	2차년도 ('27)	3차년도 ('28)	4차년도 ('29)
핵심 1. 디지털 트윈 및 생성형 AI 기반 GTX 환승센터 안전성 향상 기술 개발	디지털 트윈 기반 GTX 환승센터 비상상황 사전 예방 기술 개발	GTX 환승센터 디지털 트윈 표준화 추진 전략 수립 및 국내표준 신규 과제 채택 GTX 디지털 트윈 주요기능/요구사항 정의 디지털 트윈 기반 시뮬레이션을 위한 보행량 추정 알고리즘/보행 모델 설계	GTX 환승센터 디지털 트윈 국내표준 개발 및 국제표준 신규 과제 채택 GTX 환승센터 공간 및 시설물 3D 모델 구축 디지털 트윈 기반 시뮬레이션을 위한 보행량 추정 알고리즘 및 보행 모델 구현	GTX 환승센터 디지털 트윈 국내표준 제정 및 국제표준 개발 GTX 환승센터 디지털 트윈 시작품 제작	GTX 환승센터 디지털 트윈 국제표준 제정 GTX 환승센터 디지털 트윈 기능 고도화
	생성형 AI 기반 GTX 환승센터 비상상황 신속 대응 및 자율 제어 기술 개발	무선신호 및 비전 센서 융합 기반 비상상황 실시간 감지 기술 요구사항 정의 및 개념 설계 비상상황 대응 및 제어 자동화 기술에 활용할 생성형 AI 파운데이션 모델 분석 및 파인튜닝 방안 도출	디지털 트윈 기반 비상상황(다중밀집 등) 시뮬레이션 시나리오 도출 무선신호 및 비전 센서 융합 기반 비상상황 실시간 감지 알고리즘 개발 생성형 AI 모델 파인튜닝을 위한 디지털 트윈 기반 합성데이터 생성 기술 설계	무선신호 및 비전 센서 융합 기반 비상상황 실시간 감지 기술 시작품 제작 생성형 AI 모델 파인튜닝을 위한 디지털 트윈 기반 합성데이터 생성 및 파인튜닝 수행	무선신호 및 비전 센서 융합 기반 비상상황 실시간 감지 기술 성능 검증 및 고도화 생성형 AI 기반 비상상황 대응 및 제어 자동화 기술 개발 및 성능 검증
	GTX 환승센터 이용자 편의 종합평가 지수 개발	GTX 환승센터 접근편의성 진단을 위한 조사 및 자료분석 GTX 환승센터 특성을 반영한 접근편의성 분석 시스템 기능별 요구사항 정의 및 개념 설계 강화학습 기반 지능형 최적 연계교통 체계 도출 방법론 개발	GTX 환승센터 접근편의성 분석용 DB 구축 GTX 환승센터 특성을 반영한 접근편의성 분석 시스템 PoC 수행 시나리오(신규수단 도입, 노선 변경 등) 기반 접근편의성 변화 예측 알고리즘 개발 강화학습 에이전트 학습용 시뮬레이터 설계	GTX 환승센터 특성을 반영한 접근편의성 시스템 시작품 제작 시나리오(신규수단 도입, 노선 변경 등) 기반 접근편의성 변화 예측 알고리즘 고도화 강화학습 에이전트 학습을 위한 시뮬레이터 개발 및 학습 수행	GTX 환승센터 특성을 반영한 접근편의성 분석 시스템 기능 고도화 GTX 수해범위 확대를 위한 강화학습 기반 지능형 최적 연계교통 체계 도출 기술 성능 검증 및 고도화
핵심 2. 이용자 중심의 GTX 환승센터 접근편의성 향상 기술 개발	GTX 환승센터 특성을 반영한 이용자 맞춤형 최적 경로 탐색 기술 개발	실시간 정보 수집 기술 요구사항 정의 및 개념 설계	GTX 환승센터 내 실시간 정보 수집 기술 테스트용 시작품 제작 실시간 정보 기반 다목적 최적경로 알고리즘 설계	강화학습 에이전트 학습을 위한 시뮬레이터 개발 및 학습 수행 실시간 정보 기반 다목적 최적경로 모듈 개발	이용자 컨택트를 고려한 실시간 기반 다목적 최적경로 모듈 개발
핵심 3. GTX 환승센터 편의·안전 기술 실증 및 법제도 개선	GTX 환승센터 편의·안전 기술 실증 대상지 공모 실증계획 수립	GTX 환승센터 실증을 위한 통합 운영 시스템 요구사항 정의/개념 설계	GTX 환승센터 편의·안전 기술 실증 상세 시나리오 도출	GTX 환승센터 편의·안전 기술 실증을 위한 현장상비 설치 및 테스트	GTX 환승센터 편의·안전 기술 종합 테스트 및 실증운영
	GTX 환승센터 실증을 위한 통합 운영 시스템 테스트베드 구축 및 실증	교통약자 지원을 위한 자율이동체 서비스 시나리오 정의, 주요기능 설계	GTX 환승센터 실증을 위한 통합 운영 시스템 시작품 제작/단위 테스트 교통약자 지원을 위한 자율이동체 및 운영관리 시스템 핵심기능 구현	GTX 환승센터 실증을 위한 통합 운영 시스템과 세부 모듈 간 연계 및 테스트 GTX 환승센터 내 자율이동체 현장 배치/시험	비상상황 실시간 감지 기술, 비상상황 대응 및 제어 자동화 기술 간 연동 및 상호운용성 검증
	GTX 환승센터 사용자 체감형 서비스 시범운영 및 법제도 개선	GTX 환승센터 사용자 체감형 서비스 시범운영 및 법제도 개선	GTX 환승센터 사용자 체감형 서비스 시나리오 도출 및 설계	GTX 환승센터 사용자 체감형 서비스 개발	GTX 환승센터 사용자 체감형 서비스 시범운영 및 만족도 조사 수행
	GTX 환승센터 안전관리 및 혁신기술 확대를 위한 법제도 개정 전략 수립	법제도 개정 전문가 협의체 운영 및 법제도 개정 방안 구체화	GTX 환승센터 안전관리 및 혁신기술 확대를 위한 법제도 개정(안) 마련 및 의견수렴 진행	GTX 환승센터 안전관리 및 혁신기술 확대를 위한 법제도 개정	

그림 3-3-1 디지털 트윈 기반 GTX 환승안전 및 혁신기술 개발 기술 로드맵

○ 성과 로드맵

핵심기술	성과지표	1차년도 ('26)	2차년도 ('27)	3차년도 ('28)	4차년도 ('29)	최종 성과물
핵심 1. 디지털 트윈 및 생성형 AI 기반 GTX 환승센터 안전성 향상 기술 개발	무선신호 및 비전 센서 융합 기반 혼잡도 추정 정확도		90% 이상	95% 이상	98% 이상	<ul style="list-style-type: none"> GTX 환승센터 안전성 향상 기술 S/W 1식 - 디지털 트윈 기반 GTX 환승센터 비상상황 사전 예방 모듈 포함 - 생성형 AI 기반 GTX 환승센터 비상상황 신속 대응 및 자동 제어 모듈 포함
	비상상황 대응 및 제어 자동화를 위한 AI 모델 성능			80점 이상	90점 이상	
핵심 2. 이용자 중심의 GTX 환승센터 접근편의성 향상 기술 개발	GTX 환승센터 접근편의성 분석 가능 적용 대상지 수			1개 역사	1개 역사	<ul style="list-style-type: none"> GTX 환승센터 접근편의성 분석 시스템 1식 - 접근편의성 음영지역 진단 및 시나리오 기반 접근편의성 변화 예측 핵심 알고리즘 포함 - 강화학습 기반 GTX 환승센터 최적 연계교통 체계 도출 알고리즘 포함
	강화학습 기반 최적 연계교통 체계 도출 AI 모델 성능			80점 이상	90점 이상	
핵심 3. GTX 환승센터 편의·안전 기술 실증 및 법제도 개선	이용자 서비스 시나리오 도출 및 제공 건수	시나리오 도출 1건	시나리오 도출 1건	서비스 제공 1건	서비스 제공 1건	<ul style="list-style-type: none"> 현장구축을 통한 이용자 서비스 Use Case 1건 이상 현장실증 모니터링 및 통합운영 테스트를 통한 효과평가 보고서 GTX 환승센터 안전 및 편의증진을 위한 통합운영전략 가이드라인(안) 실증결과를 반영한「환승센터 및 복합환승센터 설계·배치 기준」개정 1건 GTX 환승 접근성 향상, 안전 및 편의 향상 관련 법제도 개정
	이용자 서비스 만족도			80점 이상	90점 이상	
	GTX 환승센터 안전관리 및 혁신기술 확대를 위한 법제도 개정	법제도 개정 전략수립 1건	법제도 개정(안) 마련 1건	전문가 의견수렴 및 수정(안) 마련 1건	법제도 개정 완료 1건	

그림 3-3-2 디지털 트윈 기반 GTX 환승안전 및 혁신기술 개발 성과 로드맵

2. 기술개발 내용

가. (핵심기술 1) 생성형 AI 기반 GTX 환승센터 디지털 트윈 구축 및 안전성 향상 기술 개발

- (정의)
 - GTX 환승센터 내에서 발생할 수 있는 다양한 비상상황에 사전 대응하고 신속한 자동 제어를 가능하게 하기 위해, 디지털 트윈과 생성형 AI를 융합한 기술
 - 디지털 트윈 기술을 활용하여 환승센터의 실시간 상태를 가상환경에 정밀하게 재현하고, 이를 기반으로 생성형 AI가 다양한 위기 상황을 예측·감지하여 즉각적인 대응 시나리오를 도출 및 실행하는 지능형 안전관리 체계를 구현함
- (필요성)
 - GTX 환승센터는 대규모 인원 밀집과 복잡한 구조로 인해 사고 발생 시 대형 참사로 이어질 위험이 높아, 기존의 수동적이고 정형화된 대응체계로는 한계가 있음
 - 예방 중심의 안전관리 체계 전환을 위해서는 실시간 상황을 반영한 시뮬레이션과, 변화 예측이 가능한 디지털 기반 기술이 필수적임
 - 기존 AI 시스템은 한정된 학습데이터로 인해 다양한 위기 상황 대응에 제약이 있었으나, 생성형 AI와 고정밀 디지털 트윈을 결합하면, 학습 데이터 부족 문제를 극복하고 센터 특화형 고성능 AI 대응 시스템 구축이 가능함
 - 특히, E/V, E/S 등 이동지원시설의 자동 제어를 포함한 실시간 대응 시스템은 이용자의 생명과 직결되는 핵심기술로, 향후 GTX와 같은 고밀도 철도 환승 인프라의 스마트 안전관리 표준 모델로 확산될 수 있음
- (기술개발 내용)
 - (구성기술 1) 디지털 트윈 기반 GTX 환승센터 비상상황 사전 예방 기술
 - (세부기술 1-1) GTX 환승센터 디지털 트윈 구축 및 데이터 연계를 위한 표준화 기술 개발
 - (세부기술 1-2) 디지털 트윈 기반 고정밀 시뮬레이션 및 비상상황 예측·예방 기술 개발
 - (구성기술 2) 생성형 AI 기반 GTX 환승센터 비상상황 신속 대응 및 자동 제어 기술
 - (세부기술 2-1) 무선신호 및 비전 센서 융합 기반 비상상황 실시간 감지 기술 개발
 - * GTX 환승센터 내 이동지원시설(E/S, E/V, 계단, 통로 등)의 다중밀집 상황, 안전사고 등을 무선신호 및 비전 센서 융합을 통해 실시간으로 감지
 - (세부기술 2-2) 생성형 AI 기반 비상상황 대응 및 제어 자동화 기술 개발
 - * AI 모델은 공개된 생성형 AI 파운데이션 모델을 활용하되, 자체 개발한 디지털

트윈 기반 시뮬레이션을 통해 생성한 AI 학습용 고품질 합성데이터를 활용하여 파인튜닝함으로써, GTX 환승센터에 특화된 고성능 생성형 AI 모델 개발 추진

* 다중밀집 현상 등 비상상황이 실시간으로 감지되면 자체 개발한 생성형 AI 모델을 기반으로 최적 대응 방안을 신속하게 도출하고 이에 따라 E/S 및 E/V 자동 제어, 실시간 가변동선 시스템 자동 제어 등을 수행

표 3-3-1 (핵심기술 1) 디지털 트윈 및 생성형 AI 기반 GTX 환승센터 안전성 향상 기술

구분	핵심기술	구성기술	세부기술
1	디지털 트윈 및 생성형 AI 기반 GTX 환승센터 안전성 향상 기술	1	<ul style="list-style-type: none"> 디지털 트윈 기반 GTX 환승센터 비상상황 사전 예방 기술
		2	<ul style="list-style-type: none"> 생성형 AI 기반 GTX 환승센터 비상상황 신속 대응 및 자동 제어 기술



그림 3-3-3 핵심기술 2 개념도

- (최종성과) 본 핵심연구분야의 세부기술별 성과 → 구성기술별 성과 → 최종성과를 제시

구분	세부기술별 성과	구성기술별 성과	최종성과
1	[1-1] GTX 환승센터 디지털 트윈 구축 및 데이터 연계를 위한 표준화 기술 개발 - (최종성과) GTX 환승센터 디지털 트윈 구축 - (세부성과) GTX 환승센터 디지털 트윈 구축 기술, 핵심 알고리즘, 관련 표준	[1] GTX 환승센터 비상상황 사전 예방 기술	GTX 환승센터 안전성 향상 기술 S/W
2	[1-2] 디지털 트윈 기반 고정밀 시뮬레이션 및 비상상황 예측·예방 기술 - (최종성과) 디지털 트윈 기반 고정밀 시뮬레이션, 비상상황 예측·예방 기술 - (세부성과) 보행자 시뮬레이션 모듈, 비상상황 판단 지표, 예측 알고리즘		
3	[2-1] 무선신호 및 비전 센서 융합 기반 비상상황 실시간 감지 기술 - (최종성과) 비상상황 실시간 감지 모듈 - (세부성과) 비상상황 실시간 감지 알고리즘, 비상상황 시나리오	[2] GTX 환승센터 비상상황 신속 대응 및 자동 제어 기술	
4	[2-2] 생성형 AI 기반 비상상황 대응 및 제어 자동화 기술 - (최종성과) 비상상황 대응 및 자동 제어 모듈 - (세부성과) 생성형 AI 기반 비상상황 대응 알고리즘		

나. (핵심기술 2) 이용자 중심의 GTX 환승센터 접근편의성 향상 기술 개발

- (정의)
 - GTX 환승센터를 중심으로 이용자의 이동편의성을 극대화하기 위한 기술로, 환승센터 접근경로의 사각지대를 해소하고, 실시간 정보와 이용자 맞춤 요소를 반영한 최적의 연계교통 및 이동경로를 도출하는 기술
 - 지능형 연계교통 체계, 강화학습 기반 AI 모델, 실시간 정보 수집 및 맞춤형 경로 탐색 알고리즘을 통해 대규모 환승 환경 내 이용자 편의성과 효율성을 향상시키는 데 목적이 있음
- (필요성)
 - GTX는 광역급행철도로서 도시 간 고속 이동을 지원하지만, 정작 최종 목적지까지의 접근성 부족과 환승불편이 전체 이동 만족도를 저하시키는 주요 요인으로 작용함
 - 기존 연계교통 체계는 정형화된 노선 기반이며, 환승센터의 실시간 혼잡도나 이용자 특성을 반영하지 못해 맞춤형 이동지원에 한계가 있음
 - GTX 환승센터는 대심도·대규모 구조로 설계되어 있어 실시간 정보 기반의 정밀한 경로 안내가 필요하며, 고밀도 환승 흐름의 최적화를 위해 AI 기반의 연계 및 경로 의사결정 기술이 요구됨
 - 이러한 기술 개발은 GTX의 실질적인 수혜범위를 확대하고, 이용자의 체감 접근성을 향상시켜, 대중교통 이용률 증대 및 교통혼잡 완화에도 기여할 수 있음
- (기술개발 내용)
 - (구성기술 3) GTX 수혜범위 확대를 위한 지능형 최적 연계교통 체계 도출 기술 개발
 - (세부기술 3-1) GTX 환승센터 접근편의성 진단 및 음영지역 도출 기술 개발
 - (세부기술 3-2) 시나리오 기반 접근편의성 변화(신규수단 도입, 노선 변경 등) 예측 기술 개발
 - (세부기술 3-3) 강화학습 기반 최적 연계교통 체계 도출 AI 모델 개발
 - * AI 모델은 강화학습 모델을 활용할 예정이며, 접근편의성 진단 및 변화 예측 기술을 강화학습 에이전트의 학습을 위한 시뮬레이터로 고도화하여 활용함으로써 대규모 학습 수행 및 성능 개선 추진
 - (구성기술 4) GTX 환승센터 특성을 반영한 이용자 맞춤형 최적 경로 탐색 기술 개발
 - (세부기술 4-1) GTX 환승센터 실시간 정보 수집 및 연계 기술 개발
 - (세부기술 4-2) 실시간 정보 및 이용자 컨텍스트 기반 다목적 최적 경로 탐색 알고리즘 개발
 - * 기존 소요시간 중심의 획일화된 최적 경로 탐색과는 달리, 대규모·대심도 GTX

환승센터 내 실시간 정보(경로별 다중밀집 상황, E/S 및 E/V 대기시간 등) 및
이용자 특성·목적을 종합적으로 고려한 최적 경로 탐색 알고리즘 개발

표 3-3-2 (핵심기술 1) 모빌리티 데이터 연계 플랫폼 기술개발 구성

구분	핵심기술	구성기술		세부기술
1	이용자 중심의 GTX 환승센터 접근편의성 향상 기술	3	GTX 수혜범위 확대를 위한 지능형 최적 연계교통 체계 도출 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> GTX 환승센터 접근편의성 진단 및 음영지역 도출 기술 개발 시나리오 기반 접근편의성 변화(신규수단 도입, 노선 변경 등) 예측 기술 개발 강화학습 기반 최적 연계교통 체계 도출 AI 모델 개발
		4	GTX 환승센터 특성을 반영한 이용자 맞춤형 최적 경로 탐색 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> GTX 환승센터 실시간 정보 수집 및 연계 기술 개발 실시간 정보 및 이용자 컨텍스트 기반 다목적 최적 경로 탐색 알고리즘 개발

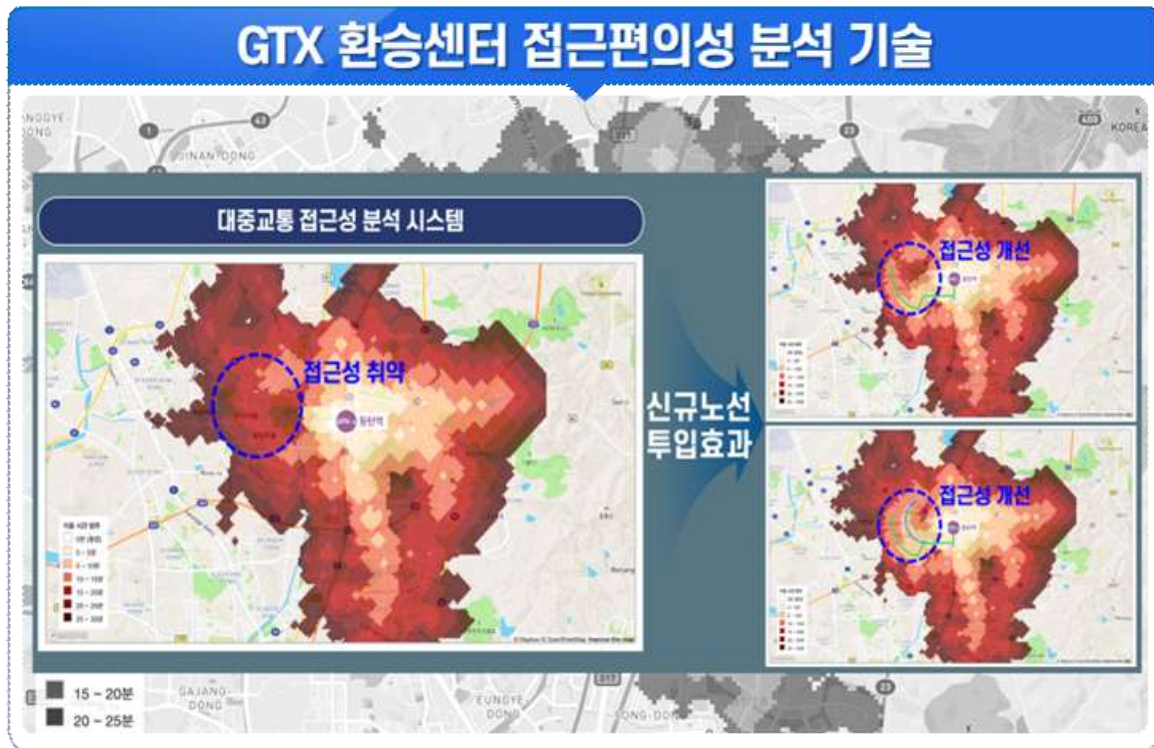


그림 3-3-4 핵심기술 1 개념도

- (최종성과) 본 핵심연구분야의 세부기술별 성과 → 구성기술별 성과 → 최종성과를 제시

구분	세부기술별 성과	구성기술별 성과	최종성과
1	[3-1] GTX 환승센터 접근편의성 진단 및 음영지역 도출 기술 - (최종성과) 접근편의성 진단 기술, 음영지역 도출 기술 - (세부성과) 접근편의성 및 음영지역 도출 지표, 핵심 알고리즘	[1] 최적 연계교통체계 도출 기술	GTX 환승센터 접근편의성 분석 시스템
2	[3-2] 시나리오 기반 접근 편의성 변화 예측 기술 - (최종성과) 접근 편의성 변화 예측 기술 - (세부성과) 시나리오 정의, 접근성 변화 예측 알고리즘		
3	[3-3] 강화학습 기반 최적 연계교통 체계 도출 AI 모델 개발 - (최종성과) 최적 연계교통 체계 도출 모델 - (세부성과) 최적 연계교통 체계 판단 지표, 최적 AI 모델		
4	[4-1] GTX 환승센터 실시간 정보 수집 및 연계 기술 개발 - (최종성과) 환승센터 실시간 정보 수집 및 연계 기술 - (세부성과) 실시간 정보 연계 정의서, 데이터 DB 정의서	[2] 이용자 맞춤형 최적 경로 탐색 기술	
5	[4-2] 실시간 정보 및 이용자 컨텍스트 기반 다목적 최적 경로 탐색 알고리즘 개발 - (최종성과) 최적 경로 탐색 알고리즘 - (세부성과) 최적 경로 탐색 판단 기준, 핵심 알고리즘		

다. (핵심기술 3) GTX 환승센터 편의·안전 기술 실증 및 법제도 개선

○ (정의)

- GTX 환승센터의 이용자 편의성과 안전성을 실질적으로 향상시키기 위해 개발된 기술을 현장 실증하고, 그 결과를 기반으로 제도 개선까지 연계하는 기술 및 정책 융합형 연구 분야
- 통합 운영 시스템 기반의 테스트베드를 구축하고, 이용자 체감형 서비스를 시범운영하며, 실증 성과를 반영하여 설계·운영 기준 등 관련 법·제도 개선을 추진함으로써, GTX 환승센터의 고도화된 운영체계를 마련하는 것을 목표로 함

○ (필요성)

- GTX 환승센터는 고속성과 대규모 환승이 동시에 요구되는 복합 인프라로서, 이론적 기술 개발만으로는 실효성 확보에 한계가 있어, 현장 실증 기반의 검증이 필수적임
- 교통약자 지원, 개인맞춤형 경로 제공 등 이용자 체감형 서비스 도입이 중요하지만, 현행 기준 및 법제도는 기존 교통수단 중심으로 구성되어 있어 GTX 특성과 부합하

지 않는 경우가 많음

- 실증과 법제도 개선이 연계되지 않을 경우, 개발된 기술의 현장 적용이 지연되거나 좌초될 가능성이 있어, 기술 상용화와 정책 수용성 확보를 위한 동시 추진 체계가 필요함
- 또한, 법적 기준 개정은 향후 표준모델 확산과 전국 단위 적용을 위한 기반 마련으로 작용하므로, 기술 실증과 병행하여 제도 개선까지 포괄하는 전략적 접근이 요구됨

○ (기술개발 내용)

- (구성기술 5) GTX 환승센터 편의·안전 기술 테스트베드 구축 및 실증
 - (세부기술 5-1) 실증을 위한 통합 운영시스템 개발 및 현장 설치 테스트
 - * 실증 대상지 특성을 고려한 GTX 환승센터 편의·안전 기술 통합 실증 계획 수립, 실증을 위한 통합 운영 시스템 개발, 현장 장비 설치 및 테스트
 - (세부기술 5-2) GTX 환승센터 편의·안전 기술 실증 운영
- (구성기술 6) GTX 환승센터 이용자 체감형 서비스 시범운영 및 법제도 개선
 - (세부기술 6-1) GTX 환승센터 이용자 체감형 서비스 시범운영
 - * 실시간 정보(다중밀집 상황, E/S 및 E/V 대기시간 등) 및 이용자 특성·목적에 고려한 개인맞춤형 최적·안전 경로 안내, 교통약자 지원을 위한 자율이동체 서비스 제공 등 이용자 체감형 서비스 시범운영
 - (세부기술 6-2) 관련 법제도 개정 추진
 - * 실증결과를 반영한 「환승센터 및 복합환승센터 설계·배치 기준」 개정 추진

표 3-3-3 (핵심기술 3) GTX 환승센터 편의·안전 기술 실증 및 법제도 개선

구분	핵심기술	구성기술		세부기술
1	GTX 환승센터 편의·안전 기술 실증 및 법제도 개선	5	GTX 환승센터 편의·안전 기술 테스트베드 구축 및 실증	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 실증을 위한 통합 운영시스템 개발 및 현장 설치 테스트 ▪ GTX 환승센터 편의·안전 기술 실증 운영
		6	GTX 환승센터 이용자 체감형 서비스 시범운영 및 법제도 개선	<ul style="list-style-type: none"> ▪ GTX 환승센터 이용자 체감형 서비스 시범운영 ▪ 관련 법제도 개정 추진



그림 3-3-5 핵심기술 3 개념도

○ (최종성과) 본 핵심연구분야의 세부기술별 성과 → 구성기술별 성과 → 최종성과를 제시

구분	세부기술별 성과	구성기술별 성과	최종성과
1	[5-1] 실증을 위한 통합 운영시스템 개발 및 현장 설치 테스트 - (최종성과) 통합 운영시스템 개발 - (세부성과) 실증 계획 수립, 현장 장비 설치, 테스트 보고서	[5] GTX 환승센터 편의·안전 기술 테스트베드 구축 및 실증	통합운영전략 가이드라인(안) 효과평가 보고서
2	[5-2] GTX 환승센터 편의·안전 기술 실증 운영 - (최종성과) GTX 환승센터 편의·안전 기술 실증 - (세부성과) 통합운영 전략 가이드라인		
3	[6-1] GTX 환승센터 이용자 체감형 서비스 시범운영 - (최종성과) 이용자 서비스 시범운영 - (세부성과) 이용자 서비스 Use Case 1건 이상	[6] GTX 환승센터 이용자 체감형 서비스 시범운영 및 법제도 개선	법제도 개정(안)
4	[6-2] 관련 법제도 개정 추진 - (최종성과) 법제도 개정(안) - (세부성과) GTX 환승 접근성 향상, 안전 및 편의 향상 관련 법제도 검토, 개정(안)		

3. GTX 환승안전 및 혁신기술 개발사업 실증 방안

- R&D를 통해 개발한 기술은 기술별로 GTX-A 강남권 광역복합환승센터(영동대로 지하 공간, 삼성역 부근) 실시설계 및 구축시 반영하여, 실증 및 사후 모니터링 추진
 - 1-2년차 실시설계에 반영, '2-3년차 구축 후, '28년 개통 이후 4년차 현장 실증을 통해, GTX 환승안전 및 혁신 성능 개선 및 고도화
 - * 서울시, 영동대로 지하공간 복합개발 사업 추진 로드맵은 아래와 같이 구성되며, 사업은 토목공사/건축시스템공사/스마트통합운영시스템구축으로 구분되어, ㉠ 공정이 본 사업과 연계된 사업임
 - * 본 사업의 기획연구진은“강남권 광역복합환승센터 스마트 통합운영시스템 설계 용역('21.12)” 과업을 수행하여, 디지털 기반 시스템 개념을 기본설계에 반영 完. 서울시 스마트 통합운영시스템 구축사업(삼성역 부근)은 26년 4월 실시설계/구축 착수 예정으로, 본 사업의 성과품을 활용, 실증 적기임

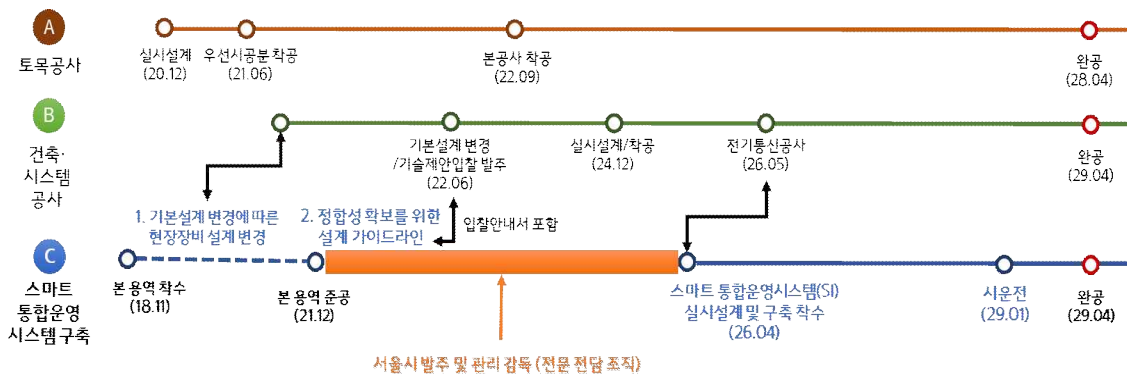


그림 3-3-6 영동대로 지하공간 복합개발 사업 추진 로드맵

- 서울시 강남권광역복합환승센터 스마트 통합운영시스템 구축사업과 연계하여, 본 사업의 실증 추진을 위한 시나리오 제시

[대광위] 디지털 트윈 기반 GTX 환승안전 및 혁신기술 개발

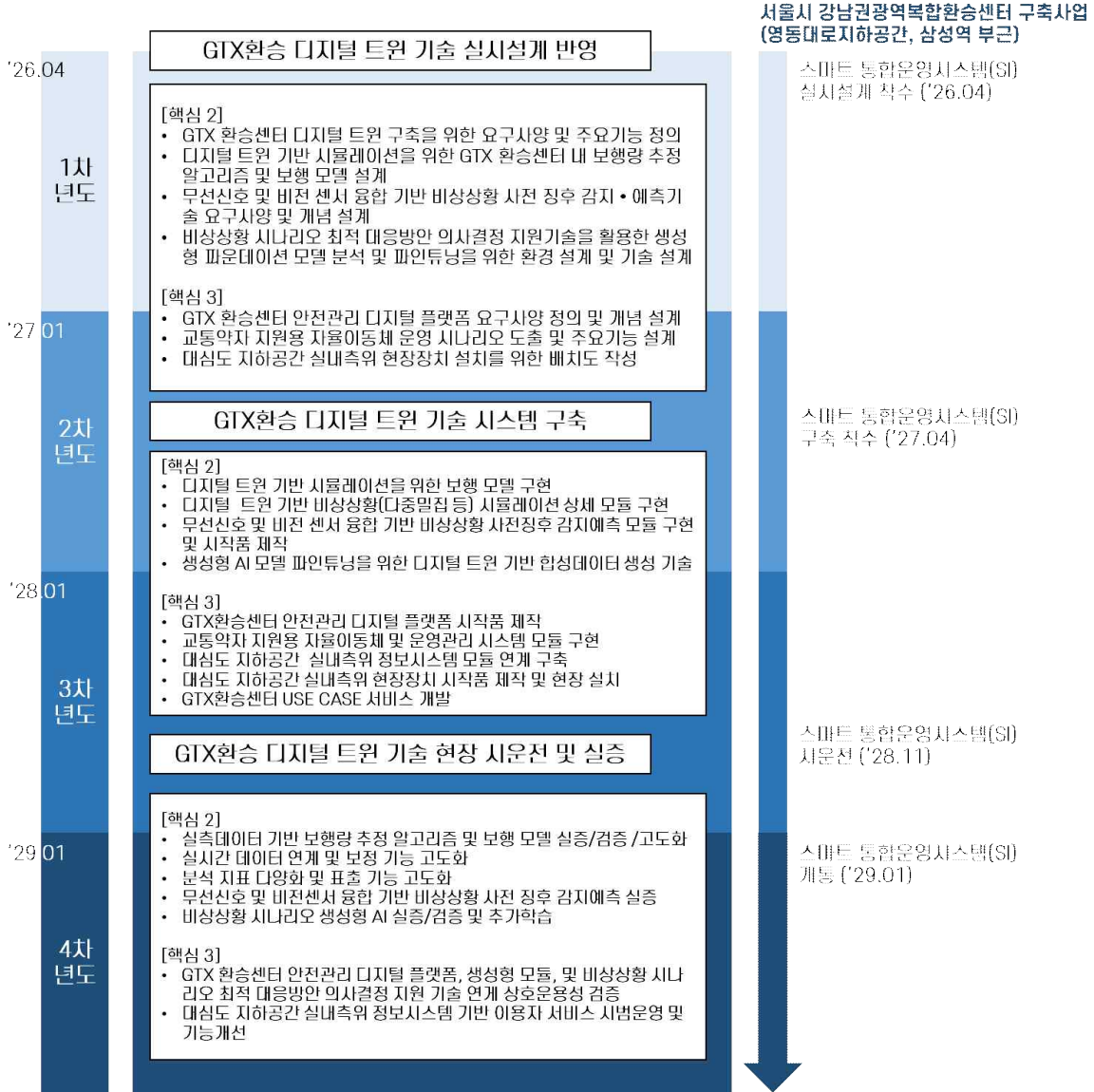


그림 3-3-7 본 사업 실증 추진을 위한 실증 시나리오(안)

제4절 사업 운영계획 및 소요예산

1. 사업 추진체계 및 역할 분담

- 대도시권광역교통위원회 소관사업으로 전문기관, 운영·평가위원회, 핵심과제로 구성

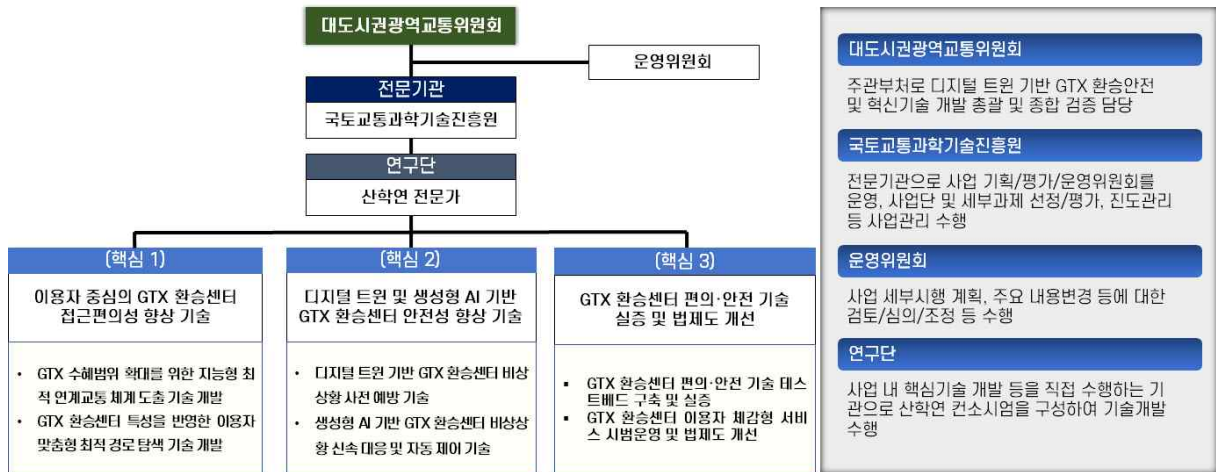


그림 3-4-1 사업추진체계 및 역할

- [사업총괄부처 : 대도시권광역교통위원회] 사업 총괄 담당, 정책방향 수립 및 예산지원
- [사업관리기관 : 국토교통과학기술진흥원] 본 사업의 기획, 공모, 평가, 관리, 성과확산 및 활용업무 등 관계법령에 따른 수행과제 전주기의 실무를 담당
 - 연구개발 관리 계획, 단계·종료 평가 결과 등에 대한 검토 및 승인
 - ‘국토교통과학기술 육성법’ 제16조에 의거, 연구개발 사업의 기획, 관리, 평가 등을 효율적으로 지원하기 위하여 설립된 국토교통과학기술진흥원이 전문기관 역할을 수행
- [운영위원회] 사업 관련 행정절차, 추진관리, 연구개발 계획 등 주요 사안에 대한 심의·의결
 - 운영위원회는 위원장 1명을 포함하여 10인 내외의 위원으로 구성하며, 국토교통부 소속 1인은 당연직 위원으로 위촉
- [평가위원회] 사업의 진도 및 연구개발 성과에 대한 검증 및 평가 수행
 - 각 기술분야의 산학연 전문가 10인 내외로 구성하며, 관계 법령에 따라 선정평가, 단계 평가, 최종평가 등을 시행
- [주관 및 참여기관] 주관기관은 산·학·연으로 구성하되, 연구 컨소시엄 구성 가능
- [핵심과제] 연구과제별 공모를 통해 수행기관을 선정하며, 선정기관은 연구과제 추진방향

에 따라 과업을 수행

- 동 사업의 참여기관은 ‘국토교통과학기술 육성법’의 기준*에 따라 국내 연구기관, 산업체, 대학, 공공기관 등 포괄적으로 참여 가능

* ‘국토교통과학기술 육성법’(시행 2018.1.18, 법률 제14545호) 제8조, 동법 시행령(시행 2018.1.1, 대통령령 제 27280호) 제7조, 동법 시행규칙(시행 2016.6.30, 국토교통부령 제323호) 제3조에 의한 기관

표 3-4-1 모빌리티 연계환승 혁신기술개발 사업 주체별 주요기능 및 역할

구 분	주요 기능 및 역할
국토교통부	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 사업전반적 사항에 대한 의사결정 및 총괄책임 ▪ 사업 비전 목표 및 사업추진방향 및 중점분야 선정 ▪ 자원투입 방향 및 규모의 조정 ▪ 사업 추진계획 수립 ▪ 사업공고, 사업대상 선정 등
국토교통과학기술진흥원 [KAIA]	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 연구계획서 접수 및 평가 ▪ 협약관리 ▪ 운영지침 마련 및 업무체계 구축 ▪ 선정, 단계, 최종 평가계획 수립 및 시행
운영위원회	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 사업 관련 행정절차, 추진관리, 연구개발 계획 등 주요 사안에 대한 심의·의결
평가위원회	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 사업의 진도 및 연구개발 성과에 대한 검증 및 평가 수행
주관참여기관	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 연구 컨소시엄 구성운영 ▪ 핵심기술 개발 및 실증 등 연구수행

2. 사업관리 방안

가. 사업관리 프로세스

- 동 사업은 국토교통부 국토교통과학기술진흥원, 주관기관을 중심으로 기획→평가→관리→활용 4단계의 사업관리체계를 구축하여 운영
- 주관연구기관 선정 및 평가 등 사업운영 전반적인 절차는 전문기관인 국토교통과학기술진흥원[KAIA]을 중심으로 수행하며, 주요 사업추진 절차는 아래와 같음

표 3-4-2 사업추진절차

단계	프로세스		수행 주체	내용
Ⅰ기획	수요조사		국토교통과학기술진흥원	○ 수요조사 실시 (지정공모, 품목지정 과제에 한함)
	↓			
	사업시행계획		국토교통부 국토교통과학기술진흥원	○ 사업시행계획 수립 및 심의·확정
Ⅱ평가	사업시행 공고		국토교통과학기술진흥원	○ 사업시행 공고 (사업안내서 및 과제제안요구서(RFP) 포함)
	↓			
	과제신청 및 접수		국토교통과학기술진흥원	○ 연구기관 : 신규과제 연구개발계획서 작성 및 신청 ○ 국토교통과학기술진흥원 : 연구개발계획서 접수
	↓			
	과제선정 및 평가		국토교통과학기술진흥원	○ 사전검토 → 전문가평가(서면발표평가) → 조정 및 협의
	↓			
	협약체결		국토교통과학기술진흥원	○ 협약체결 - 국토교통과학기술진흥원 ↔ 주관연구기관 - 주관연구기관 ↔ 참여기관, 위탁기관 등 ○ 사업비 지급
Ⅲ관리	성과관리	사업관리	국토교통과학기술진흥원 [연중]	○ 사업관리 ○ 단계평가 (진도점검 및 중간평가) ○ 최종평가
Ⅳ활용	성과활용	성과연계 및 확산	국토교통과학기술진흥원 주관참여기관	○ 사업화 등 연구성과 활용 (과제별 상이) ○ 국토교통과학기술진흥원 : 상과현황 및 활용보고서 관리 및 추적평가실시 ○ 연구기관 : 성과보고 및 활용보고서 제출

나. 단계별 평가관리 절차 및 기준

(1) 선정평가

- 전문기관인 국토교통과학기술진흥원이 연구과제 공고에서 최종선정에서 협약까지 전반적인 주관기관 선정 업무를 수행
 - 세부과제 선정시에는 사업단장과 협의하여 공모하고, 세부과제 공모내용 중에는 사업단의 운영에 필요한 사항이 포함되도록 공고

표 3-4-3 주관기관 선정절차

프로세스	주요 내용
신청서류 접수 [국토교통과학기술진흥원]	○ 연구개발계획서 등 신청서류 접수
↓	
선정평가 계획수립 [국토교통과학기술진흥원]	○ 선정평가 절차 및 일정계획 수립 안내
↓	
사전검토 [국토교통과학기술진흥원]	○ 과제담당자 사전검토 - 신청서류 적합성, RFP 부합여부, 중복성 조사내용 등
↓	
연구과제 평가단 구성 [국토교통과학기술진흥원]	○ 전문가 중심의 연구과제 평가단 구성 (이해관계인 제척)
↓	
선정평가 실시 [국토교통과학기술진흥원]	○ 서면평가, 온라인 평가, 발표평가, 현장평가 중 하나 이상의 방법 - 고가(3천만원 이상) 연구장비 심의
↓	
평가결과 보고 및 통보 [국토교통과학기술진흥원]	○ 선정평가 결과 국토부보고 ○ 평가결과 신청기관 통보 및 협약체결 안내
↓	
협약체결 [국토교통과학기술진흥원 ↔ 주관연구기관]	○ 선정기관은 평가위원 의견을 반영 조치하여 협약체결

- [사전검토] 신청기관이 제출한 연구개발계획서에 대한 과제제안요구서(RFP)와의 부합성, 타 과제와의 중복성 등 사전검토 자료를 연구과제 평가단에 제공 가능
- [평가방법] 서면평가, 온라인 평가, 대면(발표) 평가, 현장평가 중 하나 이상의 방법을 선택하여 실시
- [평가항목 및 배점] 개별 평가계획 수립시 「국토교통R&D 평가 업무매뉴얼」의 평가항목 및 배점을 참고하되 연구과제의 유형을 고려하여 평가항목과 배점을 달리할 수 있음
- [평가결과의 산정] 종합평가점수 산정시 「국토교통 연구개발사업 관리지침」 제17조에 따라 과제 획득점수를 기준으로 가점 및 감점을 부여 가능하며, 이를 반영한 과제별 최종점수로 지원대상 기관 선정
- [평가결과의 조치] 선정평가 결과를 국토교통부장관에게 보고하고, 평가위원의 명단

및 종합의견 등 평가결과를 신청기관에 통보 후 연구과제 평가단 의견 등을 반영 및 보완하여 협약 추진

표 3-4-4 선정평가 기준(안)

평가항목	배점	평가내용
기술개발 추진계획	20	기술개발 계획목표 및 범위의 명확성
		기술개발 추진체계 및 참여인력구성의 적정성
		기술개발을 위한 사업비 책정의 타당성 및 구체성
도전성과 창의성	15	기존 기술대비 도전성, 창의성, 차별성
		창의적 기술로 신규 시장 창출 및 개척가능성
주관기관 기술개발역량	15	연구책임자의 역량
		주관기관의 기술개발 역량
기술의 우수성	20	기술개발의 완성도, 혁신성, 차별성
		기술개발 조기 성공 가능성
		기술의 수명주기상의 위치
		기술의 권리 확보 및 모방용이성
기술의 사업성	15	세부기술간 패키지 기술개발 가능성
		마케팅 계획, 예상 판로의 다양성 및 구축정도
		생산기반의 확보 및 생산성
기술의 시장성	15	사업화대상기술의 시장 규모 및 시장 성장 가능성
		해당산업의 시장 경쟁구도 및 진입장벽, 예상시장 점유율
		사업화대상기술 및 해당산업의 경제적 파급효과
합계	100	

- 사업단 총괄기관 및 사업단장의 선정은 서류평가(50%)와 발표평가(50%)로 진행하고, 「국토교통연구개발사업 사업단과제 관리지침」 제9조(별표2)에 따른 선정평가항목을 적용

표 3-4-5 사업단(장) 선정평가 기준(안)

구분	서류평가	발표평가
주요항목	• 연구수행계획	• 사업단장 역량
	• 사업단 추진전략	• 사업단 운영 및 관리방안
	• 사업단장 수행역량	• 성과활용 방안
	• 사업단 총괄기관 역량	• 사업단 총괄기관 역량

(2) 중간평가

- 주관연구기관은 중간(단계)실적·계획서를 연구개발 종료 1개월 전까지 전문기관에 제출 하도록 하고 전문기관은 이를 평가하여 다음 단계 연구지원 여부 및 지원 연구비를 확정 함
- 연구책임자가 제시한 마일스톤의 목표 달성여부를 확인 및 평가하고, 과제 진척도 및 성과추적 등이 가능하도록 전주기적 온라인 연구실적 및 성과정보 모니터링 시스템을 구축·운영

표 3-4-6 중간평가절차

프로세스	주요 내용
중간단계 평가 계획수립 [국토교통과학기술진흥원]	○ 중간단계 평가 절차 및 일정계획 수립 및 안내
중간단계 평가 자료제출 [주관연구기관]	○ 중간단계 실적계획서, 성과점검기준표 증빙서류 등 평가자료 제출
사전검토 [국토교통과학기술진흥원]	○ 과제담당자 사전검토 - 연구성과 질적·양적 달성도 - 연구계획 변경내용 - 실용화 점검결과 반영내용 - 연구비 집행실적 및 이월 신청 등
연구과제 평가단 구성 [국토교통과학기술진흥원]	○ 전문가 중심의 연구과제 평가단 구성 (이해관계인 제척)
중간단계 평가 실시 [국토교통과학기술진흥원]	○ 해당 단계 실적평가 및 다음단계 계획 검토
중간단계 평가 결과 보고 및 통보 [국토교통과학기술진흥원]	○ 중간단계 평가결과 국토부 보고 ○ 중간단계 평가결과 주관기관 통보 및 협약체결 안내
협약체결 [국토교통과학기술진흥원 ↔ 주관연구기관]	○ 중간단계 평가결과를 반영하여 차년도 협약체결

- [사전검토] 주관연구기관이 제출한 중간(단계)실적·계획서, 성과점검 기준표 등을 전담 기관 담당자가 사전검토하고, 검토 내역을 평가단에 제공 가능
- [평가방법] 온라인 평가, 대면(발표) 평가, 현장평가 중 하나 이상의 방법을 선택하여 실시
- [평가항목 및 배점] 중간(단계) 평가계획 수립시 「국토교통R&D 평가 업무매뉴얼」의 평가항목 및 배점을 참고하되 연구과제의 유형을 고려하여 평가항목과 배점을 달리할 수 있음
 - (기본방향) 원칙적으로 정성평가 실시, 연구목표 달성도 등 일부 평가항목은 정량평가 실시 가능
 - (실적) 해당 단계의 핵심성과 중심의 질적 달성수준을 중심으로 점수평가 실시
 - (계획) 최종목표 달성을 위해 수립된 다음 단계 연구계획의 적정성에 대한 연구과제 평가단의 검토를 통해 “일부보완” 또는 “전면수정” 판정
- (평가결과의 산정) 종합평가점수 산정시 연구과제 평가단 평가점수(90%) 및 진도관리 평가결과(10%)를 기준으로 종합평가점수를 정하되, 진도관리 평가 생략시 평가단 결과만으로 종합평가점수를 정함
- (평가결과의 조치) 실적 종합평가점수에 따라 과제의 ‘계속지원’(60점 이상) 또는 ‘지원중

단' (60점 미만)으로 판정하고, 실적 종합평가점수에 따라 평가단위 과제의 연구수당 지급기준을 차등적용함

- '계속지원' 대상과제는 평가결과 및 종합의견을 통보하고, 보완대비표 및 연차(단계)실적 계획서 등을 수정 보완 요청

(3) 상시 모니터링 및 마일스톤 점검

- 본 사업은 국토교통과학기술진흥원의 사업실, 사업단 등을 통해 사업수행과정을 정기적으로 모니터링함으로써 사업 실패 확률을 최소화하여 운영
- 세부과제별 연구책임자가 제시한 마일스톤에 입각하여 연구 진척도 및 목표달성도에 대한 진도관리와 연구성과를 모니터링하고, 이를 평가와 연계- 과제 진척도와 성과 추적 등이 가능하도록 주기적 온라인 연구실적·성과정보 모니터링 시스템을 운영



그림 3-4-2 과제관리 프로세스

(4) 최종평가

- 최종평가는 연구목표 달성도와 연구결과의 우수성을 중심으로 평가하며, 평가지표를 산출 및 결과지표 위주로 설계하여 평가를 진행
 - [연구목표 달성도] 사업특성을 평가하는 지표와 각 세부과제별 연구목표 달성도를 평가하는 지표를 설계
 - [연구결과 우수성] 과학적 성과와 사회경제적 성과를 중심으로 파악하여, 모빌리티 연계·환승혁신기술개발사업의 목적 달성을 통한 사회경제적 기여도를 평가

표 3-4-7 최종평가 중점항목 및 평가지표(예시)

구 분	세부 평가 항목		가중치
연구목표 달성도	개발목표의 달성도	- 계획 대비 목표의 정량적 달성도 - 핵심 기술개발 내용의 질적 수준 - 마일스톤(TRL) 계획 대비 달성 수준	10
	수행결과의 파급효과	- 연구결과의 기술적·사회적 기여도 - 기술이전 및 매출 발생 실적 - 상위사업 성과목표 달성 기여도	10
기술성	기술개발 결과의 혁신성	- 글로벌 사업화를 위해 국외 특허 출원/등록을 하였는가?	15
	기설적 파급효과	- 다른 기술 분야로의 파급효과 및 사회적 기여가 가능한가?	15
경제성 및 사업성	사업화추진전략의 적정성	- 투자 계획은 적정한가? - 시장 진출 시 경제적, 제도적인 면에서 용이하고 점유 가능한가?	25
	경제성	- 기술개발을 통하여 추가적인 가치창출이 가능한가? - (매출, 수익, 수입대체, 수출효과, 고용창출 등)	25

- 최종평가 결과 종합점수에 따라 과제의 성광(60점 이상) 또는 실패(60점 미만) 판정, 실패로 판정받은 과제는 연구개발과제 수행실태 등 점검을 통해 성실수행 여부를 확인하고, 그 결과에 따라 참여제한 등의 조치
 - ‘실패’로 판정받은 과제는 연구개발과제 수행실태 등 점검을 통해 성실수행 여부를 확인하고, 그 결과에 따라 참여제한 등 조치
 - 최종평가 후 연구개발결과의 활용 촉진을 위해 연구종료 3년 이내에 연구개발 결과의 활용을 위한 추적평가 실시

표 3-4-8 최종평가절차

프로세스	주요 내용
최종 평가 계획수립 [국토교통과학기술진흥원]	○ 최종평가 절차 및 일정 계획 수립 및 안내
↓	
최종평가 자료제출 [주관연구기관]	○ 최종보고서, 성과점검기준표, 자체평가보고서, 연구개발결과 활용계획서 등 평가자료 제출
↓	
사전검토 [국토교통과학기술진흥원]	○ 과제담당자 사전검토 - 연구성과 질적·양적 달성도 - 당초 연구개발 계획 대비 수행여부 - 연구성과 활용계획의 적정성 등
↓	
연구과제 평가단 구성 [국토교통과학기술진흥원]	○ 전문가 중심의 연구과제 평가단 구성 (이해관계인 제척)
↓	
최종평가 실시 [국토교통과학기술진흥원]	○ 연구개발 목표 달성여부, 연구성과 우수성 등에 대한 평가
↓	
최종평가 결과 보고 및 통보 [국토교통과학기술진흥원]	○ 최종평가결과 국토부 보고 ○ 최종평가결과 주관기관 통보 및 보완요청
↓	
최종보고서 발간배포 [주관연구기관]	○ 최종보고서 보완본 필수 배포처 배포 - 총 수행기간 종료일로부터 45일 이내에 최종보고서파일 제출

다. 성과관리 계획

(1) 성과관리 기본방향

- 동 사업의 연구성과 활용은 정부의 「연구성과 관리·활용 기본계획」의 정책기조에 부합토록 활용체계를 운영
 - 연구성과의 기술성과 시장성·사업성 간의 간극을 간소화하고, 성과활용 중심의 연구개발 혁신과 유기적 협력체제 구축을 통해 일자리 창출 및 경제활성화 견인

표 3-4-9 성과관리 관련 법 규정

주요내용	관련 법	내용
성과계획서	국가재정법 제34조, 제71조	예산안의 첨부서류를 성과계획서로 규정
성과보고서	국가회계법 제14조 내지 15조	결산보고서의 구성요소로 성과보고서 규정
재정사업자율평가	국가재정법 시행령 제 39조의 3	재정사업 자율평가 실시
재정사업심층평가	국가재정법 시행령 제 39조의 3	심층평가 실시

(2) 성과관리 계획

- 성과계획-성과관리-성과평가-활용지원-성과활용 등 기획부터 연구성과 활용까지 연구전주기적으로 연구성과 활용체계를 구축·운영
 - (성과계획) 사업기획시부터 기술개발과제의 최종성과물을 제시하고 연구책임자는 구체적인 성과지표·목표, 성과도출 마일스톤, 성과활용방안 등을 연구개발계획에 제시하여 연구수행 및 성과를 도출하며, 중간(단계)평가 결과를 반영하여 필요한 경우 성과계획을 수정 보완 실시
 - (성과관리) 전문기관 및 사업단은 사업기획시 제시한 사업관리방안에 따라 세부과제별 연구성과 도출 및 진척도 등을 모니터링하고, 진도점검을 실시
 - (성과평가) 전문기관은 주관기관과 협의하여 중간 평가를 통해 성과목표 달성 등 연구목표 달성도와 다음단계 연구계획을 평가하고, 연구종료시에는 최종 성과목표 달성 여부를 평가
 - (성과활용 지원) 전문기관은 연구성과의 활용촉진 및 확산을 위해 인프라 지원(기술가치평가, 금융연계 지원), 기술사업화 및 기술이전 컨설팅, 시장지출 지원(기술설명회, 공공구매협의체 등) 등 성과활용 지원체계를 운영
 - (성과활용) 대학, 연구소, 기업 등 연구에 참여한 기관들은 연구성과를 활용하여 현장 적용, 기술사업화 달성, 정책·제도 반영, 지식재산권 확보 등 실시

(3) 성과분석

- 국토교통부와 국토교통과학기술진흥원은 매년 연구성과 조사·분석·평가를 통해 연구성과 활용체계 운영을 점검하고, 성과관리 및 평가 개선, 활용지원 체계 확대 등 연구성과 활용체계를 개선
 - 성과분석기관은 성과자료를 제출받아 확인, 취합하여 성과자료 DB를 구축하고, 이를 활용하여 성과검증 및 분석을 수행
- 국토교통과학기술진흥원은 성과분석 결과를 확정하고, 중간 및 최종평가에 이를 활용함으로써 지원유지 여부 결정이나 예산조정 반영 등 사업운영에 피드백

(4) 추적평가

- 성과의 활용 및 확산을 위하여 과제종료 후 5년간 발생성과에 대한 정기적 추적평가를 실시하여 성과의 사후관리를 수행
 - (체계 및 담당기관) 국토교통과학기술진흥원의 성과활용조사·평가 전문가가 추적(성과)평가 실무를 담당하고, 사업단 및 세부과제 수행기관과 유기적으로 협력하여 성과평가 실시
 - (성과평가 담당자) 사업종료 후 성과평가 업무 전담
 - (관리체계) 국토교통과학기술진흥원은 사업 전반적인 기획, 운영 지식을 바탕으로 성과평가 실무자와 협의하여 성과평가 업무 진행방향 설정, 평가체계 수립, 평가결과의 환류 시스템 등 종합관리자로서 추진위원회에 보고
 - 사업단은 성과계획 및 성과결과분석 보고서를 작성, 제출하고 전문기관, 수행기관 및 외부 평가 관계자들 간 성과 공유·활용
- 국토교통과학기술진흥원의 성과활용·조사평가 전문가가 추적(성과) 평가 실무를 담당하고, 주관기관과 유기적으로 협력하여 평가를 실시함

3. 성과 활용 및 확산 방안

가. 성과 활용체계 및 사업 이해관계

(1) 연구성과 활용체계

- 동 사업 연구성과의 기술성과 시장성·사업성 간의 간극을 간소화하고, 성과활용 중심의 연구개발을 통해 일자리 창출 및 경제 활성화를 견인하는 등 정부의 「연구성과 관리·활용 기본계획」의 정책기조에 부합토록 활용체계를 운영
- 성과계획-성과관리-성과평가-활용지원-성과활용 등 기획부터 연구성과 활용까지 연구 전주기적으로 연구성과 활용체계를 구축·운영
 - (성과계획) 사업기획시부터 기술개발과제의 최종성과물을 제시하고, 연구책임자는 구체적인 성과지표·목표, 성과도출 마일스톤, 성과활용방안 등을 연구개발계획에 제시하여 연구수행 및 성과를 도출하며, 중간(단계)평가 결과를 반영하여 필요한 경우 성과계획을 수정 보완 실시
 - (성과관리) 전문기관 및 사업단은 사업기획시 제시한 사업관리방안에 따라 세부과제별 연구성과 도출 및 진척도 등을 모니터링하고, 진도점검을 실시
 - (성과평가) 전문기관은 사업단과 협의하여 중간(연차, 단계) 평가를 통해 성과목표 달성 등 연구목표 달성도와 차년도(다음단계) 연구계획을 평가하고, 연구종료시에는 최종 성과목표 달성 여부를 평가
 - (성과활용 지원) 전문기관은 연구성과의 활용촉진 및 확산을 위해 인프라 지원(기술가치평가, 금융연계 지원), 기술사업화 및 기술이전 컨설팅, 시장진출 지원(기술설명회, 공공구매협약체 등) 등 성과활용 지원체계를 운영
 - (성과활용) 대학, 연구소, 기업 등 연구에 참여한 기관들은 연구성과를 활용하여 현장 적용, 기술사업화 달성, 정책·제도 반영, 지식재산권 확보 등 실시
- 국토교통부와 전문기관은 매년 연구성과 조사·분석·평가를 통해 연구성과 활용체계 운영을 점검하고, 성과관리 및 평가 개선, 활용지원 체계 확대 등 연구성과 활용체계를 개선하여 연구성과 활용을 촉진

구분	기획	연구수행	성과평가
성과계획	<ul style="list-style-type: none"> · (전문기관) 사업기획시 연구과제별 최종성과물(안) 제시 	<ul style="list-style-type: none"> · (연구책임자) 성과지표/목표, 성과물, 활용방안 등을 연구개발계획에 제시 	<ul style="list-style-type: none"> · (연구책임자) 중간(단계)평가 결과를 반영하여 성과계획 수정
성과관리	<ul style="list-style-type: none"> · (전문기관) 사업기획시 성과관리 방안을 제시 	<ul style="list-style-type: none"> · (연구책임자) 마일스톤 등에 따라 성과도출 및 연구개발 관리 · (전문기관/사업단) 사업성과 모니터링 및 진도점검 	<ul style="list-style-type: none"> · (전문기관) 중간(단계), 최종평가를 통해 성과달성 여부 판단
활용지원	인프라 지원	사업화 컨설팅 지원	시장진출 지원
지원내용	<ul style="list-style-type: none"> · 기술가치 평가 지원 · 기술금융 연계 지원(협력 금융기관 7개) · 산업 분석 및 시장정보 제공 	<ul style="list-style-type: none"> · 중소/중견기업 기술사업화 컨설팅 지원 · 연구개발 특허 컨설팅 지원 · 수요기업 매칭/기술이전 컨설팅 	<ul style="list-style-type: none"> · 발주처 대상 기술설명회 · 기술소개자료 제작 및 홍보 · 해외기술로드쇼 개최
성과활용	현장적용 및 사업화	정책·제도 활용	권리확보
수요처	발주처(처), 기업, 연구기관	국토부 및 지자체	연구기관, 기업
활용내용	<ul style="list-style-type: none"> · 현장에 개발기술 적용 및 비용절감 · 기술실시계약, 기술이전 	<ul style="list-style-type: none"> · 개발기술 도입·적용을 위한 법령, 규칙, 기준 등 개선 · 발주기관의 발주제도 개선 	<ul style="list-style-type: none"> · 특허권, S/W, 국제특허 등 국내 및 국외 지식재산권 확보

그림 3-4-3 연구성과 활용체계

(2) 사업 이해관계자

- 본 사업의 범위에 포함된 GTX 환승안전 및 혁신기술 관련 데이터 연결 및 중계, AI·디지털트윈, 환승센터 보행 및 안전성 관리 등에 대한 핵심기술을 고려하여 이해관계자 설정
 - (정부·지자체) GTX 환승안전 및 혁신기술 관련 모빌리티 시장 및 대중교통 정착을 위한 법령·정책 및 제도 활용 주체이자 효율적 투자배분 주체인 정부(국토교통부, 조달청 등) 및 지자체
 - (관리기관) 데이터 디지털화, 모빌리티 연계, 모빌리티 서비스 기술개발, 디지털 트윈 기반 시뮬레이션, 환승센터 안전·유지관리 비용 저감 등을 반영한 환승센터 관리기관 지자체, 한국교통안전공단, 국토안전관리원, 한국건설기술연구원, 한국철도기술연구원 등
 - (민간기업) 관련 데이터·보안·서비스, 디지털트윈 등에 대한 기술개발과 직접적 수요처인 모빌리티 서비스사, IT/SW/통신사, 건설·설계사, 스타트업 등

관리업체	모빌리티 서비스사	IT/SW/통신사	건설·설계사	스타트업
· 환승센터 진단/점검/평가/예측/관리/운영 · 환승센터 이용 안전	· 공유모빌리티 서비스 제공 · 모빌리티 경로 안내서비스 제공	· 데이터 가공 SW · 3D 공간정보 · 모빌리티 연결 정보	· 디지털트윈 · 시뮬레이션	· 모빌리티 서비스 · 데이터 보안 · 플랫폼 운영 등

- (연구기관) 데이터, 서비스, 플랫폼 기술의 개발과 인력양성, 창업지원 등의 역할을 수행하는 대학, 출연연, 학회 등
- (최종수혜자) (복합)환승센터에서 발생하는 국민 환승 불안 저감, 이동 불편 감소, 안전성 제고 등 다양한 혜택의 최종 수혜자로서 일반 국민
- 사업기획-사업수행-성과활용의 전주기에 걸쳐 이해관계자 참여 및 협력 등을 통해 사업 성공가능성을 제고하고, 연구성과의 활용·확산을 도모

나. 성과 활용계획 및 확산 방안

(1) 성과활용 계획

- 디지털 트윈 기반 GTX 환승안전 및 혁신기술 개발의 연구성과는 환승 관리 정책 및 제도, 모빌리티 데이터 및 서비스 제공의 디지털화, 표준화, 환승센터 내 혼잡도 감소 및 안전확보, 모빌리티 서비스 생태계 조성(비즈니스모델 창출 등) 등에 널리 활용
 - 기존 대중교통과 신교통수단 및 서비스 정보, 인프라 정보가 디지털화되고 이를 기반으로 모든 대중교통 서비스 및 경로 제공정보가 통합 관리됨에 따라 중견/중소/스타트업 기업의 참여 및 역할이 증대되고, 새로운 모빌리티 서비스 및 비즈니스 모델 확보 등 생태계 재편이 가능

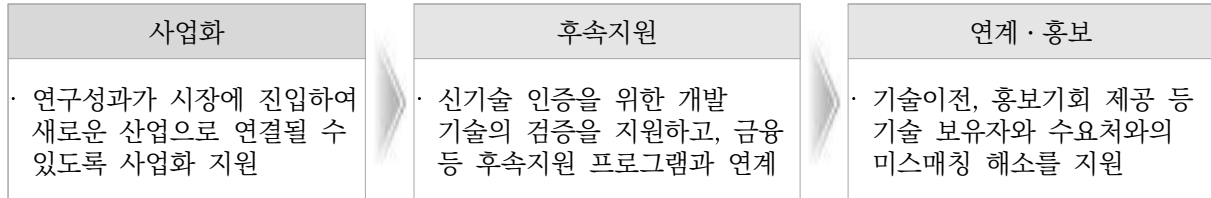
표 3-4-10 성과활용 계획

활용분야	세부 활용계획	활용처
환승센터 관리 정책 및 제도	<ul style="list-style-type: none"> ○ 이용자의 빠르고 안전한 환승서비스 이용과 지역거점으로서의 효과 극대화를 위한 환승센터 기술의 현장적용 제도화에 활용 <ul style="list-style-type: none"> - 플랫폼 기반 모빌리티 데이터 정보관리, 환승센터 내 안전·유지관리 정보관리, 연계환승 구축 의사결정 및 지역 파급효과 구축 등 실제 현장적용(테스트베드) 결과를 제도개선에 활용 ○ 환승센터 설계시 디지털트윈, AI기반의 기술 도입을 위해 법·제도 정비에 활용 ○ 민간의 모빌리티 플랫폼 서비스 기술 활용 촉진을 위한 인센티브 제도화에 활용 ○ 정책 및 제도개선 활용 주요 대상목록(안) 	국도교통부, 관리주체 (지자체, 한국교통안전공단, 시설안전공단 등)

활용분야	세부 활용계획		활용처
	구분 제도개선 활용	대상목록 · 복합환승센터 개발계획 수립 지침 · 환승센터 및 복합환승센터 설계 배치 기준 · 모빌리티 혁신 및 활성화 지원에 관한 법률	
(기존/신) 대중교통 데이터, 서비스 정보 디지털화	<ul style="list-style-type: none"> ○ 이용자 정보, 교통 이벤트 반영을 통한 맞춤형 경로제공 서비스 활용 ○ 대중교통 데이터 중계 기능으로 신규 모빌리티 서비스시장 확보 ○ 다양한 대중교통 데이터를 각각의 서비스와 중립적인 연결시스템을 통해 데이터를 연결함으로써 대중교통 데이터의 사용성과 활용성을 제고 		국도교통부, 산업부, 민간기업, 관리주체(지자체 등)
이용자 맞춤형 마이크로 서비스 제공	<ul style="list-style-type: none"> ○ 마이크로서비스 아키텍처를 채용하여 이용자의 다양한 요구사항을 만족하는 시스템의 확장성과 유연성을 확보하고 신규 서비스 추가에 용의하며 서비스의 유지보수에 비용 절감 ○ 이용자들의 니즈와 환경에 맞춘 대중교통 서비스 제공으로 이용자 이동편의 확보와 신뢰도 제고 		국도교통부, 민간기업, 관리주체(지자체 등)
모빌리티 서비스/정책 거버넌스 제시	<ul style="list-style-type: none"> ○ GTX 환승센터 내 연계가 필요한 공공 및 민간 기관의 요구사항을 사전에 파악하고, 서비스 시나리오별 행정 거버넌스를 체계적으로 제시 ○ 관련 이해관계자들의 요구사항을 수렴하여 이를 포괄하는 행정 거버넌스 가이드라인 자체 개발 활용 ○ 전국단위 GTX 환승센터 데이터를 통합 연결하여 제공, 신규 플레이어도 비즈니스 모델이 개발이 가능한 데이터 활용 서비스 체계 구성 		국토부, 민간기업 (스타트업, 대형 플랫폼사, 통신사 등), 지자체 등
디지털트윈/AI 기반 GTX 환승센터 안전·편의 기술 도입	<ul style="list-style-type: none"> ○ AI·디지털트윈 기술을 접목한 안전 예측·예방 및 효과성 분석, 평가 제도를 도입 - 디지털 트윈 기반 GTX 환승역사 표준 체계 및 관리지침, 디지털트윈 기반의 피난대응 시뮬레이션, AI 모형 개발 등 		국도교통부, 건설사, 지자체 등
GTX 통합운영시스템 지원 기술 및 현장적용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 개발 기술의 성공적인 실용화를 위해서는 실증 시범사업 지자체 선정공모 및 대상지역 실증 운영이 필요 - 우수 핵심, 구성기술 보유 기관 협력을 통한 기술 실증 - 우수 핵심, 구성기술을 보유하고 있는 민간기업과 협력, 기관별 역량을 극대화할 수 있는 전략 마련 		국도교통부, 지자체 등

(2) 연구성과 확산 방안

- (확산체계) '제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획'에 따라 기반시설 첨단관리 연구 성과와 건설산업간 연결고리가 강화될 수 있도록 사업화-후속지원-연계홍보의 연구성과 확산체계를 구축하여 운영



- (사업화·후속지원 사업 연계) 기존의 기술사업화지원사업 및 연구성과활용지원사업과의 연계 등을 통해 연구성과 확산을 극대화

사업명	국토교통기술사업화지원사업	국토교통연구성과활용지원사업
후속지원 내용	· 공공기관 보유기술의 중소기업 이전 및 기술사업화 촉진 · ICT 기술 접목 등 기술융합을 통한 기술 사업화 지원	· 국토교통 분야 기술 신뢰성 검증을 위한 기술시험 및 기술가치평가 지원 · 연구성과의 시장진출을 위한 홍보 마케팅, 공공기술 이전, 중소기업 투자유치 지원 등

- (기술마케팅·홍보 강화) 연구성과 확산을 위해 기술 수요처를 대상으로 기술 마케팅을 적극 실시하고, 다양한 홍보채널을 통해 대국민 R&D 홍보를 강화

구분	내용
기술 마케팅	컨설팅 지원 · 기술료 설명회, 중소기업 기술료 상담 등 실시 · 실시계약 미체결 기업 집중 조사 및 실시계약 컨설팅 지원 등
	시장진출 지원 · 기술소개자료 발주처 배포, 발주기관 및 공공구매협약체 대상 기술설명회 개최 · 해외 기업 대상 연구성과·신기술 홍보활동 추진
홍보	기술대전 개최 · 매년 국토교통 기술대전 개최 - 중소기업특별관, 신산업관 등 중소기업 참여
	기관홍보 채널 · 소식지 'KAIA 인사이트' 콘텐츠 강화 · 정부정책 등 반영한 브로슈어 및 동영상 신규 제작·배포
	언론 홍보 · 기관장 활동, 기획기사 등 전략적 기획보도 추진(연중) · 기자간담회·TV방송 등 언론사 홍보

- (연구성과 공유) 사업성과의 활용 및 확산을 위한 성과정보시스템 운영
 - (성과·사업화 정보시스템 운영) 과제별 연구성과, 기술소개 홍보자료(SMK) 등 사업화 정보 및 성과정보 등을 총체적으로 수집하여 제시
 - 모빌리티 연계환승 혁신기술개발사업을 포함한 국토교통 R&D 사업의 성과관리를 위하여 종합관리시스템(<http://www.kaia.re.kr>) 운영

4. 소요 예산

가. 전체 사업비

- 동 사업은 4년('26년~'29년) 간 총 130억 원(정부: 130억 원, 민간: 미정), 연평균 약 40억 원 규모로 3대 핵심기술, 6개 구성기술로 구성하였으며, 연도별 상세 투자계획은 3개 핵심기술별 특성을 고려하여 예산규모를 책정함

표 3-4-11 핵심기술별 연도별 예산(단위: 백만원)

핵심기술	구분	총계	연도별 예산			
			'26년	'27년	'28년	'29년
총계	정부	13,000	4,000	3,000	3,000	3,000
	민간	-	-	-	-	-
	합계	13,000	4,000	3,000	3,000	3,000
디지털 트윈 및 생성형 AI 기반 GTX 환승센터 안전성 향상 기술 개발	정부	4,500	2,000	1,000	1,000	500
	민간	-	-	-	-	-
	합계	4,500	2,000	2,000	1,500	500
이용자 중심의 GTX 환승센터 접근편의성 향상 기술 개발	정부	2,300	800	500	500	500
	민간	-	-	-	-	-
	합계	2,300	800	500	500	500
GTX 환승센터 편의·안전 기술 실증 및 법제도 개선	정부	6,200	1,200	1,500	1,500	2,000
	민간	-	-	-	-	-
	합계	6,200	1,200	1,500	1,500	2,000

나. 세부 사업비

(단위 : 백만원)

연구 내용 (Level1)	1차년도 (26)		2차년도 (27)		3차년도 (28)		4차년도 (29)		소요 예산
	상세 연구 내용 (Level2)	연구 비	상세 연구 내용 (Level2)	연구 비	상세 연구 내용 (Level2)	연구 비	상세 연구 내용 (Level2)	연구 비	
(핵심) 이용자 중심의 GTX 환승센터 접근편의성 향상 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> GTX 환승센터 이용자 편의 증합평가 지수 개발 GTX 환승센터 접근편의성 진단을 위한 조사 및 자료 분석 GTX 환승센터 특성을 반영한 접근편의성 분석 시스템 기능별 요구사항 정의 및 개념 설계 강화학습 기반 지능형 최적 연계교통 체계 도출 방법론 개발 실시간 정보 수집 기술 요구사항 정의 및 개념 설계 	800	<ul style="list-style-type: none"> GTX 환승센터 접근편의성 분석용 DB 구축 GTX 환승센터 특성을 반영한 접근편의성 분석 시스템 POC 수행 사내리요신규수단 도입 노선 변경 등 기반 접근편의성 변화 예측 알고리즘 개발 강화학습 에이전트 학습용 시뮬레이터 설계 GTX 환승센터 내 실시간 정보 수집 기술 테스트용 시제품 제작 실시간 정보 기반 다목적 최적 경로 알고리즘 설계 	500	<ul style="list-style-type: none"> GTX 환승센터 특성을 반영한 접근편의성 분석 시스템 시제품 제작 - 접근편의성 진단용영지역 도출 기능 구현 - 외부 데이터 연계분석 표출 기능 구현 사내리요신규수단 도입 노선 변경 등 기반 접근편의성 변화 예측 알고리즘 고도화 강화학습 에이전트 학습을 위한 시뮬레이터 개발 및 학습 수행 실시간 정보 기반 다목적 최적 경로 모듈 개발 	500	<ul style="list-style-type: none"> GTX 환승센터 특성을 반영한 접근편의성 분석 시스템 기능 고도화 - 실시간 분석을 위한 연산 최적화 및 경량화 - 분석 대상의 시간/공간적 범위 확대 GTX 수해범위 확대를 위한 강화학습 기반 지능형 최적 연계교통 체계 도출 기술 성능 검증 및 고도화 이용자 컨텍스트를 고려한 실시간 정보 기반 다목적 최적 경로 모듈 개발 	500	2,300
소계(국비)	800		500		500		500		
(핵심) 디지털 트윈 및 생성형 AI 기반 GTX 환승센터 안전성 향상 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> GTX 환승센터 디지털 트윈 표준화 추진 전략 수립 및 국내 표준 신규 과제 채택 GTX 디지털 트윈 주요 기능/요구사항 정의 디지털 트윈 기반 시뮬레이션을 위한 보행량 추정 알고리즘/보행 모델 설계 무선신호 및 비전 센서 융합 기반 비상상황 실시간 감지 기술 요구사항 정의 및 개념 설계 비상상황 대응 및 제어 자동화 기술에 활용할 생성형 AI 파운데이션 모델 분석 및 파인튜닝 방안 도출 	2,000	<ul style="list-style-type: none"> GTX 환승센터 디지털 트윈 국내 표준 개발 및 국제 표준 신규 과제 채택 GTX 환승센터 공간 및 시설물 3D 모델 구축 디지털 트윈 기반 시뮬레이션을 위한 보행량 추정 알고리즘 및 보행 모델 구현 디지털 트윈 기반 비상상황(다중밀집 등) 시뮬레이션 사내리요 도출 무선신호 및 비전 센서 융합 기반 비상상황 실시간 감지 알고리즘 개발 생성형 AI 모델 파인튜닝을 위한 디지털 트윈 기반 합성데이터 생성 기술 설계 	1,000	<ul style="list-style-type: none"> GTX 환승센터 디지털 트윈 국내 표준 제정 및 국제 표준 개발 GTX 환승센터 디지털 트윈 시제품 제작 - 보행량 추정 알고리즘 및 보행 모델 적용 - 비상상황(다중밀집 등) 사내리요 고정밀 시뮬레이션 가능 구현 무선신호 및 비전 센서 융합 기반 비상상황 실시간 감지 기술 시제품 제작 생성형 AI 모델 파인튜닝을 위한 디지털 트윈 기반 합성데이터 생성 및 파인튜닝 수행 	1,000	<ul style="list-style-type: none"> GTX 환승센터 디지털 트윈 국제 표준 제정 GTX 환승센터 디지털 트윈 기능 고도화 - 실측데이터 기반 보행량 추정 알고리즘 및 보행 모델 최적화 - 실시간 데이터 연계 비상 상황 예측 예방 기능 구현 성능 검증 무선신호 및 비전 센서 융합 기반 비상상황 실시간 감지 기술 성능 검증 및 고도화 생성형 AI 기반 비상상황 대응 및 제어 자동화 기술 개발 및 성능 검증 	500	4,500
소계(국비)	2,000		1,000		1,000		500		
(핵심) GTX 환승센터 편의·안전 기술 실증 및 법제도 개선	<ul style="list-style-type: none"> GTX 환승센터 편의·안전 기술 실증 대상지 공모 및 실증계획 수립 GTX 환승센터 실증을 위한 통합 운영 시스템 요구사항 정의/개념 설계 GTX 환승센터 안전관리 및 혁신기술 확대를 위한 법제도 개정 전략 수립 GTX 편의 USE CASE 발굴 및 사내리요 정립 	1,200	<ul style="list-style-type: none"> GTX 환승센터 편의·안전 기술 실증 상세 사내리요 도출 GTX 환승센터 실증을 위한 통합 운영 시스템 시제품 제작/단위 테스트 GTX 환승센터 이용자 체감형 서비스 사내리요 도출 및 설계 법제도 개정 전문가 협의체 운영 및 법제도 개정 방안 구체화 	1,500	<ul style="list-style-type: none"> GTX 환승센터 편의·안전 기술 실증을 위한 현장 장비 설치 및 테스트 GTX 환승센터 실증을 위한 통합 운영 시스템과 세부 모듈 간 연계 및 테스트 GTX 환승센터 이용자 체감형 서비스 개발 GTX 환승센터 안전관리 및 혁신기술 확대를 위한 법제도 개정안 마련 및 의견수렴 진행 	1,500	<ul style="list-style-type: none"> GTX 환승센터 편의·안전 기술 종합 테스트 및 실증 운영 비상상황 실시간 감지 기술 비상상황 대응 및 제어 자동화 기술 간 연동 및 상호운용성 검증 GTX 환승센터 이용자 체감형 서비스 시범운영 및 만족도 조사 수행 GTX 환승센터 안전관리 및 혁신기술 확대를 위한 법제도 개정 	2,000	6,200
소계(국비)	1,200		1,500		1,500		2,000		
합계	4,000		3,000		3,000		3,000		13,000

다. 소요인력

- 각 핵심분야별 연구개발에 필요한 소요인력을 기존 연구과제 인력 비율을 반영하여 산출한 결과, 총 사업기간 동안 연 평균 약 80명의 연구인력이 투입되어 총 318명이 투입될 것으로 추산
 - 총 사업기간 동안 책임연구원(박사급) 100명, 연구원(석사급) 108명, 연구보조원(학사급) 109명 등 총 318명의 인력이 소요 예상
 - 중소·중견기업은 주로 연구원(석사급)과 연구보조원(학사급)으로 인력이 참여 예상
 - 대학, 출연연구기관 중심으로 책임연구원(박사급) 인력이 참여 예상

표 3-4-12 핵심분야별 소요인력

(단위: 명)

3대 핵심분야	구분	'26	'27	'28	'29	총계
1. 디지털 트윈 및 생성형 AI 기반 GTX 환승센터 안전성 향상 기술 개발	책임연구원(박사급)	13	13	9	3	38
	연구원(석사급)	14	14	10	3	41
	연구보조원(학사급)	14	14	10	3	41
	소계	40	40	30	10	119
2. 이용자 중심의 GTX 환승센터 접근편의성 향상 기술 개발	책임연구원(박사급)	5	5	5	3	18
	연구원(석사급)	5	5	5	3	20
	연구보조원(학사급)	5	5	5	3	20
	소계	16	16	16	10	58
3. GTX 환승센터 편의·안전 기술 실증 및 법제도 개선	책임연구원(박사급)	8	11	14	13	45
	연구원(석사급)	8	12	15	14	48
	연구보조원(학사급)	8	12	15	14	49
	소계	24	34	44	40	141
합계	책임연구원(박사급)	25	28	28	19	100
	연구원(석사급)	27	30	30	20	108
	연구보조원(학사급)	27	31	31	21	109
	소계	80	89	89	60	318

5. 전문위원회 심의

- 국과심 전문위원회 사전컨설팅을 통해 거시적 관점의 사업 추진 방향 및 세부 기획 결과 등을 심의하고, 핵심과제 및 구성기술, 추진전략 등 세부 기획 내용을 검토함
- 일시 및 장소
 - 2025.03.31. 오후 2시, 서울역 비즈센터
- 국과심 전문위원회 의견사항 반영결과

표 3-4-13 전문위원회 심의 의견 반영 결과

연번	전문위 의견	반영 결과
1	성과목표 지표 설정을 구체화할 필요. 환승에서 발생하는 문제점과 기술개발을 통한 솔루션이 성과목표에 포함되어야 함 (3장 1절)	<ul style="list-style-type: none"> ○ [성과목표·지표] 구체화 하여 반영 <ul style="list-style-type: none"> ① GTX 환승센터 접근편의성 분석 기능 적용 대상지 수 ② 강화학습 기반 최적 연계교통 체계 도출 AI 모델 성능 ③ 이용자 서비스 시나리오 도출 및 제공 건수 ④ 이용자 서비스 만족도 ⑤ GTX 환승센터 표준 건수 ⑥ [안전] 무선신호 및 비전센서 융합 기반 혼잡도 추정 정확도 ⑦ [안전] 비상상황 대응 및 제어자동화를 위한 AI 모델 성능 ⑧ GTX 환승센터 안전관리 및 혁신기술 확대를 위한 법제도 개정 ○ [환승에서 발생하는 문제점 ↔ 솔루션] <ul style="list-style-type: none"> - [편의] 제한된 GTX 수혜지역(접근편의 저조) ↔ 접근편의성 향상 기술 - [안전/제어] GTX환승센터 내 새로운 혼잡관리 지점(E/S, E/V) 발생 ↔ GTX환승센터 위험 예측/예방 및 선제적 제어 관리 기술 - [편의/안전] GTX환승센터 내 긴 환승거리로 인한 불편 ↔ GTX 편의안전 기술 실증
2	삼성역 GTX 개통이 될 때 성과가 적용되면 좋을 것 같으나, 굳이 R&D로 해야할 필요성이 있을지? 기존 개발 기술과의 차별성이 있을지 의문임 (2장 4절, 3장 2절)	<ul style="list-style-type: none"> ○ [R&D 필요성 및 논리] 보완 설명 반영 <ul style="list-style-type: none"> - GTX 환승센터는 대규모 대심도 공간으로, 환승시 엘리베이터 이용이 우선 되는 등 통행패턴의 변화 - 이로 인한 에스컬레이터의 멈춤-이동 반복 구간이나 엘리베이터 대기로 인한 새로운 병목현상이 발생하는 등 GTX형 혼잡 발생 - 이를 해소하기 위해, GTX 환승센터 비상상황 신속 대응 및 자동제어기술 개발은 R&D로 추진될 필요가 있음 ○ [기존 개발기술과의 차별성] <ul style="list-style-type: none"> - 기존 개발기술은 모니터링 후 전문인력이 상황을 대응하는 방식이었다면, 본 연구는 생성형 AI기반 비상상황 대응 및 제어 자동화 기술을 포함하고 있어, 최소한의 전문인력만으로 비상상황을 신속하게 대응할 수 있음

연번	전문위 의견	반영 결과
3	<p>센싱 방안, 구축 데이터, 네트워크 등 디지털 트윈 기술을 어떻게 구축하고 활용할 것인지? 인공지능은 어떤 모델을 활용할 것인지 등 개발할 내용을 구체화할 필요</p> <p>(3장 3절)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ [기술 구축 및 활용방안] 센싱 방안, 구축 데이터, 네트워크 등 <ul style="list-style-type: none"> - 강남권 광역복합환승센터(영동대로지하공간, 삼성역 부근) 사업 추진 로드맵 中 스마트 통합운영시스템 구축(“26.06 실시설계 및 구축 착수예정)과 연계하여, 추진하고자 함 - 센싱 방안, 구축 데이터, 네트워크 등은 “강남권 광역복합환승센터 스마트 통합운영시스템 설계 용역(2018-2021)”을 통해, 기본 사항 및 예산 반영 완료되었으며, 실증 로드맵(시나리오) 제시 ○ [인공지능 모델 및 개발사항 구체화] 반영 <ul style="list-style-type: none"> - GTX 환승센터 접근편의성 향상 기술 및 안전성 향상 기술에 활용할 AI 모델을 각각 제시하였으며, AI 개발의 핵심이라고 할 수 있는 양질의 데이터 확보 방안 및 학습 방안을 추가적으로 제시함 * GTX 환승센터 최적 연계교통 체계 도출 기술(접근편의성 향상 기술)의 경우, 강화학습 모델을 활용할 예정이며, 자체 개발한 접근편의성 진단 및 변화 예측 시스템을 강화학습 에이전트의 학습에 활용함으로써 대규모 학습 수행 및 성능 개선 추진 * GTX 환승센터 비상상황 신속 대응 및 자동 제어 기술(안전성 향상 기술)의 경우, 공개된 생성형 AI 파운데이션 모델을 활용하되, 자체 개발한 디지털 트윈 기반 시뮬레이션을 통해 생성한 AI 학습용 고품질 합성데이터를 활용하여 파인튜닝함으로써, GTX 환승센터에 특화된 고성능 생성형 AI 모델 개발 추진
4	<p>해외 기술 분석이 환승 내용보다는 디지털 트윈에 초점이 맞춰져 있어 환승 기술에 대한 검토가 어려움</p> <p>(2장 1절)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ [환승부문 해외기술 분석] 보완 및 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 환승현황, 정책으로 구분하여 정책, 산업 동향 제시 - 환승 안전 및 편의기술 부문과 관련하여 국내외 주요 환승역 및 모빌리티 허브 부문 기술도입 현황 분석내용 보완 실시 - 환승센터 시뮬레이션 기술과 관련하여 해외 선진기술 분석 및 제시
5	<p>GTX를 제외하고 본다면 기존 기술개발 내용과 차별성이 없음. 대신도 GTX의 특성을 고려하여 환승센터의 문제점이 무엇이고, 문제를 해결하기 위해 본사업에서 개발할 기술은 무엇인지 차별성과 포커스가 필요</p> <p>(2장 4절, 3장 2절)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ [GTX 고려한 환승센터 문제점 및 차별성] <ul style="list-style-type: none"> - 편의·혼잡, 안전 분야로 구분하여 문제 및 이슈사항별 해결방안 제시 * GTX 환승이동시설 주동선 변화에 따른 “GTX환승대기공간(환승Zone)” 등 위험 원인자 등장 및 해결방안 모색 필요 * 대신도 GTX 환승역은 현재 경사가 가파른 에스컬레이터와, E/V를 활용하여, 환승이 진행 중임. 교통약자와 비교통약자의 보행속도 차(이동-멈춤 등 반복 이동)는 병목 요인으로 매우 위험한 상황을 초래할 수 있어, 이를 해소할 기술이 필요 - GTX 특성과 문제점 해결을 위한 주요 사업내용 대표도를 제시 - 이용자 중심의 GTX 환승센터 접근편의성 향상 기술, 디지털 트윈 기반 GTX 환승센터 안전성 향상 기술, GTX 환승센터 안전관리 디지털 플랫폼 실증 및 법제도 개선 부문으로 구분하여, 세부 기술내용 제시

연번	전문위 의견	반영 결과
6	<p>실제 사업 성과물이 활용되기 위해서는 제도화 방안이 중요하나, 관련 연구 내용이나 지표가 부재하므로 보완 필요</p> <p>(3장 1절)</p>	<p>○ 사업 성과물을 활용하기 위한 법제도 개선</p> <p>[핵심3] GTX 환승센터 편의·안전 기술 실증 및 법제도 개선</p> <ul style="list-style-type: none"> - 실증결과를 반영한 「환승센터 및 복합환승센터 설계·배치 기준」 개정 추진 - GTX 환승 접근성 향상, 안전 및 편의 향상 관련 법제도 개선 * 국가통합교통체계효율화법 제3장 교통물류거점 등 연계체계 고도화 <p>○ [제도화 방안] GTX 환승센터 안전 및 편의증진을 위한 통합운영전략 가이드라인 마련</p> <ul style="list-style-type: none"> - 접근성, 안전 등 성능지표 개발 및 세부 운영 전략 포함
7	<p>삼성역 GTX 환승센터를 실증지로 선정하였으나, 구체적인 시나리오나 테스트베드 운영 방안이 없으니 향후 붙임자료 등으로 제시할 필요</p> <p>(3장 3절)</p>	<p>○ [실증지 관련 시나리오 및 테스트베드 운영방안] 보완 및 붙임자료 제시</p> <ul style="list-style-type: none"> - 강남권 광역복승환승센터(영동대로지하공간, 삼성역 부근) 사업 추진 로드맵 中 스마트 통합운영시스템 구축('26.06 실시설계 및 구축 착수예정)과 연계 실증 및 사후 모니터링 추진 * 서울시 사업추진 로드맵 및 본 사업 연계 로드맵/시나리오 제시
8	<p>사업성과, 목표, 지표, 산출근거, 측정 방식 등을 현행화, 구체화하고 안전 지표도 추가 보완 바람. 과거 연도가 아닌 26년부터 시작되는 성과 목표 지표 제시 필요</p> <p>(3장 1절, 3장 3절)</p>	<p>○ [사업성과/목표/지표/산출근거/측정방식] 현행화 및 구체화</p> <ul style="list-style-type: none"> - 사업수행 기간에 따른 성과 목표를 제시하였으며, 안전 관련 지표는 다음과 같음 ⑥ [안전] 무선신호 및 비전센서 융합 기반 혼잡도 추정 정확도 ⑦ [안전] 비상상황 대응 및 제어자동화를 위한 AI 모델 성능

제5절 경제적 타당성 분석

1. 비용 추정

- 디지털 트윈 기반 GTX 환승안전 및 혁신기술 개발 관련 연간 R&D 투자금액에 할인율 4.5%를 적용하여 현재가치화한 비용을 최종 비용으로 산정
 - 동 사업은 총 4년('26~'29년)간 정부출연금 160억 원의 예산을 투입하여 추진할 예정 (민간: 미정)

가. 비용산정 결과

- 동 사업에 투입될 비용을 현재가치화(할인율 4.5% 적용) 하면 약 137.87억 원

표 3-4-14 디지털 트윈 기반 GTX 환승안전 및 혁신기술 개발 사업 비용

(단위: 백만원)

차수	연도	비용분석	
		비용	비용현재가(2024년 12월기준)
			할인율 4.5%
1	2026	4000	3,663
2	2027	4500	3,943
3	2028	4500	3,774
4	2029	3000	2,407
합계		16,000	13,787

2. 편익 추정

가. 본 사업의 편익 항목

- 본 사업은 다음과 같은 사회적 비용절감편익과 기술개발을 통한 부가가치편익으로 구분하여 분석함
 - (사회적 비용절감) 동 사업을 통한 '연계·환승' 기술개발 결과의 적용에 따라 본 사업의 연계·환승 관련 시간 단축목표(30%)에 따른 사회적 비용절감 편익으로 산출
 - 총 이동시간을 구성하는 차량 이동시간, 접근시간, 대기시간, 환승시간 중 본 사업과 관련된 차량 이동시간 이외 접근시간 단축에 따른 비용절감 편익을 본 사업의 사회적 비용절감 편익으로 산정함
 - 본 사업을 통해 환승이동 안전성 향상 등의 피해비용 저감 편익이 예상되나, 안전사고 발생의 예측 불확실성과 사고 규모 산정의 임의성(불확실성)을 고려하여 직접적 편익 규모 도출에는 포함시키지 않음

- (부가가치 창출편익) 본 기술개발을 통한 데이터 플랫폼을 활용한 다양한 모빌리티 혁신 서비스 창출·제공에 따른 부가가치 창출편익을 산정함

표 3-4-15 편익항목별 산출방식

편익 항목	산출방식
접근시간 단축에 따른 이동시간 절감편익	대중교통 통행량 × 접근사각지역 비중 × 접근시간 절감목표 × 통행시간가치 × 사업기여율 × R&D기여율 × 사업화성공율 × 사회적할인율

나. 편익분석을 위한 기본가정

- 편익 회임기간 : 3년 (2031~2033년)
 - 편익 회임기간이란 연구개발사업에 대한 투자가 이루어진 후, 경제적인 편익 또는 효과가 발생하기 전까지의 시간적 지연을 의미
 - 본 분석에서는 예비타당성조사 지침에서 제시하는 개발응용 연구 편익 회임기간 3년을 적용

표 3-4-16 연구개발단계별 회임기간

구분	기초연구	응용 및 개발연구
회임기간	5년	3년

- 편익기간 : 6년 (2034~2040년)
 - 편익기간은 사업의 편익이 지속되는 기간, 즉 사업을 수행함으로써 편익 발생을 기대할 수 있는 기간으로, 편익의 계산 기간을 의미
 - 기술의 편익으로 발현되는 기간은 해당 기술이 특허를 통해 권리를 보호받고 후발 특허에 의해 영향력이 사라지지 않는 기간으로 해석할 수 있어 산업통상자원부의 '기술가치평가 실무가이드(2021)에 제시된 기술수명기간(중양값)을 편익 발생 기간으로 활용
- 사업기여율 : 16.0%
 - 사업기여율은 미래 시점 기준의 연구개발활동 중 조사 대상사업이 차지하는 비중만을 적용한다는 개념으로 기존 유사과제의 국비 투자규모와 이를 기준으로 민간부문의 연구개발비 투자규모를 추정하여 두 건의 합에 대한 동 사업의 투자규모 비율을 적용
- R&D 기여율 : 35.4%
 - 제3차 과학기술기본계획에서 명시하고 있는 R&D 기여율인 35.4%를 적용⁶⁰⁾

60) 「국가연구개발사업 예비타당성 수행 세부지침」, KISTEP, 2023.1

- 사업화성공율 : 44.1%
 - 한국산업기술평가관리원의 2016 성과 활용 조사보고서 시스템 산업 핵심기술개발사업 (미래자동차분야)의 사업화 성공율 적용
- 사회적 할인율 : 4.5%
 - 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침(2023.1)에 근거하여 4.5% 적용
- 부가가치율 : 51.0%
 - 운송서비스, 정보통신 및 방송서비스, 사업지원서비스, 기타서비스의 평균 적용

표 3-4-17 부가가치율 산정기준

구 분	부가가치율
운송서비스	35.7
정보통신 및 방송 서비스	55.0
사업지원서비스	68.7
기타 서비스	44.7
평 균	51.0

다. 편익분석

(1) 접근시간 단축에 따른 이동시간 절감편익

- 이동시간 절감편익: 접근시간 단축에 따른 매년 절감되는 이동시간 비용을 산정

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{접근시간 단축에} \\ \text{따른 이동시간} \\ \text{비용절감편익} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{①} \\ \text{대중교통} \\ \text{통행량} \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline \text{②} \\ \text{접근사각} \\ \text{지역비중} \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline \text{③} \\ \text{접근시간} \\ \text{절감목표} \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline \text{④} \\ \text{통행시간} \\ \text{가치} \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline \text{⑤} \\ \text{접근시간} \\ \text{가중치} \\ \hline \end{array} \\
 \times \text{공통인자 [사업기여율} \times \text{R\&D 기여율} \times \text{사업화성공율} \times \text{사회적 할인율]}$$

[① 대중교통 통행량]

- 대중교통 통행량(①)은 국토교통부·한국교통안전공단의 국가 대중교통DB 중 '22년 기준의 전국 17개 시도별 대중교통 통행량 자료를 활용함
 - 각 지역의 대중교통 통행특성을 고려하기 위해 각 시도별 대중교통 통행량 자료 활용하였으며, 전국 일평균 대중교통 통행량은 873만통행이며, 서울시 334만 통행, 경기도 224만 통행 등으로 조사됨

표 3-4-18 시도별 대중교통 통행량 현황 ('22년 기준)

지역	대중교통 통행량 (통행/일)
서울특별시	3,341,360
부산광역시	819,068
대구광역시	374,320
인천광역시	592,619
광주광역시	153,698
대전광역시	191,979
울산광역시	103,186
세종특별자치시	26,612
경기도	2,236,271
강원도	64,960
충청북도	79,937
충청남도	140,575
전라북도	84,543
전라남도	87,810
경상북도	118,028
경상남도	242,555
제주특별자치도	69,357
전국	8,726,878



(대중교통 발생량)


주: 국토교통부·한국교통안전공단, 국가 대중교통DB 자료 가공

[② 접근사각 지역비중]

- 대중교통 접근사각 지역비중(②)은 국토교통부·한국교통안전공단의 2022년 대중교통 현황조사 자료를 활용함
 - 한국교통안전공단에서는 공간적/시간적 접근성 등 측정지표를 활용하여 대중교통 최소서비스 수준을 평가하고 있으며, '22년 기준으로 각 지역의 대중교통 취약 및 사각 지역을 조사한 결과, 서울시 19.3%, 세종시 30.3%, 강원도 60.9%인 것으로 나타남

표 3-4-19 대중교통 취약 및 사각지역 조사 결과 ('22년 기준)

지역	대중교통 취약 및 사각지역 비중
서울특별시	19.3
부산광역시	19.4
대구광역시	35.8
인천광역시	53.3
광주광역시	38.1
대전광역시	36.7
울산광역시	41.5
세종특별자치시	30.3
경기도	41.0
강원도	60.9
충청북도	50.1
충청남도	44.2
전라북도	46.1
전라남도	47.1
경상북도	50.1
경상남도	50.3
제주특별자치도	36.1



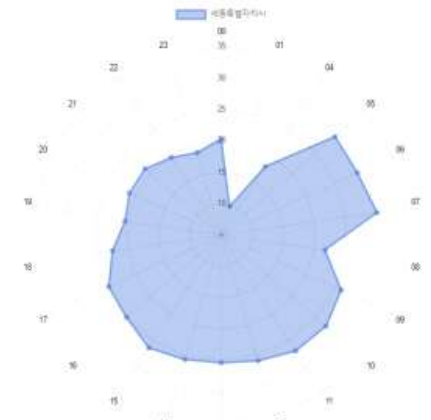
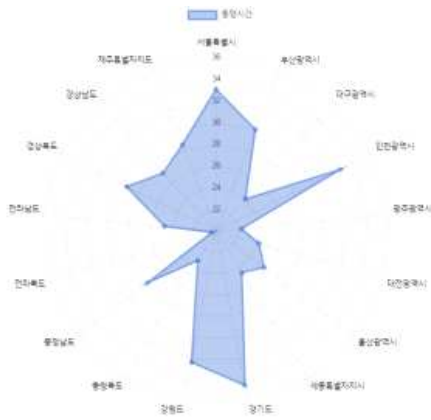
자료: 국토교통부·한국교통안전공단(2022), 2022년 대중교통 현황조사 자료

- 대중교통 접근실태 조사 결과인 최초 대중교통을 이용하기까지 접근하는데 소요되는 시간(평균 8.21분)을 활용함
 - 최초 대중교통 수단까지 접근하는 수단은 도보(93.0%)인 경우가 대다수를 차지하며, 승용차 4.2%, 자전거 1.6%, 택시 0.8% 등의 순으로 확인됨

표 3-4-20 대중교통 접근수단별 평균 접근시간 ('22년 기준)

접근수단	비율 (%)	평균 접근시간(분)	표준편차(분)
도보	93.0	8.01	4.84
승용차	4.2	10.82	7.37
자전거	1.6	10.38	6.94
택시	0.8	11.17	7.23
오토바이	0.2	10.62	6.23
카셰어링	0.1	19.16	5.56
전동킥보드 등	0.1	10.89	5.95
전체	100	8.21	5.10

자료: 국토교통부·한국교통안전공단(2022), 2022년 대중교통 현황조사 자료



(시도별 대중교통 평균 접근시간)

(세종시의 시간대별 대중교통 평균 접근시간)

주: 국토교통부·한국교통안전공단, 교통카드빅데이터통합정보시스템 자료 가공

그림 3-4-4 시도별 대중교통 평균 접근시간 현황 ('22년 기준)

[③ 접근사각 절감목표]

- 대중교통 이용자 4,250명 대상으로 실제 접근시간 대비 기대 접근시간 조사 결과인 약 19.4%를 접근시간 절감목표로 적용함

[⑤ 접근시간 가중치]

- 접근시간 가중치(⑤)는 대중교통의 차내시간 대비 대기·환승 등 차외시간을 연구한 선행 연구 결과를 활용함
 - 한국개발연구원의 예비타당성조사 지침에서는 차내시간 대비 차외시간(접근통행시간, 대기시간, 탑승시간, 환승시간)의 가중치 파라미터를 1.0~2.0의 값 적용하는 것이 적절하다고 제시하고 있으며, 본 연구에서는 보수적으로 접근시간 가중치는 차내시간과 동일한 1.0을 적용함

표 3-4-21 차내시간 대비 차외시간 가중치 선행연구

구분	차내시간	차내시간 대비 차외시간 가중치			
		접근 통행시간	대기시간	탑승시간	환승시간
양창화·손의영 (2000)	1.00	-	-	-	1.70
윤혁렬(2000)	1.00	1.54분(차외시간), 5.81분(환승시간)			
손상훈·최기주·유정훈(2007)	1.00	1.527	1.832	-	1.370
liu, penyala and polzon(1997)	1.00	1.69			
Mily(2003)	1.00	1.755	1.909	2.60	1.264

자료: 한국개발연구원(2020), 과천시 급행화 사업 예비타당성조사 예타사업

- 이동시간 절감편익 추정 결과 ‘34~39년, 6년간 총 332억원의 편익(‘24년 현재가치 기준)이 발생할 것으로 예상됨

표 3-4-22 이동시간 절감편익 분석 결과

구분	2033	2034	2035	2036	2037	2038	합계
대중교통 통행량(통행/일)	4,230	4,213	4,195	4,177	4,159	4,142	25,116
사각지역 통행량(통행/일)	29,917	29,840	29,763	29,686	29,609	29,532	178,347
접근시간 절감목표(분)	5,804	5,789	5,774	5,759	5,744	5,729	34,599
통행시간가치 (억원/년)	3,688	3,678	3,669	3,659	3,650	3,640	21,984
접근시간 가중치 (1.0)	3,688	3,678	3,669	3,659	3,650	3,640	21,984
사업기여율 (16%)	590	589	587	585	584	582	3,517
RND기여율 (35.4%)	209	208	208	207	207	206	1,245
사업화 성공률 (44.1%)	92	92	92	91	91	91	549
2022년 현재가치화	62	59	57	54	51	49	332

3. 비용/편익 분석 결과

- 동 사업의 총 비용 및 편익 추정을 통한 경제적 타당성 분석 결과, 총 비용은 138억 원, 편익은 332억 원으로 BC Ratio는 2.41

표 3-4-23 비용편익분석 결과

(단위 : 억원)

연도	비용(Cost)	편익(Benefit) (이동시간 절감편익)	비고
2026	37	-	사업 운영기간
2027	39	-	
2028	38	-	
2029	24	-	
2030	-	-	
2031	-	-	편익 회임기간
2032	-	-	
2033	-	62	
2034	-	59	편익 발생기간
2035	-	57	
2036	-	54	
2037	-	51	
2038	-	49	
합계	138	332	B/C 2.41

제4장

기대효과 및 활용 계획

제1절 연구 성과 및 관련 분야 기여도

제2절 연구 성과관리 및 활용계획

제4장 기대효과 및 활용 계획

제1절 연구 성과 및 관련 분야 기여도

1. 활용 방안

- 모빌리티 연계·환승 기술개발사업의 연구성과는 환승 관리 정책 및 제도, 모빌리티 데이터 및 서비스 제공의 디지털화, 표준화, 환승센터 내 혼잡도 감소 및 안전확보, 모빌리티 서비스 생태계 조성(비즈니스모델 창출 등) 등에 널리 활용
- 기존 대중교통과 신교통수단 및 서비스 정보, 인프라 정보가 디지털화되고 이를 기반으로 모빌리티 데이터 중계 플랫폼에 의해 모든 모빌리티 서비스 및 경로 제공정보가 통합 관리됨에 따라 중견/중소/스타트업 기업의 참여 및 역할이 증대되고, 새로운 모빌리티 서비스 및 비즈니스 모델 확보 등 생태계 재편 가능
 - (연계환승거점 관리 정책 및 제도) 연계환승거점 설계시 디지털트윈, AI기반의 기술 도입을 위해 법·제도 정비에 활용, 민간의 모빌리티 플랫폼 서비스 기술 활용 촉진을 위한 인센티브 제도에 활용
 - (모빌리티 데이터, 인프라 정보, 서비스 정보 디지털화) 이용자 정보, 교통 이벤트 반영을 통한 맞춤형 경로제공 서비스 활용, 모빌리티 데이터 중계 기능으로 신규 모빌리티 서비스시장 확보
 - (모빌리티 데이터 가상화 (캐시) 기술) 다양한 모빌리티 데이터를 각각의 모빌리티 서비스와 독립적인 연결시스템을 통해 데이터를 연결함으로써 모빌리티 데이터의 사용성과 활용성을 제고
 - (이용자 맞춤형 마이크로 서비스 제공) 마이크로서비스 아키텍처를 채용하여 이용자의 다양한 요구사항을 만족하는 시스템의 확장성과 유연성을 확보하고 신규 서비스 추가에 용의하며 서비스의 유지보수에 비용 절감
 - (AI 기반의 연계환승거점 입지계획 및 설계, 평가 기술) 연계환승거점 유형 및 기능에 대한 국토 차원에서 명확한 근거 및 시설 평가를 위해 교통 측면뿐 아니라 도시 위계 및 지역 특성까지 고려된 연계환승거점 입지 선정 및 평가, 설계를 통해 지역발전효과 및 균형개발효과 극대화

- (디지털트윈/AI 기반 연계환승 거점 설계 기술 도입) 연계환승 거점 구축에 대한 정부의 효율적인 입지선정 및 투자 의사결정에 활용
- (연계환승체계 지원 기술 및 현장적용) 개발 기술의 성공적인 실용화를 위해서는 실증 시범사업 지자체 선정공모 및 대상지역 실증 운영이 필요
- 지속가능한 광역교통 정책 발굴 및 사후 평가를 위한 기반 마련
 - 다양한 이해관계자에 의해 수행되는 통계 조사를 일원화하고 공신력 있는 지표 활용을 통한 투명한 사업 평가에 기여
 - 환승시설 국가통계를 활용한 다양한 정책 평가 및 모니터링이 가능
 - 광역교통 정책지원 및 실용화를 위한 연구주제 공모 등 연구성과 활용 확대
- GTX 등 高 이동성 모빌리티 도입에 따른 교통체계 개선 방향 정립
 - 접근 및 환승 지표에 따른 접근 모빌리티 정책 및 예산 투입 우선 순위 결정

2. 기대효과

가. 과학기술적 기대효과

- KTX, GTX, UAM, 자율주행, 로봇 등 첨단 교통 및 물류 기술 연계, 첨단 교통물류 허브의 구축 및 실증 운영을 통해, 글로벌 선두그룹의 물리 AI 및 디지털 트윈 분야의 초격차 기술 확보
 - 교통물류 허브와 모빌리티 간 물리, 가상 연계 등 디지털 기술로 전환을 통해, 국민체감형 모빌리티 서비스 제공 및 즉각 운영·관제가 가능한 무인 자동화 기술 확보
 - 유럽, 일본, 미국 등을 중심으로 철도, 항공, 대중교통, 자율주행차 등을 통합한 Mobility-as-a-Service(MaaS) 관점의 플랫폼* 개발이 추진되었으나, 기존 시스템과 통합 한계로, 아직 초기 단계에 머물러 있어, 기술 격차해소 및 기술 선도국 도약 기회 마련 (핀란드의 Whim, 일본의 JR MaaS, 독일의 Siemens Mobility 등)
 - 교통물류 허브의 디지털 통합 및 물류 자동화 관련 국제 기술수준은 제한적인 시범 운영 수준으로 판단되며, 연구개발 성과 도출을 통해 세계 최고 수준의 통합 교통·물류 허브 시스템 구축 기술 확보 기대
 - GTX 접근 및 환승 편의성 개선 등 대중교통 이용분담률 확대를 통한 대중교통 최초 흑자사업 모델 발굴
- 디지털 트윈 기반 GTX 환승안전 및 혁신기술 개발을 통해 공간적, 수단적 관점에서의 환승센터 연계 수단 및 서비스간의 역할·기능 강화로 모빌리티의 지속가능한 경쟁력 확보
 - 도시 확장에 따른 교통수요의 증가 지속에 하드웨어 중심의 인프라 확장은 한계에 도달한 현 상황에서 소프트웨어 관점에서의 다양한 모빌리티 수단·서비스간 최적조합을 통한 지속가능한 교통체계로서의 모빌리티 이동 효율·편의 향상
 - 가상현실 기반 설계적정성 평가 기술 검토로 환승결절점의 문제점 및 성능에 대한 사전평가를 수행, 최적의 연계환승체계 구축으로 UAM, 자율주행차량 등 미래 교통수단과 접근교통수단간 효율적 연계환승체계 구축 가능
- 본 사업을 통해 개발되는 접근성 향상 기술 및 비상대응 예방 기술 등 플랫폼 활용·확산을 통해 데이터 기반의 이용자 중심의 + 스마트한 고부가가치의 환승센터 편의·안전 서비스 혁신 가속화 촉진
 - 본 사업을 통한 대중교통 데이터 연계 플랫폼을 통해 대중교통 서비스·수단간 연결성이 강화된 높은 수준의 서비스 개발을 위한 데이터 환경을 제공해 줌으로써 이용자에게 기존 서비스와는 차별화된 맞춤형의 고부가가치 서비스 개발을 촉진
 - 민간기업의 지속적인 서비스 혁신 활성화를 통해 이용자 맞춤형의 통합 교통정보 제

공(위치, 특성, 주변 환경, 이용경력 등을 반영)하여 최적화된(개인화) 맞춤형 교통서비스 제공으로 이용자 편의 확대 기여 가능

- 서비스 개발제공 업체의 경우 그동안 기관별 별도의 데이터 센터를 구축, 개별 수집·연계·제공 시도로 인한 시간·노력을 절감할 수 있게 됨으로써 서비스 개발에 필요한 데이터 수집·처리 비용 등의 사회적 비용 절감 가능
- 다양한 모빌리티 서비스·수단간의 상호 연결성 확보를 통해 이용자는 수단의 선택 옵션이 증가되어 이용자 편의성이 증대될 것으로 기대

As-is		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 광역교통, 환승센터 진단 및 평가 분석에 최소 2개월 소요 ▪ 분석 대상 및 항목 변경시 매번 동일한 시간 및 비용 소요 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 인력의 경험 및 전문성에 따른 운영 및 서비스 격차 발생 ▪ 시시각각 변하는 환경을 인적 모니터링에 의존, 사각지대 발생 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 시설 고장 등 사후 유지보수로 인한 시민 불편 초래 ▪ 다수 운영기관의 영역별 개별 운영, 비상시 컨트롤 타워 부재
		
↓		
To-be		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ GTX 환승센터 고유 특성 및 시나리오(신규수단, 노선) 기반 접근편의성 변화예측 시스템 개발 ▪ 시스템을 활용한 즉각적인 정책의사 결정 지원 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ GTX 환승센터 디지털 트윈 구현 ▪ 대심도, 단시간 유동인구 밀집 상황에 대응가능한 실시간 고정밀 실내 측위 장치 구현 및 디지털트윈 시스템 연계 ▪ 생성형 AI 기반 비상상황 시나리오 최적 대응방안 의사결정 지원 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 실시간 상태점검 등 선제적 운영 관리, 이용자 맞춤형 서비스 제공 ▪ 실시간 화재 감지, 위치 기반 맞춤형 피난 대피경로 제공
		

그림 5-1-1 본 연구에서 제안한 기획과제의 As-Is / To-Be

나. 사회경제적 기대효과

- (출퇴근시간 30분대 목표 달성 등) 환승·접근 편의성 개선 연간 약 47억원 편익 발생
 - 교통물류 교통물류 허브를 중심으로 한 도시·사회·경제 구조 재편에 따른 교통물류 허브 접근성, 서비스 빈도 향상 등 대중교통 분담율 제고 및 모빌리티 분야 탄소중립을 위한 국민참여 확대 기대
- (해외 시장 진출) 스마트시티 모빌리티 해외 시장은 2020년 77억 달러에서 지속적으로 상승하여, 2025년 272억 달러에 이르며, 첨단 교통물류 허브 기술은 모빌리티 뿐만 아니라 건설/건축 분야를 포함, 국토부의 국제협력 및 해외 진출 등 정책목표 달성에 기여할 것으로 예상 (※ 글로벌 시장점유율 4% 달성을 통한 1.5조원 경제효과 창출)
- 이용자 측면의 안전, 편의 및 만족도 제고하여, 대중교통 이용 활성화 기여
- (서비스 산업 활성화 기여) 데이터 수집·표준화·연계 등에 대한 한계로 진입장벽이 높았던 모빌리티 서비스 산업 활성화에 기여하고 대중교통·공유 모빌리티 분담률 증대 기대
 - 모빌리티 서비스에 신규로 진입하는 벤처 기업이나 현재 서비스를 운영 중인 다양한 기업들을 지역과 수단으로 통합한 서비스 제공으로 신규 기업들의 서비스 활성화 및 이용자 증가 기여
 - 신규 벤처 기업은 자사의 서비스를 홍보하기 위해 큰 비용이 소모되고 개별 교통수단으로는 서비스 제공에 한계, 반면 연구개발 사업을 통해 지역과 수단으로 통합된 연계 교통수단으로 관련 정보(버스-신규 벤처 기업 서비스, 열차-신규 벤처 기업 서비스 등)를 이용자에게 제공하므로 신규 벤처 기업의 이용자 확보에 기여 가능
 - 아이디어를 가진 스타트업은 누구나 참여하여 공공 플랫폼 기반의 데이터 및 운영 기술을 지원받을 수 있는 생태계 구축을 통해 다양한 민간 기업들이 경쟁할 수 있도록 유도
 - 수익성이 낮은 지역, 교통약자 계층을 위한 공공 모빌리티 서비스 개발 및 분석을 위한 플랫폼을 제공하고, 교통 복지 측면의 사회적 편익을 증대시킬 수 있음
 - 모빌리티 연계·환승 서비스 품질 향상을 통해, 개인 자가용 승용차 통행을 줄이고, 대중교통을 중심으로 한 공유형 모빌리티 분담률 증대기대
- GTX 환승센터 및 복합환승센터 설계, 건축시 AI·디지털트윈 기반의 자동화 기술을 통해 의사결정 효율 향상과 설계 시간·비용을 단축·절감할 것으로 기대
 - 실제 수요예측을 충분히 하고 이를 기반한 설계가 이루어짐으로 불필요한 설계변경을 사전에 예방하여 설계변경 및 재시공 부담에 대한 30%이상의 비용 절감을 기대
 - 폐쇄적인 의사결정체계를 데이터에 의한 과학적 분석과 결과물을 제시할 수 있는 열

린 의사결정체계를 구축하여 연계환승센터 계획 및 설계, 시공 단계에서 의사결정 효율성 향상

- 디지털트윈 방식을 도입한 시뮬레이션 결과를 통해 경제적이고 효과적인 토지이용 개발 사업 선택이 가능하고 다양한 도시 개발 사업에 대한 경제적·환경적 파급효과에 대한 대응 체계 구축 가능
 - ML/AI 관련 기술의 급속한 발전을 도시공간 AI 측정 모형 개발에 적극적으로 활용함으로써 소프트웨어 및 정보기술 산업의 기술개발 수준 진보 및 새로운 형태의 기술 서비스 기반 산업 일자리 창출
- 효율적이고 편리한 연계환승체계 구축으로 대중교통 중심의 국가교통체계 재편 기반 확립하고, 지자체 맞춤형 모빌리티 사업 추진 기대
- 환승센터 동선 가이드라인, 이동체개발을 통한 이동지원 등 환승센터 접근성 향상을 통한 환승센터 이용률 및 그에 따른 대중교통 분담율 제고
 - 시설 내 밀집문제를 해결하기 위한 사전 예측·모니터링 및 비상 대응 체계 개발로 국민이 안심하고 이용할 수 있는 이용자가 편리하고 안전한 연계·환승 모빌리티 확보

제2절 연구 성과관리 및 활용 계획

1. 연구 성과 활용 전략

- 환승시설 국가통계(안) 도출
 - 환승시설 관련 통계 및 지표를 활용한 정책 발굴 및 검증 체계 확보
 - 국내 건설 예정인 GTX 대심도 철도역사뿐만 아니라 철도역사 노후화에 따른 리모델링 시 전국 철도 환승역사에 순차적으로 상용화 가능
- 법제도 개선방안
 - 국가통계 지표, 법제도 개선(안) 등을 통한 향후 연구주제 발굴
 - 미래형 환승센터 유형화 및 관련 필요기술 도출 등
- 관계기관과의 지속적 협력체계 확보
 - 국가연구개발사업 지원 및 수주
 - 지속적 광역교통혁신 공모전을 통해, 연구원 내 개발 기술 및 연구 성과 활용
 - 국토부 대광위, 환승센터 계획 수립, 건설 및 합리적 운영을 위한 정책지원
- 진흥원, 국가R&D ('26-'29): 본 사업 추진
 - 국가과학기술심의회 통과 必, 예산 확정시기: '25.05 이후



그림 5-2-1 연구성과 활용 전략

2. (참고) 추진경과

- '19.12 : 한국철도기술연구원, 빅데이터 및 AI를 활용한 철도역사 이용객 안전 위험요소 사전진단 정보시스템 핵심기술개발 기획 연구
 - * 주관연구개발기관: 한국철도기술연구원, 연구기간: '19
- '24.01 : 국토교통과학기술진흥원, 다수단 모빌리티 이동편의 향상을 위한 첨단 모빌리티 연계환승 및 운영기술 개발 기획
 - * 주관연구개발기관: (주)리디자인엑스, 연구기간: '22.08-'24.01
- '24.12 : 한국철도기술연구원, GTX 환승 요구변화를 고려한 광역교통 정책지원 연구
 - * 주관연구개발기관: 한국철도기술연구원, 연구기간: '24
- '24.05~: 한국철도기술연구원, AI 및 디지털 대전환을 위한 첨단 모빌리티 허브 핵심기술 개발
 - * 주관연구개발기관: 한국철도기술연구원, 연구기간: '24.05-진행 중

[부록] 설문조사 결과

환승역 이용 실태: 이용빈도

구분	빈도수	매일	주 3회 이상	주 1~2회	월 1~2회	연간 10회 미만
전체	300	14.3	31.0	22.7	20.3	11.7
건대입구역	19	5.3	47.4	21.1	10.5	15.8
고속터미널역	47	14.9	38.3	19.1	25.5	2.1
공덕역	12	8.3	33.3	33.3	25.0	0.0
교대역	12	16.7	16.7	25.0	33.3	8.3
군자역	7	28.6	42.9	28.6	0.0	0.0
김포공항역	19	15.8	31.6	26.3	21.1	5.3
동대문역사문화공원역	14	21.4	50.0	14.3	7.1	7.1
사당역	20	10.0	25.0	15.0	20.0	30.0
서울역	20	5.0	25.0	20.0	15.0	35.0
신도림역	47	12.8	34.0	23.4	8.5	21.3
신설동역	2	50.0	0.0	50.0	0.0	0.0
왕십리역	8	0.0	37.5	37.5	25.0	0.0
잠실역	12	8.3	50.0	8.3	33.3	0.0
종로3가역	7	0.0	28.6	42.9	28.6	0.0
청량리역	4	25.0	0.0	50.0	0.0	25.0
충무로역	10	10.0	20.0	30.0	20.0	20.0
수서역	9	11.1	0.0	22.2	55.6	11.1
기타 역	31	32.3	16.1	19.4	29.0	3.2

환승역 이용 실태: 주 이용 시간대

구분	빈도수	오전 출근시간대	낮 시간대	저녁 퇴근시간대	야간 시간대
전체	300	44.3	43.3	31.3	8.3
건대입구역	19	57.9	36.8	15.8	10.5
고속터미널역	47	42.6	48.9	29.8	6.4
공덕역	12	25.0	58.3	25.0	0.0
교대역	12	33.3	16.7	50.0	0.0
군자역	7	71.4	57.1	28.6	0.0
김포공항역	19	57.9	15.8	42.1	5.3
동대문역사문화공원역	14	64.3	42.9	42.9	7.1
사당역	20	35.0	60.0	15.0	15.0
서울역	20	40.0	60.0	25.0	10.0
신도림역	47	42.6	42.6	31.9	8.5
신설동역	2	100.0	0.0	0.0	0.0
왕십리역	8	25.0	62.5	12.5	12.5
잠실역	12	41.7	33.3	50.0	0.0
종로3가역	7	28.6	57.1	42.9	0.0
청량리역	4	25.0	50.0	25.0	0.0
충무로역	10	30.0	30.0	60.0	0.0
수서역	9	33.3	55.6	33.3	22.2
기타 역	31	54.8	35.5	29.0	19.4

환승역 이용 목적

구분	빈도수	출퇴근/등학교	쇼핑/여가활동	여행/출장	기타
전체	300	54.3	32.0	11.3	2.3
건대입구역	19	47.4	47.4	0.0	5.3
고속터미널역	47	57.4	25.5	12.8	4.3
공덕역	12	50.0	33.3	16.7	0.0
교대역	12	50.0	41.7	8.3	0.0
군자역	7	85.7	0.0	0.0	14.3
김포공항역	19	52.6	26.3	15.8	5.3
동대문역사문화공원역	14	64.3	35.7	0.0	0.0
사당역	20	40.0	45.0	10.0	5.0
서울역	20	50.0	25.0	25.0	0.0
신도림역	47	59.6	31.9	8.5	0.0
신설동역	2	100.0	0.0	0.0	0.0
왕십리역	8	37.5	50.0	12.5	0.0
잠실역	12	66.7	33.3	0.0	0.0
종로3가역	7	42.9	57.1	0.0	0.0
청량리역	4	25.0	25.0	50.0	0.0
충무로역	10	40.0	40.0	10.0	10.0
수서역	9	33.3	44.4	22.2	0.0
기타 역	31	64.5	19.4	16.1	0.0

환승역 이용 실태: 주 이용 시설물

구분	빈도수	계단	에스컬레이터	엘리베이터
전체	300	37.3	58.3	4.3
건대입구역	19	36.8	52.6	10.5
고속터미널역	47	19.1	78.7	2.1
공덕역	12	16.7	75.0	8.3
교대역	12	66.7	25.0	8.3
군자역	7	57.1	28.6	14.3
김포공항역	19	5.3	94.7	0.0
동대문역사문화공원역	14	35.7	64.3	0.0
사당역	20	50.0	50.0	0.0
서울역	20	15.0	80.0	5.0
신도림역	47	53.2	42.6	4.3
신설동역	2	50.0	50.0	0.0
왕십리역	8	25.0	62.5	12.5
잠실역	12	66.7	25.0	8.3
종로3가역	7	28.6	71.4	0.0
청량리역	4	50.0	50.0	0.0
충무로역	10	30.0	60.0	10.0
수서역	9	33.3	55.6	11.1
기타 역	31	54.8	45.2	0.0

환승역 이용 실태: 시설물 이용 이유

구분	빈도수	다른 시설물이 없어서	걸기 싫어서	다른 시설물은 혼잡해서	짐이 많아서	몸이 불편해서	기타
전체	300	17.3	38.0	31.3	4.0	2.3	7.0
건대입구역	19	0.0	36.8	47.4	5.3	5.3	5.3
고속터미널역	47	12.8	51.1	25.5	2.1	4.3	4.3
공덕역	12	8.3	50.0	25.0	16.7	0.0	0.0
교대역	12	25.0	8.3	41.7	0.0	8.3	16.7
군자역	7	28.6	28.6	42.9	0.0	0.0	0.0
김포공항역	19	15.8	63.2	5.3	5.3	0.0	10.5
동대문역사문화공원역	14	21.4	42.9	21.4	0.0	7.1	7.1
사당역	20	10.0	40.0	25.0	5.0	0.0	20.0
서울역	20	15.0	40.0	40.0	5.0	0.0	0.0
신도림역	47	19.1	27.7	42.6	2.1	2.1	6.4
신설동역	2	50.0	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0
왕십리역	8	12.5	25.0	37.5	25.0	0.0	0.0
잠실역	12	41.7	16.7	33.3	0.0	0.0	8.3
종로3가역	7	14.3	57.1	28.6	0.0	0.0	0.0
청량리역	4	0.0	50.0	50.0	0.0	0.0	0.0
충무로역	10	20.0	40.0	30.0	0.0	0.0	10.0
수서역	9	22.2	22.2	22.2	22.2	11.1	0.0
기타 역	31	25.8	32.3	29.0	0.0	0.0	12.9

환승역 이용 실태: 환승 이동시간

구분	빈도수	3분 이내	4~6분	7~9분	10~12분	12~15분	15분 이상
전체	300	19.7	45.7	21.3	10.7	2.3	0.3
건대입구역	19	5.3	36.8	42.1	5.3	10.5	0.0
고속터미널역	47	4.3	55.3	34.0	4.3	2.1	0.0
공덕역	12	8.3	41.7	33.3	8.3	8.3	0.0
교대역	12	0.0	33.3	58.3	8.3	0.0	0.0
군자역	7	57.1	42.9	0.0	0.0	0.0	0.0
김포공항역	19	26.3	31.6	15.8	15.8	10.5	0.0
동대문역사문화공원역	14	28.6	50.0	14.3	7.1	0.0	0.0
사당역	20	40.0	45.0	5.0	10.0	0.0	0.0
서울역	20	5.0	45.0	15.0	35.0	0.0	0.0
신도림역	47	21.3	42.6	14.9	19.1	0.0	2.1
신설동역	2	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
왕십리역	8	12.5	87.5	0.0	0.0	0.0	0.0
잠실역	12	8.3	58.3	16.7	16.7	0.0	0.0
종로3가역	7	28.6	42.9	14.3	0.0	14.3	0.0
청량리역	4	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
충무로역	10	30.0	30.0	30.0	10.0	0.0	0.0
수서역	9	44.4	22.2	22.2	11.1	0.0	0.0
기타 역	31	38.7	41.9	16.1	3.2	0.0	0.0

환승역 이용 실태: 적정 환승 이동시간

구분	빈도수	3분 이내	4~6분	7~9분	10~12분	12~15분
전체	300	45.7	39.0	10.7	4.0	0.7
건대입구역	19	26.3	57.9	15.8	0.0	0.0
고속터미널역	47	44.7	44.7	8.5	2.1	0.0
공덕역	12	33.3	33.3	16.7	8.3	8.3
교대역	12	25.0	41.7	16.7	16.7	0.0
군자역	7	57.1	42.9	0.0	0.0	0.0
김포공항역	19	42.1	47.4	10.5	0.0	0.0
동대문역사문화공원역	14	50.0	42.9	0.0	7.1	0.0
사당역	20	45.0	50.0	5.0	0.0	0.0
서울역	20	30.0	35.0	20.0	10.0	5.0
신도림역	47	48.9	29.8	12.8	8.5	0.0
신설동역	2	50.0	50.0	0.0	0.0	0.0
왕십리역	8	50.0	50.0	0.0	0.0	0.0
잠실역	12	50.0	41.7	8.3	0.0	0.0
종로3가역	7	71.4	28.6	0.0	0.0	0.0
청량리역	4	25.0	75.0	0.0	0.0	0.0
충무로역	10	50.0	20.0	20.0	10.0	0.0
수서역	9	44.4	44.4	11.1	0.0	0.0
기타 역	31	67.7	19.4	12.9	0.0	0.0

실제 환승 이동시간별 적정 환승 이동시간 응답 결과

구분	빈도수	적정 환승 이동시간					
		3분 이내	4~6분	7~9분	10~12분	12~15분	
실제 환승 이동시간	3분 이내	59	93.2	6.8	0.0	0.0	0.0
	4~6분	137	45.3	48.2	5.8	0.7	0.0
	7~9분	64	18.8	51.6	20.3	7.8	1.6
	10~12분	32	18.8	34.4	25.0	18.8	3.1
	12~15분	7	28.6	42.9	28.6	0.0	0.0
	15분 이상	1	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0

환승역 이용 실태: 환승 대기시간

구분	빈도수	3분 이내	4~6분	7~9분	10~12분	12~15분	15분 이상
전체	300	11.7	48.7	25.0	12.3	2.0	0.3
건대입구역	19	10.5	57.9	31.6	0.0	0.0	0.0
고속터미널역	47	8.5	53.2	27.7	10.6	0.0	0.0
공덕역	12	8.3	50.0	25.0	16.7	0.0	0.0
교대역	12	8.3	66.7	25.0	0.0	0.0	0.0
군자역	7	28.6	42.9	28.6	0.0	0.0	0.0
김포공항역	19	10.5	57.9	21.1	5.3	5.3	0.0
동대문역사문화공원역	14	21.4	42.9	28.6	7.1	0.0	0.0
사당역	20	5.0	65.0	20.0	0.0	5.0	5.0
서울역	20	10.0	45.0	25.0	15.0	5.0	0.0
신도림역	47	12.8	31.9	27.7	23.4	4.3	0.0
신설동역	2	0.0	0.0	50.0	0.0	50.0	0.0
왕십리역	8	0.0	62.5	25.0	12.5	0.0	0.0
잠실역	12	8.3	58.3	16.7	16.7	0.0	0.0
종로3가역	7	0.0	71.4	28.6	0.0	0.0	0.0
청량리역	4	25.0	25.0	25.0	25.0	0.0	0.0
충무로역	10	10.0	40.0	40.0	10.0	0.0	0.0
수서역	9	44.4	33.3	11.1	11.1	0.0	0.0
기타 역	31	12.9	45.2	16.1	25.8	0.0	0.0

환승역 이용 실태: 적정 환승 대기시간

구분	빈도수	3분 이내	4~6분	7~9분	10~12분
전체	300	38.7	42.3	13.3	5.7
건대입구역	19	42.1	47.4	10.5	0.0
고속터미널역	47	38.3	42.6	14.9	4.3
공덕역	12	41.7	16.7	25.0	16.7
교대역	12	16.7	75.0	8.3	0.0
군자역	7	85.7	14.3	0.0	0.0
김포공항역	19	36.8	47.4	10.5	5.3
동대문역사문화공원역	14	42.9	50.0	0.0	7.1
사당역	20	35.0	45.0	20.0	0.0
서울역	20	30.0	45.0	5.0	20.0
신도림역	47	31.9	46.8	14.9	6.4
신설동역	2	0.0	50.0	0.0	50.0
왕십리역	8	50.0	37.5	12.5	0.0
잠실역	12	33.3	33.3	25.0	8.3
종로3가역	7	57.1	28.6	14.3	0.0
청량리역	4	25.0	50.0	25.0	0.0
충무로역	10	40.0	30.0	10.0	20.0
수서역	9	55.6	33.3	11.1	0.0
기타 역	31	45.2	38.7	16.1	0.0

실제 환승 대기시간별 적정 환승 대기시간 응답 결과

구분		빈도수	적정 환승 대기 시간			
			3분 이내	4~6분	7~9분	10~12분
실제 환승 대기 시간	3분 이내	35	88.6	11.4	0.0	0.0
	4~6분	146	45.9	47.9	4.1	2.1
	7~9분	75	14.7	54.7	22.7	8.0
	10~12분	37	18.9	24.3	40.5	16.2
	12~15분	6	0.0	33.3	33.3	33.3
	15분 이상	1	0.0	100.0	0.0	0.0

환승역 만족도: 환승 난이도

구분	빈도수	어렵다 (①+②+③)	보통이다	쉽다 (⑤+⑥+⑦)	7점 평균	100점 평균
전체	300	20.7	35.0	44.3	4.42	56.94
건대입구역	19	31.6	31.6	36.8	3.95	49.12
고속터미널역	47	19.1	25.5	55.3	4.60	59.93
공덕역	12	8.3	33.3	58.3	5.00	66.67
교대역	12	0.0	50.0	50.0	4.83	63.89
군자역	7	14.3	0.0	85.7	5.29	71.43
김포공항역	19	31.6	15.8	52.6	4.21	53.51
동대문역사문화공원역	14	21.4	28.6	50.0	4.43	57.14
사당역	20	20.0	50.0	30.0	4.25	54.17
서울역	20	10.0	60.0	30.0	4.45	57.50
신도림역	47	29.8	38.3	31.9	4.11	51.77
신설동역	2	50.0	0.0	50.0	4.00	50.00
왕십리역	8	25.0	37.5	37.5	3.88	47.92
잠실역	12	16.7	41.7	41.7	4.08	51.39
종로3가역	7	28.6	28.6	42.9	4.14	52.38
청량리역	4	25.0	0.0	75.0	5.50	75.00
충무로역	10	10.0	50.0	40.0	4.40	56.67
수서역	9	22.2	33.3	44.4	4.56	59.26
기타 역	31	16.1	38.7	45.2	4.71	61.83

환승역 만족도: 안내 체계

구분	빈도수	부족하다 (①+②+③)	보통이다	충분하다 (⑤+⑥+⑦)	7점 평균	100점 평균
전체	300	18.7	27.7	53.7	4.65	60.89
건대입구역	19	21.1	31.6	47.4	4.32	55.26
고속터미널역	47	19.1	27.7	53.2	4.70	61.70
공덕역	12	16.7	25.0	58.3	4.75	62.50
교대역	12	8.3	41.7	50.0	4.67	61.11
군자역	7	14.3	14.3	71.4	5.29	71.43
김포공항역	19	15.8	15.8	68.4	4.79	63.16
동대문역사문화공원역	14	28.6	7.1	64.3	4.50	58.33
사당역	20	15.0	35.0	50.0	4.60	60.00
서울역	20	30.0	25.0	45.0	4.50	58.33
신도림역	47	29.8	25.5	44.7	4.32	55.32
신설동역	2	0.0	50.0	50.0	5.00	66.67
왕십리역	8	25.0	12.5	62.5	4.38	56.25
잠실역	12	0.0	58.3	41.7	4.50	58.33
종로3가역	7	0.0	42.9	57.1	5.14	69.05
청량리역	4	0.0	0.0	100.0	6.25	87.50
충무로역	10	20.0	30.0	50.0	4.50	58.33
수서역	9	22.2	33.3	44.4	4.56	59.26
기타 역	31	9.7	29.0	61.3	5.10	68.28

환승역 만족도: 이동 편리성

구분	빈도수	불편하다 (①+②+③)	보통이다	편리하다 (⑤+⑥+⑦)	7점 평균	100점 평균
전체	300	24.7	29.7	45.7	4.42	56.94
건대입구역	19	31.6	26.3	42.1	4.11	51.75
고속터미널역	47	19.1	19.1	61.7	4.89	64.89
공덕역	12	16.7	33.3	50.0	4.58	59.72
교대역	12	33.3	33.3	33.3	4.42	56.94
군자역	7	28.6	28.6	42.9	4.71	61.90
김포공항역	19	21.1	21.1	57.9	4.63	60.53
동대문역사문화공원역	14	28.6	14.3	57.1	4.43	57.14
사당역	20	20.0	35.0	45.0	4.50	58.33
서울역	20	15.0	25.0	60.0	4.70	61.67
신도림역	47	44.7	23.4	31.9	3.77	46.10
신설동역	2	50.0	50.0	0.0	3.00	33.33
왕십리역	8	12.5	50.0	37.5	4.63	60.42
잠실역	12	41.7	33.3	25.0	3.58	43.06
종로3가역	7	14.3	57.1	28.6	4.43	57.14
청량리역	4	0.0	0.0	100.0	5.75	79.17
충무로역	10	10.0	50.0	40.0	4.40	56.67
수서역	9	11.1	55.6	33.3	4.67	61.11
기타 역	31	16.1	41.9	41.9	4.48	58.06

환승역 만족도: 이동시간 및 거리 적정성

구분	빈도수	멀다 (①+②+③)	보통이다	적절하다 (⑤+⑥+⑦)	7점 평균	100점 평균
전체	300	28.3	29.7	42.0	4.28	54.61
건대입구역	19	31.6	31.6	36.8	3.84	47.37
고속터미널역	47	29.8	23.4	46.8	4.34	55.67
공덕역	12	25.0	25.0	50.0	4.58	59.72
교대역	12	25.0	41.7	33.3	4.33	55.56
군자역	7	14.3	14.3	71.4	5.14	69.05
김포공항역	19	36.8	15.8	47.4	4.05	50.88
동대문역사문화공원역	14	35.7	21.4	42.9	4.36	55.95
사당역	20	20.0	30.0	50.0	4.45	57.50
서울역	20	15.0	40.0	45.0	4.55	59.17
신도림역	47	31.9	29.8	38.3	4.11	51.77
신설동역	2	50.0	50.0	0.0	3.50	41.67
왕십리역	8	37.5	25.0	37.5	3.75	45.83
잠실역	12	41.7	33.3	25.0	3.50	41.67
종로3가역	7	71.4	14.3	14.3	3.43	40.48
청량리역	4	25.0	0.0	75.0	5.00	66.67
충무로역	10	20.0	50.0	30.0	4.50	58.33
수서역	9	11.1	55.6	33.3	4.56	59.26
기타 역	31	19.4	35.5	45.2	4.61	60.22

환승역 만족도: 환승 대기시간 적정성

구분	빈도수	길다 (①+②+③)	보통이다	적절하다 (⑤+⑥+⑦)	7점 평균	100점 평균
전체	300	21.7	36.3	42.0	4.32	55.39
건대입구역	19	21.1	31.6	47.4	4.11	51.75
고속터미널역	47	19.1	34.0	46.8	4.51	58.51
공덕역	12	33.3	16.7	50.0	4.50	58.33
교대역	12	33.3	33.3	33.3	4.17	52.78
군자역	7	14.3	42.9	42.9	4.86	64.29
김포공항역	19	15.8	26.3	57.9	4.53	58.77
동대문역사문화공원역	14	14.3	28.6	57.1	4.64	60.71
사당역	20	25.0	40.0	35.0	4.10	51.67
서울역	20	15.0	45.0	40.0	4.40	56.67
신도림역	47	27.7	38.3	34.0	4.06	51.06
신설동역	2	50.0	50.0	0.0	3.00	33.33
왕십리역	8	25.0	37.5	37.5	4.25	54.17
잠실역	12	16.7	41.7	41.7	4.42	56.94
종로3가역	7	42.9	14.3	42.9	4.43	57.14
청량리역	4	25.0	25.0	50.0	4.50	58.33
충무로역	10	30.0	40.0	30.0	3.80	46.67
수서역	9	11.1	44.4	44.4	4.78	62.96
기타 역	31	12.9	48.4	38.7	4.32	55.38

환승역 만족도: 환승 혼잡도

구분	빈도수	혼잡하다 (①+②+③)	보통이다	쾌적하다 (⑤+⑥+⑦)	7점 평균	100점 평균
전체	300	58.0	21.0	21.0	3.14	35.67
건대입구역	19	52.6	26.3	21.1	3.32	38.60
고속터미널역	47	70.2	4.3	25.5	2.98	32.98
공덕역	12	33.3	16.7	50.0	4.25	54.17
교대역	12	41.7	33.3	25.0	4.00	50.00
군자역	7	57.1	28.6	14.3	3.43	40.48
김포공항역	19	63.2	10.5	26.3	2.95	32.46
동대문역사문화공원역	14	78.6	7.1	14.3	2.86	30.95
사당역	20	50.0	35.0	15.0	3.15	35.83
서울역	20	60.0	15.0	25.0	3.20	36.67
신도림역	47	70.2	19.1	10.6	2.47	24.47
신설동역	2	100.0	0.0	0.0	2.50	25.00
왕십리역	8	62.5	25.0	12.5	2.88	31.25
잠실역	12	41.7	33.3	25.0	3.33	38.89
종로3가역	7	71.4	28.6	0.0	2.43	23.81
청량리역	4	25.0	50.0	25.0	4.00	50.00
충무로역	10	60.0	30.0	10.0	2.80	30.00
수서역	9	11.1	44.4	44.4	4.56	59.26
기타 역	31	48.4	29.0	22.6	3.45	40.86

환승역 만족도: 환승 안전도

구분	빈도수	불안하다 (①+②+③)	보통이다	안전하다 (⑤+⑥+⑦)	7점 평균	100점 평균
전체	300	25.7	29.3	45.0	4.31	55.17
건대입구역	19	21.1	26.3	52.6	4.05	50.88
고속터미널역	47	25.5	25.5	48.9	4.57	59.57
공덕역	12	16.7	16.7	66.7	4.83	63.89
교대역	12	16.7	41.7	41.7	4.33	55.56
군자역	7	28.6	0.0	71.4	4.57	59.52
김포공항역	19	5.3	31.6	63.2	4.68	61.40
동대문역사문화공원역	14	35.7	28.6	35.7	3.86	47.62
사당역	20	15.0	50.0	35.0	4.55	59.17
서울역	20	25.0	30.0	45.0	4.35	55.83
신도림역	47	51.1	31.9	17.0	3.43	40.43
신설동역	2	50.0	50.0	0.0	3.50	41.67
왕십리역	8	12.5	25.0	62.5	4.63	60.42
잠실역	12	33.3	25.0	41.7	4.17	52.78
종로3가역	7	28.6	14.3	57.1	4.86	64.29
청량리역	4	0.0	25.0	75.0	5.50	75.00
충무로역	10	30.0	30.0	40.0	4.00	50.00
수서역	9	0.0	22.2	77.8	5.44	74.07
기타 역	31	19.4	32.3	48.4	4.45	57.53

환승역 만족도: 종합 만족도

구분	빈도수	불만족한다 (①+②+③)	보통이다	만족한다 (⑤+⑥+⑦)	7점 평균	100점 평균
전체	300	25.7	31.0	43.3	4.29	54.89
건대입구역	19	31.6	15.8	52.6	4.11	51.75
고속터미널역	47	21.3	36.2	42.6	4.47	57.80
공덕역	12	25.0	25.0	50.0	4.50	58.33
교대역	12	8.3	41.7	50.0	4.67	61.11
군자역	7	28.6	14.3	57.1	4.57	59.52
김포공항역	19	21.1	15.8	63.2	4.58	59.65
동대문역사문화공원역	14	21.4	28.6	50.0	4.21	53.57
사당역	20	15.0	50.0	35.0	4.50	58.33
서울역	20	15.0	50.0	35.0	4.30	55.00
신도림역	47	38.3	31.9	29.8	3.85	47.52
신설동역	2	50.0	50.0	0.0	3.50	41.67
왕십리역	8	25.0	12.5	62.5	4.38	56.25
잠실역	12	41.7	33.3	25.0	3.75	45.83
종로3가역	7	28.6	28.6	42.9	4.14	52.38
청량리역	4	25.0	0.0	75.0	5.25	70.83
충무로역	10	40.0	40.0	20.0	3.90	48.33
수서역	9	0.0	33.3	66.7	5.22	70.37
기타 역	31	29.0	22.6	48.4	4.26	54.30

참고문헌

- [1] 「국가통합교통체계효율화법」 [시행 2024.4.17.] [법률 제20039호]
- [2] 「철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률」 [시행 2024.1.9.] [법률 제19987호]
- [3] 지속가능 교통물류 발전법 [시행 2021.12.7.] [법률 제18563호]
- [4] 모빌리티 혁신 및 활성화 지원에 관한 법률 [시행 2024.10.19.] [법률 제19381호]
- [5] 대도시권 광역교통 관리에 관한 특별법 [시행 2024.4.17.] [법률 제20040호]
- [6] 환승센터 및 복합환승센터 설계·배치 기준 [시행 2015.12.31.] [국토교통부고시 제2015-1103호]
- [7] 도시철도 정거장 및 환승·편의시설 설계 지침 [시행 2022.2.9.] [국토교통부고시 제2022-78호]
- [8] 제2차 대도시권 광역교통기본계획 (2021~2040)
- [9] 제4차 광역교통 시행계획 (2021~2025)
- [10] 제3차 환승센터 및 복합환승센터 구축 기본계획 (2021~2025)
- [11] 대도시권 연계환승체계 개선방안 (한국교통연구원, 2023)
- [12] 대도시권 광역환승센터 활성화 방안 (국토연구원, 2021)
- [13] 고속철도 연계환승 편의성 지표 개발 및 평가를 위한 자료 구축 (한국철도기술연구원, 2023.11)
- [14] 복합환승역사 통합 모빌리티 분석 시스템 개발 (한국철도기술연구원, 2017.12)
- [15] 광역 철도역의 접근성을 고려한 공유 모빌리티 정책 방안 (국토연구원, 김광호, 2018.03.08.)
- [16] 도시철도 환승시설 실태조사 및 LOS 분석연구 (한국철도학회 철도저널 17권 5호, 2014.10)
- [17] 서울 도시철도 1~8호선 277개 역사에 대한 환승 및 이용객 모빌리티 분석 (대한교통학회 제79회 학술발표회, 신성일·이창훈·고지근·정진근·정경덕, 2018.09)
- [18] 철도역사 복합환승센터 계획에 관한 연구 - KTX 송도역을 중심으로 - (홍익대학교 건축도시대학원, 석영석, 2020.02)
- [19] 도시철도·버스 환승실태 분석 및 시설물 개선방향 연구 (인천연구원 교통물류연구실, 손지연/강원모, 2018)
- [20] 도시철도 역사 이용객 편의성 향상 기술개발 최종보고서 (국토교통부 국토교통과학기술진흥원, 2018.12.26.)
- [21] (국가승인통계) 한국교통연구원, 교통접근성 지표
- [22] (국가승인통계) 국토교통부, 대중교통현황조사

- [23] 경기연구원. (2020). 교통카드 자료가 알려주는 대중교통 이야기 [경기연구원 연구보고서]. 네이버블로그 경기연구원 공식블로그, blog.naver.com/gri_blog/221754225039.
- [24] 고영태. (2019). [스마트시티①] 싱가포르, 3D 가상현실로 스마트 국가 건설, <https://news.kbs.co.kr/news/pc/view/view.do?ncd=4174908>.
- [25] 국토교통과학기술진흥원 & 한국건설기술연구원. (2022). 실내공간정보 활용 지원 기술 개발 중보고서 (발간등록번호 11-B552989-000550-01). 국토공간정보연구사업.
- [26] 국토교통부 종합교통정책과. (2010). 수도권 대중교통 승객의 열명 중 3명은 갈아탄다 [보도 자료], molit.go.kr/USR/NEWS/m_71/dtl.jsp?id=155704805.
- [27] 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원. (2018). 도시철도 역사 이용객 편의성 향상 기술 개발. (11-B551201-000116-01).
- [28] 국토교통부. (2020a). 109년 청량리역, 수도권 광역교통 중심(지)로 탈바꿈[보도 자료], molit.go.kr/USR/NEWS/m_71/dtl.jsp?lcmspage=1&id=95084665.
- [29] 국토교통부. (2020b). 복잡한 청량리역 환승이 광역환승센터로 편리해집니다. 네이버 포스트, <https://naver.me/5oQsq1NZ>.
- [30] 국토교통부. (2022). 미래 모빌리티 환승도 한 곳에서 편리하게-UAM·자율차·PM 연계 미래형 환승센터 시범사업 공모-.
- [31] 국토교통부. (2023). 미래형 환승센터 시범사업 4곳 선정 [보도 자료], molit.go.kr/USR/NEWS/m_71/dtl.jsp?lcmspage=1&id=95088100.
- [32] 권영중, 강경표, 이주연, 성낙문, 배춘봉, 강수희. (2012). 전국 대중교통 통합체계 교통연구: 전국 대중교통 연계환승체계 구축 및 시설 확충. (연구총서 2012-28-03). 한국교통연구원, koti.re.kr/user/bbs/bassRsrchReprtView.do?bbs_no=506.
- [33] 김경진. (2017). 구파발역, 롯데몰 환승정류소 17일 운행 개시. TV서울, tvseoul.kr/mobile/article.html?no=9964.
- [34] 김기성 (2024). “버스 탈 때 카드 덜 필요 없어요”...‘태그리스 버스’ 경기 시내에 뜬다. 한겨레, hani.co.kr/arti/area/capital/1136936.html.
- [35] 김동진. (2024). [EV 시대] ‘영국 EV 인프라’ 살펴보니... 가로등에서도 충전시설 구축. 동아일보, <https://www.donga.com/news/It/article/all/20240130/123306349/1>.
- [36] 김두식. (2014). 홍콩 철도차량기지 입체복합개발을 활용한 주거지 사례연구, 대전대학교.

- [37] 김성은, 김시곤, 장병만. (2007). 대도시권 대중교통 환승센터의 이동편의시설 서비스수준에 대한 연구. 한국철도학회 학술발표대회논문집.
- [38] 김성은, 임정실, 문영준, 오재학, 이원영. (2011). 복합환승센터 통합운영시스템 구축방안에 관한 연구. 한국ITS학회 논문지, 10(4), 24-35.
- [39] 김영준. (2014). 사람·버스 뒤죽박죽… 유성복합터미널 ‘아찔’. 충청투데이, cctoday.co.kr/news/articleView.html?idxno=843670.
- [40] 김윤태. (2016). 서울역 버스환승센터 승차대, 해상도 뛰어난 미디어파사드로 업그레이드. 헤드라인뉴스, iheadlinenews.co.kr/news/articleView.html?idxno=17503.
- [41] 김주영 (2022). 인공지능 기반의 미래교통운영 기반기술 개발 및 활용. 한국교통연구원.
- [42] 김진호. (2012). 스마트 복합환승역사 구축기반 및 여객거동 해석 기술 개발. 한국철도기술연구원. (BK026551)
- [43] 김태형. (2019). 영동대로 복합환승센터 ‘최초최대’기록 쏟아낸다. 대한경제, https://m.dnews.co.kr/m_home/view.jsp?idxno=201906141340355460842.
- [44] 김호영의 참스토리. (2019). 새로운 교통인프라 ‘EX-허브’ 들어보셨나요?. 네이버 포스트, naver.me/xCBE4XjR.
- [45] 나기호.. (2018). 이견창호, 인천공항 2터미널에 일체형 태양광 발전 부착. 매일일보, <https://www.m-i.kr/news/articleView.html?idxno=387689>.
- [46] 네이버페이, 코리아 핀테크 위크 2024 참여… ‘디지털 트윈’ 기술 기반 ‘부동산 VR 투어’ 체험부스 선보여. (2024). 네이버, <https://www.navercorp.com/media/pressReleasesDetail?seq=32000>.
- [47] 대전역 MaaS Station 시범사업 공모제안. (2023. 2.). 대전광역시
- [48] 대한국토도시계획학회, (주) 신성엔지니어링, (주) 도담이앤씨. (2020), 강릉선 KTX 역세권 개발 지역특성화전략 종합기본구상.
- [49] 동대구역 KTX, 고속버스, 도시철도 환승방법. (2016). 코레일톡, <https://korailtalk.co.kr/530>.
- [50] 박기량. (2016). 마루광장·환승센터 . . . 시민 만족도 꺾춤. 부천포커스, efocus.co.kr/news/articleView.html?idxno=3367.
- [51] 박장식. (2024). 신용카드 교통요금 결제 ‘오픈 루프’, 한국은 왜 안 될까. 오마이뉴스, omn.kr/27znb.
- [52] 박종일, 김준기, 박미선, 김광호, 연복모. (2024). 도시 공간 특성을 고려한 모빌리티 허브 도입방안. 국토정책 Brief, 977호, 1-8.
- [53] 박혁진. (2024). 플릿툰, 인공지능 기반 최적경로 배차 솔루션 글로벌 출시, <https://www.aitimes.kr/news/articleView.html?idxno=30113>.

- [54] 밝은나라. (2020). 국토부, 수원·인천시청역 등 10곳 'GTX 환승센터'로 선정. 네이버블로그 [경기국제공항/ (수도권소식/ (양성, 양정삼=중고차. blog.naver.com/essaf/222142046976.
- [55] 백상일. (2019). 대중교통 복합환승센터의 개발특성 우선순위와 정책방안에 관한 연구 : 동대구복합환승센터를 사례로 [박사학위논문, 전남대학교].
- [56] 백승목. (2020). '고속철 울산역 개통 10년' 승객 두 배 증가. 경향신문. khan.co.kr/local/Daejeon/article/202010281423001.
- [57] 백승목. (2021). 울산역 복합환승센터 올연말 착공...2025년 준공. 경향신문, khan.co.kr/local/Ulsan/article/202103181356001#c2b.
- [58] 부천종합터미널(소풍) 준공및 개통 임박 원미구, 행정지원 및 불편사항 사전점검. (2007), 부천타임즈. bucheontimes.com/news/articleView.html?idxno=9798.
- [59] 부평역 / 인천시청역 GTX 환승센터 타당성평가 및 기본설계용역. (2022). 인천도시공사
- [60] 서울특별시 S-Map. (2024). S-Map의 서울시 건물현황, <https://openlab.eseoul.go.kr/>.
- [61] 서울특별시 재난안전관리실. (2023). 이태원 참사 1주기 앞둔 서울시, 지능형 재난안전시스템 구축.
- [62] 서울특별시. (2023). 2040 서울도시기본계획.
- [63] 성혜미. (2015). 고속도로변 첫 환승정류장 가천대역에 29일 개장. 연합뉴스, yna.co.kr/view/AKR20151228040000003.
- [64] 셔클. (2024). 지속가능한 도시를 위한 통합모빌리티 플랫폼, 셔클, <https://www.shucle.com/>.
- [65] 수도권 통합환승 3년... 대중교통 이용률 급증. (2010). 경기도청, https://gnews.gg.go.kr/news/news_view.do?number=201007271644367055C048&s_code=&type_m=main.
- [66] 신동명. (2010). 울산 철도 이용객 무려 32배 늘었다. 한겨레, hani.co.kr/arti/area/area_general/452912.html.
- [67] 신세계 센트럴시티. (2024 접속). 신세계 센트럴시티, shinsegaacentralcity.com/about.
- [68] 쓱갓. (2008). 청량리역 환승센터 소개. 네이버 블로그 김삿갓 짝퐁 김쓱갓, blog.naver.com/alba2006/50033830605 .
- [69] 오산시. (2017). 광상육 오산시장, "오산역환승센터는 오산의 새 상징이자 교통 핵심시설 될 것". 네이버블로그, blog.naver.com/osan_si/221167186324.
- [70] 오유림. (2024). 당산역에 광역버스 전용 환승센터. 한국경제.

- [71] 오진주. (2016). [아주동영상] 국내 최초 터미널형 잠실광역환승센터 3일 문 연다. 아주경제,
ajunews.com/view/20161201114750194#_PA.
- [72] 유아이네트웍스. (2024). 교통시물레이터 기반 3D 디지털트윈과 메타버스 구축,
<https://www.uinetworks.co.kr/9?qvac=fzQ2Fo>.
- [73] 윤석윤. (2020). 강릉선 KTX 역세권개발 지역특성화전략 종합기본구상. 대한국토도시계획학회. (72-6420000-000479-01)
- [74] 윤세권. (2012). 잠실역 지하도로 ‘버스환승센터’ 건설. 송파타임즈.
songpatimes.com/news/articleView.html?idxno=11796.
- [75] 이민규 (2020). ‘영동대로 복합환승센터’ 조성에 지능형 첨단기술 총집결, 정보통신신문,
<https://www.koit.co.kr/news/articleView.html?idxno=79779>.
- [76] 이승봉. (2024). 인공지능의 교통분야 활용. 한국교통연구원.
- [77] 이승룡. (2023). 마산역 MaaS Station 시범사업. 창원특례시.
- [78] 이종섭. (2024). 대전 유성복합터미널 우여곡절 끝 연내 첫 삽 뜬다. 경향신문,
khan.co.kr/local/Daejeon/article/202405071132001.
- [79] 이진철. (2011). 은평뉴타운 ‘구파발역 대중교통환승센터’ 개관. 이데일리,
edaily.co.kr/News/Read?newsId=01439926596245312&mediaCodeNo=257.
- [80] 이태무. (2016). 지하서 버스 환승… 스크린도어 있어 안전. 한국일보,
hankookilbo.com/News/Read/201612291764710587.
- [81] 임수연. (2017). 서울시 대중교통 환승시간 영향요인 분석 : 지하철 하차 후 버스 이용자를 중심으로 [석사학위논문, 홍익대학교].
- [82] 임호범. (2021). 대전 유성터미널 ‘공영개발’…33층 주상복합건물 짓는다. 한국경제.
hankyung.com/society/article/2021080416761.
- [83] 장병극. (2022). 철도공단 “10년 後 서울역 밑그림 그린다”. 철도경제,
<https://www.redaily.co.kr/news/articleView.html?idxno=4377>.
- [84] 장윤섭, 장인성. (2021). 스마트 도시 실현을 위한 디지털트윈 기술 동향. 전자통신동향분석. 김소원. (2023). 서울시, 서울도시체험 가상공간 ‘디지털트윈 S-Map’ 구축,
<https://www.c3ka.com/digital-twin-s-map/>.
- [85] 장인성, 주인학. (2020). 디지털 트윈 기반의 스마트시티에서의 공간정보 기술. 한국통신학회지(정보와통신), 37(12), 64-71.
- [86] 정빛나. (2023). [오슬로 르포] 주유소는 안보이고 전기 충전소만… 휴대전화처럼 ‘부선충전’도. 매일경제,
<https://stock.mk.co.kr/news/view/140086>.
- [87] 정석희, 신동진, 김홍석, 임현철.. (2003). 철도역세권 개발제도의 도입방안에 관한 연구,

국토연구원.

- [88] 정현영, 이정훈. (2018). 분위 회귀를 활용한 기상조건이 대중교통 수단별 통행량에 미치는 영향에 대한 연구. 국토계획, 53(4), 95-106.
- [89] 조시승. (2020). 버스 기다리는 시간이 즐거워져요~ 성동구 '스마트 쉼터'. 내 손안에 서울,
mediahub.seoul.go.kr/archives/1291777.
- [90] 조중래, 박은미. (1995). 대중교통수단 환승체계구축 연구. (시정연 95-R). 서울연구원.
- [91] 주문정. (2020). GTX 30개 역사, 환승시간 3분·고품질 랜드마크로. ZDNET Korea,
zdnet.co.kr/view/?no=20200602162609.
- [92] 진영기 (2022). [인턴엑티브] 교통카드 접촉 없이 요금 결제...'태그리스' 버스 타보니. 연합뉴스,
yna.co.kr/view/AKR20220124107300505.
- [93] 차정윤. [YTN]. (2024). 당산역 환승센터 개시..."버스 10분 더 빨라진다"[영상],
Youtube. youtu.be/JOQ1yqRsN3A.
- [94] 최성환. (2022). 개통 12년째 환승센터 없는 울산역. 울산신문,
ulsanpress.net/news/articleView.html?idxno=407984
- [95] 최호성. (2012). 개화역환승센터 개관으로 서울~인천·김포 더 가까워진다. 컨슈머포스트,
consumerpost.co.kr/news/articleView.html?idxno=1803.
- [96] 토요일저널. (2024). 송파구, 버스 파업에 비상대책 가동! 무료 셔틀버스로 구민 불편 완화,
http://www.toyonet.co.kr/bbs/board.php?bo_table=news&wr_id=26121.
- [97] 평택지제역 MaaS Station 시범사업 공모제안 요약본. (2023). 경기도 평택시.
- [98] 하중주, 정현영. (2021). 통합교통서비스체계 확대에 대한 이용자 의식분석. 대한토목학회 학술대회, 광주.
- [99] 한국철도시설공단. (2015). 철도공단, 'KTX울산역 복합환승센터' 개발을 위한 업무협약 체결 [보도 자료],
kr.or.kr/boardCnts/view.do?boardID=52&page=227&boardSeq=1102547
- [100] 한국토지주택공사. (2018). 광역 비즈니스 콤플렉스 마스터플랜.
- [101] 한우진. (2005). '평면환승'으로 전철 갈아타는 거리 줄이자. 대한민국 정책브리핑,
korea.kr/briefing/policyBriefingView.do?newsId=100083345#policyBriefing.
- [102] 한우진. (2009). [1호선-4호선] 금정역 배선도. 네이버블로그 한우진의 교통평론,
blog.naver.com/ianhan/120097920126.
- [103] 한우진. (2010). 전철 이용, 계단은 잊어라...'바로타'와 '평면환승'. 오마이뉴스,
bit.ly/b1WXZU.
- [104] 한우진. (2021). 당산역 환승센터 생기면 좋아지는 점은?. 내 손안에 서울,

- mediahub.seoul.go.kr/archives/2002157.
- [105] 현대자동차. (2020). 현대자동차가 그리는 미래 모빌리티 라이프의 핵심, Hub와 PBV, <https://www.hyundai.co.kr/story/CONT0000000000000789>.
- [106] 현실 세계를 그대로 복제하는 디지털 트윈 기술. (2024a 접속). 네이버 클라우드, <https://www.navercorp.com/tech/digitalTwin>.
- [107] 홍상연, 김영범. (2022). 서울시 모빌리티 허브 도입 방안. *교통기술과정책*, 19(2), 51-56.
- [108] 홍상연, 윤서연, 양재환, 김영범. (2021). 서울시 스마트 모빌리티 거점시설 도입방안. 서울연구원.
- [109] 황보희, 박영욱, 노정현. (2006). 서울시 대중교통 이용객들의 환승시간가치 추정에 관한 연구. *대한교통학회 학술대회지*.
- [110] 황정훈. (2014). 대중교통 환승통행량 영향요인 분석. *대한교통학회지*, 32(3), 179-186.
- [111] 정보알림이. (2023). 유성복합터미널(유성복합환승센터), 2025년 완공목표. 티스토리 부자로 살아가기, <building-buy.com/m/entry/유성복합터미널유성복합환승센터-2025년-완공목표>.
- [112] Aonom S. (2018). Identifying best practices for mobility hubs. UBS Sustainability Scholars report.
- [113] ARCEye. (2024b 접속). 네이버 클라우드, <https://www.ncloud.com/product/digitalTwin/arcEye>.
- [114] Architoure. (2024). Utrecht Centraal station, <https://youraudiotour.com/tours/audiotour-station-utrecht-centraal/stops/9632>.
- [115] Bencekri, M., Kim, S., Fan, Y. V., & Lee, S. (2024). Locating carbon neutral mobility hubs using artificial intelligence techniques. *Scientific Reports*, 14(1), 12328.
- [116] Bencekri, M., Kim, S., Fan, Y. V., Lee, S. (2024). Locating carbon neutral mobility hubs using artificial intelligence techniques. *Scientific Reports*, 14(1), 12328.
- [117] Benthem Crowwel Architects. (2016). Utrecht Central Station, https://www.archdaily.com/801731/utrecht-central-station-benthem-crowwel-architects?ad_source=search&ad_medium=projects_tab.
- [118] Bicycle Dutch. (2024). Bicycleparking Station Square Utrecht Central Station, <https://bicycledutch.wordpress.com/2024/08/21/happy-anniversary-to-the-worlds-largest-bicycle-parking-garage/>
- [119] Buijze, A. (2013). Case Study Utrecht Station Area, the Netherlands: How PPPs Restructured a Station, a Shopping Mall and the Law. CONTEXT Report 4. AIS SR programme group Urban Planning, Amsterdam.

- [120] Changi Airport. (2024 Retrieved). Changi Airport Maps, <https://www.changiairport.com/en/maps.html/>
- [121] Changi Airport. (2024 Retrieved). Jewel Changi Maps. <https://www.changiairport.com/en/maps.html#jewel.l2>
- [122] Chubu Centrair International Airport. (2024 Retrieved). Transfer information in Nagoya Station, <https://www.centrair.jp/ko/access/transfer.html>
- [123] City of Boston Transportation. (2022). GoHubs! Boston's neighborhood mobility hubs guidebook, <https://www.boston.gov/gohubs>
- [124] Civil Engineering and Development Department. (2014). Kai Tak development: Environmentally friendly linkage system, <https://www.ktd.gov.hk/efls/en/proposal.html>
- [125] Cleverciti. (2024 Retrieved). Parkraum-Management (Parking management solutions), <https://www.cleverciti.com/de/loesungen/parkraum-management>
- [126] Connected Urban Twins. (2021). Urbane Digitale Zwillinge, <https://www.connectedurbantwins.de/>.
- [127] Construction and Infrastructure. (2019). Berlin Hauptbahnhof train station, Berlin, Germany, <https://constructionandinfrastructure.wordpress.com/2019/05/29/berlin-hauptbahnhof-train-station-berlin-germany-2/>
- [128] Digital Security Magazine. (2017). Tecnología inteligente de seguridad para la evacuación en grandes eventos y lugares públicos.
- [129] Faliagka, E., Christopoulou, E., Ringas, D., Politi, T., Kostis, N., Leonardos, D., Tranoris, C., Antonopoulos, C. P., Denazis, S. & Voros, N. (2024). Trends in digital twin framework architectures for smart cities: A case study in smart mobility. *Sensors*, 24(5), 1665.
- [130] Faliagka, E., Christopoulou, E., Ringas, D., Politi, T., Kostis, N., Leonardos, D., Voros, N. (2024). Trends in digital twin framework architectures for smart cities: A case study in smart mobility. *Sensors*, 24(5), 1665.
- [131] Galea, E. R., Xie, H., & Lawrence, P. J. (2014). Experimental and survey studies on the effectiveness of dynamic signage systems. *Fire Safety Science*, 11, 1129–1143.

- [132] Gettyimages. (2024). Stazion di Milano Centrale,
<https://www.gettyimages.it/immagine/stazione-milano>.
- [133] GMP Architekten. (2006). Berlin Central Station,
<https://www.gmp.de/en/projects/463/berlin-central-station>.
- [134] Grant, C., Grant, C., Hamins, A., Bryner, N., Jones, A., & Koepke, G. (2015). Research roadmap for smart fire fighting. US Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology. 1191.
- [135] Hamins, A. P., Bryner, N. P., Jones, A. W., & Koepke, G. H. (2015). Research roadmap for smart fire fighting.
- [136] Heddebaut, O., & Di Ciommo, F. (2018). City-hubs for smarter cities. The case of Lille “EuraFlandres” interchange. *European transport research review*, 10, 1-14.
- [137] Hex. (2024 Retrieved). Dynamic Evacuation System,
<https://www.hexsave.com/en/dynamic-evacuation.html>.
- [138] Kohn Pedersen Fox Associates(KPF). (1999). JR Central Towers and Station,
<https://www.kpf.com/project/jr-central-towers-and-station>.
- [139] Kozlov, I. P. (2022). Optimizing Public Transport Services using AI to Reduce Congestion in Metropolitan Area. *International Journal of Intelligent Automation and Computing*, 5(2), 1 - 14.
- [140] KT Enterprise. (2024). AI교통영상분석솔루션,
https://enterprise.kt.com/pd/P_PD_BS_TS_004.do.
- [141] Lee, D., Camacho, D., & Jung, J. J. (2023). Smart mobility with Big Data: approaches, applications, and challenges. *Applied Sciences*, 13(12), 7244.
- [142] Metrolinx. (2014). Kennedy Station mobility hub study.
- [143] MK 부동산센터. (2021). ‘복합환승센터’ 개발 호재, 인근 부동산 시장 ‘들썩’. 매일경제,
mk.co.kr/news/realestate/9717319
- [144] Moynihan Train Hall. (2023). Moynihan Train Hall Small Map,
https://moynihantrainhall.nyc/wp-content/uploads/2023/12/2023-12-12-MTH-Small-Map_Generic_compress.pdf
- [145] Nagoya Station. (2024 Retrieved). Nagoya station,
<https://www.nagoyastation.com/nagoya-station-map-finding-your-way/>
- [146] Osaka Chushin Area. (2024 Retrieved). Namba Station,
<https://osaka-chushin.jp/nigiwaipanel/ko/dotonbori-ko/a0d09-ko/>
- [147] Plitt, A., Curved NY. (2018). Penn Station’s new entrance at Moynihan Train,

- <https://ny.curbed.com/2018/9/6/17827718/penn-station-moynihan-train-hall-andrew-cuomo-entrance>
- [148] rfPRO. (2024). 자율주행차 개발을 지원하는 새로운 로스엔젤레스 디지털 모델, <https://rfpro.com/ko/new-los-angeles-digital-model-to-support-autonomous-vehicle-development/>.
- [149] SANDAG. (2017). Mobility hub features catalog: Regional mobility hub implementation strategy.
- [150] Schiphol. (2024 Retrieved). Bus Station in Schiphol, <https://www.schiphol.nl/en/projects/all-schiphol-projects/bus/>
- [151] Schiphol. (2024). Train Station in Schiphol, <https://www.schiphol.nl/en/projects/news/work-on-staircases-escalators-at-plaza-is-going-smoothly/>
- [152] Smart City Korea. (2015). How we design and build a smart city and nation | Cheong Koon Hean | TEDxSingapore, <https://smartcity.go.kr/2015/12/17/how-we-design-and-build-a-smart-city-and-nation-cheong-koon-hean-tedxsingapore/>.
- [153] SmartCitiesWorld. (2019). The rise of digital twins in smart cities, <https://www.smartcitiesworld.net/special-reports/the-rise-of-digital-twins-in-smart-cities>.
- [154] The Trainline. (2024). Roma Termini: A guide to Rome's main train station, <https://www.thetrainline.com/en-us/via/europe/italy/rome/roma-termini-a-guide-to-rome-s-main-train-station>
- [155] TOPIS. (2024 Retrieved). 서울특별시 교통정보센터 - 실시간 대중교통정보, <https://topis.seoul.go.kr/>
- [156] Total Care Parking. (2024 Retrieved). Airportparking ophalen en wegbrengen Schiphol [Airport parking pick-up and drop-off Schiphol], https://www.totalcareparking.nl/airportparking_nl/hoe-werkt-lang-parkeren/airport-parking-ophalen-en-wegbrengen-schiphol/
- [157] VU.CITY. (2024). Zone of Theoretical Visibility - Now Available in VU.CITY Cloud, <https://www.vu.city/news/zone-of-theoretical-visibility-now-available-in-vu-city-cloud>.
- [158] White, G., Zink, A., Codecá, L., Clarke, S. (2021). A digital twin smart city for citizen feedback. *Cities*, 110, 103064.

- [159] Wikimedia Commons. (2006). Bologna–Stazione Centrale,
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bologna-Stazione_Centrale-DSCF7236.JPG?uselang=ko
- [160] Wikimedia Commons. (2012). CLERMONT-FERRAND - Vue générale de la Gare,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?search=Clermont-Ferrand&title=Special:MediaSearch&go=Go&type=image>
- [161] Wikimedia Commons. (2013). Lille - Gare de Lille-Flandres,
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lille_-_Gare_de_Lille-Flandres_\(44\).JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lille_-_Gare_de_Lille-Flandres_(44).JPG)
- [162] Wikimedia Commons. (2016). Stazione di Milano Centrale,
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stazione_di_Milano_Centrale_\(10745947514\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stazione_di_Milano_Centrale_(10745947514).jpg)
- [163] Wikimedia Commons. (2017). Gare de Clermont-Ferrand,
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gare_de_Clermont-Ferrand.jpg
- [164] Wikimedia Commons. (2017). Roma Termini railway station,
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Roma_Termini_railway_station_-_panorama.jpg
- [165] Wikimedia Commons. (2017). Roma termini,
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Roma_termini_01.jpg
- [166] Wikimedia Commons. (2020). Gare de Lille Flandres 2020 entrance,
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gare_de_Lille_Flandres_2020_entrance.jpg
- [167] Wikimedia Commons. (2022). Arrivo, fermata e ripartenza dalla stazione di Bologna Centrale,
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Arrivo,_fermata_e_ripartenza_dalla_stazione_di_Bologna_Centrale,_5_novembre_2022_22.jpg?uselang=ko
- [168] Wikimedia Commons. (2023). Jewel Changi Airport,
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jewel_Changi_Airport_13-11-2023\(1\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jewel_Changi_Airport_13-11-2023(1).jpg)
- [169] Wikimedia Commons. (2023). Milan CentralStation,
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Milan_CentralStation_016_4294.jpg
- [170] Wikipedia contributors. (2012). Milano Centrale Entrance Hall,
<https://ko.m.wikipedia.org/wiki/%ED%8C%8C%EC%9D%BC:Milano-Centrale-Entrance-Hall-2012.JPG>
- [171] Wikipedia contributors. (2019). Jewel Singapore Vortex,
<https://en.wikipedia.org/wiki/File:JewelSingaporeVortex1.jpg>

- [172] Yeon, H., Eom, T., Jang, K., Yeo, J. (2023). DTUMOS, digital twin for large-scale urban mobility operating system. *Scientific Reports*, 13(1), 5154.
- [173] Zacharias, J., Zhang, T., & Nakajima, N. (2011). Tokyo Station City: The railway station as urban place. *Urban Design International*, 16, 242-251. - 82~83p