

최종보고서 (일반과제용)										보안등급 일반[✓], 보안[]	
중앙행정기관명	국토교통부			사업명	사업명			국토교통기술촉진연구사업			
전문기관명	국토교통과학기술진흥원				내역사업명						
공고번호	공고-제00호			총괄연구개발 식별번호			-				
				연구개발과제번호			21CTAP-C152728-03				
국가과학기술 표준분류	EI0201		50%	SF0105		30%	EE1203		20%		
총괄연구개발명	국문										
	영문										
연구개발과제명	국문	세계시장 진출을 위한 구글맵(Google Maps) 기반의 증강현실(AR) 적용 실내공간용 보행자 내비게이션 플랫폼 개발									
	영문										
주관연구기관	기관명	한국교통대학교 산학협력단				사업자등록번호	303-82-06821				
	주소	(우)24769 충주시 대소원면 대학로50				법인등록번호					
주관연구책임자	성명	김현				직위	부교수				
	연락처	직장전화	043-841-5706			휴대전화	010-6276-2958				
		전자우편	hyunkim@ut.ac.kr			국가연구자번호	1013 7981				
연구개발기간	전체	2019. 04. 05 - 2021. 12. 31(2 년 9개월)									
	1년차	2019. 04. 05 - 2019. 12. 31(1 년 9개월)									
	2년차	2020. 01. 01 - 2020. 12. 31(1 년 12개월)									
	3년차	2021. 01. 01 - 2021. 12. 31(1 년 12개월)									
연구개발비 (단위 : 천원)	정부지원 연구개발비	기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금				합계			연구개발비 외 지원금
	현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	현금	현물	합계	
총계	550,000	40,900	245,665	-	-	-	-	590,900	245,665	836,565	-
1년차	130,000	15,000	60,545	-	-	-	-	145,000	60,545	205,545	-
2년차	266,000	14,500	107,060	-	-	-	-	280,500	107,060	387,560	-
3년차	154,000	11,400	78,060	-	-	-	-	165,400	78,060	243,460	-
공동연구기관 등	기관명	책임자	직위	휴대전화		전자우편		비고			
								역할		기관유형	
공동연구기관	(주)위드라이브	여명호	대표	010-9439-0165		myheo@wedrivekr				중소기업	
	University of New South Wales	Brain Lee	Professor	+61-2-9285-1418		brainj.lee@unsw.edu.au				대학	
위탁연구기관											
연구기관 외 기관											
연구개발담당자	성명	김수희				직위	주무관				
실무담당자	연락처	직장전화	043-841-5193			휴대전화	010-7116-1831				
		전자우편	suhui@kmut.ac.kr			국가연구자번호					

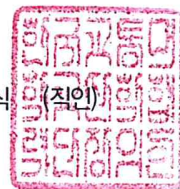
이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2022년 01월 10일

주관연구책임자 : 김 현



주관연구기관의 장 : 한국교통대학교 산학협력단 인인식



국토교통과학기술진흥원장 귀하

〈 요약 문 〉

사업명		국토교통기술촉진연구사업			총괄연구개발 식별번호		-	
내역사업명					연구개발과제번호		21CTAP-C152728-03	
국가과학기술 표준분류		E0201	50%	SF0105	30%	EE1203	20%	
총괄연구개발명								
연구개발과제명		세계시장 진출을 위한 구글맵(Google Maps) 기반의 증강현실(AR) 적용 실내공간용 보행자 내비게이션 플랫폼 개발						
전체 연구개발기간		2019. 04. 05 - 2021. 12. 31(2 년 9개월)						
총 연구개발비		총 836,565천원 (정부지원연구개발비 : 550,000천원, 기관부담연구개발비 : 286,565천원, 지방자치단체 : 0천원, 그 외 지원금 : 0천원)						
연구개발단계		기초[] 응용[] 개발[☒] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[]			기술성숙도		착수시점 기준 (TRL6) 종료시점 목표 (TRL 8)	
연구개발과제 유형		지정공모 [☒] 자유공모 [☐]						
연구개발과제 특성		시장 개척형						
연구 개발 목표 및 내용	최종 목표		증강현실(augmented reality, AR) 적용 실내 공간용 보행자 내비게이션 플랫폼 개발과 세계시 장 확대를 위한 구글 맵스와 인터페이스 서비스					
	전체 내용		- 실내지도(2D, 3D 맵) 없이 증강현실 (AR) 기반의 실내경로안내 기술개발 - 보행자 행동의 유연성은 차량에 적용하는 node to node 단위 통행규칙 기반 적용이 불가능 한 바, 이를 극복하기 위해 보행자 방향성 탐지가 가능한 측위 기술개발 - 구글맵스와 인터페이스 서비스 개발					
	1년차	목표	구글맵 기반 증강현실 적용 실내보행내비게이션 개발을 위한 요구사항 도출 및 설계					
		내용	- 요구사항 도출(실내 길안내 니즈 및 글로벌 요구사항 도출) - Marker Code 인식 모듈 알고리즘 개발 - 구글맵스(Google Maps)와 인터페이스 설계 - 실내 길안내 BD 자동화 생성 알고리즘 구상					
	2년차	목표	증강현실 적용을 위한 실내보행내비게이션의 Maker Code 모듈 개발 및 구글맵과 통합기능 테스트					
		내용	- Marker Code 인식 모듈 개발 (스마트폰 App. 적용) - 구글맵 통합 기능테스를 위한 평가 시나리오 개발 및 서버 구축 - 자동화 DB 구현알고리즘 개발과 사용자(관리자용) 가이드라인 구축					
	3년차	목표	구글맵 기반 증강현실 적용 실내보행내비게이션 실증 및 평가					
		내용	- 시제품 설치 및 시험 - 보행자 내비게이션 시제품 제작 (Android, iOS) - 시범사업의 성능시험 및 글로벌 사업화 방안 연구					

연구개발성과	보행자 진행방향을 반영한 구글맵스 기반 증강현실을 적용한 실내길안내시스템 • 모바일 내비게이션(Android, iOS) • 실내 길안내 DB 생성 및 관리 시스템 스마트폰 카메라 Marker 인식 모듈 시험보고서 (한국과학기술원 스마트과학관 전시기술연구단)실내보행내비게이션 실증 및 평가 • 인천스타트업파크(연구실성과물) • Web 기반 B2B 서비스 모델 개발 (엘지사이언스파크 사업화, WalkingMap)											
연구개발성과 활용방안 및 기대효과	공공분야의 활용방안 • 정보약자(관광객, 외국인)에게 목적지를 찾아 갈 수 있도록 하는 서비스로, 공공영역에서는 인천공항 터미널, 서울역 등 다양한 교통수단이 집합되어 있는 복합환승센터에서 유용하게 활용될 수 있도록 유스케이스 개발이 요구됨 (예 : 인천공항공사, 토론토국제공항) 민간부문의 활용방안 • 관광지나 박물관, 전시관 등에서 경로안내 서비스와 함께 관광정보와 문화재정보 등의 부가정보 지원 서비스 • 쇼핑몰이나 백화점등에서 행사나 프로모션 정보를 부가적으로 제공하는 지원서비스 기대효과 • 포스트 COVID 시대 대응으로 비접촉 라이프 스타일이 확산될 것으로 예상되는 바, 실내공간에서 길 찾기 도움을 주는 유인으로 운양하는 안내에서 무인 운영으로 전환시키는 데 기여 • 향후 자율주행자동차 등의 모빌리티 분야에서 호출형 서비스가 GPS 음영지역에서 위치기반 서비스를 제공하는 데 한계가 있는 바, 이를 극복하기 위한 솔루션으로 기대											
연구개발성과의 비공개여부 및 사유	해당 없음											
연구개발성과의 등록 · 기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구시설 · 장비	기술요 약 정보	소프트 웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
								생명정보	생물자원		정보	실물
	7	8	1			8						
연구시설 · 장비 종합정보시스템 등록 현황	구입기관	연구시설 · 장비명		규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)		ZEUS 등록번호	
국문핵심어 (5개 이내)	보행자 내비게이션			증강현실		실내 길 찾기		스마트 모빌리티		구글맵스		
영문핵심어 (5개 이내)	Pedestrian navigation			Augmented Reality (AR)		Indoor wayfinder		Mobility as a Service		Google Maps		

〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요	1
2. 연구개발과제의 수행과정 및 수행내용	7
3. 연구개발과제의 수행결과 및 목표 달성 정도	12
4. 목표 미달성 시 원인분석(해당시 작성)	73
5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도	74
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획	75
참고문헌	80

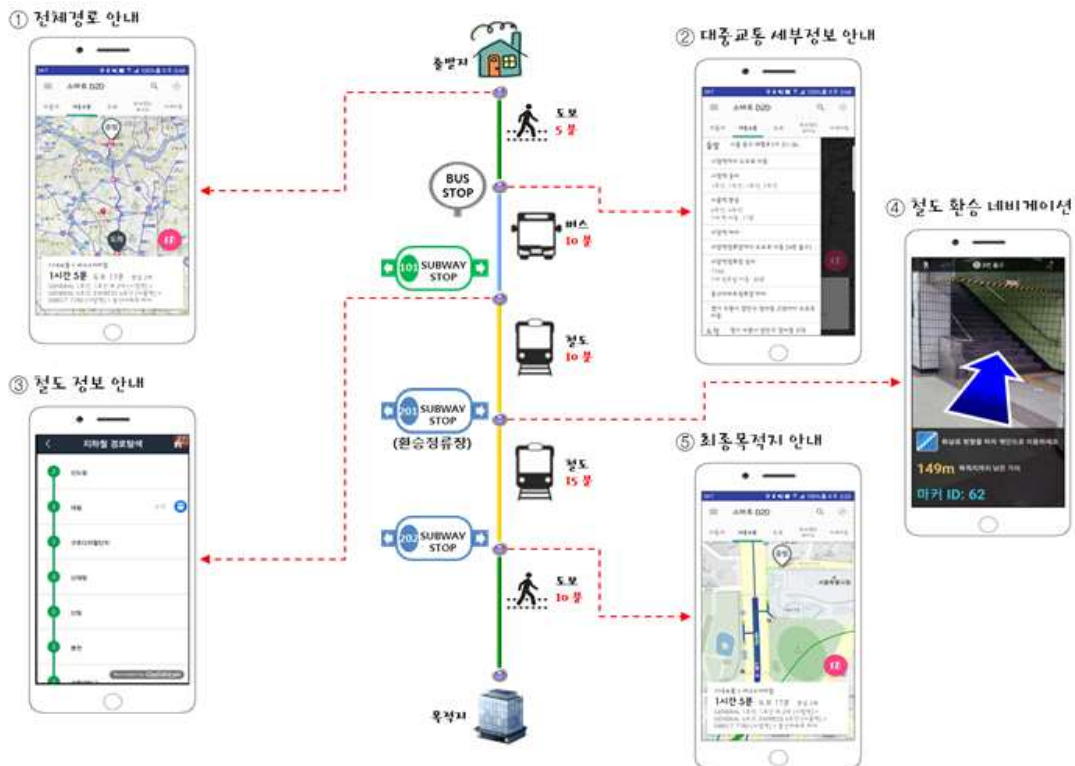
1. 연구개발과제의 개요

1-1. 연구개발기술의 개요

■ 연구개발 대상 기술의 정의

- (출발지에서 목적지까지 Seamless 여행 지원) 본 연구는 교통약자(노약자, 장애인)와 정보약자(관광객, 외국인)가 출발지에서 목적지까지 경로계획을 위해 기존의 길찾기 서비스가 닿지 않는 실내와 지하공간에서도 정확한 경로정보를 제공받을 수 있도록 인프라 구축 없이 증강현실(AR) 정보를 적용한 실내공간용 보행자 내비게이션을 말함

네이버, 다음, T-대중교통맵, 카카오맵, Google Map와 인터페이스	연구개발 대상 서비스
---	-------------



○ 카메라 화면에 목적지의 방향을 화살표로 표시하는 증강현실을 통한 경로안내/사용자 확인 및 인식

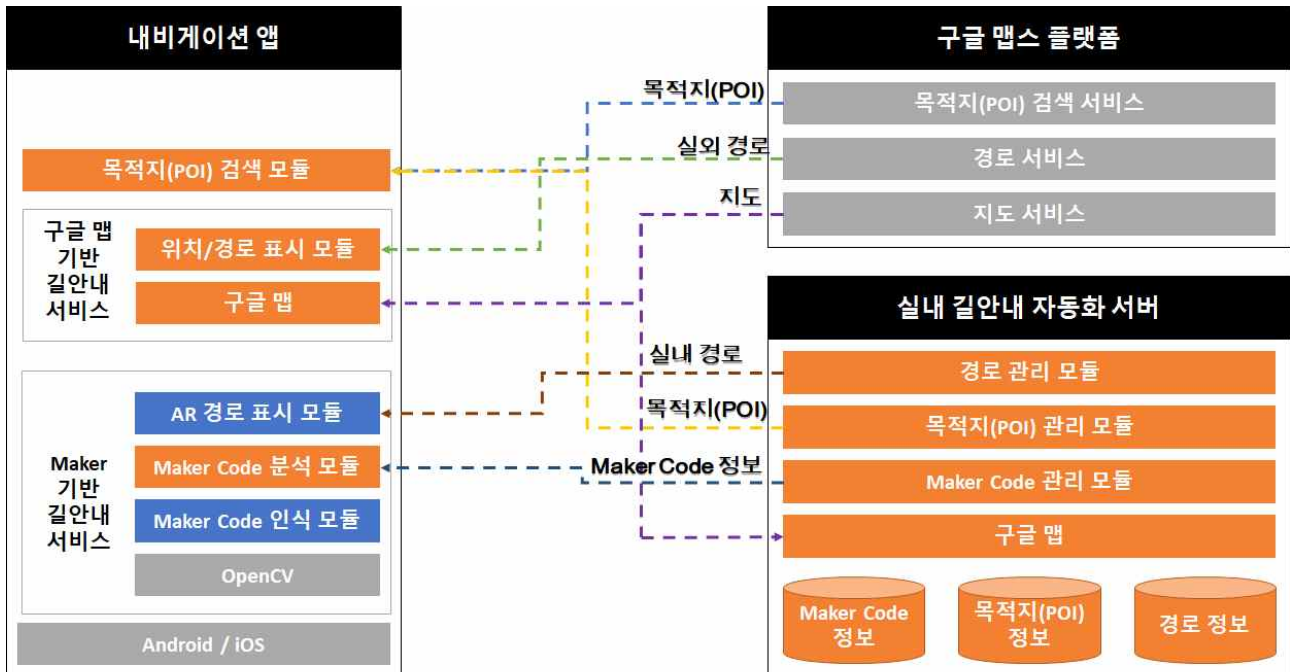
- | | |
|-------------------|---------------------|
| ① 목적지 표시 | ② 연계 교통수단 안내 |
| ③ 지도 기반의 현 위치 안내 | ④ 부가정보 안내 |
| ⑤ 목적지까지의 남은 거리 안내 | ⑥ 인식 마커 ID (출발/도착지) |



[그림 1] 실내공간의 라스트마일 지원을 위한 서비스 개념도

연구개발 시스템 구성도

- 시스템은 안드로이드, 아이폰용 앱(웹 개발 추가함), 실내 길안내 자동화 서버 그리고 이들 앱과 서버의 기반이 되는 구글 맵스 플랫폼으로 구성

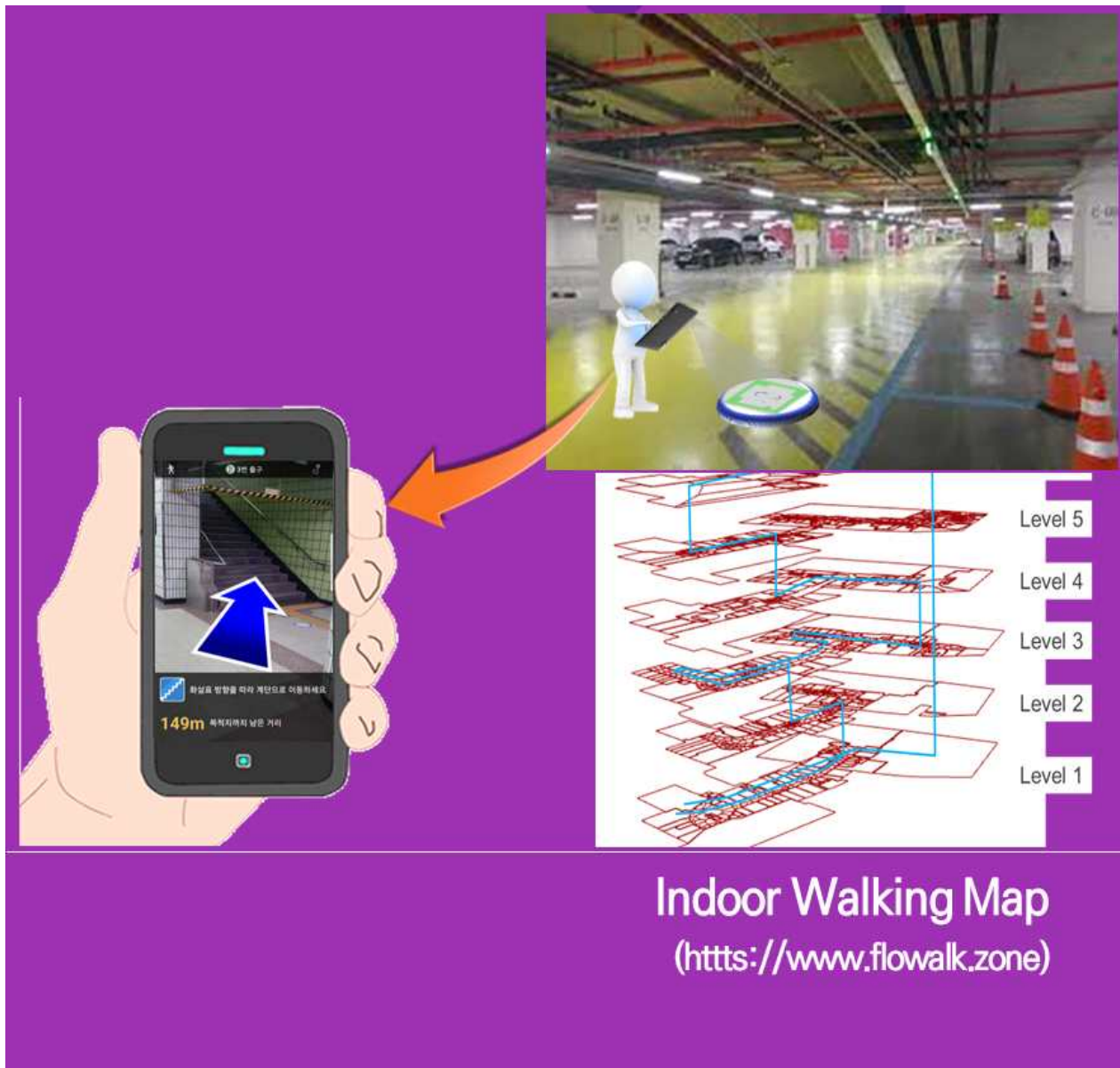
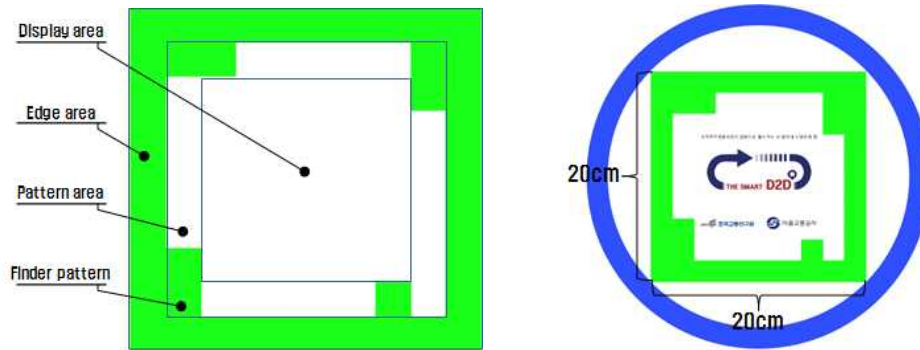


[그림 2] Walking Maps 시스템 구성도

- Walking Map(네비게이션)은 3가지 서비스 제공
 - 목적지(POI) 검색 서비스 : 구글 맵스 플랫폼에서 제공하는 목적지와 실내 길안내 자동화 서버에서 등록한 목적지(주로 실내 목적지)를 병렬로 검색하여 실내외 목적지 검색이 가능
 - 구글 맵 기반 길안내 서비스: 목적지까지 가는 경로 및 GPS 및 QR코드 인식을 통해 얻은 사용자의 위치를 구글 맵 위에 표시
 - Marker 기반 길안내 서비스: 스마트폰 카메라를 통해 얻은 실시간 이미지를 이미지 프로세싱 기술을 사용하여 QR 코드를 인식, 분석해서 사용자의 위치를 알아낸 후 카메라 화면에 목적지 방향 및 길안내 메시지를 표시. 이 기술은 이전 다른 연구 과제를 통해 연구 개발이 완료되었으나 위치 정확도를 높이기 위해서는 인식된 QR 코드에 대한 오류 검출 및 정정 기술이 연구 개발되어야 함
- 실내 길안내 자동화 시스템은 구글 맵 기반으로 3가지 정보 관리
 - Marker 코드 정보 관리 : 실내 길안내 서비스의 기반이 되는 Marker 코드(이미지)를 생성, 조회, 수정, 삭제 및 프린터 출력 기능을 제공하고, 각 Marker 코드가 설치된 위치, 방향 등의 정보도 함께 관리
 - 목적지(POI) 정보 관리: 실내외 목적지(특히, 실내 목적지) 정보(목적지 이름, 위경도 좌표, 층 등)를 생성, 조회, 수정, 삭제 기능을 제공
 - 경로 정보 관리: 위에서 관리하는 Marker 코드, 목적지 위치를 바탕으로 특정 Marker 코드로부터 특정 목적지까지 가는 경로 정보를 자동으로 생성, 관리
- 구글 맵스 플랫폼(Google Maps Platform, <https://cloud.google.com/maps-platform/>)을 활용하여 네비게이션 앱 및 실내 길안내 자동화 서버에서 필요한 지도, 목적지(POI), 경로 정보를 제공받음

요소기술 1 : Marker Code 분석 모듈

- 현재 카메라 화면에서 Marker Code를 인식하고 분석해서 Marker Code 정보를 추출하는 모듈은 철도사업연구개발과제에서 개발된 상태이지만 Marker Code가 일부 손상되거나 카메라로부터의 인식이 일부 잘못되었을 경우에도 오류 복원 기술을 통해 인식 정확도를 높이하고자 함
 - 보행자 속도 개선 : 1.2m/초 ➡ 2.0m/초 (전동휠체어 대응 가능 수준)
 - 인식률 개선 : 속도와 인식거리 거리 2m 조건 : 평균 96% (계단 90%) ➡ 99%(계단 95%)

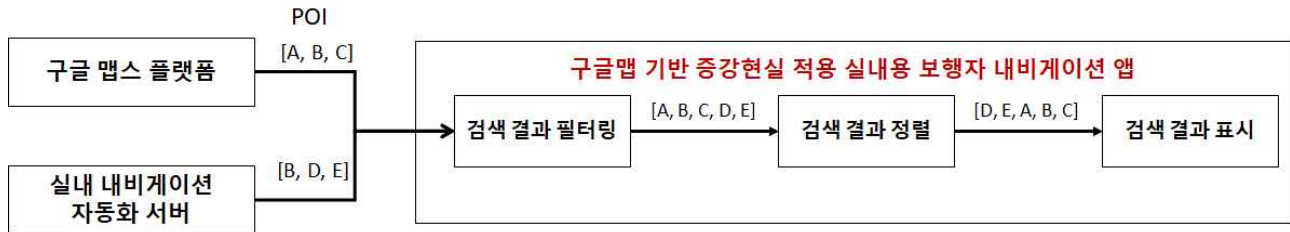


[그림 3] Marker Code의 구조

■ 요소기술 2 : 구글맵스와 보행자 내비게이션의 목적지(POI) 검색 모듈

- 사용자가 내비게이션 앱을 실행하고 목적지(POI)를 입력하면 내비게이션 앱은 구글 맵스 플랫폼과 실내 길안내 자동화 서버에 검색 요청하여 POI 결과 인터페이스 하기 위한 모듈 개발
- 두 곳에서 받아온 검색 결과는 검색 결과 정확도, 정렬 순서가 각각 다르기 때문에 해당 결과를 합치기 위한 적절한 알고리즘을 개발
- 검색 결과에서 겹치는 장소는 필터링하고, 두 검색 결과의 정확도가 다르기 때문에 규칙을 적용해서 정확도가 높은 순으로 정렬하여

사용자에게 검색 결과를 표시



[그림 4] 목적지(POI) 검색 모듈

■ 요소기술 3 : 실내 내비게이션 증강현실 적용 정보 등 데이터베이스 자동화

- 실내 길안내 자동화 서버는 Maker Code 기반의 위치정보를 얻기 위해 고유한 Marker Code 이미지를 생성하고, 생성된 Marker Code 이미지를 출력하여 실제 실내에 부착하고, 부착한 위치에 대한 정보관리 기술로, 실내 목적지(POI) 정보를 입력하고 관리하는 것이 서버에 해당함
- 내비게이션 앱에서 Marker Code를 인식했을 때 목적지로 가는 방향 정보 등을 제공하기 위해서는 Marker Code 설치 위치와 목적지(POI) 위치를 기반으로 경로 정보(증강현실 표출)를 관리하는 서버

건물 등록

실내 길 안내 서비스를 제공하고자 하는 건물의 위치 정보를 입력하는 카테고리입니다.



주요 지점(POI) 설정

건물 내 주요 지점들을 Walking Map에 등록, 길 안내 서비스 이용 시 목적지로 검색될 수 있는 지점들을 설정 하는 기능입니다.



길(Netwalk building)

로드와 로드를 연결시키는 보행 네트워크 작성공간입니다. 보행네트워크는 중간 이동이 가능하도록 E/V, E/S, Moving walkway, 계단 등을 취급합니다.





[그림 5] 자동화 시스템

1-2 연구개발과제의 최종목표

■ 세계시장 진출을 위한 구글맵(Google Maps) 기반의 증강현실(AR) 적용 실내공간용 보행자 내비게이션 플랫폼 개발

- 실내지도(2D, 3D 맵) 없이 증강현실 (AR) 기반의 실내경로안내 기술개발
- 보행자 방향성 탐지가 가능한 측위 기술개발
- 구글맵스와 인터페이스 서비스 개발

■ 세부목표

- Marker Code 분석 모듈
 - 보행자 속도 : 2.0m/초 (전동휠체어 대응 가능 수준)
 - 인 식 륜(%) : 속도와 인식거리 거리 2m 조건 99% (계단 95%)
- 구글맵스와 보행자 내비게이션의 목적지(POI) 검색 모듈
- 실내 내비게이션 증강현실 적용 정보 등 데이터베이스 자동화 서버
- 세계시장 개척을 위한 국제협력체계 구축

1-3 연구개발과제의 년차별 목표

■ 연구기관별 년차별 목표

	2019 (1차 연도)	2020 (2차 연도)	2021 (3차 연도)
교통대	요구사항 도출 Marker Code 알고리즘 개발	Marker Code 모듈 개발 및 기능시험	시제품 설치 및 시험인증
위드라이브	통합검색 모듈 개발 및 서버 설계	통합 기능 테스트 및 서버 구축	보행자 내비게이션 시제품 제작 - Android and iOS
UNSW	자동화 DB 개발 글로벌 마케팅 전략 도출	보행자 시뮬레이션 개발	시험사업 평가 (DB 자동생성 프로 그램 성능향상)

■ 년차별 목표 성능목표

평가 항목 (주요성능 Spec1))	단위	전체 항목 에서 차지하는 비중2) (%)	세계최고 수준 보유국/ 보유기업 (/)	연구개발 전 국내수준	개발 목표치			평가 방법
			성능수준		1차년도 (2019년)	2차년도 (2020년)	3차년도 (2021년)	
1. 인식률	%	50	-	96% (계단 90%)	-	99%	99% 이상 (계단 95%)	Marker Code 인식성공률 (0.5초)
2. 보행속도	m/초	30	-	1.2	-	2.0	2.0	스마트폰 센서 보행속도 측정
3. 인식거리	m	20	-	2	-	2.0	2.0	인식거리 측정

■ 핵심연구성과물의 연구개발 목표

구분	연구개발목표	핵심 연구개발성과 (연구개발성과물)	현재 국내 · 외 기술수준	연구개발 목표치	목표치 설정 근거	가중치 (%)
1년차 (2019)	Marker Code 알고리즘 개발	요구사항 분석	N/A	95점	설문조사에 따른 만족도 값	
		카메라 Marker 인식 알고리즘	97.7% (조명 영향에 따라 인식을 저하)	99% (보행속도 2.0m/초)	실내공간의 조도 기분으로 설정함 30lx 이상의 조건과 보행속도 조건	
		증강현실 적용을 위한 방향 탐지 알고리즘	N/A	8방위 기준으로 안내	360도 접근기준으로 8개 방향으로 구분값 설정	
	구글맵스 기반 POI 검색 인터페이스 모듈 설계	구글맵스 POI 인터페이스 설계	N/A	90점	전문가 평가 점수의 평균	
	실내내비게이션 증강현실 적용 데이터베이스 자동화 시스템 설계	실내공간 경로생성 자동화 알고리즘	N/A	3건 (자동화 항목 건수)	Node, Link, Map, Marker, Path 중 3개 항목 기준으로 설정함	
2년차 (2020)	Marker Code 모듈 개발	마커코드 분석 모듈 (보행자 내비게이션 앱)	97.7% (조명 영향에 따라 인식을 저하)	99%	실내공간의 조도 기분으로 설정함 30lx 이상의 조건과 보행속도 조건	
	구글맵스 기반 POI 검색 인터페이스 모듈 개발	구글맵스 기반 POI 검색 모듈	N/A	1초	자동클락 데이터 평균 값	
	실내내비게이션 증강현실 적용 데이터베이스 자동화 시스템 설계	실내내비게이션 증강현실 적용 정보 등 데이터베이스 자동화 서버	N/A	99%	Marker 등 자동화 데이터 신뢰도	
3년차 (2021)	시제품 설치	마커코드 분석 모듈 (보행자 내비게이션 앱)	N/A	99% (보행속도 2.0m/초)	실내공간의 조도 기분으로 설정함 30lx 이상의 조건과 보행속도 조건	30
	구글맵스와 Marker 인식모듈의 통합	구글맵스 기반 POI 검색 모듈	N/A	95점	사용자 300인 설문조사	60
	시범사업 및 평가	시범사업 보고서	N/A	보고서 만족도	전문가 3인 평가	10

2. 연구개발과제의 수행과정 및 수행내용

2-1. 연구개발 추진전략·방법

가. 추진전략 : 글로벌 기업과 협력(Alliance)체계 구축하여 시범사업의 세계시장 선도하기 위한 실행력 확보

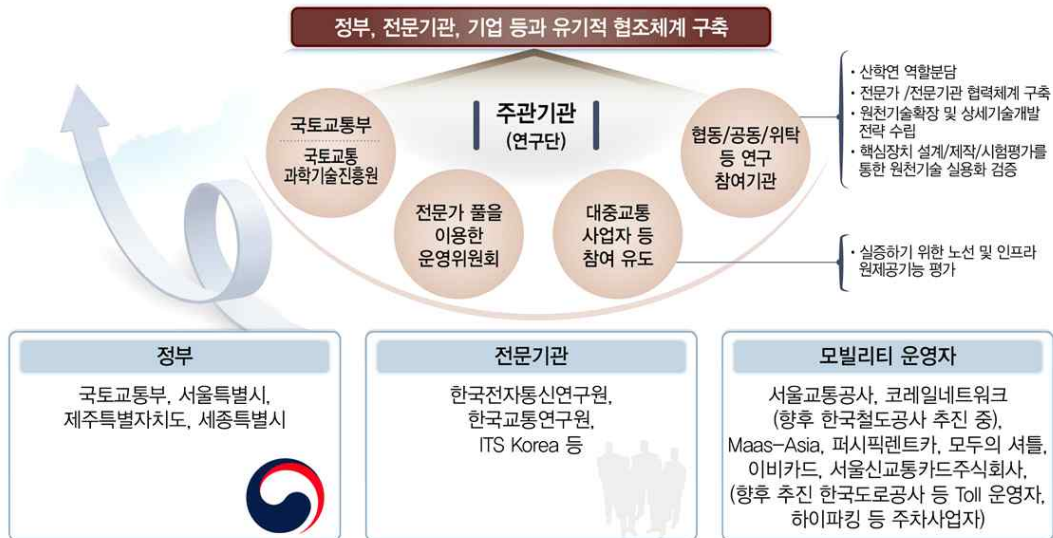
- 구글아시아와의 협력관계 구축을 통해 구글맵기반으로 적용가능한 네비게이션 플랫폼 기술을 개발
- 뉴사우스웨일즈 대학의 미래도시연구소를 포함하여 증강현실 응용분야에 경험이 있는 연구인력들과의 협력관계 구축
- 본 연구의 결과물을 호주 현지의 관련분야 컨퍼런스등에서 전시하고 시드니 현지의 다양한 관련 정부기관과 단체들과 협력관계를 구축하여 기술의 홍보에 기여



[그림 21] 구글맵스 아시아와 호주 뉴사우스웨일즈 대학과 협력

나. 추진방법

- 정부, 전문기관, 기업 등과 유기적 협조 체계 구축 방안
 - 추진전략의 실행방법은 주관연구기관(연구단)을 중심으로 정부, 전문기관, 유관 기업 등과 유기적 협조체계 구축으로 장애(Hurdle)을 극복하고자 함
 - 전문가를 활용하는 운영위원회 : 1회/월
 - 연구단 소위원회 : 비정기적 개최 (외부 환경적 요인에 따른 이슈가 발생할 것으로 예상되는 바, 이를 합리적으로 처리하고자 연구단 운영위원회 위원 중에 해당 이슈 해결 전문가 중심으로 소위원회를 구성하고자 함)
- 정보수집과 시범사업 담보를 위한 Task Force 운영



2-2. 연구개발 추진체계

연구개발과제		총 참여 연구원
과제명	글로벌 서비스를 위한 구글맵(Google Maps) 기반 증강현실(AR) 적용의 실내 공간용 보행자 내비게이션 플랫폼 개발	주관연구책임자 (김현) 외 총 11명

기관별 참여 현황		
구분	연구기관수	참여연구원수
중소기업	1	3
대학	2	9
기타		

주관연구기관명
증강현실(AR) 적용의 실내공간용 보행자 내비게이션 플랫폼 개발을 위한 Marker Code 분석 모듈 개발
연구책임자명 (김현) 외 4명
담당기술개발내용
- 글로벌 니즈 조사 및 기능요구사항 도출 - Marker Code 분석 모듈 설계 및 성능 고도화 개발 - 마커 시제품 제작 및 실내공간용 보행자 내비게이션의 성능시험 및 인증

(주)위드라이브
구글맵스(Google Maps)와 보행자 내비게이션의 목적지(POI) 통합 검색모듈 개발 및 서버 구축
연구책임자명 (여명호) 외 2명
담당기술개발내용
- 증강현실 적용의 보행자 내비게이션 S/W(앱) 개발 - 목적지(POI) 검색 모듈 개발 - 구글맵스와 보행자 내비게이션 통합 앱 개발 및 운영서버 구축

뉴사우스웨일즈 대학교 (University of New South Wales)
보행자 내비게이션의 자동화 데이터베이스구축 기술개발
연구책임자명 (Brian Lee) 외 3명
담당기술개발내용
- 증강현실 응용을 통한 경로안내 정보 표시 기술 - Maker 생성/제작/관리 등 DB 자동화 시스템 개발 - 실내공간용 내비게이션 플랫폼의 세계화를 위한 Google과 협업을 통한 시험

2-3. 추진일정

1차 연도 (2019년 4월~12월)

일련 번호	연구내용	추진 일정												연구 개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속 기관)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1-1	실내공간 길안내 니즈 조사 (한국/호주)													13,000	김현 (교통대)
1-2	글로벌 요구사항 도출 (구글아시아, 내/호주)													13,000	김현 (교통대)
2-1	기본 DB 체계 설계													(10,000)	Brain Lee (UNSW)
2-2	기본 DB 체계 개발													25,000	Brain Lee (UNSW)
2-3	기본 DB 체계 평가 및 수정보완													25,000	Brain Lee (UNSW)
3-1	구글맵스와 보행자 내비게이션 POI 검색 모듈 설계													50,000	여명호 (주위드라이브)
3-2	Marker Code 알고리즘 개선 기술개발													20,000	김현 (교통대)

2차 연도 (2020년 1월~12월)

일련 번호	연구내용	추진 일정												연구 개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속 기관)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1-1	Marker Code 모듈개발													30,000	김현 (교통대)
1-2	시범사업 입지선정 및 성능 시험 시나리오 계획(시험)													70,000	김현 (교통대)
2-1	구글맵스 POI 기술개발 및 시험													50,000	여명호 (주위드라이브)
2-2	서버 추구													50,000	여명호 (주위드라이브)
3-1	보행자 시뮬레이터 개발													50,000	Brain Lee (UNSW)
3-2	가이드라이 개발/협력관계구축													10,000	Brain Lee (UNSW)

3차 연도 (2021년 1월~12월)

일련 번호	연구내용	추진 일정												연구 개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속 기관)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1-1	Marker 시제품 설치													10,000	김현 (교통대)
1-2	공인 인증시험													34,000	김현 (교통대)
2-1	Android 시제품 개발													25,000	여명호 (주위드라이브)
2-2	iOS 시제품 개발													25,000	여명호 (주위드라이브)
3-1	시험사업 및 평가													30,000	Brain Lee (UNSW)
3-2	글로벌 사업화 방안													20,000 (10,000)	Brain Lee (UNSW)

2-4. 위탁연구/외부용역/국제공동연구 현황(해당 시 작성)

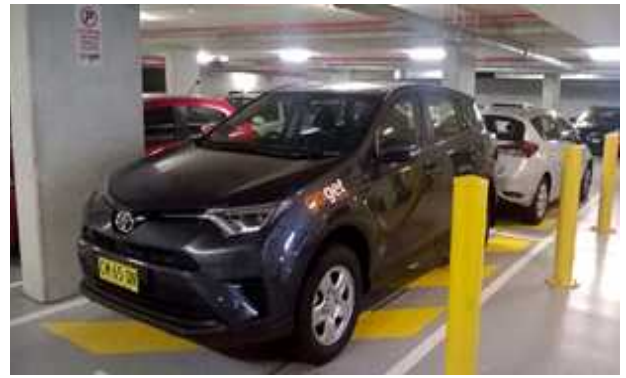
가. 위탁연구/외부용역 현황

구 분	과 제 명	발주 기관	수행자 (수행 기관)	위탁 또는 용역 필요성	위탁 또는 용역 목표 및 내용	연구기간	소요 금액 (천원)
위탁연구							
외부용역*							

나. 국제공동연구 현황

추진 배경

- 호주는 2017년 세계 관광기구 (UNWTO)에서 발표한 전세계 관광수입 순위에서 7위 (연간 약 50조원)를 기록하였으며, 시드니는 매년 1,500백만 이상의 관광객이 방문하는 도시임
- 오페라하우스가 위치해있는 시드니 도심부는 수많은 관광객들이 찾는 호주의 대표적인 관광지이지만 높은 건물들로 인해 대부분의 도심에서 GPS 신호의 수신에 어려움이 많으며 따라서 길찾기 서비스의 정확성에 큰 문제가 있음
- 시드니의 대중교통은 도시철도, 광역철도, 버스, 페리, 경전철로 구성되며 복잡한 노선도와 시간대에 따라 시종점이 바뀌는 노선들이 급행과 완행으로 운영되고 있음. 따라서 규모가 큰 기차역과 환승역에서 길찾기가 어렵고, 또한 대중교통 운영주체들의 통합이 이루어지지 않아 타수단으로 환승시 길찾기 정보가 전혀 제공되지 않아 대부분의 사용자들은 대안으로 구글맵과 같은 상용서비스를 이용하고 있음
- 시드니의 대표적 차량공유 서비스업체인 GoGetCar는 3,000대 이상의 차량을 공유차로 제공하고 있으며, 관광객이 많은 도심에서는 많은 시민들과 관광객들이 공유자전거나 공유스쿠터 등의 서비스를 이용하고 있음
- 대부분의 공유차량 차고지들은 지하나 실내주차장에 위치하고 있고, 공유자전거나 공유스쿠터 등의 서비스들도 대부분이 도심부에 위치해 있어 전용 길찾기 앱이 제공되고 있음에도 차량까지의 접근과 차량의 반납에 많은 어려움이 있음



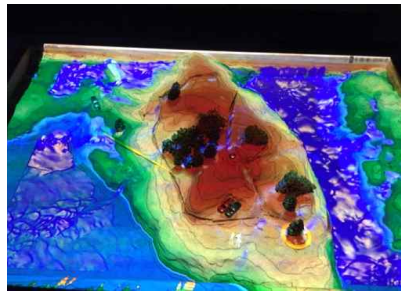
[그림 23] 시드니 시내 실내주차장에 마련되어 있는 공유차량 차고지

■ 상대국의 공동연구기관 및 공동연구책임자의 실적·연구 능력

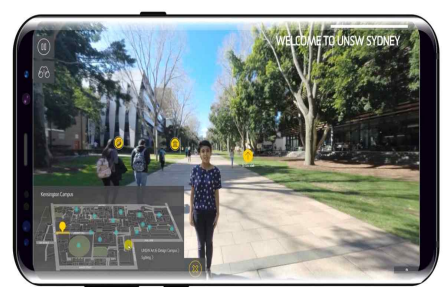
- 뉴사우스웨일즈 대학은 이미 구글과의 협력연구를 통해 증강현실분야에서 풍부한 연구경험이 있으며, 대학부설 미래도시연구소(City Futures Research Centre)에서 진행중인 증강현실기반 도시환경연구, 증강현실기반 강의시스템, 증강현실기술이 적용된 대학캠퍼스 길찾기 앱 등을 예로 들 수 있음



증강현실기반 강의 시스템



증강현실 활용 도시환경연구



증강현실 기반 캠퍼스 길 찾기 앱

[그림 25] 시드니 공유자전거와 스쿠터의 QR코드 기반 등록시스템과 전용앱

- 뉴사우스웨일즈 대학의 미래도시연구소(City Futures Research Centre)는 호주에서 가장 큰 도시관련 대학부설연구소이며 30여명 이상의 박사 이상급 연구 인력들로 구성되어 있으며, Brian Lee교수는 교통계획과 스마트시티 분야에서 연구경력과 함께 특히 인공지능을 교통시스템에 적용하는 분야에서 활발한 연구를 하고 있음.

■ 연구개발비, 연구개발 인력, 연구시설 등의 이용 및 분담 내용

- 뉴사우스웨일즈 대학의 본 연구를 위해 3년 동안 총 삼천만원(30,000,000원정)의 현금과 육천육십육만오천원만원(60,665,000원정)의 현물 부담
- 뉴사우스웨일즈 대학이 제공할 현물부담금 3년간 Brian Lee 교수와 전임연구원의 과제참여 (참여율10%)에 대한 비용과 그리고 대학교내 연구시설 이용과 대학부설 미래도시연구소의 연구시설 이용을 지원

구 분	1차 연도	2차 연도	3차 연도	계
현금 (천원)	10,000	10,000	10,000	30,000
현물 (천원)	16,545	22,060	22,060	60,665

■ 추진일정 및 국내외 현지 체제 일정

- 뉴사우스웨일즈 대학의 연구팀은 “실내 길안내 자동화 DB구축기술개발”을 책임지며 연구활동의 경과보고 및 협력을 위해 매년 1회씩 총 3회 국내연구진을 방문하도록 함
- 한국교통대학교와 (주)위드라이브는 3년차 (2021년) 실내 보행자 네비게이션 기술의 시드니 현지 시범사업과 성능평가를 위해 1회 호주를 방문하도록 함

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

3-1. 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발 성과

가. Marker Code 분석 모듈 개발

1) 요구사항 분석

■ 교통약자 (노약자, 장애인)와 정보약자 (관광객, 외국인)를 위한 실내 길 찾기 서비스

- 환승역, 대규모 기차역이나 지하철역, 공항, 쇼핑몰, 대학교 등 관광객들을 비롯한 유동인구가 많고 실내 경로가 복잡하며, 기존의 길찾기 서비스가 닿지 않는 실내와 지하공간에서의 길안내
- 공유교통수단까지의 접근성을 비롯하여 대중교통 이용자들의 퍼스트마일과 라스트마일 접근성에 기여할 수 있는 실내공간과 GPS신호수신이 어려운 도심부에서의 정확한 길안내

■ 관광지원 서비스

- 관광지를 비롯하여, 박물관, 전시관 등의 공간에서 전시루트를 따라 경로안내 서비스를 제공할 수 있으며 부가적으로 관광정보와 문화재정보 및 전시물정보를 증강현실 기반으로 제공하는 기존 서비스들과의 통합을 통하여 투자 효용성과 추가적인 비즈니스 케이스를 만들 것으로 기대됨

■ 쇼핑 등 마케팅

- 쇼핑몰이나 백화점에서는 실내 길찾기 정보 이외에도 주변 상가의 위치 정보나 행사정보나 프로모션 정보를 함께 제공하여 쇼핑몰과 주변 상권과의 협력을 통해 쇼핑과 마케팅에 기여할 수 있음
- 도심부에서와 실내 공간에서도 길찾기 정보와 함께 주변의 먹거리나 쇼핑정보를 함께 제공함으로써 지역경제의 활성화에 기여하고 투자의 효용성을 크게 높힐 수 있음



[국내외 적용 대상 분야]

■ 니즈 조사 분석

- 요구사항 만족도 조사 : 전문가 7인 대상으로 시행
 - 시행이전 : 2019년 10월 10일 세미나 발표 이후, 시연, 설계고려 항목 발표 등을 수행한 이후 만족도 조사
 - 평균 96% 만족도 달성 (다만, 글로벌 마케팅전략이 상대적으로 낮음, 92점)

2) Marker Code 분석 알고리즘

● Marker로부터 보행자 도보방향을 기반으로 목적지까지의 진행방향과 거리 정보 제공

- 증강현실(AR)을 적용하여 보행자에게 목적지까지의 진행방향 정보 제공



Hotel Mystays
Sapporo Aspen



QR-코드 : Quick Response (무인 정보센터)

- 실내위치와 보행자 방향을 고려한 목적지까지의 방향과 거리 정보 제공



❖ 자동차와 다른 통행 이슈 해결

AR : Augmented Reality (증강현실)

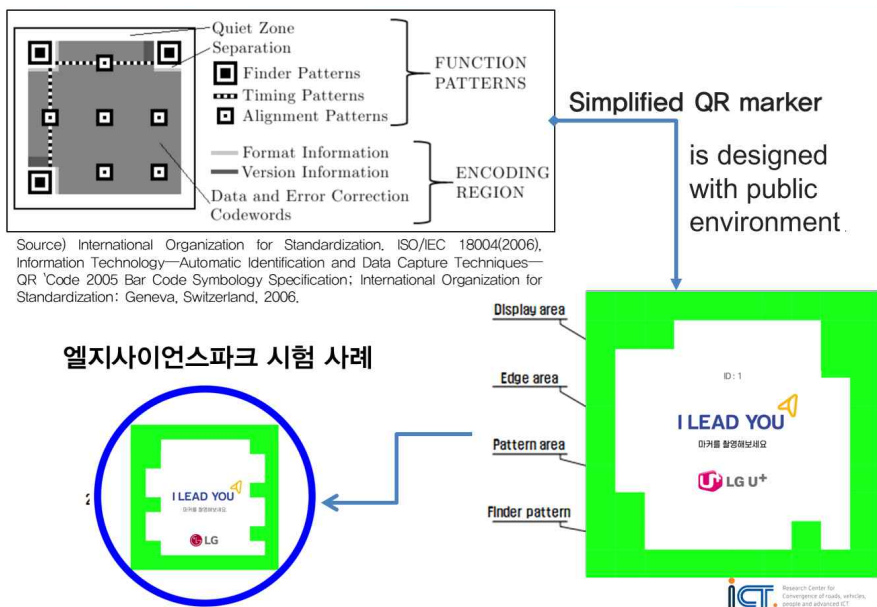
- 실내위치와 보행자 방향을 고려한 목적지까지의 방향과 거리 정보 제공



❖ 실내지도 없이 진행방향 제공

● 새로운 Marker 디자인

- 신규 제안마커의 기본 구조는 QR코드 국제표준과 동일하게 테두리영역, 패턴영역, 파인더패턴을 포함하고 있다. 이 표준과 비교해 테두리 바로 안쪽 셀들은 마커의 방향과 마커의 ID정보를 담고 있는 '패턴 영역'으로 인식율을 높이기 위해 8×8로 간소화하였다. 그 외의 마커 내부영역은 보행자들에게 시각적 정보를 제공할 수 있는 '표시 영역'으로 구성하고, 마커에 거부 감 개선을 위해 원형의 테두리를 추가하여 현재 지하철역의 안내표시 정보와 동일하게 구성하였다. 제작 마커는 정보를 포함하고 있는 녹색의 정사각형 마커와 이를 보호하기 위한 파란색 테두리로 구성되었다. 그리고 누구나 쉽게 설치 가능하도록 스티커형태로 제작되었으며, 조도에 의한 인식의 영향을 줄이기 위해서 무광코팅(LG-spc030/lm40000)로 제작하였다.



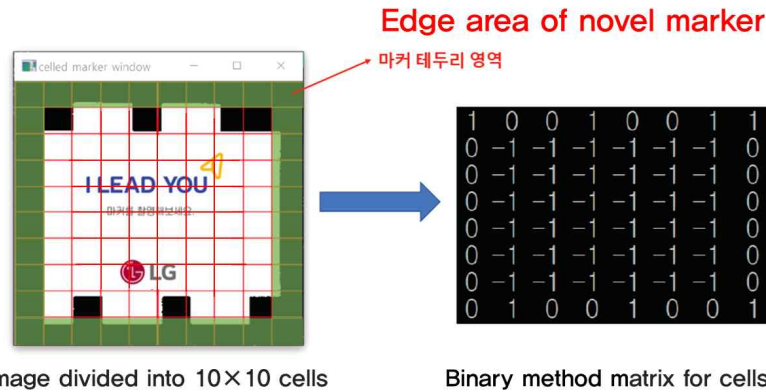
● Marker 인식 방법

- 마커 인식 기술이 탑재된 스마트폰 앱에서는 위의 마커를 스마트폰 카메라를 통해 인식하고 마커를 분석하여 마커 고유 ID를 추출해 낸 다음 그 정보를 이용하여 사용자의 위치를 추정해야 한다. 마커 인식 기술은 카메라 화면 이미지를 다양하게 변환하고 분석하는 작업이 필수적이기 때문에 이미지 처리 라이브러리를 사용한다.

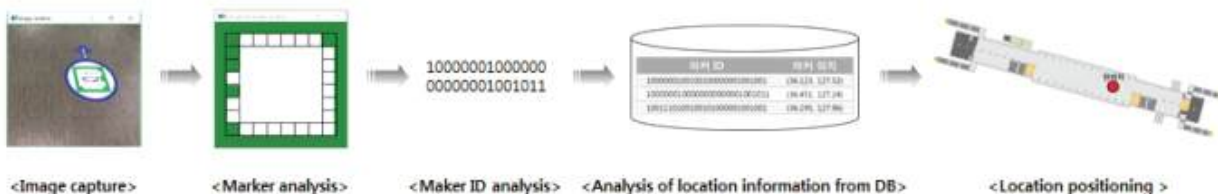
- OpenCV는 가장 대표적인 이미지 처리 라이브러리이며, 안드로이드, iOS 플랫폼에서도 사용이 가능하기 때문에 이 라이브러리를 적극적으로 사용하였다. 스마트폰 앱은 마커를 인식하기 위해 기본적으로 스마트폰 카메라를 구동시킨다. 그리고 스마트폰 카메라 화면을 1초에 대략 1~3 프레임 속도로 캡처하고 캡처된 이미지를 가지고 다음과 같은 이미지 처리 및 분석 과정을 통해 사용자의 위치를 추정한다.

$$Y = 0.2126R + 0.7152G + 0.0722B$$

(1)

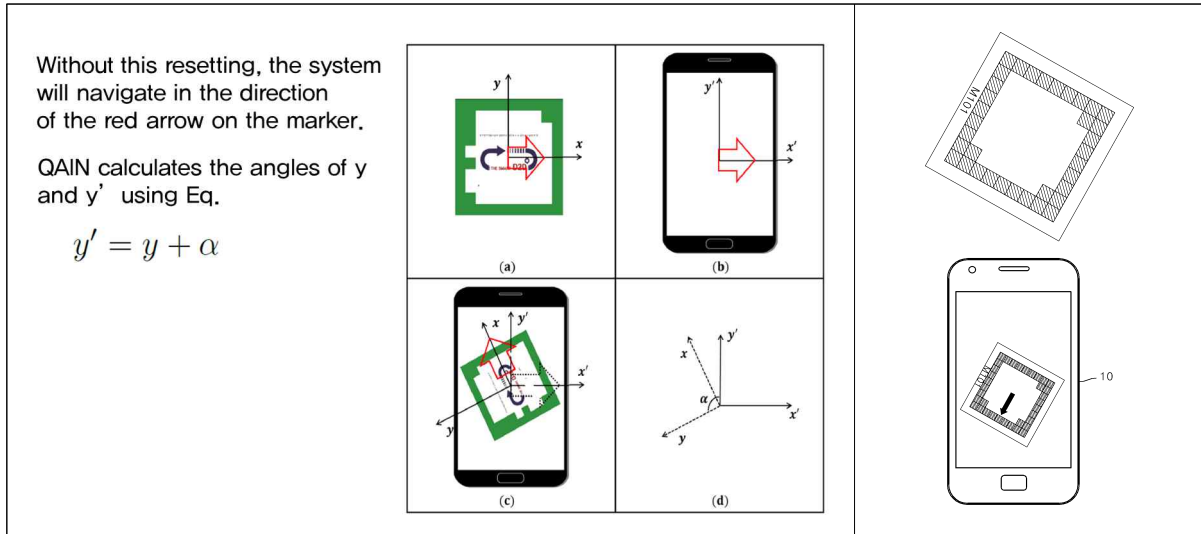


- 이미지 캡처 → 마커 영역 분석 → 마커 ID 정보 분석 → ID별 DB 불러오기 → 사용자 방향과 위치정보 기반하여 AR를 활용하여 목적지까지의 길안내 정보제공
- 마커 인식의 가장 첫 번째 단계는 마커의 이미지를 캡처하는 것이다. 캡처한 이미지를 HSV색상 모형으로 변환하여 빛에 대한 영향을 줄여 마커의 윤곽선을 추출한다. 여기서 마커의 경계 검출방법은 강도 영상(그레이 스케일 이미지)은 마커 경계 검출에서 먼저 얻는다. 이 시스템은 잘 알려진 기법(Gonzalez et al., 1992)을 사용하여 캡처 이미지를 RGB 형식의 그레이 스케일 형식으로 변환한다. 수학적식은 그레이 스케일 값과 RGB 컬러 성분의 관계를 나타낸다.
- 테두리 영역 임계값은 M. H. Chowdhury and W. D. Little(1995)을 사용하여 이진 영상에서 잠재적인 마커를 찾고, 가장자리 검출 방법(Canny, 1986)을 사용하여 마커의 경계를 식별한다. 이때 thresholding 기법은 일반적으로 이미지 조명 변화를 결정하기 위해 적응형 thresholding 방법을 사용하였다. 이미지 조명 변화 식별이후, 어떤 물체가 마커 영역 일 가능성이 가장 높은지를 분류 할 수 있다.
- 두 번째로 추출한 마커의 패턴영역을 이진법으로 변환하여 마커 고유의 ID를 추출한다.
- 세 번째로 마커 ID와 DB를 비교하여 마커의 위치를 불러와 현 위치를 표출한다.



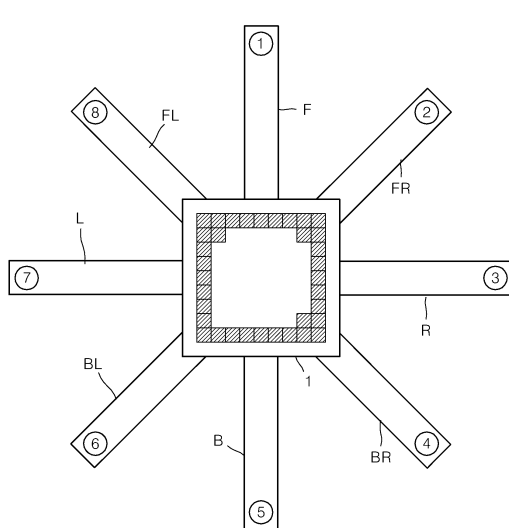
II 증강현실 적용을 위한 방향 탐지 알고리즘

- 실제 공간과 카메라 공간의 불일치 문제 해결 알고리즘
- 길 안내 알고리즘은 사용자가 목적지를 선택하고 카메라 화면에 마커를 갖다 대면 마커 ID를 인식하여 데이터베이스에 목적지와 마커 ID 정보를 전달한다. 데이터베이스는 이 정보를 바탕으로 마커 정면을 기준으로 목적지로 가는 방향(각도)을 반환한다. 하지만 Kim et al.(2013)이 지적한 증강현실에서는 어긋남(Visual misalignment) 문제 개선을 위해 카메라 화면에 목적지 방향으로 화살표를 표시하기 위해 카메라 화면과 마커 정면 사이의 각도를 알아야 한다.
- 스마트폰 화면에 어떤 각도로 증강현실 기반의 경로 안내 화살표를 회전해서 표시해 주기 위해 마찬가지로 기준축이 필요하다. 스마트폰에서는 그림을 회전하는 기준축이 항상 카메라 화면 정면(y축)이다. 이는 녹색 실선으로 표시하였다. 카메라 화면에 보행자가 진행하는 방향에서 진행방향으로 길안내 화살표정보를 증강현실로 표시해 주기 위해서는 계산식 (2)을 풀어야 한다. 즉 파인더패턴을 활용해서 정방향으로 부터 기울어진 각도를 식(2)와 같이 추출하게 된다. 마커의 기울어진 각도를 추출하여 저장되어있는 DB의 목적지 방향 각도를 보정하여 이용객에게 마커의 인식방향에 관계없이 목적지로의 정확한 방향을 증강현실 기반으로 제공 해 줄 수 있다.
- 마커(1) 중심으로 8방향으로 유도선이 연결되어 있다. 각 유도선에는 마커의 기준방향을 기준으로 하여, 전진(F) 방향, 후진(B) 방향, 좌측(L) 방향, 우측(R) 방향, 및 그 사이의 방향들(FL, FR, BL, BR)이 할당되어 있다. 도 7의 예에서 마커의 상기 기준방향은 아래쪽으로부터 위쪽을 향하는 방향이다. 상기 전진 방향은 상기 기준 방향과 동일하다.



보행자 안내 8방위 방향 설정

- 한 개의 마커에는, 상기 마커를 중심으로 한 개 내지 복수 개의 유도선들이 연결되어 있을 수 있다. 마커를 중심으로 유도선들을 몇 개를 연결할지, 그리고 어느 방향으로 연결할지는 상기 마커가 설치되는 실내공간의 레이아웃에 의해 미리 결정된 방식에 따라 결정되거나, 또는 마커 및 유도선의 설계자가 임의로 결정할 수 있다.



	G231	G232	G233	G234
M101	+0	+90	+180	+270
M102	+90	+180	+270	+45
M103	+180	+270	+45	+135
M104	+270	+45	+135	+225
M105	+45	+135	+225	+315
M106	+0	+90	+180	+270
M107	+90	+180	+270	+45
M108	+0	+90	+180	+270
M109	+180	+270	+90	+90
M110	+180	+270	+45	+135
M111	+270	+45	+135	+225
M112	+45	+135	+225	+315

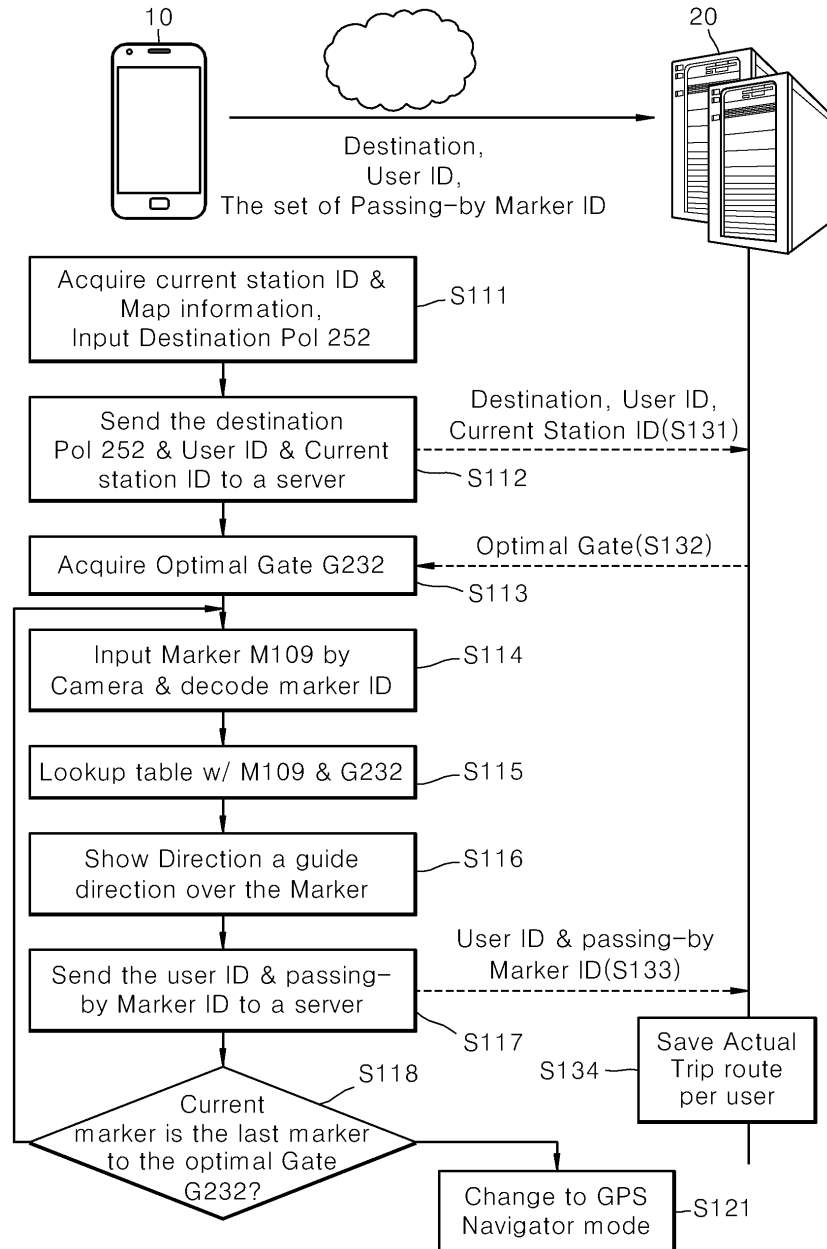
3) Marker Code 분석 알고리즘 구현

길 안내 내비게이션 알고리즘

- 지하철역에서 스마트폰을 이용한 보행 내비게이션 사용에 대한 개념도를 제시하고 있다. 지하철역에는 기본적으로 신규 제안한 마커가 설치되어 있고, 사용자는 스마트폰 카메라로 바닥 또는 기둥에 부착되어 있는 마커를 인식한 위치정보를 기반으로 목적지까지의 길안내 정보를 증강현실로 제공받는다.

도착지 입력 → 목적지까지의 이동경로 DB → Marker로부터 목적지까지의 안내정보 확인

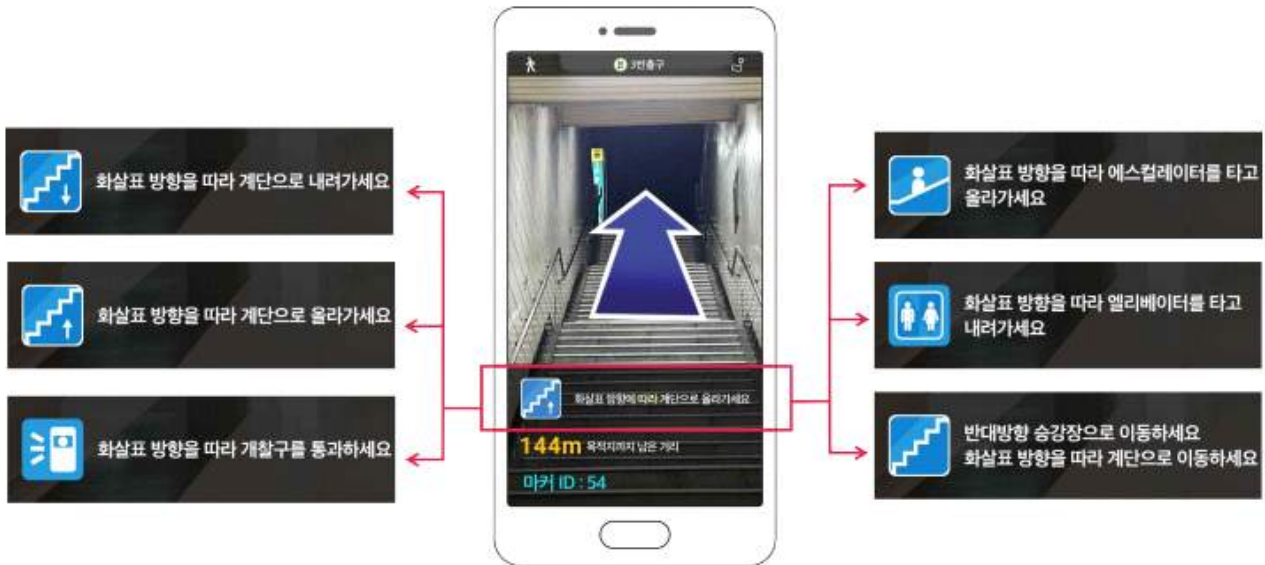
- 사용자가 앱을 실행하고 목적지를 선택한다. 선택한 목적지는 앱이 실행되는 동안 저장된다. 다음 단계는 선택한 앱 화면이 카메라 화면으로 전환되고 사용자가 카메라로 마커에 접근하면 마커 인식 프로그램에 의해 마커를 인식하게 된다. 그리고 나서 인식된 마커 ID와 목적지 정보를 데이터베이스에 전달한다. 데이터베이스에서는 인식된 마커 ID가 데이터베이스에도 존재하는지 확인한 후 마커 ID가 존재하지 않을 경우 아무런 정보를 출력하지 않고 다시 마커를 인식할 때까지 기다린다. 만약 데이터베이스에 인식한 마커 ID가 존재할 경우 데이터베이스는 인식한 마커 ID가 가지고 있는 정보에서 해당 목적지 정보(현재 마커로부터 목적지까지 거리, 방향)를 앱에 전달한다. 앱은 전달받은 목적지 정보 중에 방향 정보를 재계산한 후 목적지 정보를 화면에 출력하게 된다.



4) 스마트폰 앱 및 성능평가 시나리오 개발

■ 길 안내 내비게이션 알고리즘

- 사용자에게 내비게이션 앱을 제공하여 1. 목적지를 입력하고 2. 교통약자 유무 확인 후 3. 내비게이션 서비스를 구동하면, 증강 현실 기술을 사용하여 이용자에게 길 안내 서비스를 제공할 수 있는 어플리케이션을 개발 함.
- 내비게이션 서비스를 지원하는 앱은 스마트폰의 종류 (안드로이드, iOS)와 상관없이 해당 어플리케이션을 다운로드 사용할 수 있도록 함.
- 현재 내비게이션에 대한 길안내는 사용자가 대중교통을 이용한다는 가정하에, 총 6가지의 안내 버전을 텍스트 형태로 제공하나, 향후 일반 건물에서도 사용할 수 있는 길 안내 문구를 제작하여 적용할 예정임.
- 향후 시범사업 시 개발될 내비게이션 앱은 텍스트 형태의 안내 문구를 포함하여, 음성 안내가 추가적으로 적용될 수 있음.
- 개발되는 마커기반 실내 내비게이션의 고도화된 개발과 함께 추후 연구개발 될 수 있는 어플리케이션에 대해 최신 기술의 접목을 목적으로 마커 코드 기반 실내 측위 기술에 대한 최신기술 조사를 수행함.



[길안내 서비스 가용성 테스트를 위한 길안내 어플리케이션]

■ 성능 테스트 등 시나리오 개발

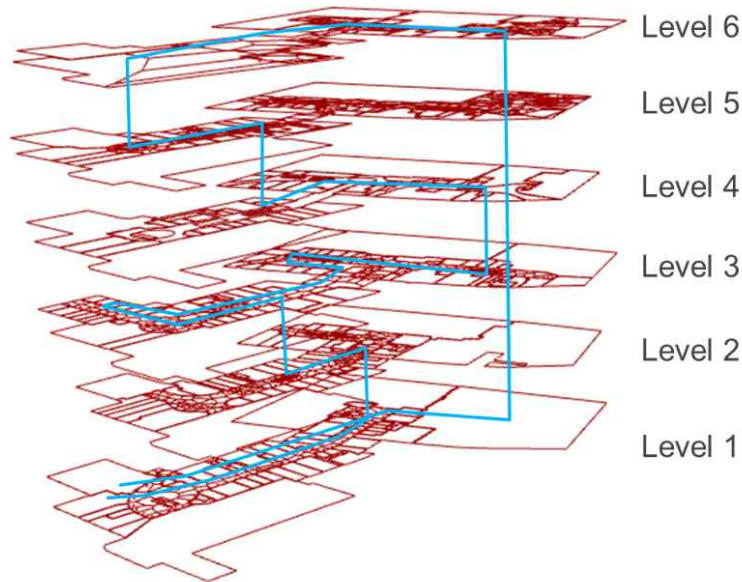
- 개발이 완료된 보행 네트워크 시뮬레이션 모형 내에서 성능 테스트를 위해 다양한 보행 시나리오를 개발함. 기존의 보행경로 최적화 연구들에서는 보행경로 시나리오를 주로 다음의 세 가지 중 하나로 정의함.
- TSP-path (Travelling Salesman Problem)
 - 이 시나리오의 경우, 보행자가 어느 한 지점에서 보행을 시작하여 다양한 장소에 위치한 다양한 종류의 장소들을 경유한 이후에 최종적으로 보행을 시작한 출발지로 돌아오게 되는 시나리오로, 이 시나리오를 본 연구에 적용하는 경우 예를 들어, 지하 주차장이나 쇼핑몰의 출입구에서 보행을 시작하게 되며 쇼핑의 목적과 예상 쇼핑 시간, 선호하는 쇼핑 브랜드 등의 선택에 따라 다양한 상점과 휴게-편의시설을 거쳐 최종적으로 보행을 시작한 출발점으로 돌아오게 되는 경로를 구현하고 이에 따른 최적 경로를 안내
 - 아래 표에서 보여주듯, 보행경로 시나리오에는 보행자가 보행을 시작하는 출발점과 출발시간 등이 포함되며, 총 보행시간은 최적경로 탐색시 경유하는 상점의 갯수등을 정하는데 필수적으로 요구되는 정보임. 보행(쇼핑)의 목적은 여러가지의 쇼핑 목적을 입력할 수 있도록 하였고, 보행중간에 시간대에 따라 경유할 수 있는 목적지도 포함할 수 있도록 함. (예, 점심식사 12:00-12:30). 또한 경유지로 휴게시설이나 화장실, ATM 등도 포함할 수 있도록 시뮬레이션 모형을 구현함.

[보행경로 시나리오 예]

보행 출발지	쇼핑몰 출입구 A
보행 출발 시간	10:00 am
총 보행 시간 (쇼핑 시간)	4시간
보행 목적 (쇼핑의 목적)	여성 의류, 유아용품, 식료품, 여성 화장실, ATM, 식당 (12:00 - 12:30 사이)
경유지 체류 시간 (상점당 체류시간)	여성 의류 (20분), 유아용품 (20분), 식료품 (30분), 화장실 (10분), ATM (3분), 식당 (1시간)
보행시 필요사항	승강기와 에스컬레이터 필수

- NSP-path (path to the Nearest Specific Place from departure)
 - 두 번째 보행 시나리오의 경우 보다 단순한 경로선택을 선호하는 보행자들의 특성을 반영하기 위해 보행 출발지에서 원하는 목적지의 종류에 부합하는 최단 거리에 위치한 목적지 하나만을 선택하여 경로를 안내하는 경우임.
 - 예를 들어, 현재 위치에서 가장 가까운 곳에 위치한 휴게시설이나 화장실 등을 선택하여 경로를 최적화 할 수 있고, 또는 현재 위치에서 가장 가까운 은행이나 식료품점 등 쇼핑몰 내에 다수의 같은 종류의 상점이 존재하는 경우 유용하게 사용할 수 있는 시나리오임.
- MSP-path (path with as Many Specific Places as possible)

- 현재 위치에서 보행자가 원하는 목적에 부합하는 목적지들을 주어진 시간내에 최대한 많이 경유할 수 있도록 하는 시나리오임.
- 기존의 보행자 경로 탐색 연구에서는 위에 정리된 세 가지 시나리오 중 한 가지의 시나리오를 대상으로 최적화를 진행하여 성능을 테스트 하는 것이 일반적이지만, 본 연구에서는 다양한 쇼핑 보행자들의 특성들을 최대한 현실적으로 구현하고 테스트 하기 위해 3 가지 시나리오에 부합하는 최대 30개의 보행 시나리오를 개발하여 최적화 알고리즘에 따라 보행경로 제공을 테스트하였음. 아래 그림은 총 6층으로 구성된 쇼핑몰에서 다양한 목적지를 가진 보행자에게 제공되는 최적경로를 입체적으로 표현함.



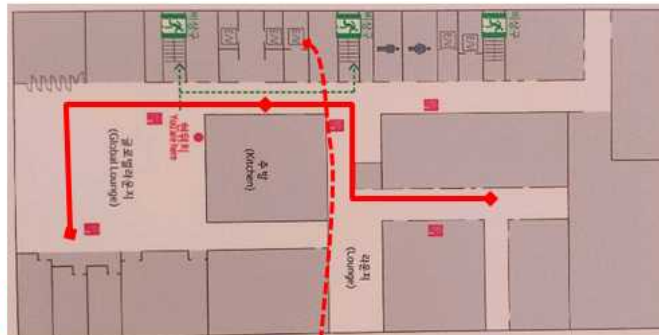
[입체 실내공간에서의 다중목적 최적 보행경로 안내]

■ 성능 테스트 등 시나리오 개발 및 평가

- 스마트폰 카메라를 이용한 마커인식 성능시험은 입체 실내공간에서 보행자가 목적지를 안내 받기 위해 그 인식률 성능은 매우 중요하다. 위에서 검토한 입체공간의 시나리오는 엘지사이언스파크 지상 1층에서 지상 7층으로 이동하고 지상7층에 세미나룸 7개를 목적으로 설정하여 진행하였다.



7층



1층



[엘지사이언스파크 경로 시나리오]

- 스마트폰 카메라와 Marker의 커뮤니케이션의 노이즈는 조도이므로 다음과 같은 조도 환경에서 수행하였다. 외부는 500lx 이상인 조건이고, 지상1~7층의 경우 200~500LX 조건이고, 계단과 지하 공간에서 30~300LX 조건에 있었다.

[엘지사이언스파크 경로 시나리오]

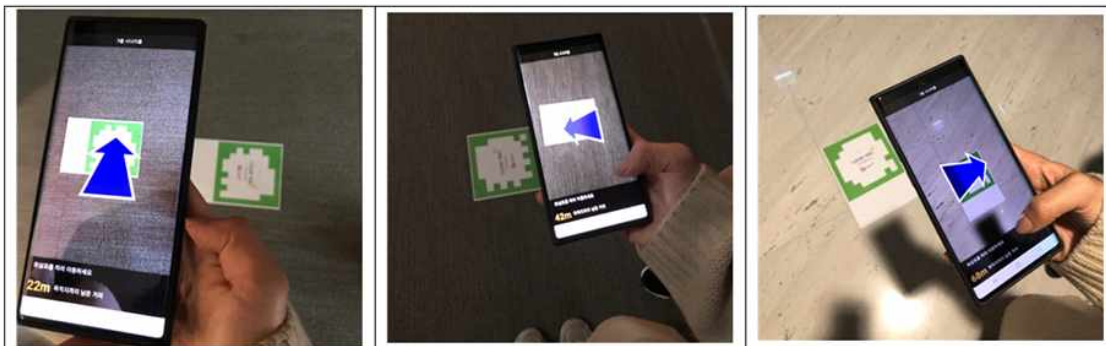
구분		적용 범위
조도	외부	500 lx ~
	1층~7층	200 lx ~ 500 lx
	계단	30 lx ~ 300 lx
	지하	30 lx ~ 300 lx
바닥면 재질		대리석 등 스티커 접착이 가능한 바닥면, 바닥면에 마커 부착이 힘들 경우 벽면을 활용한 측위 가능
기타		강설, 강우에 따른 마커 훼손 태양 빛 간섭에 의한 인식을 저하로 실외 공간 설치 제약 발생



- 인식률 시험 결과 (외부 시험기관 기능검사서 참조 : 2020년 성능시험보고서)

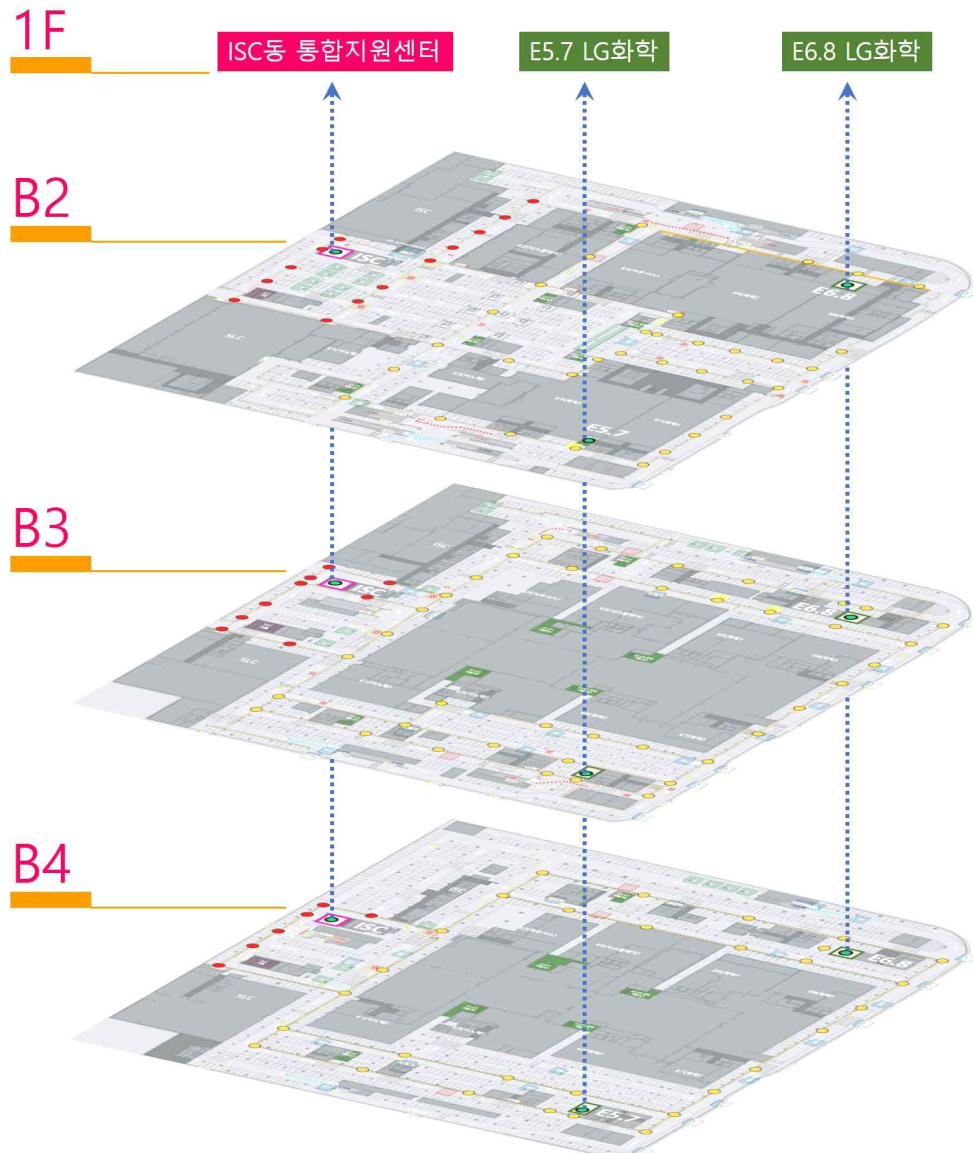
[엘지사이언스파크 내부 Marker 인식률시험]

구 분	외부	1층	7층	Total
Marker 설치 위치	1	5	12	18
실험 횟수 (A)	150회	250회	600회	1,000
경로표출 횟수 (B)	140회	245회	598회	983
Recognition rate(B/A×100), %	93.3	98.0	99.6	98.3



● 인식을 연구개발 목표 대비 실적

평가 항목 (주요성능 Spec1))	단위	전체 항목 에서 차지하는 비중2) (%)	세계최고 수준 보유국/ 보유기업 (/)	연구개발 전 국내수준	개발 목표 대비 실적			평가 방법
			성능수준	성능수준	1차년도 (2019년)	2차년도 (2020년)	3차년도 (2021년)	
1. 인식률	%	50	—	96%	N.A 실적 (98%)	99% 실적 (98%)	99% 이상 실적 (99%)	Marker Code 인식성공률 (0.5초)
2. 보행속도	m/초	30	—	1.2	N.A 실적 (1.2)	2.0 실적 (2.0)	2.0 실적 (2.0)	스마트폰 센서 보행속도 측정
3. 인식거리	m	20	—	2	N.A 실적 2.0	2.0 실적 (2.0)	2.0 실적 (2.0)	인식거리 측정



[2021년도 인식을 성능시험 환경 및 경로 시나리오]

나. 구글맵스 기반 POI 검색 인터페이스 모듈 개발

- 사용자 장소에 따라 모국어 기반으로 목적지 POI 검색이 가능하도록 구글맵스와 인터페이스를 위한 설계 및 구현
- 한국인 사용자가 일본에서 사용할 경우, 구글맵스에 목적지 POI 입력 (한글) 이후, 실내공간의 실외 진출입 게이트(Gate)와 연결하여 쉽게 목적지 POI를 입력하게 지원하고자 함
- 구글맵스 내비게이션 기반으로 사용하다가, 사용자가 요구할 경우 구글맵스 내비게이션 사용화면과 실내 길찾기(Lead You) 앱과 스위칭 인터페이스 구현 (2개 앱 구동이 아닌 구글맵스만으로 실내 길안내 내비게이션을 구현하는 인터페이스 기술)

1) 통합검색 모듈 설계

● 통합검색 모듈 설계

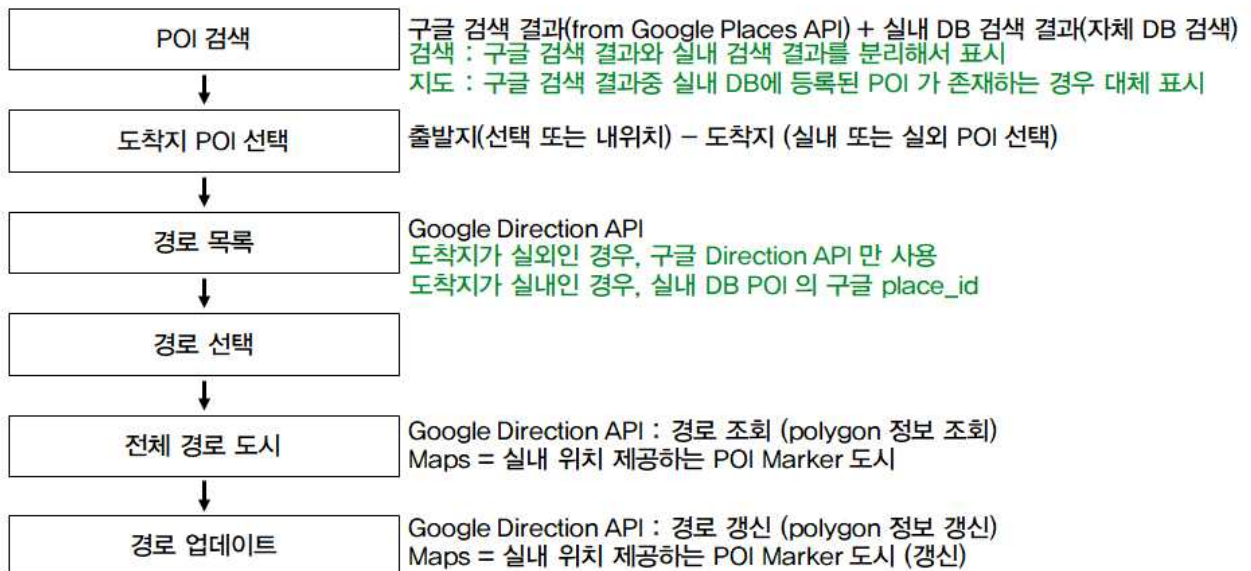
사용자 서비스 사용 시나리오

(추가) 구글맵 POI와 실내 경로 POI 참조 연결 필요 예. 인천공항(구글) - 인천공항 스타벅스(실내 Maker DB)

- (1) 사용자 이동 출발/도착지 검색 → 구글맵 경로 검색 (실외 경로 검색) + 실내 경로 검색 (뉴스아스웨일즈 DB)
- (2) 실내외 목적지 및 경로 설정
- (3) 구글맵 경로에 [실내 AR POI] (실내 Maker DB를 포함하는 장소) 표시 / 마커 태깅시
- (4) [실내 AR POI] 클릭하여 실내 AR 내비게이션 전환 (추가) 마커를 인식하면 자동 변환



실내외 POI 검색 시나리오



통합검색 모듈 POI 정의서

순번	오퍼레이션	요청주소	설명
1	장소 TEXT 조회	[GET] /places/text/:keyword	입력받은 TEXT에 해당하는 장소들을 반환합니다.
2	장소 place_id 조회	[GET] /places/id/:place_id	입력받은 place_id에 해당하는 장소정보를 반환합니다.
3	장소 위치기반 조회	[GET] /places/geometry/:geometry	입력받은 위도,경도 중심으로 반경 1500안의 장소들을 반환합니다.
4	경로 TEXT 조회	[GET] /direction/search/text/:origin/:destination	TEXT로 입력받은 출발지, 목적지 지점 정보와 경로를 반환합니다.
5	경로 place_id 조회	[GET] /direction/search/id/:origin/:destination	place_id로 입력받은 출발지, 목적지 지점 정보와 경로를 반환합니다.
6	경로 위치기반 조회	[GET] /direction/search/geometry/:origin/:destination	위도,경도로 입력받은 출발지, 목적지 지점 정보와 경로를 반환합니다.

통합검색 모듈 구현

[GET] /places/text/:keyword

장소 텍스트조회 - text에 해당하는 장소들을 반환합니다

status:200(JSON)

반환키	형태	값 내용	예시
status	string	반환결과를 알려줌	"OK", "ZERO_RESULTS"
results	array	조회된 장소들의 주소와 위치 id 등을 알려줌	

results object 내용

반환키	형태	비고
formatted_address	string	language 별 주소 반환 (default:ko)
geometry	object	조회된 장소 위치경로
icon	string	아이콘 이미지
id	string	
name	string	장소명
place_id	string	place_id
plus_code	object	
rating	number	
reference	string	
types	object	
user_ratings_total	string	

status:400 - 파라미터인식실패

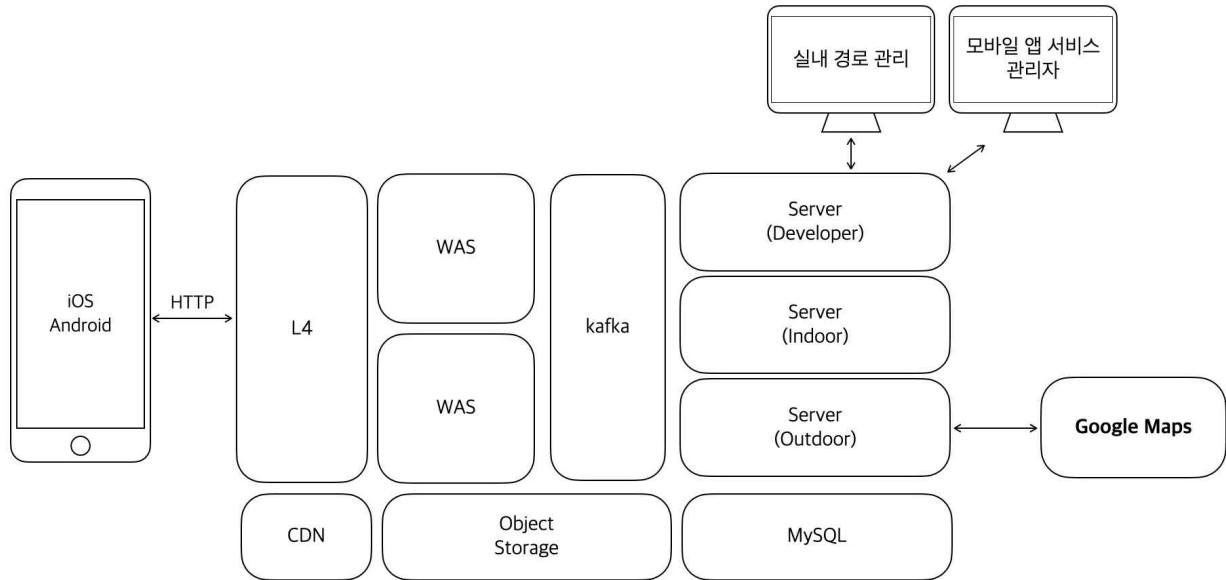
반환키	형태	값 내용	메시지
msg	string	에러메시지	can't read 'keyword' parameter.

formatted_address	대한민국 인천광역시 원창동
geometry	[{"location": [{"lat": 37.522272, "lng": 126.612166}], "viewport": [{"key": "lat", "value": 37.52362182989273}, {"key": "lng", "value": 126.6135158298927}, {"key": "northeast", "value": 37.52092217010728}, {"key": "southwest", "value": 126.6108161701073}]}]
icon	https://maps.gstatic.com/mapfiles/place_api/icons/generic_business-71.png
id	28498ca236cacab7727e61bab1b5e5a4081eeb3c
name	청라로봇랜드
opening_hours	{ Empty Object }
place_id	ChIJmR3dIMIS_ezURDd9rtUoofo
plus_code	[{"compound_code": "GJC6+VV 서구 인천광역시", "global_code": "8Q98GJC6+VV"}]
rating	0
reference	ChIJmR3dIMIS_ezURDd9rtUoofo
types	[{"transit_station": 0, "point_of_interest": 1, "establishment": 2}]
user_ratings_total	0

2) 통합검색 모듈 개발 및 서버 구축

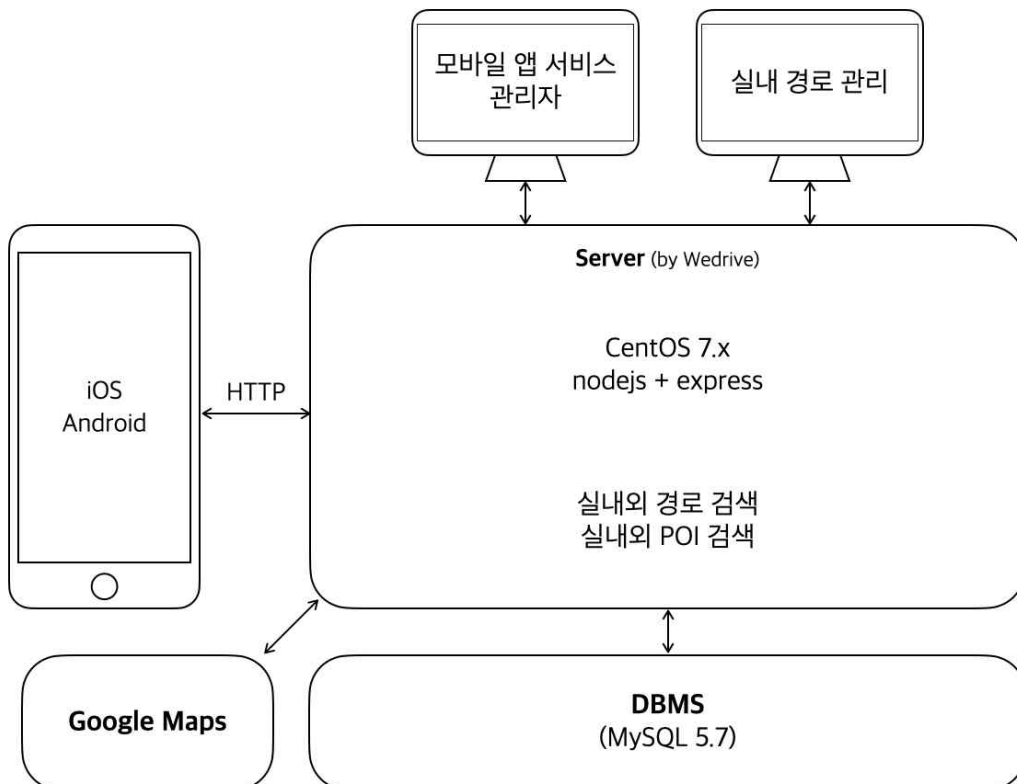
- 실내외 통합 검색 모듈 개발
- 실내외 통합 검색을 위한 서버 설계 및 인프라 구축

■ 서비스용/시험 테스트용 인프라 구성

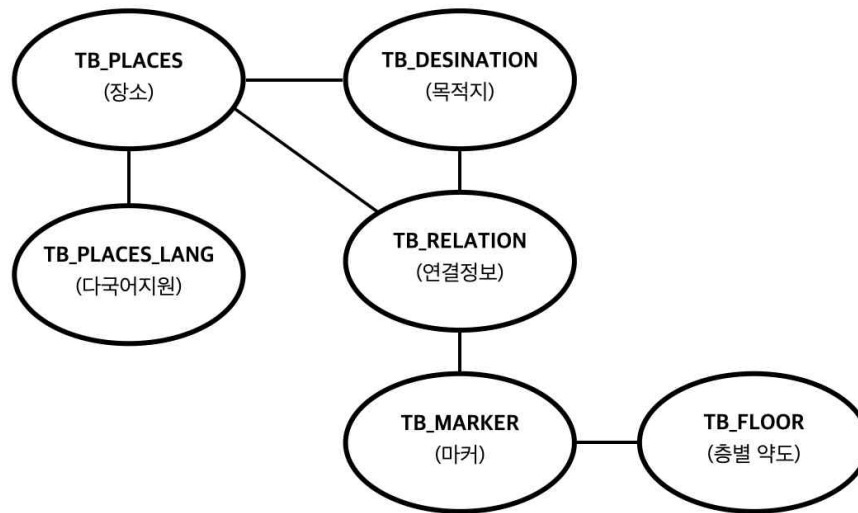


■ 시험 테스트용 인프라 구성 및 데이터베이스 설계

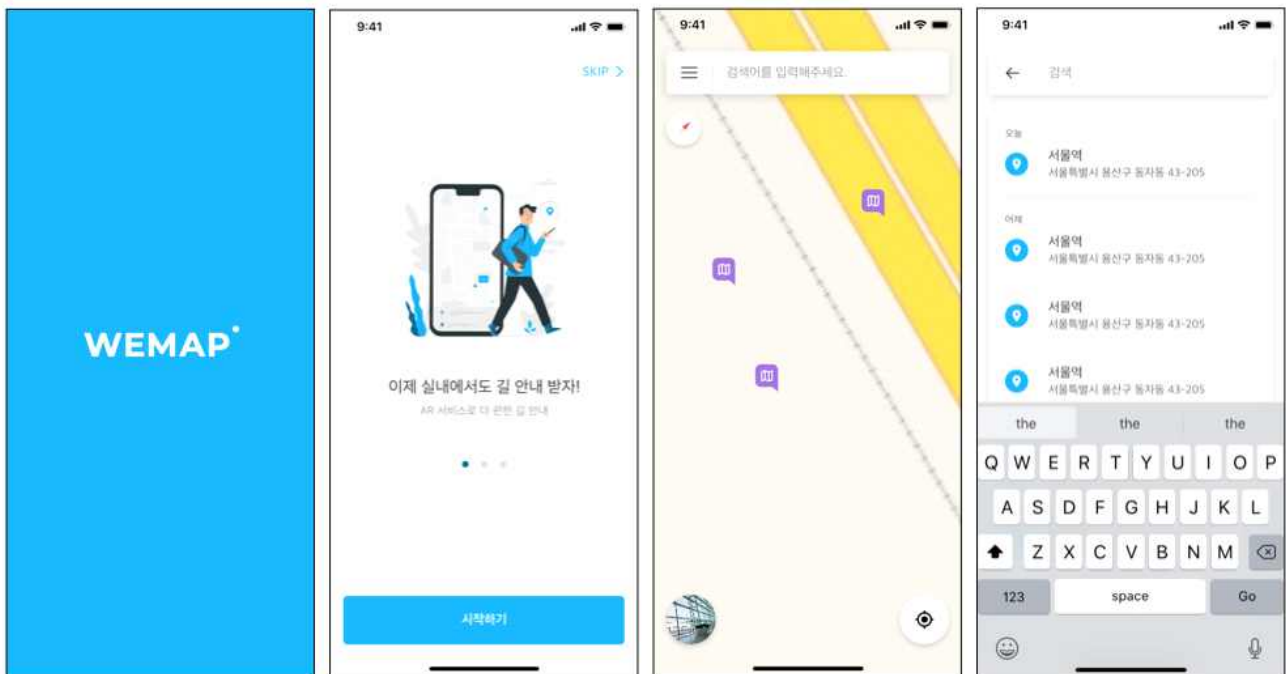
- AR 기반 길안내를 위해 마커와 목적지 식별자를 이용하여 다음 마커까지의 이동 거리와 방향, 이동 방법에 대한 안내를 제공해야 함. 다음 마커까지의 정보를 빠른 속도로 제공하기 위해서 1:1 매핑 방식으로 연결정보(TB_RELATION)를 저장함



- AR 기반 길안내에서 별도 층별 약도 정보(TB_FLOOR)를 제공하기 위해 별도 테이블을 유지하며, 각 마커는 약도 이미지 파일을 기준으로 x, y 좌표 정보를 통해 약도상 위치 정보를 보유하고 있음

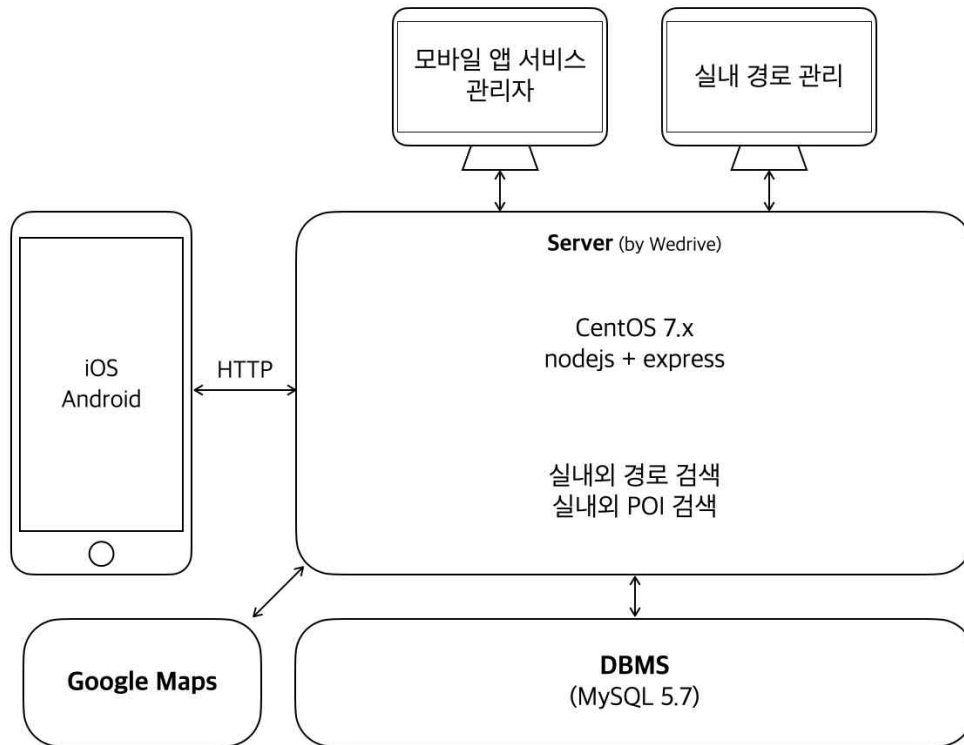


- 통합검색 API와 실내내비게이션 통합 모바일 서비스 앱 UI/UX 설계 및 개발



3) 구글맵 통합 및 연동시험

- 시험용 PC와 클라우드 서버에 대한 시험 환경을 설정하고, “Postman 7.33.1 “을 이용하여 서버 API 요청시 응답 시간 측정
- postman에서 제공하는 변수를 이용한 요청값 변경 방식을 이용하여 값 조합 방식으로 1000가지의 케이스를 만들어 성능 테스트를 진행하였음.



서버 API 호출시 Google Maps API 호출 응답 시간을 제외한 응답 속도 측정

- 연구개발의 서버 성능 목표는 1초(1,000ms)이내이며, 각 API 별 1,000회씩 호출 연동 실험 5ms~3394ms 범위내의 응답 성능이 나타났다. 내부 데이터 조회와 Google Maps API 응답에 따라 영향을 성능이 크게 영향을 받을 수 있으며, 최초 지역 검색시 약 2,000ms 정도의 응답 성능을 보여주나 인접 지역이나 이동 중 API를 호출하는 경우 Google Maps API 응답 성능이 개선되어 빠른 응답속도를 보여줌

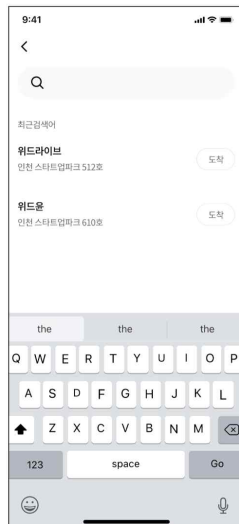
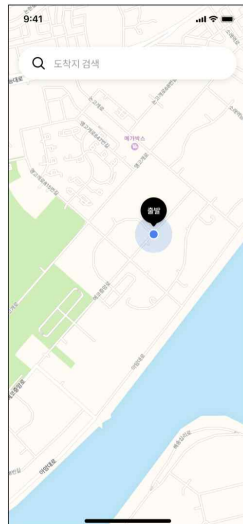
실험 API	회수	최대값	최소값	평균값	비고
/marker/search/:marker/:destination	1,000	3,293.0	129.0	302.8	
/marker/info/:marker	1,000	3,676.0	129.0	217.8	
/places/text/:keyword	1,000	948.0	6.0	41.1	
/places/gmp/text/:keyword	1,000	2,304.0	168.0	244.4	
/places/id/:place_id	1,000	2,360.0	5.0	18.0	
/places/geometry/:geometry	1,000	769.0	5.0	17.1	
/places/destination/:place_id	1,000	1,220.0	189.0	251.1	
/places/floor/:floor_id	1,000	1,592.0	233.0	499.5	
/direction/search/text/:origin/:destination	1,000	2,938.0	352.0	528.9	
/direction/search/id/:origin/:destination	1,000	3,059.0	5.0	31.2	
/destination/search/geometry/:origin/:destination	1,000	3,394.0	5.0	35.7	

4) 구글맵스와 Marker 기반 실내내비게이션 통합 시스템 개발

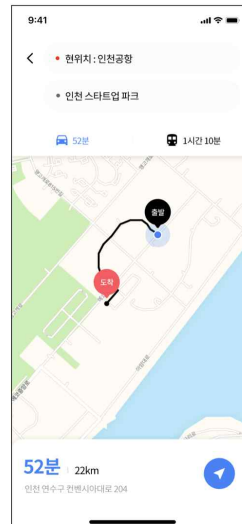
- 목적지 탐색 프로세스 개선 : 실내 + 실외 목적지 병행 탐색
 - 목적지 검색 : 실내, 실외 목적지 동시 표시
 - 목적지 선택 : 실내 목적지 선택시 해당 건물내 모든 경로 데이터 수신
 - 실내 모드 변환 : 건물내 모든 경로 데이터를 기반으로 경로 안내 표시
 - 마커 인식, 경로 안내 : 이동 수단, 방향, 거리 정보 표시
- 탐색 경로 생성 프로세스 개선 : 탐색 경로 생성 시간 단축
 - 실내 이동 경로의 경우, N X N 경로 생성을 위한 많은 시간 소요
 - 경로 생성 시간을 단축시키기 위하여 목적지를 중심으로 역으로 탐색 경로 생성
- 실내 마커 정보 생선 프로세스 개선 : 약도 정보 - 마커 위치 변환
 - 약도 이미지 픽셀 기준으로 표시된 마커를 기준으로 거리 및 이동 방향 자동 계산 추가



브랜드



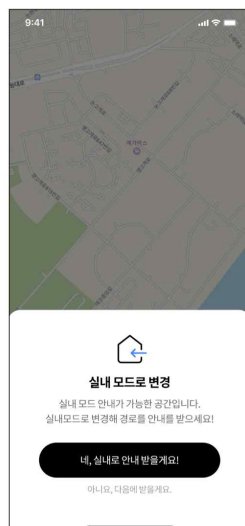
구글맵연동을 통한
실내+실외 정보 동시 표시



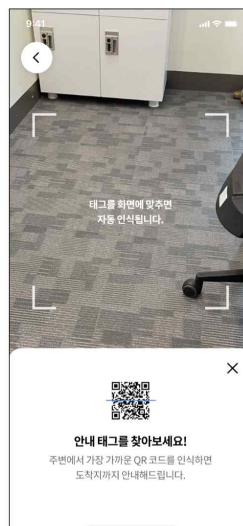
구글 경로 안내 표시



구글경로기반
탐색 방법 제공



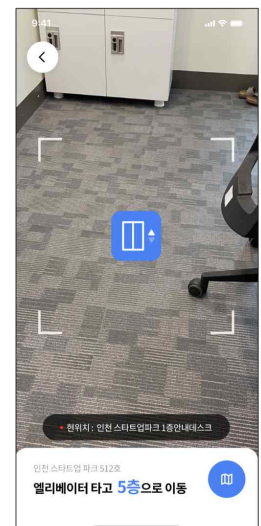
인근 건물 도달시
실내 모드 변환 추천



안내 태그 검색 안내 추가



화살표 모션 추가



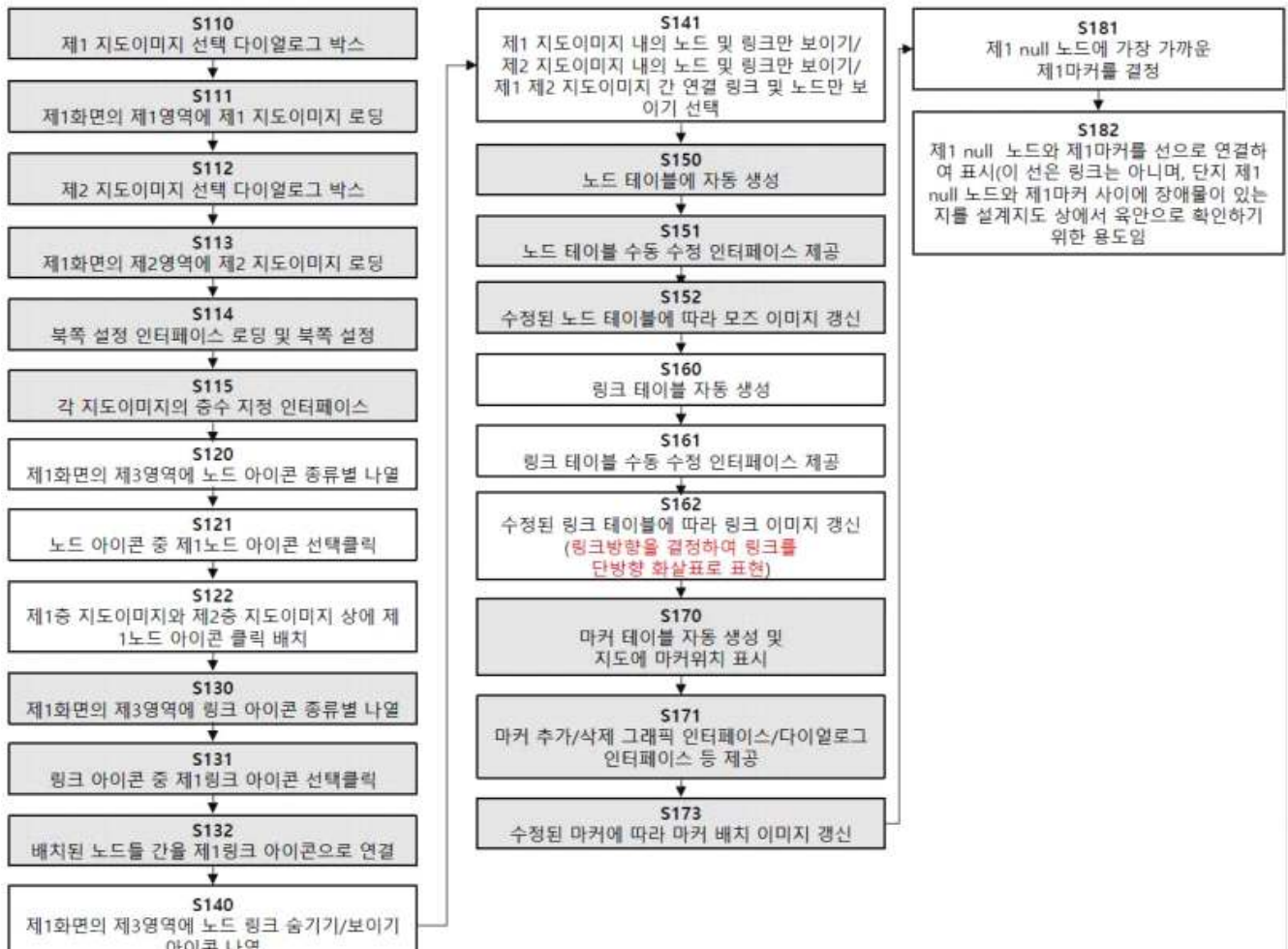
이동 수단 표시

[구글맵스와 실내길안내 Walking Navigation의 통합 서비스 화면]

다. 실내내비게이션 증강현실 적용 데이터베이스 자동화 시스템

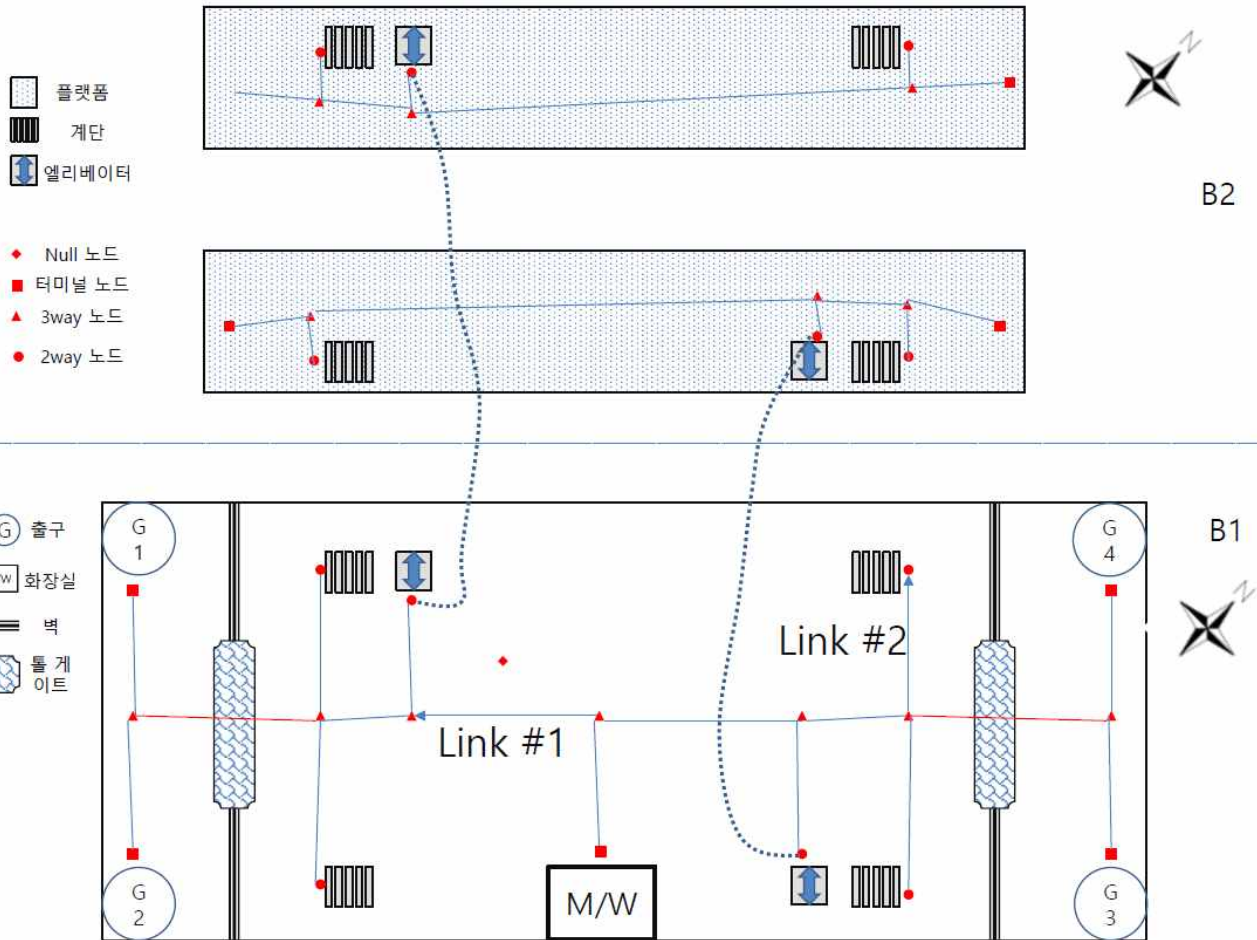
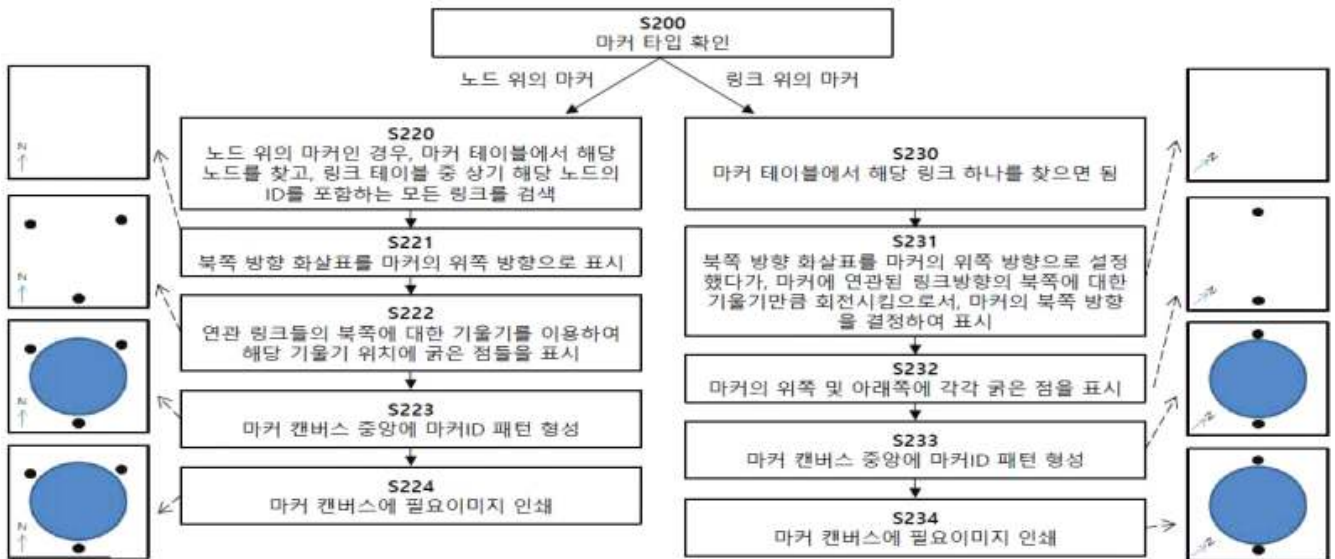
1) 자동화 DB 알고리즘

- I Lead You구현은 경로안내DB구축이 중요하다. 하지만, 실내공간의 경로안내하기 위한 POI가 증가하게 되면 매우 복잡하게 목적지 대응방향과 거리 등의 정보가 구성되는 바, 이를 안내하기 위한 지점(무인안내소=Marker Code)이 필요함. 이를 생성하고 관리하기 위한 자동화 프로그램을 설계하데 필요한 사항을 정립함
- 실내 길안내 자동화 서버는 Marker Code 기반의 위치정보를 얻기 위해 고유한 Marker Code 이 미지를 생성하고, 생성된 Marker Code 이미지를 출력하여 실제 실내에 부착하고, 부착한 위치에 대한 정보관리 기술로, 실내 목적지(POI) 정보를 입력하고 관리하는 것이 서버에 해당한다. 또한 내비게이션 앱에서 Marker Code를 인식했을 때 목적지로 가는 방향 정보 등을 제공하기 위해서는 Marker Code 설치 위치와 목적지(POI) 위치를 기반으로 경로 정보(증강현실 표출)를 관리



[실내공간의 보행자 경로 자동 생성 순서도]

- 주요시설물 등 POI
 - 출구(Gate) : 경로 DB 자동생성과 관리시스템은 다음과 같이 실내공간에서 실외 공간으로 연결하기 위한 POI
 - 계단 : 실내공간의 입체적 이동을 연결하기 위한 POI
 - 엘리베이터 : 실내공간의 입체적 이동을 연결하기 위한 POI
 - 에스컬레이터 : 평면 이동 지원하기 위한 POI
 - COVID-19 체크인 : 2000년부터 발생한 코로나19 방역체계 일환으로 등록 시설물 방문시 체크인할 수 있도록 하는 POI
 - AFC 등 입출입 게이트 : 철도역 등 요금을 지불해야 하는 POI 및 실내건물 출입을 위해 거쳐야 하는 안내소



[경로안내 BD 자동 생성 프로그램 화면 구성]

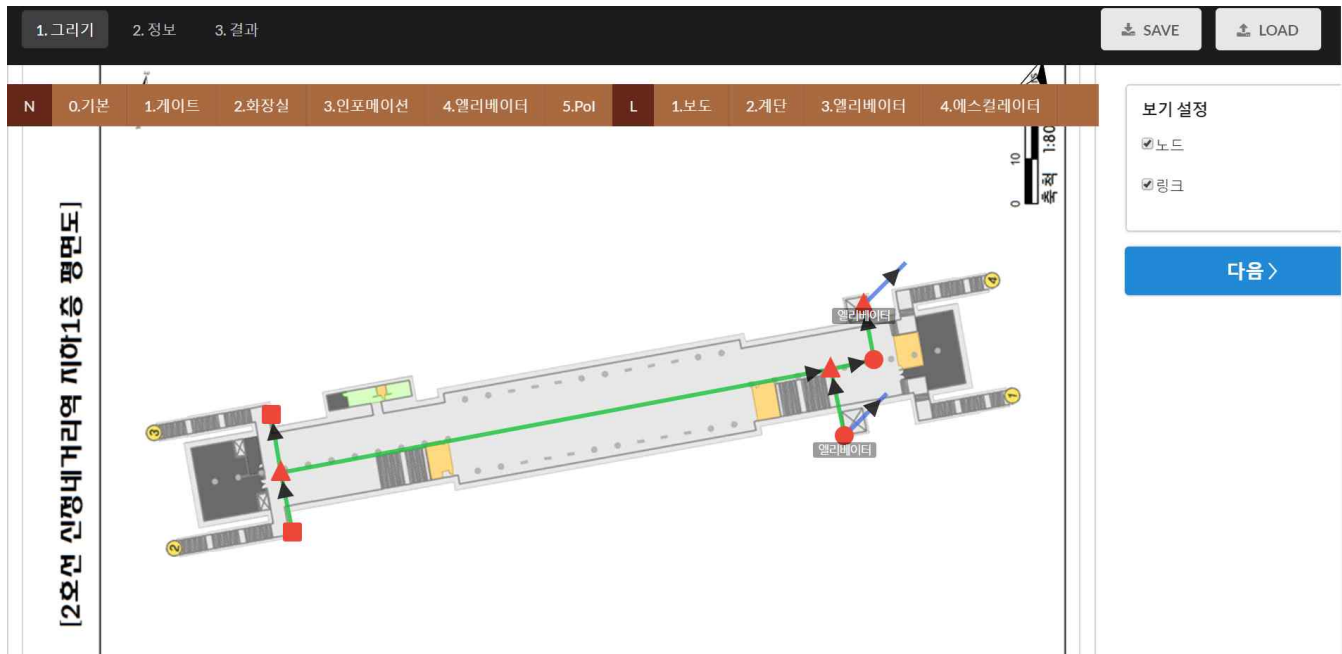
2) 자동화 DB 생성 웹 개발

■ 자동화 화면 구성

● Networking Building

- [그리기] Networking Building이 필요한 바, 건축물의 이미지 또는 설계도면을 등록하는 기능과 이를 이용한 보행자 이동 가능한 경로를 구축하기 위해 Node-Link을 구축하는 기능을 갖춘 기능을 담고 있음
- 이 화면의 요소는 기본과 게이트(실내 외부와 연결하는 결절점 또는 지하철 등 요금을 지불하는 곳 등)와 화장실, 정보, PoI, LINK, 보도, 계단, 엘리베이터, 에스컬레이터 등 Networking Building에 필요한 요소를 도입함

[Networking Building 화면구성]



● 경로안내정보 DB 자동 생성

[LINK DB 생성]

#LINK

CSV 다운로드

id	name	type	map	floor	position	angle	start	end
1	link4	3	map1,map2	B002,B001	(796, 249),(795, 239)	-	node3	node5
2	link1	1	map1	B002	(244, 408),(235, 353)	335.71	node1	node2
3	link3	1	map1	B002	(806, 301),(796, 249)	334.11	node4	node3
4	link10	1	map1	B002	(255, 464),(244, 408)	333.89	node11	node1
5	link2	1	map1	B002	(244, 408),(765, 310)	64.35	node1	node12
6	link11	1	map1	B002	(765, 310),(806, 301)	62.62	node12	node4
7	link12	1	map1	B002	(778, 373),(765, 310)	333.34	node13	node12
8	link13	3	map1,map2	B002,B001	(778, 373),(783, 364)	-	node13	node8

[MAP/NODE DB 생성]

#MAP

CSV 다운로드

id	name	nickname	floor	interval	scale	angle	size
01	map1	강남역지하2층	B002	5	10	15	(1000, 708.417)
11	map2	강남역지하1층	B001	5	10	15	(1000, 708.417)
21	map3	강남역지상1층	G001	5	10	15	(1000, 708.417)

#NODE

CSV 다운로드

id	name	nickname	type	map	floor	position	link
1	node1	-	0	map1	B002	(244, 408)	3
2	node2	-	0	map1	B002	(235, 353)	1
3	node3	-	4	map1	B002	(796, 249)	3
4	node4	-	0	map1	B002	(806, 301)	2
5	node11	-	0	map1	B002	(255, 464)	1
6	node12	-	0	map1	B002	(765, 310)	3
7	node13	-	4	map1	B002	(778, 373)	3

● Marker 자동생성

[MARKER DB 생성 및 파일 저장]

#MARKER

CSV 다운로드

id	name	type	node	link	position	angle	file
1	marker1	1	node1	-	(244, 408)	0	marker1.png
2	marker2	1	node2	-	(235, 353)	0	marker2.png
3	marker3	1	node3	-	(796, 249)	0	marker3.png
4	marker4	1	node4	-	(806, 301)	0	marker4.png
5	marker5	1	node11	-	(255, 464)	0	marker5.png
6	marker6	1	node12	-	(765, 310)	0	marker6.png
7	marker7	1	node13	-	(778, 373)	0	marker7.png
8	marker8	1	node5	-	(795, 239)	0	marker8.png
9	marker9	1	node6	-	(806, 299)	0	marker9.png
10	marker10	1	node7	-	(772, 306)	0	marker10.png

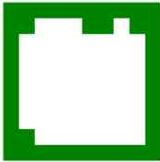
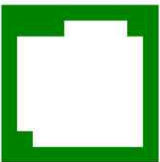
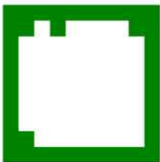
개별 파일 저장

모든 마커이미지 다운로드

Marker

설치방향

관리정보



marker2.png / node2 / -

marker3.png / node3 / -

marker24.png / - / link2

3) 시뮬레이션 툴 개발

■ 추진목적

- 보행자들의 여행 출발지와 목적지에 따른 예상 경로들을 파악하여 적절한 위치에 MARKER 설치할 수 있도록 보조
- 다중목적지를 가진 보행자들에게 최적의 경로를 안내
- 보행자 시뮬레이션 툴의 개발과, 시뮬레이션 모형 내에서 MARKER코드 설치 위치를 결정하는데 기준을 제시할 수 있는 가이드라인 개발을 목표로 연구를 진행함.

■ 대규모 쇼핑몰

- 호주 시드니에서 가장 규모가 큰 Bondi Junction Westfield 쇼핑몰을 선정하여 시뮬레이션 모형을 개발하도록 함. 이 쇼핑몰은 총 6층으로 구성되어 있고 각 층마다 여러 개의 계단과 승강기, 에스컬레이터가 존재하는 매우 복잡한 실내공간으로 설계가 되어 있으며, 이에 따라 여러 개의 보행 목적지를 가지는 보행 경로 최적화를 테스트하기에는 가장 이상적인 조건을 갖춘 것으로 판단됨.
- 시뮬레이션 모형은 여러 장소를 순차적으로 방문하게 되는 쇼핑 경로의 특성에 맞도록, 또한 보행자들의 필요한 맞춤형 보행 경로를 제공하는 것을 가능하도록 하는 최적 실내경로 알고리즘 개발과 평가를 위해 필수적이며, 부가적으로 지하철 환승역 등의 실내공간보다 더욱 복잡할 수 있는 쇼핑몰 실내공간에서 QR 코드 설치위치를 결정하는 가이드라인 구축을 보다 체계적으로 개발하기 위한 도구로 사용함.



[Bondi Junction 쇼핑몰 실내공간]

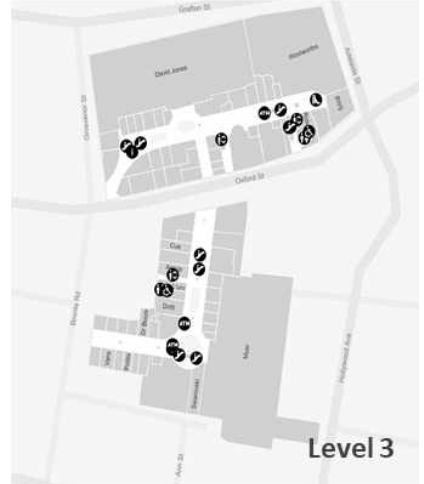
- 시뮬레이션 모형의 개발을 위해 첫 번째 단계로 대략적인 실내공간의 구조도를 기반으로 실내공간 디지털 지도를 개발함. 디지털 지도는 매우 정밀한 실측은 요구되지 않지만, 실내공간의 구조를 비롯하여 쇼핑몰에 위치한 각각의 상점에 대한 대략적인 정보와 (예: 상점의 주요 상품 품목), 상점의 위치와 크기, 보행공간의 구조와 길이, 넓이, 그리고 계단-승강기-에스컬레이터의 위치와 크기, 화장실이나 ATM 휴식공간, 식당 등의 휴식-편의시설들의 크기와 위치 등의 정보를 포함하도록 함.
- 시뮬레이션 모형 개발의 두 번째 단계로 디지털 지도를 이용하여 실내공간 네트워크를 개발함. 실내공간 네트워크는 노드 (node)와 링크 (link)로 구성되어 있으며, 노드는 출입구, 승강기, 계단, 에스컬레이터 등의 보행 시설물들을 위치를 표현하는 것과 함께, 상점들과 편의 시설물들의 위치를 표시하는 역할을 하며, 링크는 노드들간의 보행 경로를 표현하는 역할을 하게 됨.
- 노드와 링크로 구성된 보행 네트워크를 개발하는데 있어서 가장 중요한 점은 노드의 위치와 노드를 연결하는 링크의 존재 유무에 따라 보행자의 보행경로가 부자연스러운 결과를 도출할 수 있기 때문에, 최대한 자연스러운 보행 경로를 구현하도록 노드의 위치와 링크의 연결 유무를 결정하는 것과 동시에 노드의 위치에 QR 코드를 설치할 수 있도록 고려하여, QR 코드 설치 가이드 라인을 개발하는 데 도움을 줄수 있도록 하는 것임.



Level 1



Level 2



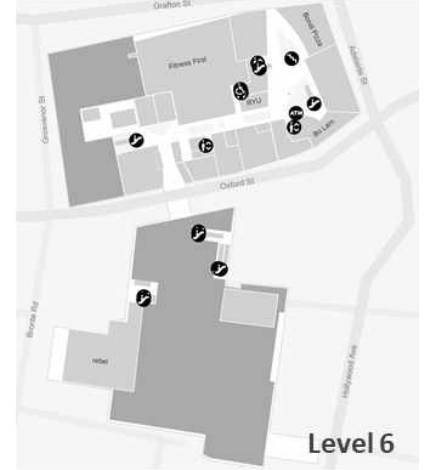
Level 3



Level 4



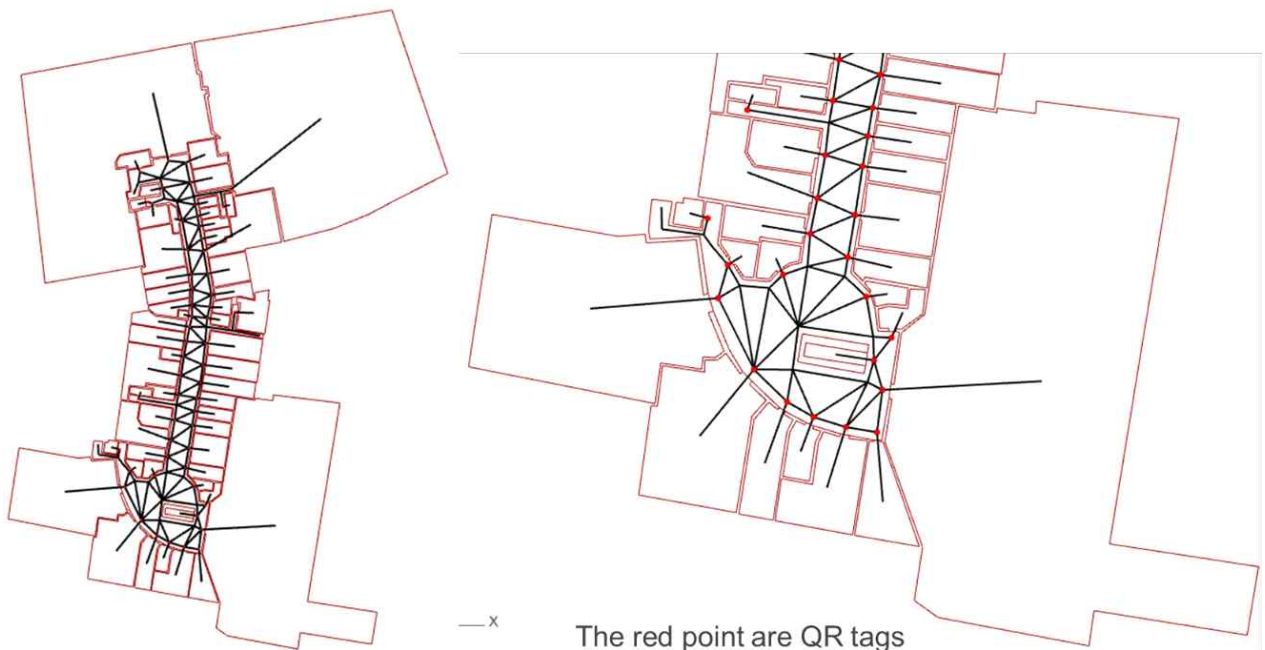
Level 5



Level 6

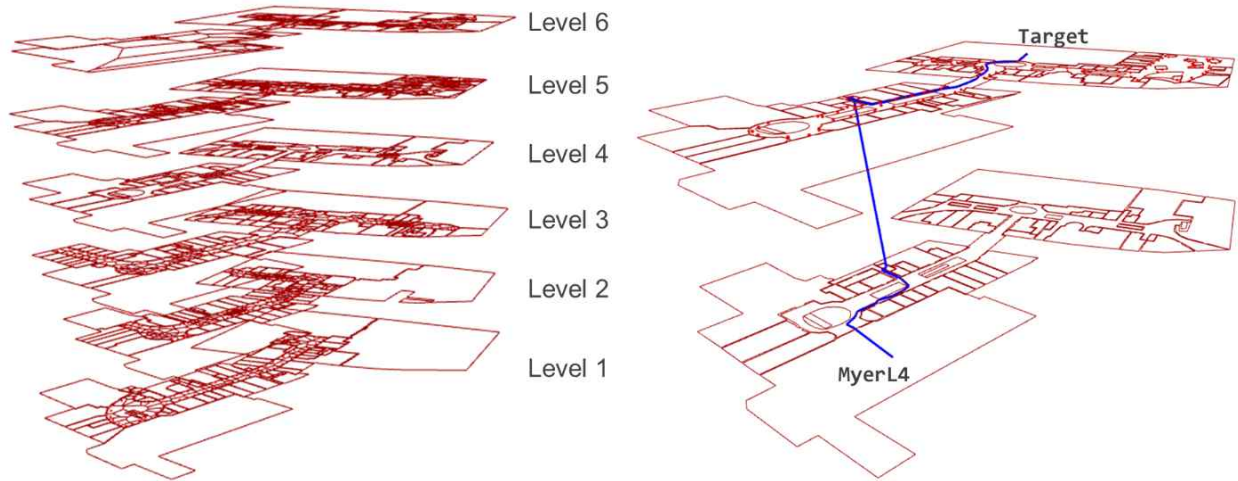
[쇼핑몰 실내공간 디지털 지도]

- 아래의 그림은 본 연구를 위해 개발된 쇼핑물의 보행자 네트워크의 예를 보여주고 있으며, 그림에서와 같이 네트워크는 노드와 링크로 구성되고 QR 코드의 위치는 노드의 위치에 설치할 수 있도록 설계함.



[쇼핑몰 실내공간 네트워크]

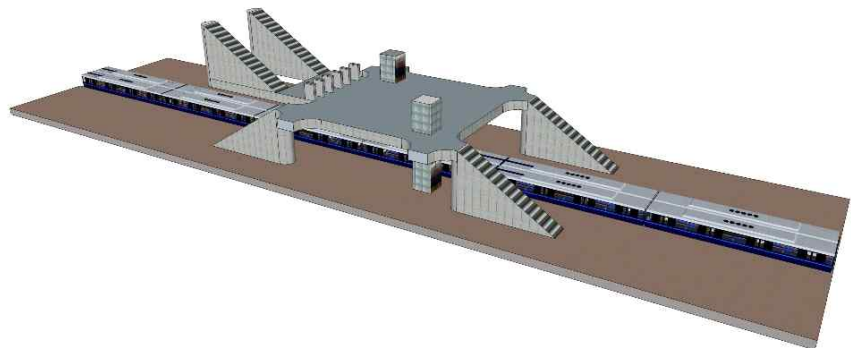
- 각 층마다 실내공간을 보행 네트워크로 구현하였으며, 다음 단계로 각 층을 연결하는 승강기, 계단, 에스컬레이터 등을 보행 네트워크에 추가함. 결과적으로 총 6개의 레이어 (layer)로 구성된 보행 네트워크 시뮬레이션 모형을 개발하였고, 보행자 최적경로 알고리즘의 개발과 테스트를 위해 보행의 출발지와 목적지로 구성된 가장 간단한 형태의 보행 시나리오를 무작위로 만들어 네트워크의 오류 여부를 테스트를 통해 확인함.



[쇼핑몰 보행 네트워크와 오류 확인을 위한 보행경로 구현]

■ 지하철 역 보행 시뮬레이션 개발

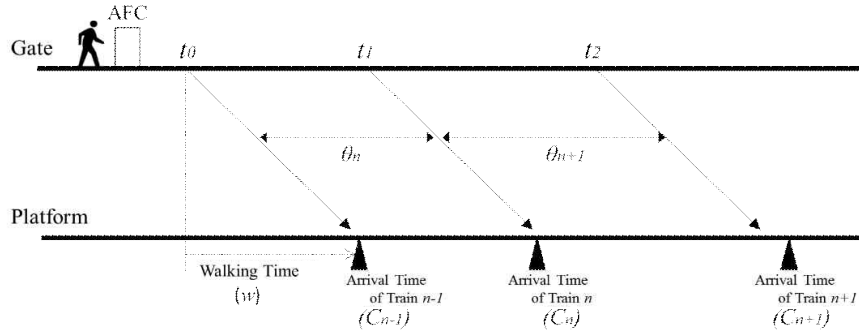
- 본 연구의 최종 결과물은 쇼핑몰 이외에도 지하철역이나 환승역 등 대규모 교통시설물에서 경로안내 앱과의 연동을 통해 실내공간에서 최종 목적지까지 보행 경로 정보를 제공하는 것을 목표로 하고 있음. 따라서 2차년도 연구 계획 중 하나로 쇼핑몰을 대상으로 하는 시뮬레이션 모형의 개발 이외에도, 지하철역을 대상으로 시뮬레이션 모형을 추가로 개발함.
- 본 연구의 목적은 지하철역 시뮬레이션 모형을 통해 역사내에서 보행자의 이동을 모형화하는 것 이외에도 승객들이 도착하는 열차의 출입문 위치에서 열차를 기다릴 때, 이들을 출입구마다 고르게 대기하도록 유도하여 열차의 정차시간을 줄이고 따라서 열차의 승객수송능력을 향상시키는 효과를 시뮬레이션을 통한 테스트로 증명하는 것임.
- QR 코드는 승객들이 열차를 기다리는 플랫폼 공간의 입-출구에 설치하여 보행자들이 QR 코드를 스캔했을 때, 승객들이 덜 붐비는 열차의 출입구 방향으로 안내해주는 것이 가능하며, 따라서 본 연구에서는 이런 방식의 QR 코드 활용 방안을 시뮬레이션을 통해 구현하고 그 성능을 평가함.
- 먼저 연구를 위해 자료수집이 가능했던 서울 메트로 8호선의 광동구청역을 시뮬레이션을 통해 모형화함. 이 역의 경우 하루 이용자의 수가 20,000명을 넘는 역이며, 상행선과 하행선이 분리되어 열차를 기다리는 대기 승객들이 철로 양 옆으로 나누어진 플랫폼으로 진입하는 구조로 설계되어 있음.



[광동구청역 플랫폼 시뮬레이션 모형도]

- 지하철역의 경우 보행자들이 개찰구를 통해 요금을 지불한 후 계단이나, 승강기, 에스컬레이터를 이용하여 플랫폼에 진입하도록 되어 있고, 중간에 플랫폼과 역사 입구를 연결하는 복도 등이 존재하는 경우가 일반적임. 따라서 시뮬레이션 모형에서 보행자들의 이동을 현실적으로 구현하기 위해 개찰구를 통과하는 보행자들이 언제 플랫폼에 도달할 수 있는지를 일반적인 보행자들의 보행속도와

개찰구와 플랫폼까지의 거리, 중간에 위치한 시설물들의 위치와 속도등을 고려하여 다음과 같은 방식으로 모형화 함.



[지하철역내 보행자 이동 시뮬레이션 모형]

- 시뮬레이션 모형을 이용하여 보행자들이 개찰구에서 플랫폼으로 진입한 후 QR 코드를 통해 안내되는 열차의 출입구로 이동한다는 가정을 통해 각 열차의 출입구별 승객수를 계산하였고 이에 따라 열차가 소요해야 하는 정차시간을 정차시간 예측 모형을 이용하여 예측함.

$$DS_n^i = 1.042 + 0.807\mu_n^i + 0.932\lambda_n^i + 0.008\lambda_n^i\omega_n^j \quad (\overline{R^2} = 0.796)$$

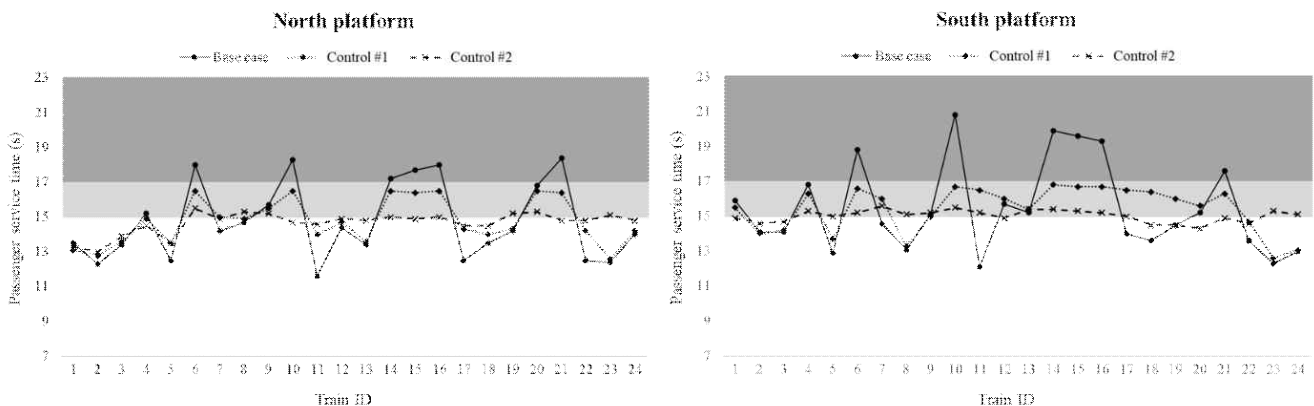
[열차정차시간 예측모형]

Variables	B	SE B	Beta (β)
Adjusted $R^2=.796$, $F(3,987) = 1284.781$, $p < .0001$			
(Constant)	1.042***	0.105	
Number of alighting passengers ()	0.807***	0.019	0.402
Number of boarding passengers ()	0.932***	0.050	0.813
[No. of boarding passengers]*[Train carriage weight] ()	0.008*	0.004	0.080

Note: B = unstandardized regression weights;

SE B = standard error for the unstandardized regression weights; *** $p < .001$; ** $p < .01$; * $p < .05$

- 시뮬레이션 모형을 이용한 테스트 결과 QR 코드를 지하철역에서 활용하는 경우 실내공간에서의 경로안내 이외에도 플랫폼에서 열차를 기다리는 대기 승객들에게 가장 덜 붐비는 출입구를 안내하도록 하여 승객들의 편의를 돕는 한편, 열차의 정류장에서 정차시간을 크게 줄일 수 있다는 (15% 내외) 결과와 함께 이 서비스를 통하여 열차 노선의 승객수송능력을 높힐수 있다는 결과를 보여줌. (아래 그림 참조)
- 이 연구는 QR 코드를 활용하여 원래 목표했던 복잡한 실내공간에서의 경로 안내 이외에도, 쇼핑몰에서는 쇼핑 목적과 연계하여 목적지-경유지 안내, 쇼핑 경로 최적화 등의 추가적인 서비스가 가능하고, 지하철 역이나 기차 역 등의 교통시설물에서는 대중교통 노선의 운행정보등과 연계하여 승객들의 편의를 돕고 대중교통 서비스의 효율성을 높힐수 있는 새로운 서비스의 제공이 가능하다는 결과를 보여줌.

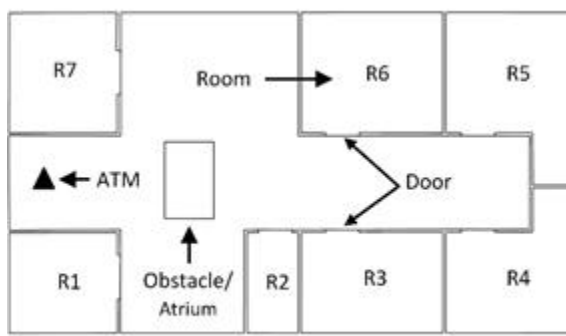


[QR 코드를 이용한 열차 승객 출입구 안내 효과]

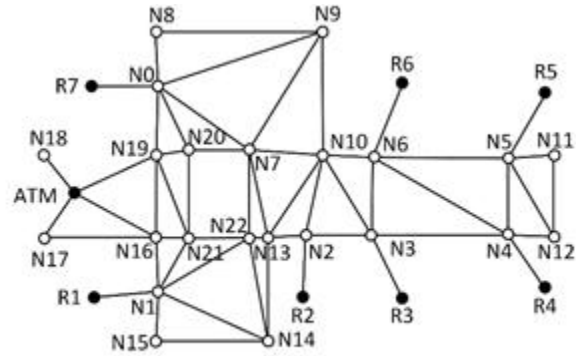
■ 실내 세일즈맨 경로최적화(ITSP) 적용을 통한 알고리즘 고도화

- 실내내비게이션은사용자의위치를정확하게확인하고실내에서의경로를계획하고사용자가목표위치로가는경로를안내하기위한정보를제공하는프로세스또는활동임. 실내 내비게이션은 수년 동안 연구자와 실무자들에 의해 연구되었지만 대부분의 경우 실내 내비게이션 서비스는 아직 실제로 현장에서 사용되고 있지 않다. 이 딜레마는 사용자들에게는 서비스에 대한 필요성은 존재하지만, 효과적이고 실용적인 실내 내비게이션 탐색 솔루션은 아직까지는 현실적으로 쉽지 않다는 점을 증명함.

- 대규모 사무실이나 백화점, 공항, 그리고 복잡한 대규모 지하철역 등의 실내공간에서 정확한 경로안내 서비스를 제공할 수 있는 내비게이션에 대한 요구는 점점 더 늘어나고 있음. 스마트 경로 계획은 사용자의 요구 사항을 고려하고 그에 따라 경로를 사용자에게 니즈에 맞도록 제공할수 있어야 함. 그러나 현재 탐색 시스템의 경로 계획은 주로 최적의 경로 계산을 위해 가장 짧은 이동 거리 또는 가장 빠른 보행시간을 기준으로 경로 계획 서비스를 제공함. 가장 짧은 거리 또는 가장 빠른 이동 시간을 가진 경로는 서비스 이용자들에게 우선적인 선택이 될 수 있지만, 이러한 종류의 경로가 모든 상황에서 항상 최선의 경로 선택을 의미하지는 않음. 예를 들어, 보행자는 출발지에서 다수의 특정 장소들을 방문한 후 원래 지점으로 돌아올수 있는 가장 짧은 경로에 관심이 있을 수 있음.



(a)



(b)

[실내지도예시(a) 및 실내내비게이션 네트워크(b)]

- 이보고서에서 이러한 종류의 다중목적경로안내를 기존의 세일즈맨 경로최적화 문제(TSP)의 변형으로 정의하여 솔루션을 제공함. 기존의 TSP는 컴퓨터 과학 및 운영 연구 분야에서 잘 알려진 알고리즘 최적화 문제이며, 특정 목적지 목록을 경유하고 싶은 보행자가 가장 짧지만 효율적인 경로를 찾는 과제로 정의하였음. 요컨대, TSP에서 여행자는 각 목적지를 한 번 방문한 이후 출발지로 돌아가야 함. 실내 세일즈맨 경로 최적화 문제 (ITSP)는 기존의 세일즈맨 경로 최적화 문제 (TSP)와 매우 유사하지만 몇가지 차이점을 가지고 있음. 기존의 TSP문제에서 모든 노드는 경로 최적화의 대상이며 따라서 모든 노드들은 탐색 경로에 포함됨. ITSP 문제에서 탐색 경로에는 노드들중 보행이 가능한 일부분만 포함될 수 있음. 즉 기존의 TSP 문제에서 n 개의 노드가 존재하는 경우 탐색 경로 최적화에는 모든 노드들이 포함되게 됨. 그러나 ITSP에 대한 탐색 네트워크에 n 개의 노드가 존재하는 출발지와 목적지에 따라 $m(m \leq n)$ 개의 노드들만이 경로탐색에 포함됨.

- 본 연구는 실내에서 보행경로 최적화를 위해 TSP문제를 수정을 통해 보완한 ITSP 형태의 고도화된 알고리즘을 실례와 함께 제안함. 실내 지도(a) 및 해당 실내 내비게이션 네트워크(b)를 보여줌. 7개의 방(R1-R7)과 복도에 1개의 관심지점(현금지급기, ATM) 및 중앙에 위치한 사각형 장애물/아트리움이 위치해 있음. 방들과 관심지점은 사람들의 원하는 목적지가 될 수 있으므로 네비게이션 네트워크에서 검은 점들로 표현되었음. 또한, 속이 빈 원으로 표시된 다른 23개 노드(N0-N22)는 다른 실내 주요 경로 위치로, 더미 노드로 정의됨. 예를들어, 한 사람이 R7에서 출발해서 ATM, R1, R2, R5를 방문한 후 되돌아오려는 최적의 경로를 계산할때, 기존 TSP는 일반적으로 30개의 노드를 모두 포함하기 때문에 최단 경로를 계산하지 못함. 이러한 경로는 위의 5개의 원하는 노드(R7, ATM, R1, R2, R5)들을 한 번에 포함하고 동근 원모양 같은 경로를 형성하는 하나의 최단 경로가 보행자가 필요로 하는 것이기 때문에 기존 TSP가 제안하는 경로는 실내 애플리케이션에 적합하지 않음. 따라서 본 연구는 기존의 TSP를 실내용으로 적용할 필요가 있다고 주장한여, Dijkstra 알고리즘[9]과 B&B(Branch and bound) 알고리즘[10,11]을 결합하여 ITSP 경로 계획에 대한 솔루션을 제안함.

- 세일즈맨 경로최적화(ITSP)의 적용을 통한 알고리즘 고도화

- 다음 시나리오로 가장 잘 설명될 수 있음. 실내에서 보행자가 관심있는 몇몇($n \in \mathbb{Z}^+$) 노드(방, 관심지점, 부대시설등)들을 방문할 계획이 있는 시나리오임. 경로에 따라, 다른 두 개의 노드($d(s_i, s_j)$)간의 도보거리는 같거나 다를 수 있음. 보행자가 실내의 한 지점에서 출발하여 원하는 노드들을 모두 방문한 후 동일한 지점으로 돌아올수 있도록, 전체적인 경로를 최단으로 만들기 위한 최적의 방문순서를 찾는 것임.

- ITSP의 수학적 모델은 다음과 같이 표현됨.
- 모든 실내 공간들은 노드로 다음의 식과 같이 표시됨:

$$S = \{s_1, s_2, s_3, \dots, s_n\} \quad (1)$$

- ITSP의 양방향 도보경로는 대칭적이기에[30], 두 노드 사이의 거리는 다음과 같이 표현될 수 있음:

$$d(s_i, s_j) = d(s_j, s_i) \in \mathbb{R}^+, 1 \leq i < j \leq n \quad (2)$$

where i and j mean the i th and j th of the indoor nodes.

- 목표는 전체적인 도보거리를 최소화하기 위해 원하는 모든 실내 노드를 방문하는 최적의 순서를 찾는 것임.

$$\min \left\{ \sum_{i=1}^{n-1} d(s_{k_i}, s_{k_{i+1}}) + d(s_{k_n}, s_{k_1}) \right\} \quad (3)$$

where s_{k_i} denotes the k_i 번째 indoor node.

- ITSP의 경로 찾기는 그래프로 모델링된 실내 항법 네트워크를 기반으로 $\text{함}(G_{\text{original}}(V, E))$. Poincaré 이중성이론[39]은 기반하여, 그래프에서 꼭짓점(V)은 실내 공간(s_i)에서 추출되고 모서리(E)는 공간 간의 관계에서 추상화됨. 하나의 노드를 출발 위치로 선택하고 다른 여러 노드를 지정된 중간 목적지로 선택한 후 각각의 모든 중간 목적지를 한 번씩 방문한 후 출발한 위치($s_{\text{departure}}$)로 돌아가는 최단 경로를 찾는 것이 목적임. 참고로, 출발위치를 제외한 다른 모든 노드는 중간목적지($s_{\text{intermediate}}$)에 포함될 수 있음. ITSP 경로 찾기 절차에는 다음 5단계가 포함함.

- 1단계 (중간 목적지(노드) 선택) : 출발 위치($s_{\text{departure}}$)와 중간 목적지($s_{\text{intermediate}}$)를 선택함. 수식과 함께 예를 들면, $s_{\text{departure}} = s_1$ 그리고 $s_{\text{intermediate}} = \{s_4, s_7, s_9\}$.
- 2단계 (선택한 두 노드 간에 경로들을 탐색) : 이 단계에서는 출발 위치와 지정된 중간 목적지들을 노드로 사용하여 Dijkstra를 기반으로 두 노드 간의 탐색 경로를 계산함. 탐색 경로의 길이는 두 노드 사이의 거리로 사용됨. 물론, 실제로는 에스케레이터와 같은 일방통행 복도로 인한 $d(s_i, s_j) \neq d(s_j, s_i)$ 와 같지 않을 수 있지만, 이 연구에서 지정된 두 노드간의 경로는 양방향 서로 대칭이 된다는 가정하에 $d(s_i, s_j) = d(s_j, s_i)$ 로 단순하게 설정했음. 모든 경우에 $d(s_i, s_i) = 0$ 임. 1단계에서 언급한 예를 이용하자면, 이 2단계에서 총 6개의 경로($s_1 \rightarrow s_4, s_1 \rightarrow s_7, s_1 \rightarrow s_9, s_4 \rightarrow s_7, s_4 \rightarrow s_9, s_7 \rightarrow s_9$)를 얻을 수 있음. 기호($\rightarrow$)는 두 노드 사이에 여러 중간 거점 노드들이 있을 수 있음을 의미 함. 노드들간의 경로거리를 수식으로 다음과 같이, $d(s_1, s_4) = d(s_4, s_1), d(s_1, s_7) = d(s_7, s_1), d(s_1, s_9) = d(s_9, s_1), d(s_4, s_7) = d(s_7, s_4), d(s_4, s_9) = d(s_9, s_4), d(s_7, s_9) = d(s_9, s_7)$ 표현됨.
- 3단계 (중간 목적지들의 그래프 설정) : 원하는 모든 중간 목적지의 그래프를 설정하는 것은 양방향 중간목적지간의 거리 테이블을 만들기 위해 지정된 두 노드마다의 이동 거리를 가중치로, 이 모든 곳을 노드로 취하는 것임. 1단계에서 언급한 예를 계속 이용하자면, 양방향 노드간의 거리 테이블은 다음의 표로 나타낼 수 있다.

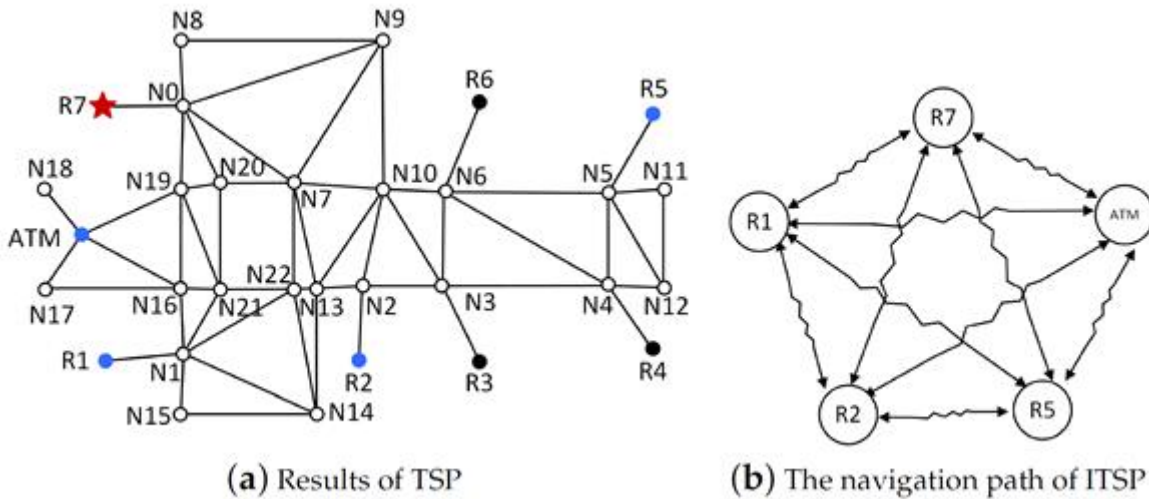
[목적지간 거리 테이블]

	s_1	s_4	s_7	s_9
s_1	0	$d(s_1, s_4)$	$d(s_1, s_7)$	$d(s_1, s_9)$
s_4	$d(s_4, s_1)$	0	$d(s_4, s_7)$	$d(s_4, s_9)$
s_7	$d(s_7, s_1)$	$d(s_7, s_4)$	0	$d(s_7, s_9)$
s_9	$d(s_9, s_1)$	$d(s_9, s_4)$	$d(s_9, s_7)$	0

- 4단계 (B&B 알고리즘을 기반으로 탐색 경로 선택 및 정렬) : B&B 알고리즘을 기반으로 표1를 참고하여 출발지점과 중간 목적지들의 방문 순서를 정할 수 있음. 그런 다음 방문 순서를 사용하여 탐색 경로를 선택하고 정렬함. 예를 들어, 방문 순서가 $\langle s_1, s_7, s_9, s_4, s_1 \rangle$ 라면, 탐색 경로는 $s_1 \rightarrow s_7, s_7 \rightarrow s_9, s_9 \rightarrow s_4, \text{ 및 } s_4 \rightarrow s_1$ 로 선택되고 정렬됨.
- 5단계 (Dijkstra의 탐색 결과를 ITSP 경로로 결합) : 마지막 단계는 탐색 결과를 ITSP 경로로 결합하는 것임. 위의 언급된 탐색경로($s_1 \rightarrow s_7 \rightarrow s_9 \rightarrow s_4 \rightarrow s_1$)를 예로 들어, 최종 탐색경로는 $s_1 \rightarrow \dots \rightarrow s_7 \rightarrow \dots \rightarrow s_9 \rightarrow \dots \rightarrow s_4 \rightarrow \dots \rightarrow s_1$ 임. 기호($\rightarrow$)는 두 노드 사이에 다른 탐색 노드가 없음을 의미함.

● 알고리즘 적용의 예

- 실내에서의 다수의 목적지를 방문하는 시나리오를 통한, ITSP 경로 찾기 절차를 현 섹션에서 그림과 표를 이용하여 실증함. 본 연구에서 보여주는 시나리오의 내비게이션 네트워크로 표현됨. 첫 번째 단계에서 출발 위치로 방(R7)을 선택하고 지정된 중간 목적지는 'R1', 'R2', 'R5' 및 'ATM'임. 즉, sdeparture = 'R7'(빨간색 별로 표시) 및 중간목적지 ={'R1', 'R2', 'R5', 'ATM'}(파란색 점으로 표시)의 수식으로 표현됨.



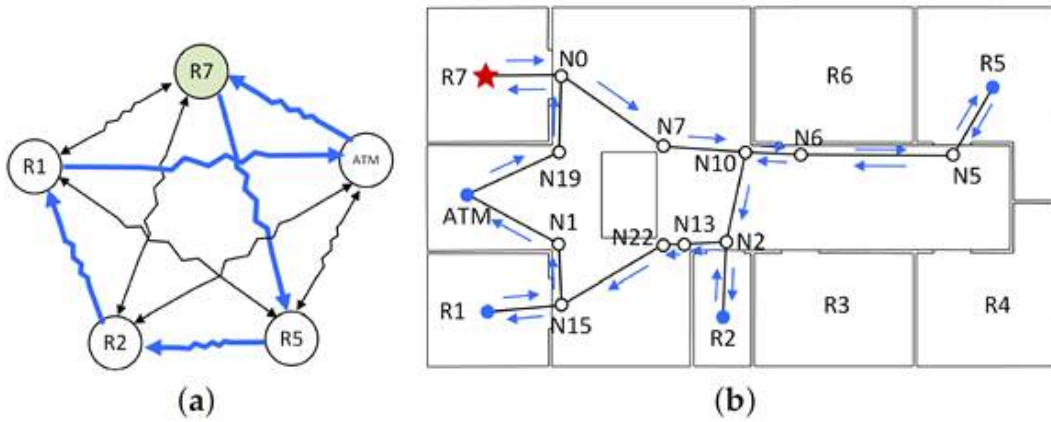
[실내경로 시나리오의 내비게이션 네트워크 및 목적지들의 이동 가능한 양방향 그래프]

- 두 번째 단계를 따르면 원하는 다른 두 목적지 간의 모든 탐색 경로는 Dijkstra를 기반으로 파악 할 수 있음. 각 노드 쌍을 임시 출발 및 목적지로 사용하여 모든 탐색 경로와 이동 거리를 표에 나타냄. 표의 정보를 바탕으로, 중간 목적지간의 양방향 거리를 테이블 및 그래프를 나타낼 수 있음.

[두 목적지간의 세부 경로 및 거리]

Start	End	Path	Distance
R7	R1	R7 → N0 → N19 → N16 → N1 → R1	12.19
R7	R2	R7 → N0 → N7 → N13 → N2 → R2	13.24
R7	R5	R7 → N0 → N7 → N10 → N6 → N5 → R5	18.43
R7	ATM	R7 → N0 → N19 → ATM	8.19
R1	R2	R1 → N1 → N22 → N13 → N2 → R2	10.45
R1	R5	R1 → N1 → N22 → N13 → N10 → N6 → N5 → R5	19.81
R1	ATM	R1 → N1 → N16 → ATM	7.70
R2	R5	R2 → N2 → N10 → N6 → N5 → R5	14.50
R2	ATM	R2 → N2 → N13 → N22 → N21 → N16 → ATM	11.04
R5	ATM	R5 → N5 → N6 → N10 → N7 → N20 → N19 → ATM	18.73

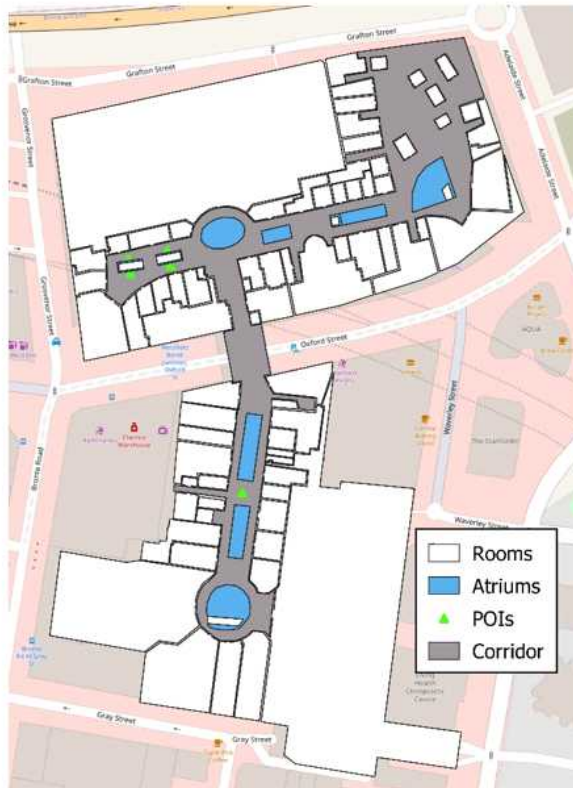
- B&B 알고리즘을 기반한, 표3의 수치들을 바탕으로 최적의 노드 순서< 'R7' , 'R5' , 'R2' , 'R1' , 'ATM' , 'R7' >를 파악할 수 있음. 즉, 출발이 'R7'이고 이동 중 지정된 중간 목적지가 'R1', 'R2', 'R5', 'ATM'인 경우 정렬된 탐색 경로는 R7 → R5 → R2 → R1 → ATM → R7로 그림 3에 자세히 표현됨.
- 마지막 단계는 Dijkstra의 결과를 ITSP 경로로 정렬된 경로에 결합하는 것임. 앞서 예로든 시나리오의 최적경로는 R7 → N0 → N7 → N10 → N6 → N5 → R5 → N5 → N6 → N10 → N2 → R2 → N2 → N13 → N22 → N1 → R1 → N1 → N16 → ATM → N19 → N0 → R7 (그림 3 참고)이며, 이 경로의 총 거리비용은 59.27로 계산됨.



[TSP의 결과와 ITSP의 최적 탐색 경로]

● 네비게이션 네트워크 구현

- 본 연구에서 개발한 ITSP 경로 찾기 알고리즘을 세계화 진출을 목표로 호주 시드니에서 가장 큰 쇼핑 센터 중 하나를 채택하여 모델링함. 이 구현에는 Quantum GIS (QGIS) 와 Rhinoceros(Grasshopper 포함)의 두 가지 소프트웨어가 사용됨. 전체 프로세스에서 QGIS는 실내 네비게이션 관련요소(예, 도로경로 및 좌표)들을 포함하여 실내 지도를 편집하는 데 사용됨.
- Rhinoceros(with Grasshopper)는 ITSP 경로 계획의 전체 절차를 처리하는 데 사용되며 전체 데이터 프로세스는 Python 스크립트로 개발됨. 본 연구에서는 평면도를 방, 복도, atrium 및 관심지점(아래 그림 참조)을 포함한 4개의 shapefile 레이어로 편집함. 여기서 관심지점들을 제외한 다른 모든 공간은 다각형임. 상점, 화장실, 에스컬레이터, 계단 및 승강기는 'Rooms' 라는 레이어에 포함되고 ATM 및 벤치는 'POI' 레이어에서 편집됨. atrium과 복도는 'Atrium' 과 'Corridor' 라는 두 개의 분리된 레이어에서 각각 편집됨. 각 레이어의 요소에는 {ID, name, category}의 세 가지 속성이 있습니다. ID는 각 요소의 id를 기록하고 name은 요소의 의미를 나타내며(예: "Coles", "EscalatorL5_L4", "ToiletA_L5", "ATM_A_L5"), category는 추가 정보를 포함함. 예를 들어, "Kidstuff"라는 상점의 category는 "도서, 문구 및 선물, 엔터테인먼트 및 활동, 스포츠 용품 상점, 장난감 및 취미 상점"과 같은 추가정보가 포함될 수 있음.

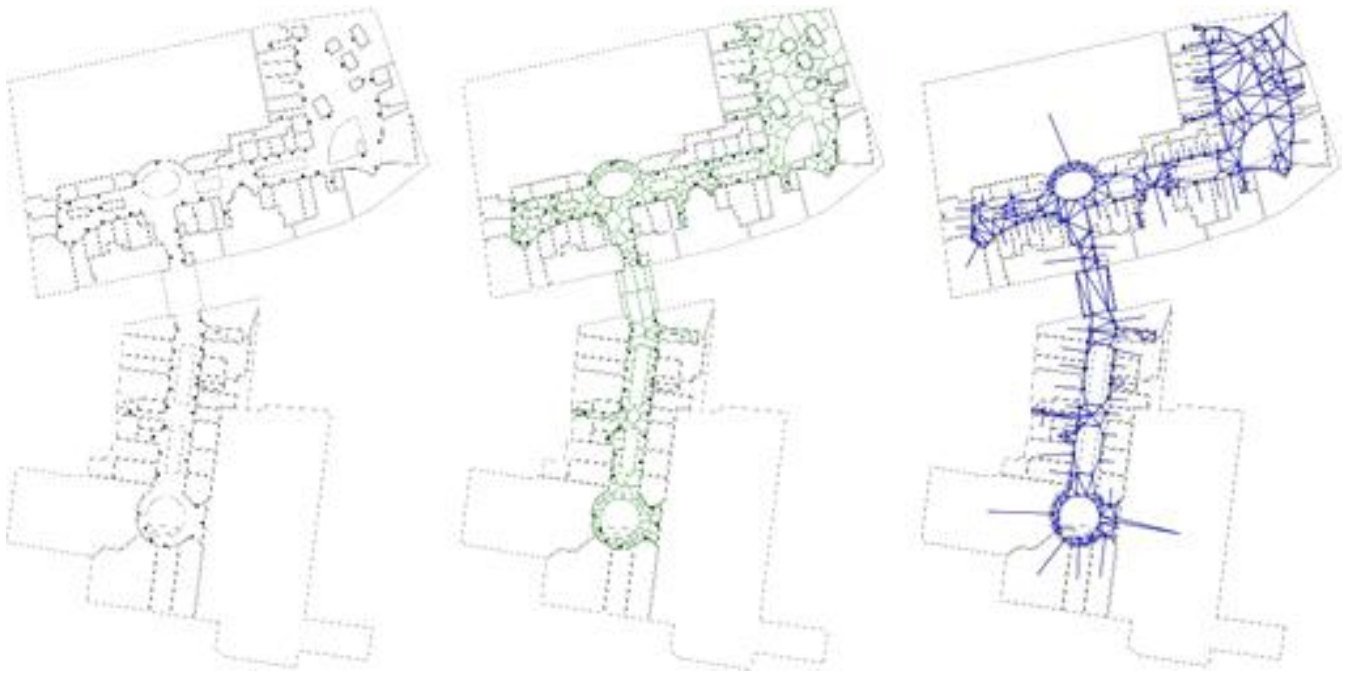


(a)

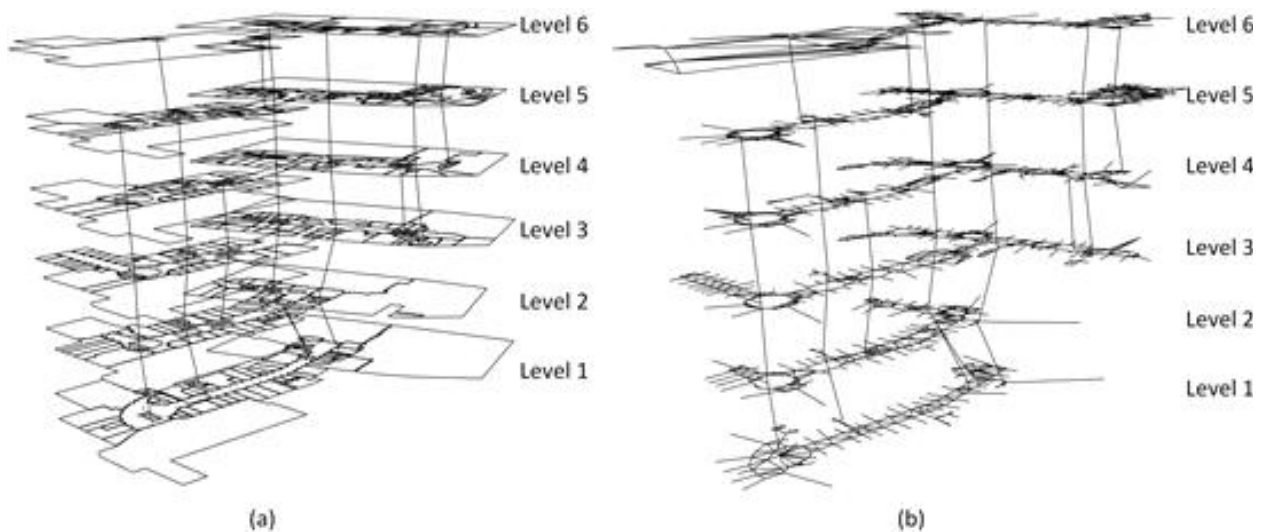
id	name	category
26	Kidstuff	books, stationery and gifts, Entertainment and activities, Sporting goods stores, Toys and hobbies stores
27	Shoes & Sox	Clothing and accessories
28	Stokke	Baby and nursery
29	Ripe Maternity	Clothing and accessories
30	The Trybe	Clothing and accessories
31	Bonds Kids	Clothing and accessories
32	Body Catalyst	Beauty and wellness
33	Eckersley's Art & Craft	Art
34	El Topo	Food and drink
35	Pearl Nails	Beauty and wellness
36	Seed Kids	Books, stationery and gifts
37	Purebaby	Baby and nursery, Clothing and accessories
38	Cotton on Kids	Clothing and accessories
39	Target	Baby and nursery, Toys and hobbies stores, Beauty and wellness,...
40	Joh Bailey	Beauty and wellness
41	The Cancer Council	Beauty and wellness
42	Karl Lane	Childcare, Community services, Professional services stores
43	Jacobson's Jewellery	Clothing and accessories

(b)

[데스트베드의 쇼핑몰 평면도]



[QR 코드 평면도(왼쪽), 녹색 선으로 표현된 공간 세분화(중간), 파란 선으로 표현된 내비게이션 네트워크의 가장자리(오른쪽)]



[(a) 쇼핑물의 모든층 평면도 및 층간 연결로(승강기/에스컬레이터/계단) (b) 파생된 내비게이션 네트워크]

● ITSP 경로 찾기

- 쇼핑물의 두 가지 탐색 사례를 활용하여 ITSP 경로 찾기를 시뮬레이션 함.
- 첫 번째 사례는 5층에서 아이들을 위한 몇 가지 물건을 검색할 계획인 보행자를 위한 경로 찾기 사례임. 보행자의 현재 위치('LiftC_L5' 또는 'EscalatorB_L5')에서 아동 및 유아용품을 판매하는 모든 상점을 방문하고 원래 위치로 돌아갈 수 있는 최단 경로를 찾고 싶어함. 특정한 출발지로 부터 유아용 또는 아동용 제품이 있는 상점을 중간목적지로 하는 ITSP 경로찾기 사례임.
- 우선, 유아용/아동용 제품이 있는 매장을 원하는 목적지로 상점 검색함. 상점의 이름이나 카테고리 가 어린이나 아기를 위한 상품을 판매한다는 단서를 제공할 수 있다는 점을 고려하여 QGIS의 Query Builder에서 필터링 프로세스를 수행함.
- 현재 사례를 위한 표현식은 "name" LIKE '%baby%' or " name " LIKE '%kid%' or "category" LIKE '%Baby%' or "category" LIKE '%kid%'로 설정할 수 있음.
- 12개의 상점이 필터 검색 결과로 나타남으로, 원하는 목적지는 12개의 상점이 됨. 한편, 보행자는 LiftC_L5 및 EscalatorB_L5에서 시작한다고 가정됨



[출발 및 중간 목적지(유아용 또는 아동용 제품을 판매하는 상점)]

- 12개의 원하는 목적지와 네비게이션 네트워크가 있으면 (i) Dijkstra 알고리즘을 기반으로 두 목적지 사이의 네비게이션 경로를 계산하고 (ii) 목적지 그래프를 설정하는 두 가지 절차가 자동으로 수행될 수 있음.
- 다음으로, 목적지간 양방향 거리 테이블을 입력으로 B&B 알고리즘을 기반으로 출발 순서와 지정된 중간 장소를 파악할 수 있음

[유아용 또는 아동용 제품을 판매하는 12개의 상점정보]

Id	Name	Category
L5_6	Sheriden	Baby and nursery, Clothing and accessories, Home
L5_16	Adairs	Baby and nursery, Home
L5_21	Bed Bath N' Table	Clothing and accessories, Baby and nursery, Home
L5_22	Priceline	Baby and nursery, Discount and variety, Health and fitness
L5_25	Adairs Kids	Clothing and accessories, Home, Toys and hobbies stores
L5_26	Kidstuff	Books, stationary and gifts, Entertainment and activities, Sporting goods stores, Toys and hobbies stores
L5_28	Stokke	Baby and nursery
L5_31	Bonds Kids	Clothing and accessories
L5_36	Seed Kids	Books, stationary and gifts
L5_37	Purebaby	Baby and nursery, Clothing and accessories
L5_38	Cotton on Kids	Clothing and accessories
L5_39	Target	Baby and nursery, Toys and hobbies stores

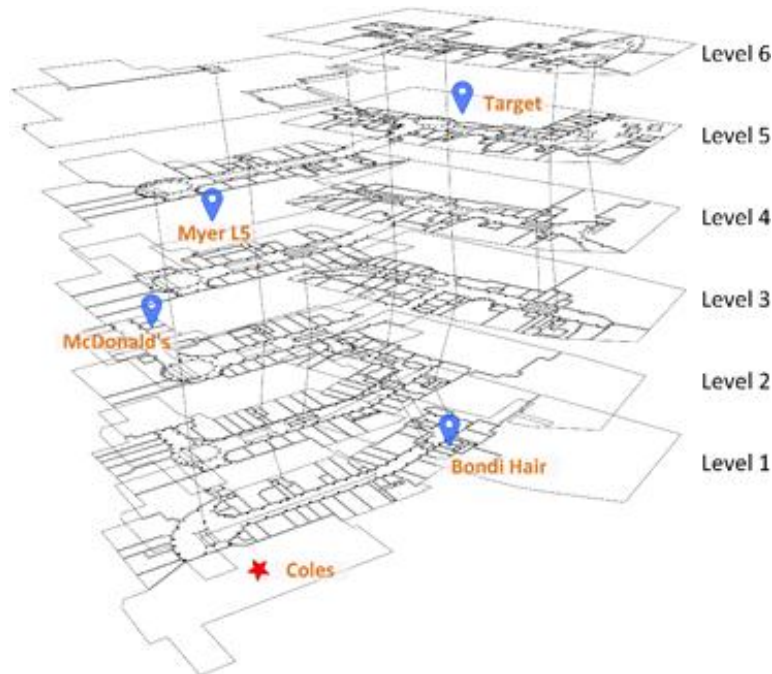
[두개의 출발 위치에 대한 각 TSP 경로 결과]

Departure	TSP Results
LiftC_L5	LiftC_L5 ~ Seed Kids ~ Target ~ Kidstuff ~ Adairs Kids ~ Stokke ~ Bonds Kids ~ Priceline ~ Bed Bath N' Table ~ Sheriden ~ Adairs ~ Purebaby ~ Cotton on Kids ~ LiftC_L5
EscalatorB_L5	EscalatorB_L5 ~ Sheriden ~ Adairs ~ Seed Kids ~ Purebaby ~ Cotton on Kids ~ Target ~ Kidstuff ~ Adairs Kids ~ Stokke ~ Bonds Kids ~ Priceline ~ Bed Bath N' Table ~ EscalatorB_L5



[유아용/아동용 제품 매장 방문을 위한 ITSP 경로 찾기 테스트: 출발 위치(빨간색)와 어린이/유아용 제품 매장(파란색)위치 및 네비게이션 경로(파란색 실선) (a) 'LiftC_L5' 출발지점 (b) 'EscalatorB_L5' 출발지점]

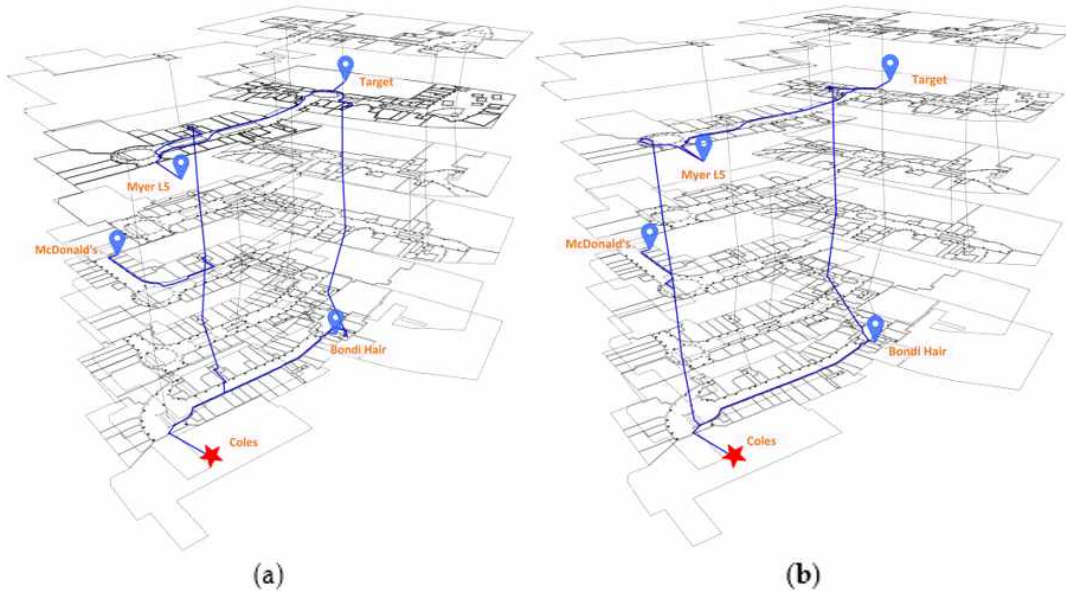
- 마지막 단계는 결과를 네비게이션 경로로 결합하는 과정임. 'LiftC_L5'에서 시작하는 경로의 길이는 1002.41m이고 'EscalatorB_L5'에서 경로의 길이는 1050.34m으로 측정됨.
- 이 두 가지 실내 네비게이션 경로는 보행자가 엘리베이터나 계단에서 나와 유아용 또는 아동용 제품이 있는 매장에서 쇼핑을 하는 과정을 실제로 최단거리는 안내하여 시뮬레이션한 것임. 따라서, 본 연구에서 개발된 ITSP 경로 찾기는 이러한 큰 쇼핑몰에서 목적을 갖고 보행하는 사람들에게 유용할 것이라고 생각함.



[다양한 층에 위치한 출발장소 및 중간목적지]

- 경로 계획에서 층간 이동 경로에 대한 조건을 추가했음. 즉, 승강기만 또는 모든 경로(계단, 승강기, 에스컬레이터)의 두가지조건으로 이동하는 경로 찾기를 실시함. 제시된 접근 방식에 의해 계산된 네비게이션 경로는 그림 10에서 볼 수 있으며, 두 탐색 경로에서 방문할 상점의 순서는 "Coles" → ... → "Bondi Hair" → ... → "Target" → ... → "Myer L5" → ... → "McDonald's" → ... → "Coles"로 일치함. 그러나, 두 경로의 이동 거리는 리프트만 사용하는 경우 1202.06m이고 모든 유형의 경로가 가능하다면 955.41m로 서로 다르게 계산됨.

- 두 가지 탐색 경로 결과는 제시된 접근 방식을 기반으로 한 다층 ITSP 경로 찾기가 현실적으로 실현 가능함을 보여줌. 같은 층 뿐만 아니라 다른 층에 분산되어 있는 목적지들의 경로 찾기는 많은 쇼핑객이 필요로 함. 특히, 한 층에서 다른 층으로 이동하기 위해 사람들이 사용하는 방법(계단, 리프트 또는 에스컬레이터)을 제한적으로 선택할 수 있는 ITSP 경로 찾기는 노약자나 임산부에게 유용할 것임 .



[다양한 층에 위치한 목적지 방문을 위한 ITSP 경로 찾기 테스트: 출발 위치(빨간색) 및 목적지 위치(파란색). (a) 층간이동시 리프트만 사용 (b) 계단, 에스컬레이터 및 리프트 모두 사용가능]

■ 세계시장 진출을 위한 알고리즘 고도화 방향

● 네비게이션 경로의 성능

- 네비게이션 경로는 보행자가 쇼핑 계획을 세우는 데 도움이 될 수 있지만 각 매장에서 보행자의 계산할 수 없는 도보 거리와 체류 시간으로 인해 전체 여정의 예상 이동 시간에 편차가 있을 수 있음. 또한 원하는 두 목적지 사이의 최적 경로를 결정할 때 고려되는 유일한 요소로 거리가 사용됨. 거리 외에도 보행자 수, 혼잡도, 도로의 교통 체증과 같은 중요할 수 있는 다른 요소가 있을 수 있지만, 이 연구에서는 이러한 요소를 고려하지 않았음. 또한, 네비게이션 경로는 약간 각이 져 있어 정확한 최적의 경로를 계산하지 못 할 수 도 있음. 물론, 이는 네비게이션 네트워크를 기반으로 경로 찾기에서 일반적인 지만, 굴절을 피하기 위해 탐색 경로를 더욱 세분화해야 할 필요가 있다.

● 원하는 목적지 선택

- 이론적으로 본 연구에서 제안된 접근 방식은 원하는 목적지의 수에 관계없이 ITSP에 대한 탐색 경로를 계산할 수 있음. 그러나 원하는 목적지가 더 많고 탐색 네트워크가 복잡할수록 네비게이션 경로를 탐색하는 데 긴 처리 시간이 필요함. 따라서 Dijkstra[43] 및 B&B 알고리즘[11]의 성능을 향상시키거나, 다른 더 나은 알고리즘을 사용하는 것이 필요함. 혹은, 목적지 선택에 대한 몇 가지 규칙을 설정하여 원하는 모든 목적지의 순위를 매기고 경로 계획에서 상위 5개를 선택하도록 설정하는 것과 같은 기능을 설정하여 처리속도를 향상시킬 수 있음.

● 네비게이션은 3차원 공간을 기반으로 수행되어야 함[2,40,44].

- 본 연구에서 진행된 네비게이션은 2D 평면도를 기반으로 구현됨. 따라서 층의 수직 정보가 데이터 소스에서 누락되었음. 쇼핑센터와 같은 실내에서의 경우에는 그럴 가능성이 거의 없지만 일부 실내 공간은 높이 제한이 낮아 위험 구역이 있을 수 있음. 따라서 평면도를 3D 및 가능한 위험 지역으로 확장하는 것은 높이 제한이 있는 장소에 유용할 것임[2].

● 다른 네비게이션 경로 찾기 알고리즘들과의 조합

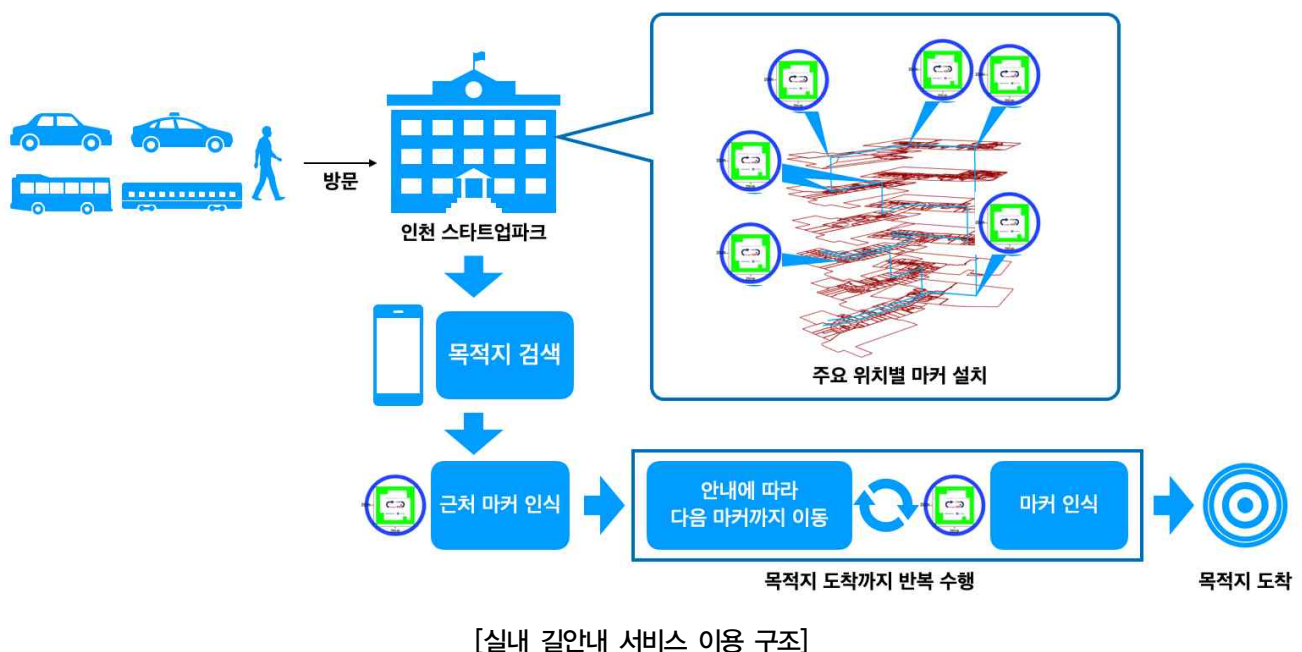
- 본 연구는 Dijkstra와 B&B 알고리즘을 결합하여 ITSP 경로 찾기가 가능하다는 솔루션을 제시함. 이 조합은 하나의 선택적 옵션일 뿐이므로, 다른 알고리즘들을 사용하는 것도 동일한 혹은 더 나은 효과를 얻을 수 있는지 조사가 필요함. A*[45] 또는 Ant Colony는 Dijkstra를 대체하여 시도 할 수 있을 것이며, stochastic 알고리즘[46], approximation 알고리즘[47,48], 다른 heuristics 알고리즘[49,50], 또는 brute force 알고리즘은 B&B 알고리즘을 대체하여 시도할 수 있을 것임

라. 시범사업 및 평가

1) 시범사업 개요

■ 시나리오

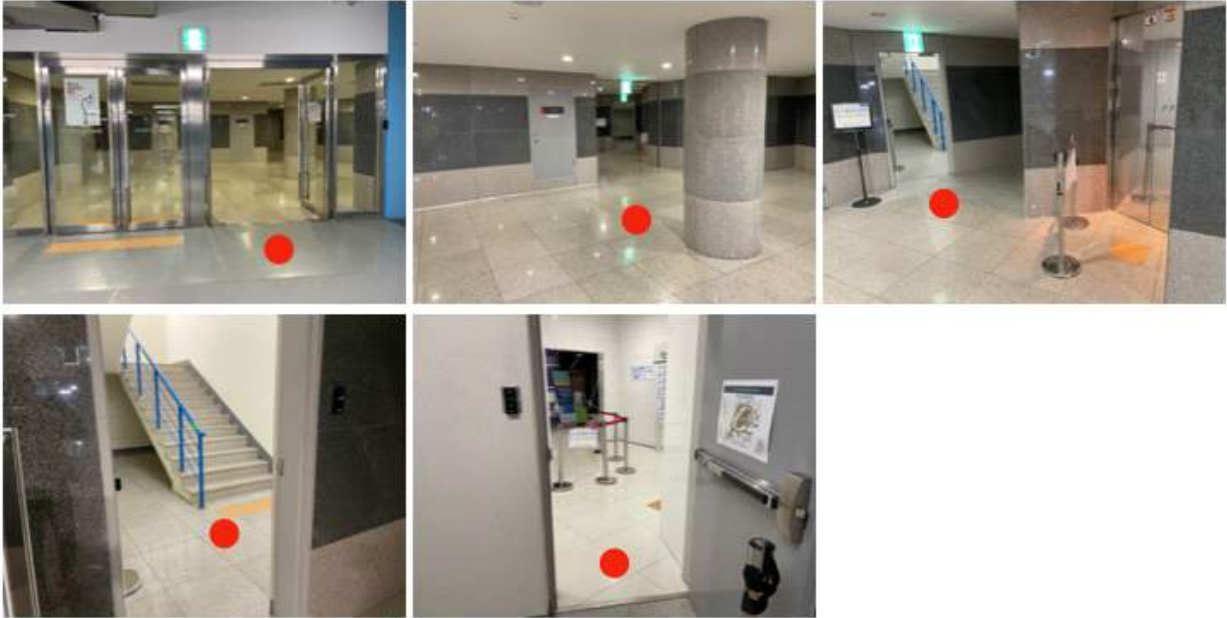
- 외부(인천공항 등)에서 인천스타트업파크(각 사무실)까지의 길안내 서비스 시범설치를 통하여 각 서비스 사용자 대상으로 설문조사를 실시하고, 이를 평가하고자 다음과 같은 실증 시나리오를 수립하였음
- 실증 개요
 - 장소 : 인천 청라 인천스타트업파크
 - 기간 : 2021년 9월 13일 ~ 2021년 12월 10일
- 실증계획
 - 인천 스타트업파크 이용객 대상 실내 길안내 서비스 제공
 - 실증 대상 서비스를 통한 실내 길안내 서비스 제공
 - 스타트업파크 진입 지점에 서비스 안내 배너 설치
 - QR 경로 제공을 통한 서비스 설치 및 이용 방법 안내
 - 스타트업파크 행사 연계 길안내 체험
 - 인천 스타트업파크 실내 정보 구축
 - 각 층별 평면 안내지도 및 시설(사무실, 상가, 공공시설 등) 정보 구축
 - 각 층별 계단, 엘리베이터 등 층간 이동 위치 정보 구축
 - 인천 스타트업파크내 마커 설치
 - 시설별 진출입 위치, 계단, 엘리베이터 출입구 마커 설치
 - 층별 갈림길, 시설별 마커의 중간 위치에 마커 설치
 - 길안내 서비스내 마커 위치 정보 등록



2) 실내공간 보행자 내비게이션 실증을 위한 자동화 DB 구축

■ 주차장 마커 배치를 위한 건물 구조 확인 및 배치 예상

- 주차장-인스타 출입구, 계단 연결을 위한 마커 위치 예상도



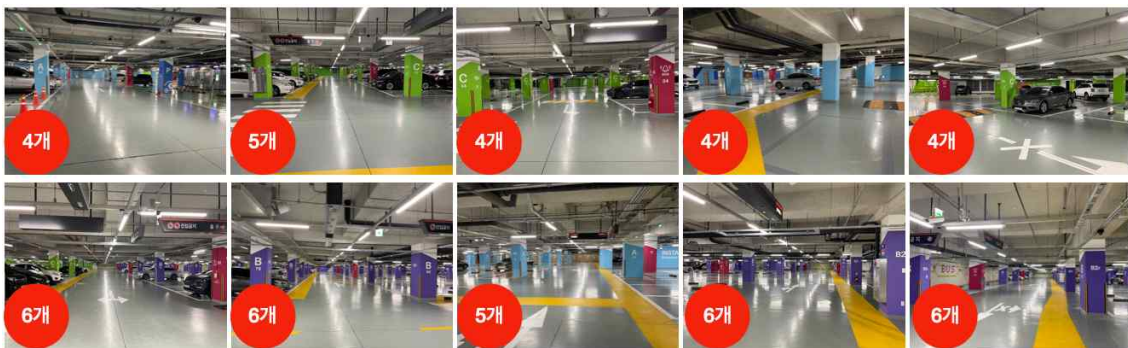
[주차장-인스타 출입구, 계단 연결 예상 배치도]

- 주차장-인스타 출입구, 엘리베이터 연결을 위한 마커 위치 예상도



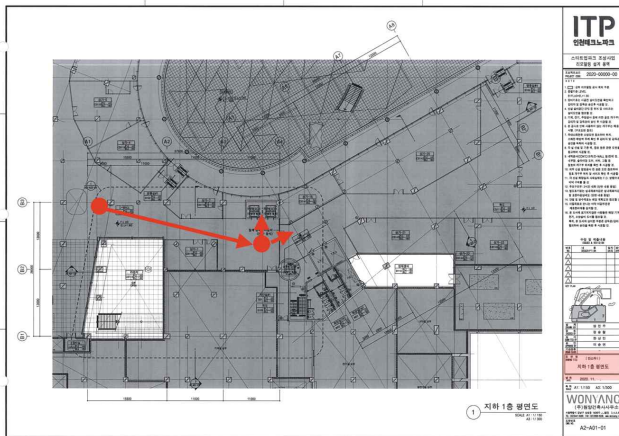
[주차장-인스타 Ⅱ 출입구, 엘리베이터 연결 예상 배치도]

- 주차장 주요 지점별 마커 배치 예상도

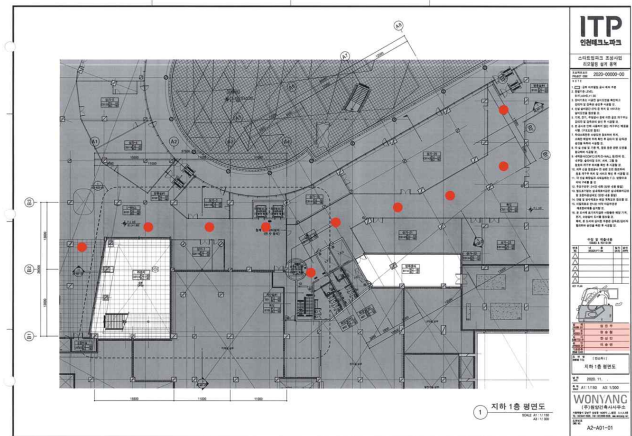


[주차장 주요 지점별 배치 예상도]

- 인스타 마커 배치를 위한 건물 구조 확인 및 배치 예상
- 인스타 지하1층 마커 배치 예상도

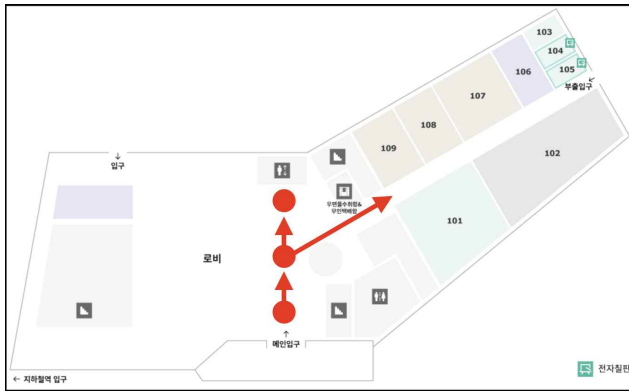


[지하 1층내 주요 이동 방향 분석]

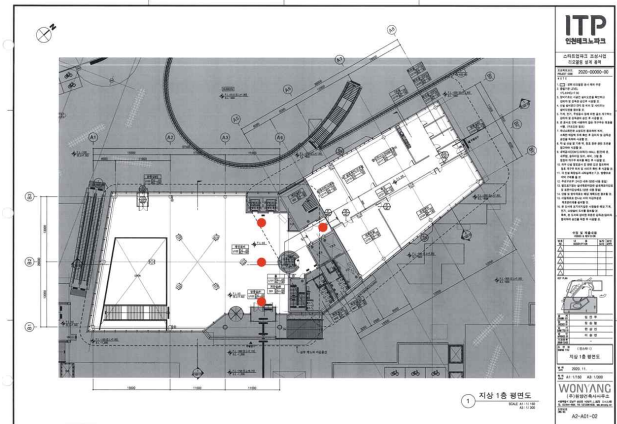


[지하철 입구 앞, 엘리베이터, 주요 이동 지점간 마커 위치]

- 인스타 1층 로비 마커 배치 예상도

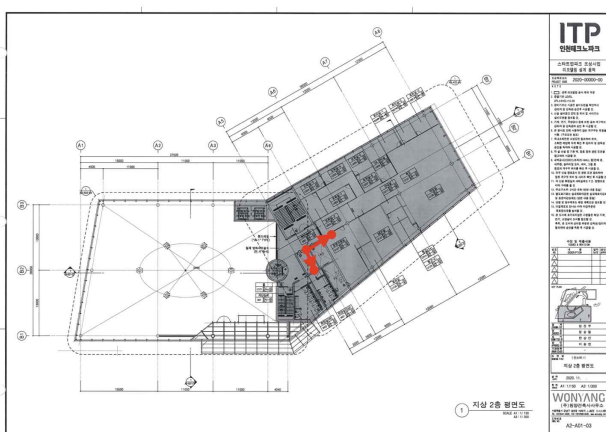


[인스타 1층 로비내 주요 이동 방향 분석]

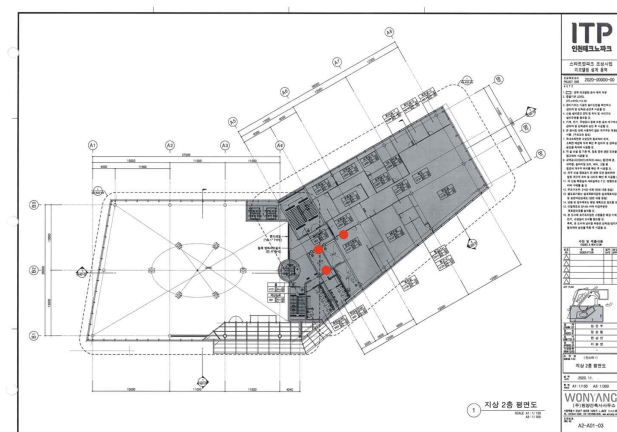


[인스타 1층 주요 이동 지점간 마커 위치]

- 인스타 2층 마커 배치 예상도

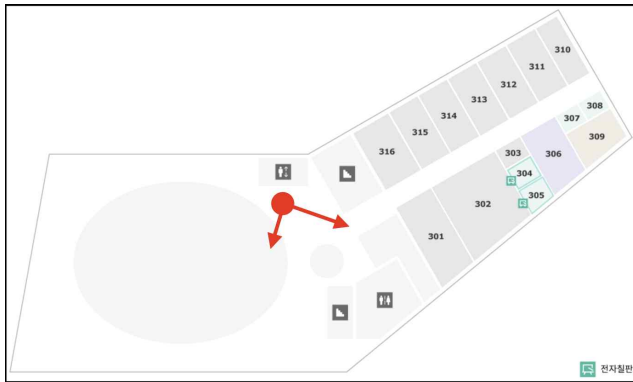


[인스타 2층 주요 이동방향 분석]

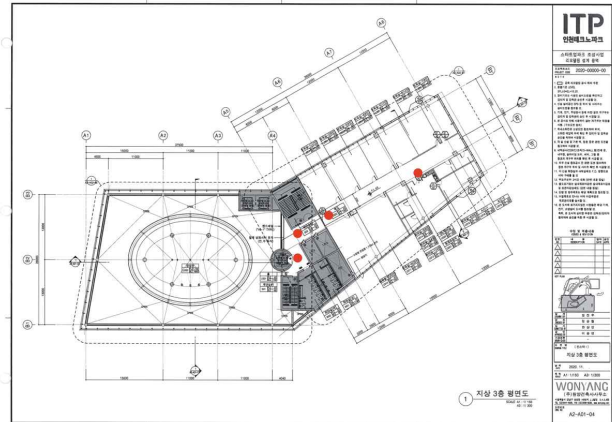


[인스타 2층 주요 이동 지점간 마커 위치]

－ 인스타 3층 로비 마커 배치 예상도



[인스타 3층 주요 이동방향 분석]

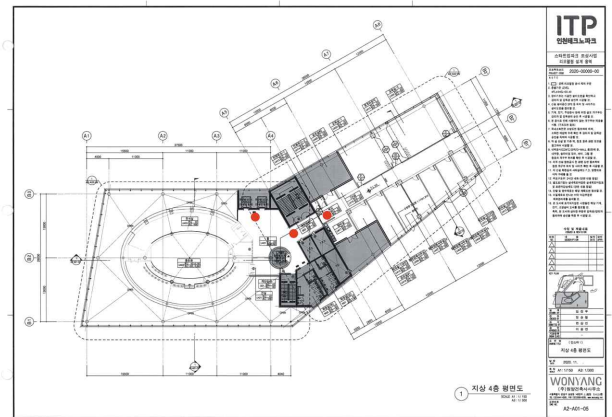


[인스타 3층 주요 이동 지점간 마커 위치]

－ 인스타 4층 마커 배치 예상도

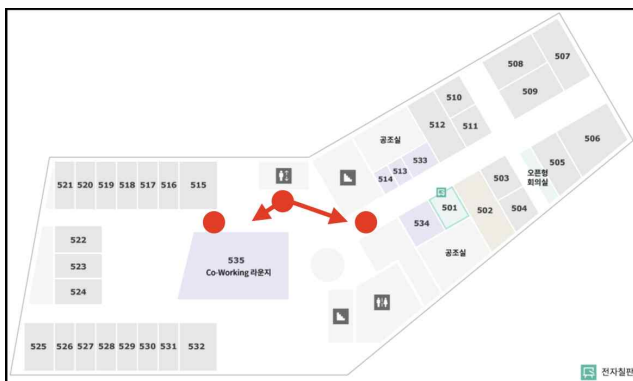


[인스타 4층 주요 이동방향 분석]

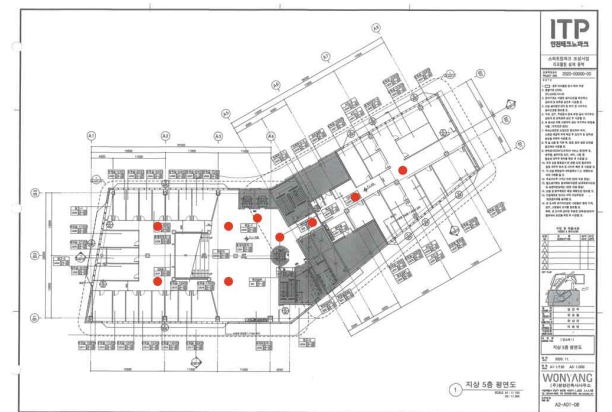


[인스타 4층 주요 이동 지점간 마커 위치]

－ 인스타 5층 마커 배치 예상도

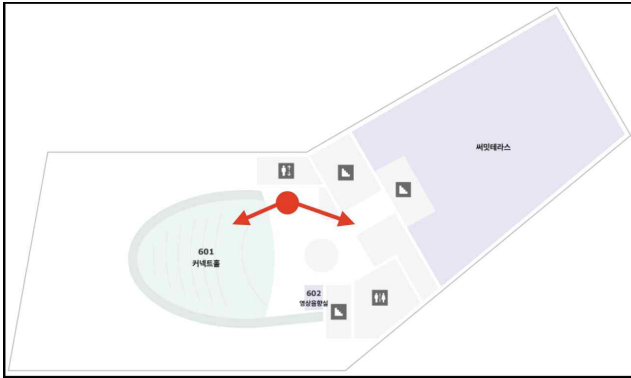


[인스타 5층 주요 이동방향 분석]

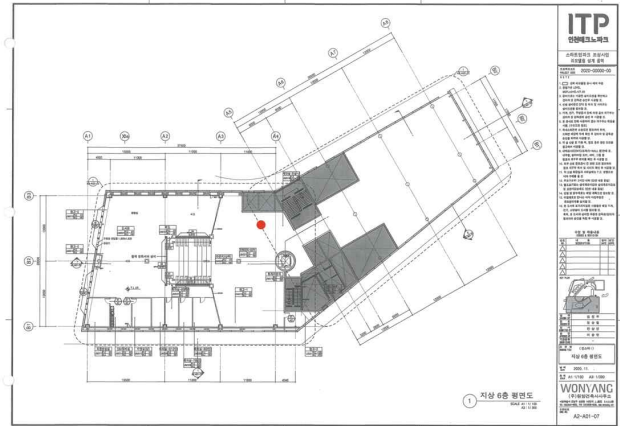


[인스타 5층 주요 이동 지점간 마커 위치]

- 인스타 6층 로비 마커 배치 예상도

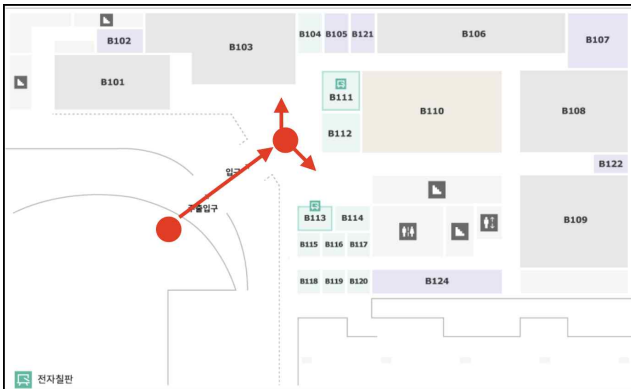


[인스타 6층 주요 이동방향 분석]

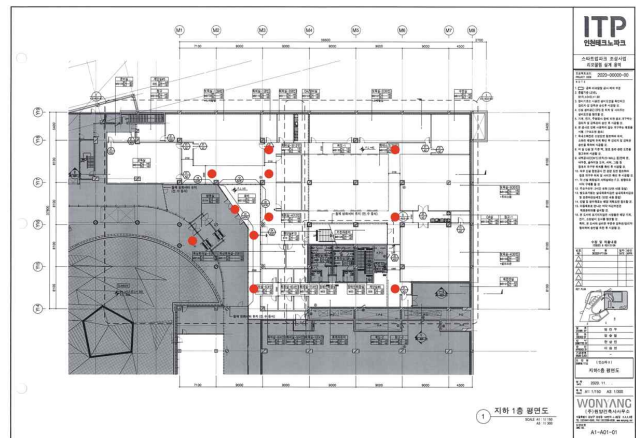


[인스타 6층 주요 이동 지점간 마커 위치]

- 도인스타 마커 배치를 위한 건물 구조 확인 및 배치 예상 (지하1층)



[인스타 지하1층 주요 이동방향 분석]

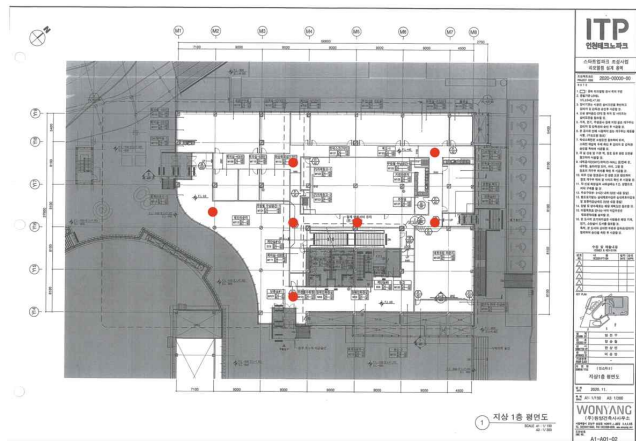


[인스타 지하1층 주요 이동 지점간 마커 위치]

- 도인스타 마커 배치를 위한 건물 구조 확인 및 배치 예상 (1층)



[인스타 1층 주요 이동방향 분석]

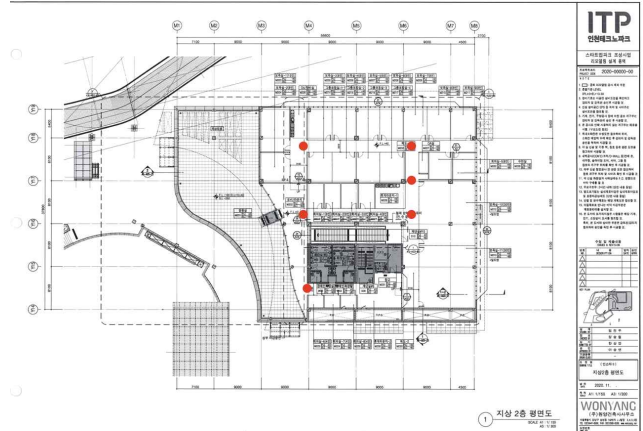


[인스타 1층 주요 이동 지점간 마커 위치]

- 도인스테 마커 배치를 위한 건물 구조 확인 및 배치 예상 (2층)



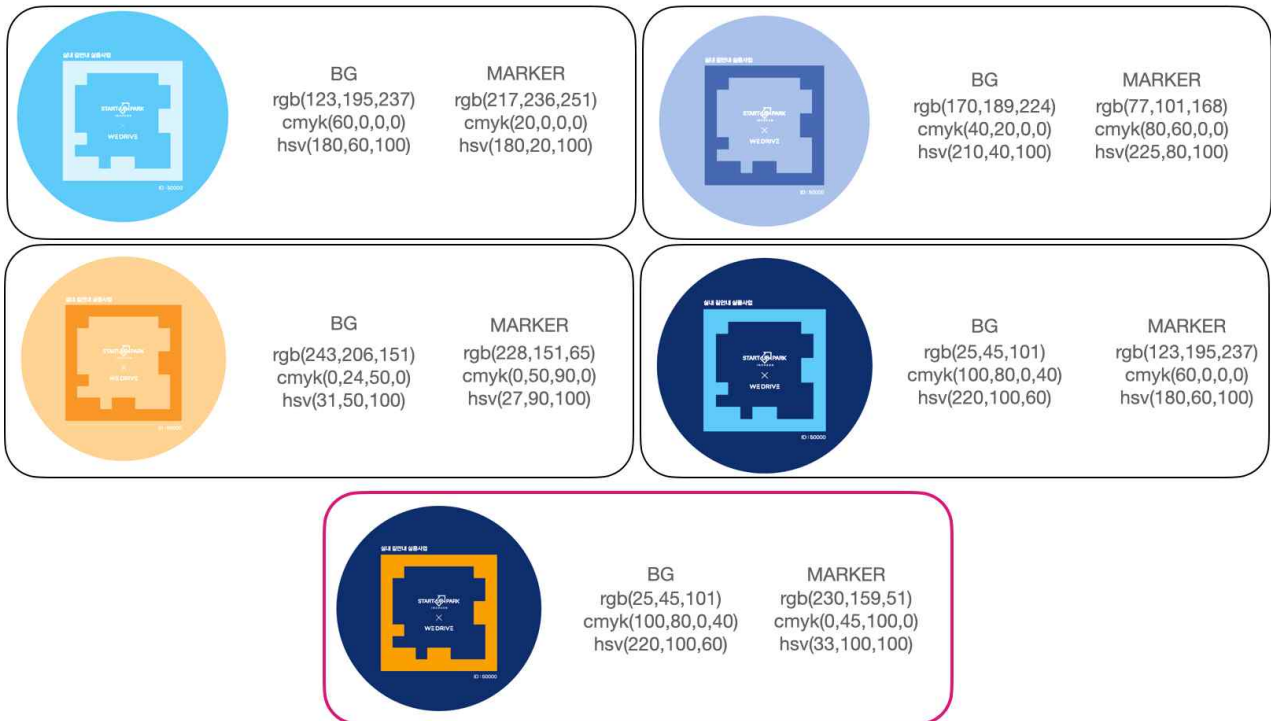
[인스테 2층 주요 이동방향 분석]



[인스테 2층 주요 이동 지점간 마커 위치]

마커 디자인 수정

- 심미성을 고려하여 마커의 정보 요소를 추가로 포함하는 방안 검토
- 마커 배치를 위한 컬러 테스트
- 실제 건물 상황에서 인식률이 높고 건물 분위기와 어울릴 수 있는 마커 색상 선별을 위한 테스트 진행
- 사무실, 층별 엘리베이터 앞, 주차장, 1층 홀 등 바닥 소재가 다른 주요 지점내 마커 배치 후 테스트 진행
- 테스트 마커 색상
- 배경 색상, 마커 색상을 각각 다르게 조합하여 남색 계열 배경에 주황색 계열 마커로 선정



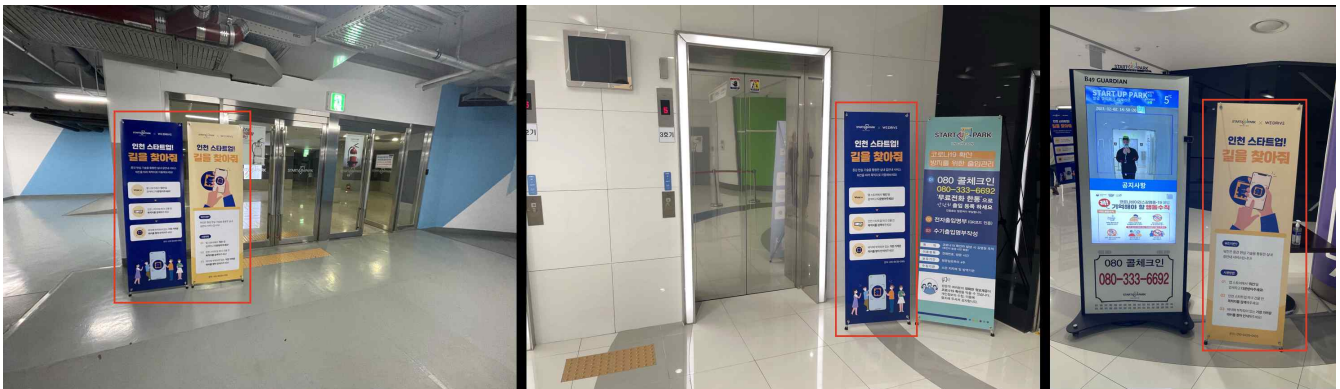
[마커-배경 색상 테스트 조합 이미지]

- 실증을 위한 Marker 인프라 배치 및 앱 접근성 홍보 개요
 - 안내 배너 : 4개소
 - 마커 300 매



[배너 및 마커 인쇄 결과물]

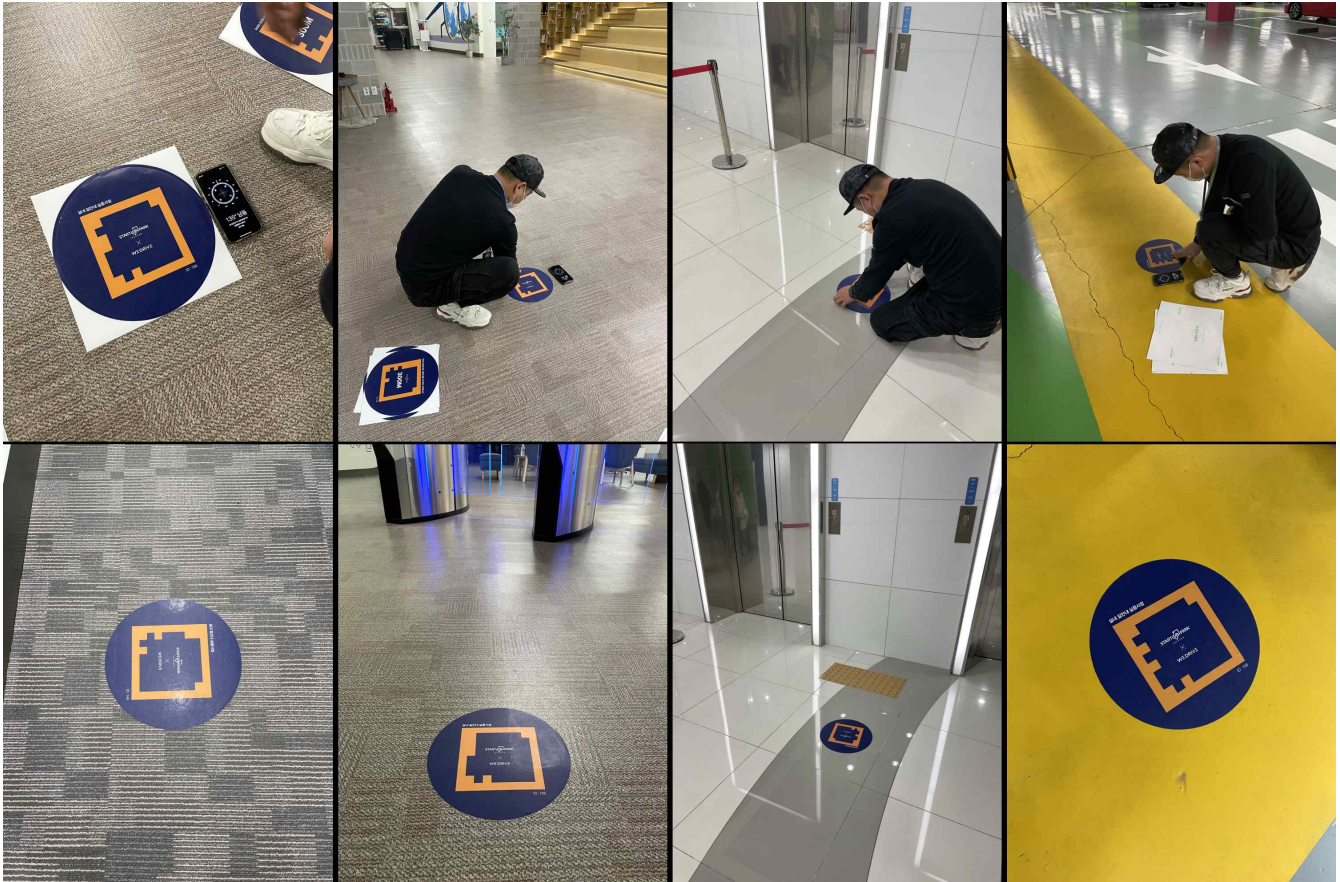
- 배너 배치
 - 주차장 출입구, 1층 로비 등 최초 건물 진입 지점에 배너 배치



[배너 배치 결과]

● 마커 배치

- 배치 일정 : 2021년 10월 7일 ~ 2021년 10월 8일
- 엘리베이터 앞, 계단 출입구, 1층 로비, 주차장 등 주요 이동 통로에 마커 배치 완료



[마커 배치 작업 및 배치 결과]

● 실증 진행

- 서비스 사용 안내영상 제작



행사안내확인 목적지 설정 → 스타트업파크 입구 → 안내 마커 발견! → 화살표따라 이동 → 화살표따라 이동 → 행사장 도착!

[실내 길안내 서비스 이용 예시]

● 실내 길안내 서비스 제공

- 실증 서비스 운영 기간 : 2021년 10월 12일 ~ 2021년 12월 17일

3) 시범사업 시행 및 평가

- 실내 내비게이션 활용도 확인을 위한 설문조사 실시
- 설문조사 인원 일반 정보, 보행중 내비게이션 어플 사용 유무 설문
- 선호 내비게이션 및 실내에서 기존 내비게이션 이용 불편사항 설문
- 실내 내비게이션 사용 동영상을 통해 이용 편의성 설문

←

실내 길안내 서비스 설문조사

* 필수항목

1. 나이를 선택해주세요. *

☐ 20대
 ☐ 30대
 ☐ 40대
 ☐ 50대
 ☐ 60대이상

2. 성별을 선택해주세요. *

☐ 남성
 ☐ 여성

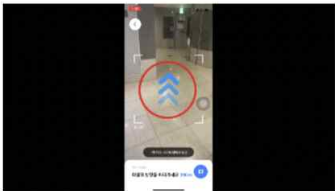
3. 직업을 선택해주세요. *

☐ 일반사무직
 ☐ 공무원
 ☐ 자영업
 ☐ 생산노무직
 ☐ 기술기능직
 ☐ 판매/서비스업
 ☐ 학생
 ☐ 기타

본 동영상에 나오는 앱은 기존 길찾기 앱을사용할 수 없는 실내 또는 지하공간에서 지정된 목적지까지 길을 안내해주는 서비스입니다.

☐ 지하철/환승센터
 ☐ 쇼핑센터
 ☐ 공항
 ☐ 지하공간의건물/쇼핑센터등
 ☐ 대규모빌딩내부
 ☐ 학교/대학
 ☐ 기타

10. 이 앱에서는 화살표 표시를 사용하여 걷는 방향을 사용자에게 제공합니다. 이를 이해하고 따르는 것이 얼마나 쉬운가요? *



☐ 매우 쉽다
 ☐ 쉽다
 ☐ 보통
 ☐ 어렵다
 ☐ 매우 어렵다

4. 보행 중에 얼마나 자주 내비게이션 어플을 사용하나요? *

☐ 주1~2일
 ☐ 주3~5일
 ☐ 주5일이상
 ☐ 없다

5. 어느 내비게이션 어플을 선호 하나요? *

☐ 카카오맵
 ☐ 티맵
 ☐ 네이버맵
 ☐ 구글맵
 ☐ 기타

6. 식당과 커피숍 등 약속 장소까지 보행으로 접근할 경우 다음 중 어느 어플을 사용하나요? *

☐ 카카오맵
 ☐ 티맵
 ☐ 네이버맵
 ☐ 구글맵
 ☐ 기타

7. 다음 위치에서 길을 찾는 데 어려움이 있었나요? *

☐ 지하철/환승센터
 ☐ 쇼핑센터

7. 다음 위치에서 길을 찾는 데 어려움이 있었나요? *

☐ 지하철/환승센터
 ☐ 쇼핑센터
 ☐ 공항
 ☐ 지하공간의건물/쇼핑센터등
 ☐ 대규모빌딩내부
 ☐ 학교/대학
 ☐ 기타

8. 위에 선택한 장소에서 길 찾기가 어려운 이유는 무엇인가요? *

☐ 적합한 실내 길찾기 어플이 없다.
 ☐ 내가 원하는 장소까지 안내가 부족하다.
 ☐ 안내 표시만으로는 목적지까지 접근이 어렵다.
 ☐ 지도만으로는 목적지를 찾는 데 한계가 있다.
 ☐ 기타

9. 아래 영상에 나오는 앱을 무료로 사용할 수 있는 경우 가장 유용한 위치는 어디라고 생각하나요? *



☐ 매우 유용하다
 ☐ 유용하다
 ☐ 보통
 ☐ 유용하지 않다
 ☐ 전혀 유용하지 않다

13. 실내 또는 지하 공간에서 길을 찾아야할 때 이 앱이 얼마나 유용하다고 생각하나요? *

☐ 매우 유용하다
 ☐ 유용하다
 ☐ 보통
 ☐ 유용하지 않다
 ☐ 전혀 유용하지 않다

14. 실내 길안내 지역이 늘어난다면 이 앱을 계속 사용할 생각이 있나요? *

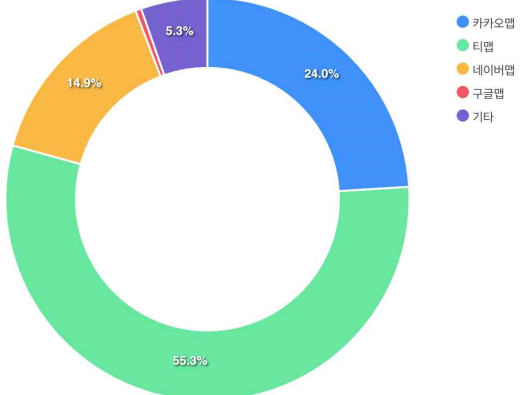
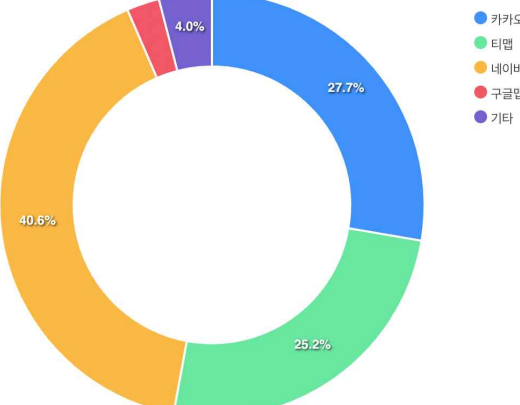
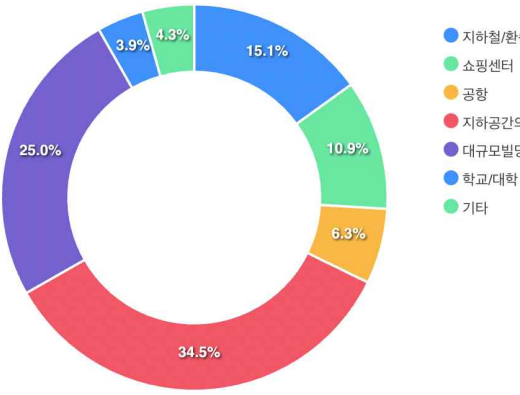
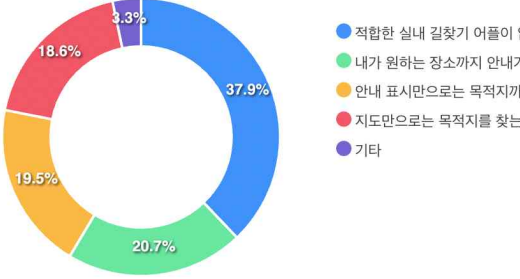
☐ 계속 사용한다.
 ☐ 사용하지 않는다.
 ☐ 잘 모르겠다.

제출하기

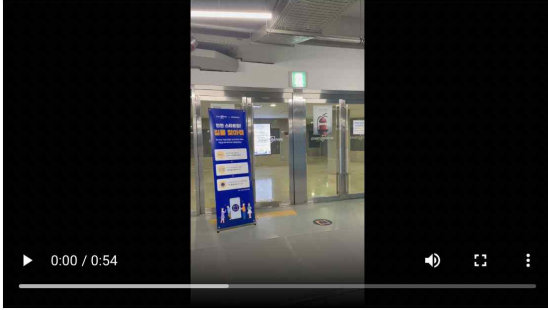
[모바일 설문조사 내용 화면 캡처]

● 총 설문응시자 수 : 845명

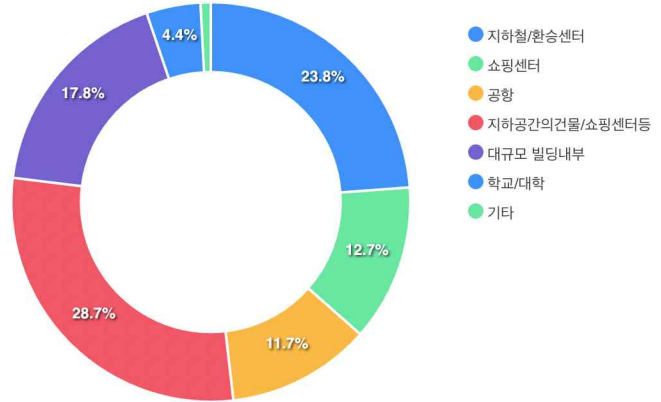
설문 내용 및 결과	설문결과 그래프
1. 나이를 선택해주세요. - 20대 (170) 20.1% - 30대 (323) 38.2% - 40대 (270) 32.0% - 50대 (74) 8.8% - 60대이상 (8) 0.9%	Legend: 20대 (Blue), 30대 (Green), 40대 (Orange), 50대 (Red), 60대이상 (Purple)
2. 성별을 선택해주세요. - 남성 (551) 65.2% - 여성 (294) 34.8%	Legend: 남성 (Blue), 여성 (Green)
3. 직업을 선택해주세요. - 일반사무직 (296) 35.0% - 공무원 (44) 5.2% - 자영업 (92) 10.9% - 생산노무직 (46) 5.4% - 기술기능직 (120) 14.2% - 판매/서비스업 (77) 9.1% - 학생 (30) 3.6% - 기타 (140) 16.6%	Legend: 일반사무직 (Blue), 공무원 (Green), 자영업 (Orange), 생산노무직 (Red), 기술기능직 (Purple), 판매/서비스업 (Light Blue), 학생 (Light Green), 기타 (Yellow)
4. 보행 중에 얼마나 자주 내비게이션 어플을 사용하나요? - 주1~2일 (313) 37.0% - 주3~5일 (172) 20.4% - 주5일이상 (235) 27.8% - 없다 (125) 14.8%	Legend: 주1~2일 (Blue), 주3~5일 (Green), 주5일이상 (Orange), 없다 (Red)

5. 어느 내비게이션 어플을 선호 하나요? - 카카오맵 (203) 24.0% - 티맵 (467) 55.3% - 네이버맵 (126) 14.9% - 구글맵 (4) 0.5% - 기타 (45) 5.3%	 ● 카카오맵 ● 티맵 ● 네이버맵 ● 구글맵 ● 기타
6. 식당과 카페 등 약속 장소까지 보행으로 접근할 경우 다음 중 어느 어플을 사용하나요? - 카카오맵 (234) 27.7% - 티맵 (213) 25.2% - 네이버맵 (343) 40.6% - 구글맵 (21) 2.5% - 기타 (34) 4.0%	 ● 카카오맵 ● 티맵 ● 네이버맵 ● 구글맵 ● 기타
7. 다음 위치에서 길을 찾는 데 어려움이 있었나요? - 지하철/환승센터 (198) 23.4% - 쇼핑센터 (143) 16.9% - 공항 (83) 9.8% - 지하공간의건물/쇼핑센터등 (454) 53.7% - 대규모빌딩내부 (329) 38.9% - 학교/대학 (51) 6.0% - 기타 (57) 6.7%	 ● 지하철/환승센터 ● 쇼핑센터 ● 공항 ● 지하공간의건물/쇼핑센터등 ● 대규모빌딩내부 ● 학교/대학 ● 기타
8. 위에 선택한 장소에서 길 찾기가 어려운 이유는 무엇인가요? - 적합한 실내 길찾기 어플이 없다. (320) 37.9% - 내가 원하는 장소까지 안내가 부족하다. (175) 20.7% - 안내 표시만으로는 목적지까지 접근이 어렵니다. (165) 19.5% - 지도만으로는 목적지를 찾는데 한계가 있다. (157) 18.6% - 기타 (28) 3.3%	 ● 적합한 실내 길찾기 어플이 없다. ● 내가 원하는 장소까지 안내가 부족하다. ● 안내 표시만으로는 목적지까지 접근이 어렵니다. ● 지도만으로는 목적지를 찾는데 한계가 있다. ● 기타

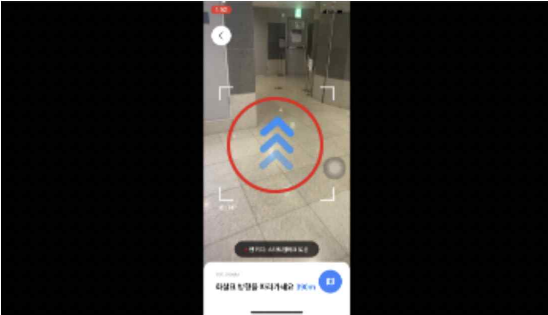
9. 아래 영상에 나오는 앱을 무료로 사용할 수 있는 경우 가장 유용한 위치는 어디라고 생각하나요?



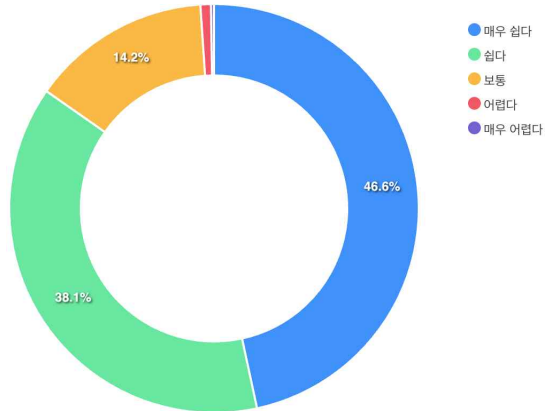
- 지하철/환승센터 (402) 23.8%
- 쇼핑센터 (214) 12.7%
- 공항 (197) 11.7%
- 지하공간의건물/쇼핑센터등 (485) 28.7%
- 대규모 빌딩내부 (301) 17.8%
- 학교/대학 (74) 4.4%
- 기타 (14) 0.9%



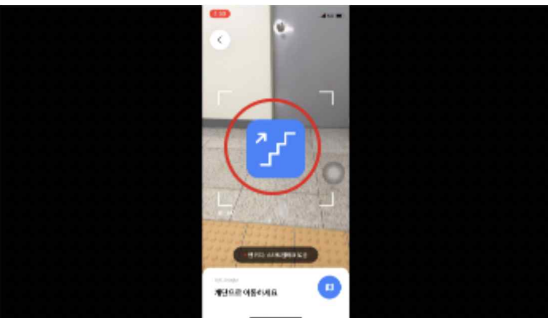
10. 이 앱에서는 화살표 표시를 사용하여 걷는 방향을 사용자에게 제공합니다. 이를 이해하고 따르는 것이 얼마나 쉬운가요?



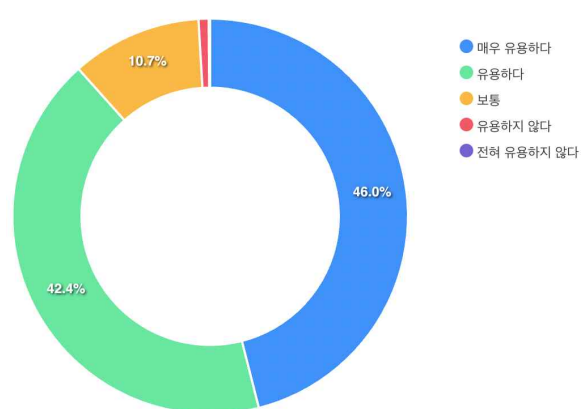
- 매우 쉽다 (394) 46.6%
- 쉽다 (322) 38.1%
- 보통 (120) 14.2%
- 어렵다 (7) 0.8%
- 매우 어렵다 (2) 0.2%



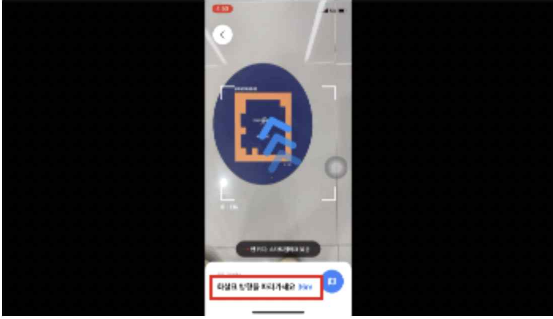
11. 화살표 기호 외에도 그래픽으로 길안내를 제공합니다. 이 정보가 길 찾기에 얼마나 유용하다고 생각하나요?



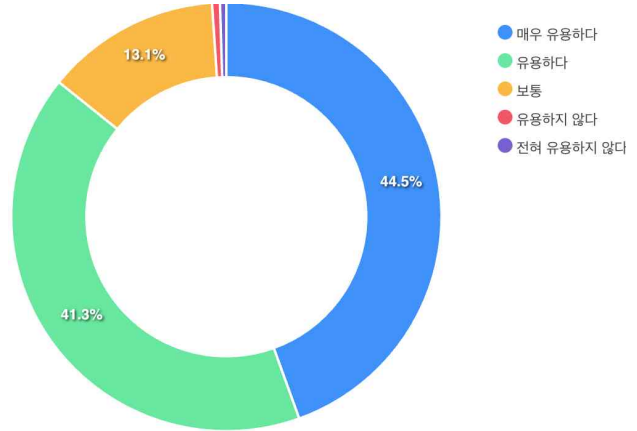
- 매우 유용하다 (389) 46.0%
- 유용하다 (358) 42.4%
- 보통 (90) 10.7%
- 유용하지 않다 (7) 0.8%
- 전혀 유용하지 않다 (1) 0.1%



12. 이 앱은 또한 목적지까지의 거리를 미터 단위로 제공합니다.
이 거리 정보가 길 찾기에 얼마나 유용하다고 생각하나요?

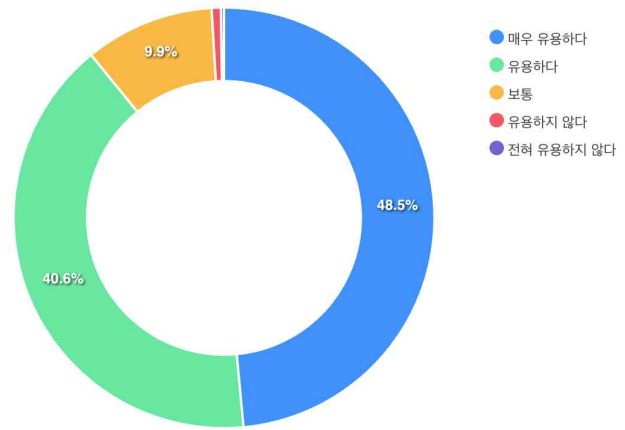


- 매우 유용하다 (376) 44.5%
- 유용하다 (349) 41.3%
- 보통 (111) 13.1%
- 유용하지 않다 (5) 0.6%
- 전혀 유용하지 않다 (4) 0.5%



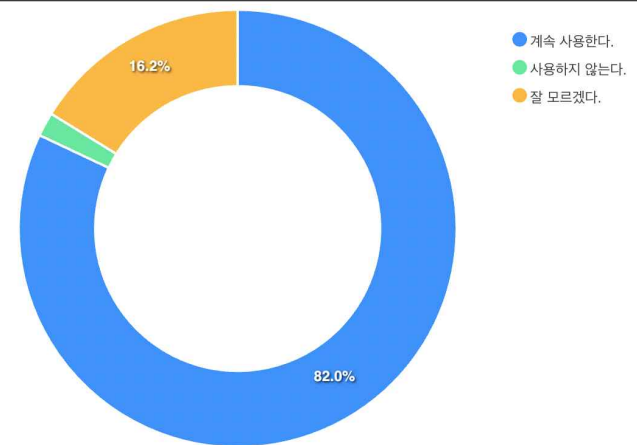
13. 실내 또는 지하 공간에서 길을 찾아야할 때 이 앱이 얼마나
유용하다고 생각하나요?

- 매우 유용하다 (410) 48.5%
- 유용하다 (343) 40.6%
- 보통 (84) 9.9%
- 유용하지 않다 (6) 0.7%
- 전혀 유용하지 않다 (2) 0.2%



14. 실내 길안내 지역이 늘어난다면 이 앱을 계속 사용할 생각이
있나요?

- 계속 사용한다. (693) 82.0%
- 사용하지 않는다. (15) 1.8%
- 잘 모르겠다. (137) 16.2%



(2) 정량적 연구개발 성과

■ MARKER 인식률에 대한 정량적 연구개발 성과

- 정량적 연구성과는 Marker 인식률(%) 99%로 설정하였음. 이 인식률은 MARKER 기반으로 보행자 방향과 실내 위치를 분석하는 방법이므로 매우 중요함. 만약 MARKER 인식 오류가 발생하면 실내 길안내 정보가 잘 못되어 원하는 목적지가 아닌 다른 곳을 안내할 수 있어, 길안내서비스 구현에 신뢰성이 낮아진다.

[연구개발 목표 대비 인식률 성능 성과]

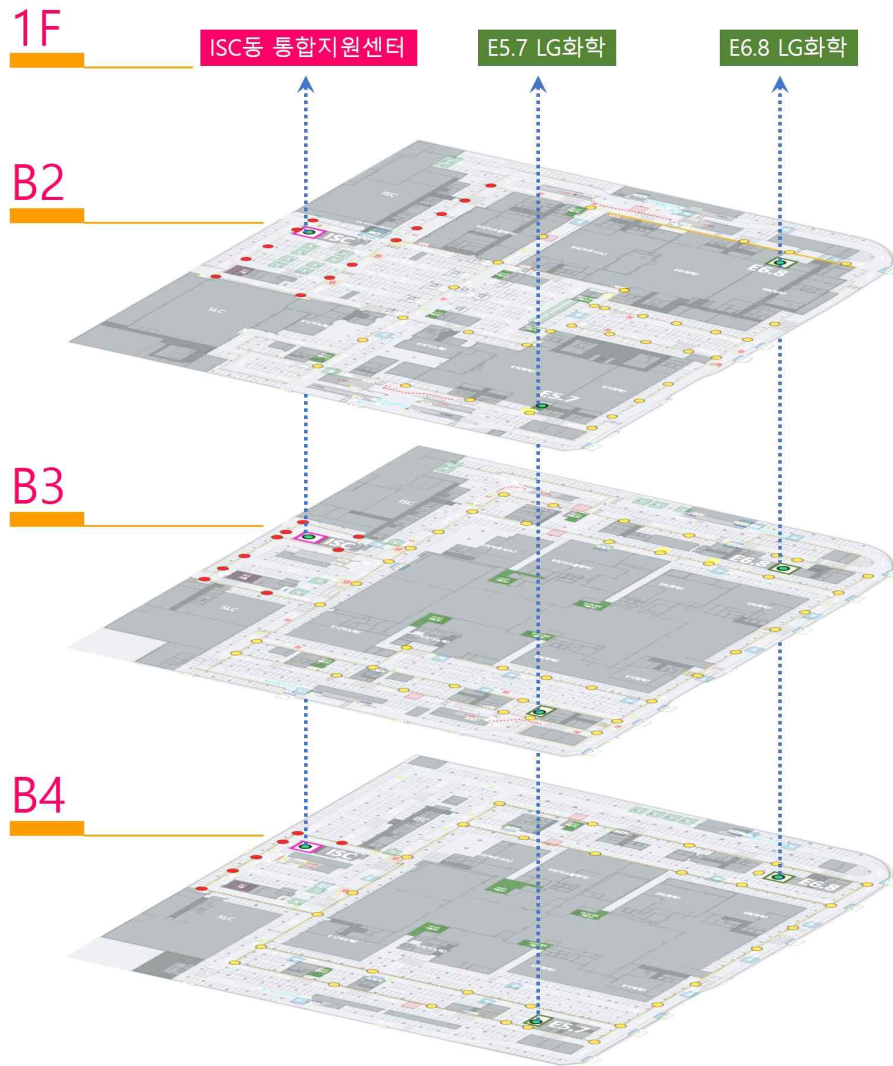
평가 항목 (주요성능 Spec1))	단위	전체 항목 에서 차지하는 비중2) (%)	세계최고 수준 보유국/ 보유기업 (/)	연구개발 전 국내수준	개발 목표 대비 실적			평가 방법
			성능수준	성능수준	1차년도 (2019년)	2차년도 (2020년)	3차년도 (2021년)	
1. 인식률	%	50	—	96%	N.A 실적 (98%)	99% 실적 (98%)	99% 이상 실적 (99%)	Marker Code 인식성공률 (0.5초)
2. 보행속도	m/초	30	—	1.2	N.A 실적 (1.2)	2.0 실적 (2.0)	2.0 실적 (2.0)	스마트폰 센서 보행속도 측정
3. 인식거리	m	20	—	2	N.A 실적 2.0	2.0 실적 (2.0)	2.0 실적 (2.0)	인식거리 측정

- 스마트폰 카메라와 Marker의 커뮤니케이션의 노이즈는 조도이므로 다음과 같은 조도 환경에서 수행하였다. 외부는 500lx 이상인 조건이고, 지상1~7층의 경우 200~500LX 조건이고, 계단과 지하 공간에서 30~300LX 조건에 있었다.

[엘지사이언스파크 경로 시나리오]

구분		적용 범위
조도	외부	500 lx ~
	1층~7층	200 lx ~ 500 lx
	계단	30 lx ~ 300 lx
	지하	30 lx ~ 300 lx
바닥면 재질		대리석 등 스티커 접착이 가능한 바닥면, 바닥면에 마커 부착이 힘들 경우 벽면을 활용한 측위 가능
기타		강설, 강우에 따른 마커 훼손 태양 빛 간섭에 의한 인식을 저하로 실외 공간 설치 제약 발생





[엘지사이언스파크 내부 Marker 인식률시험]

구글맵스와 통합 실내길안내서비스에 대한 정량적 연구개발 성과 (중빙 : 한국과학기술원 성능시험보고서)

- Marker Code 인식률 : 98% (마커사이즈 20cm×20cm 크기 기준)
- 보행시나리오별 보행네트워크 경로설정 및 예측시간 정확도 : 평균 95%
 - 각 예측 경로에 따른 예측시간과 시뮬레이션 예측 평균시간 비교 값으로 측정
- 실내공간 디지털지도의 정확도 : 99%
 - 보행공간의 구조, 길이 넓이 및 주요 POI 위치, 식당 등의 휴게, 편의시설들의 규모와 위치 등의 정보 표출 정확도
- 보행자용 실내공간네트워크 구성 적합도 : 95%
 - 구성된 네트워크의 보행 가능 경로 구성 여부 및 노드 링크 구성 시뮬레이션의 적합도 평가
- 인터페이스 POI 기능테스트 : 17.1~528.9ms (1,000ms 이하)
 - Postman 7.33을 이용한 서버 API 요청시 응답시간 측정

2020년 국토교통기술촉진연구사업

시험보고서

사 업 명	국토교통기술촉진연구사업		
연구과제명	세계시장 진출을 위한 구글맵(Google Maps) 기반의 증강현실(AR) 적용 실내공간용 보행자 내비게이션 플랫폼 개발		
작 성 자	손규호	버전	1.0
승 인 자	한국과학기술원 스마트과학관 전시기술 연구단 한동수 교수	최종작성일	2020년 10월 12일
평 가 자	한국과학기술원 스마트과학관 전시기술 연구단 손규호 연구원	최종평가일	2020년 10월 12일

스마트과학관 전시기술 연구단

기능검사

평가항목 (주요성능 Spec)	단위	비중 (%)	개발목표치	달성수치	검사의 전
1. Marker Code 인식률 (20cm X 20cm 크기의 마커 기 준 인식테스트 100회 진행)	%	20%	90%	98%	달성
2. 보행 시나리오별 보행네트워크 최적경로 설정 및 예측 시간 정확 도 테스트 (각 시나리오의 최적경로에 따른 예측 시간과 시뮬레이션 평가시간 비교를 통해 정확도 평가진행)	%	20%	평균 90%	평균 95%	달성
3. 실내공간 디지털 지도 정확도 (보행공간 구조, 길이, 넓이 및 주 요 POI 위치, 식당 등의 휴식, 편 의 시설들의 규모와 위치 등의 정 보 표출 정확도)	%	20%	95%	99%	달성
4. 보행자용 실내공간 네트워크 구성 적합도 (구성된 네트워크의 보행가능 경 로 구성 여부 및 노드, 링크 구성 시뮬레이션의 적합도 평가)	%	20%	평균 90%	평균 95%	달성
5. 인터페이스 POI 기능 테스트 (Postman 7.33.1을 이용한 서버 API 요청 시 응답 시간 측정)	ms	20%	1000ms	평균 17.1~528.9ms	달성

[검사종합의견]

평가결과, 계획서 상의 제시한 요구 기능 중 상기 항목들에 대하여 충족하고 있음.

평가 항목 5의 경우, 각 API 별 1000회씩 호출 연동 실험 5ms ~ 3394ms 범위내 응답 성능을 보여줌. 내부 데이터 조회와 Google Maps API 응답에 따라 영향을 성능이 크게 영향을 받을 수 있으며, 최초 지역 검색시 약 2000ms 정도의 응답 성능을 보여주나 인접 지역이나 이농승 API를 호출하는 경우 Google Maps API 응답 성능이 개선되어 빠른 응답속도를 보여줌.

위의 내용과 같이 평가를 완료하였음을 확인합니다.

평가일자 : 2020년 10월 12일

요 청 사 : 한국교통대학교

김 현 교수  (인)

평 가 자 : 한국과학기술원 스마트과학관 전시기술 연구단

한 동 수 연구단장 (인) 

평 가 자 : 한국과학기술원 스마트과학관 전시기술 연구단

손 규 호 연구원 

스마트과학관 전시기술 연구단

(3) 세부 정량적 연구개발 성과

[과학적 성과]

□ 논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	지하철 역사에서 실내내비게이션 서비스를 위한 KAI-R 시스템	한국ITS학회 논문지	이건우	5	대한민국	한국ITS학회	비SCIE	2019.10	1738-0774	50
2	CNN을 이용한 궤적데이터에 대한 이동성 모드 분류 방법	한국정보기술학회논문지	송석일	9	대한민국	한국정보기술학회	비SCIE	2019.12	1598-8619	50
3	A Hybrid Marker-Based Indoor Positioning System for Pedestrian Tracking in Subway Stations	Applied Sciences	Hyun KIM	7421	Switzerland	MDPI	SCI	2020.10	2076-3417	100
4	분산 병렬 환경에서 이동 객체에 대한 위치기반 연속 이벤트 검출 기법	Journal of KIIIT	아르온	18	대한민국	한국정보기술학회	비SCIE	2020.08	1598-8619	50
5	Indoor Traveling Salesman Problem (ITSP) Path Planning	International Journal of Geo-Information	Jinjin	616	Switzerland	MDPI	SCI	2021.10	2220-9964	100
6	Controlling Passenger Flow to Mitigate the Effects of Platform Overcrowding on Train Dwell Time	International Journal of ITS	유선형	(오프라인출판 미정)	United Kingdom	Taylor and Francis Ltd.	SCI	2020.12	1547-2442	100
7	효과적인 도로 상황인지를 위한 도로객체 그래프 모델링 방법	Journal of Platform Technology	송석일	4	대한민국	아이씨티플랫폼학회	비SCIE	2021.12	2289-0181	50

□ 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표 내용	발표자	발표 일시	장소	국명
1	The 10th International Seminar on Urban Transport, Tourism and Travel Behavior Analysis	실내내비게이션 솔루션 중 본 연구개발 결과가 보행자의 방향을 탐지하고, 길안내방식은 실내지도 없이 AR(증강현실)로 정보를 제공하고 있는 장점과 함께, 자동차 내비게이션처럼 트래킹할 수 없는 단점을 설명하고, 이에 대한 극복방안을 제안함	Kim Hyun	Aug. 24, 2019	Hokkaido University	Japan

□ 기술 요약 정보

번호	연도	기술명	요약 내용	기술 완성도	등록 번호	활용 여부	미활용사유	연구개발기관 외 활용 여부	허용방식

□ 보고서 원문

번호	연도	보고서 명	발간일	등록 번호

□ 생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물

번호	생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물 명	등록/기탁 번호	등록/기탁 기관	발생 연도

[기술적 성과]

□ 지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신제품, 프로그램)

번호	구분	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원			등록			기여율	활용 여부
				출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호		
1	특허	실내길안내방법및이를 위한 시스템	대한민국	한국교통 대학교 산학협력 단	2019. 05. 31	PCT/KR2 019/0066 10				100	활용
2	특허	실내길안내방법및이를 위한 시스템	대한민국	한국교통 대학교 산학협력 단	2018-06 -08	10-2018 -006607 4	한국교통 대학교 산학협력 단	2020. 02. 17	10-20803 19호	100	활용
3	특허	마커를 이용한 실내 길안내를 위한 실내경로 계획수립 및 마커의 자동생성을 실행하는 방법 및 이를 위한 장치	대한민국	한국교통 대학교 산학협력 단	2019.12.1 8	10-2019 -016987 1					활용
4	특허	플랫폼 대기승객 화상정보를 기반으로 한 기계학습을 이용한 스크린도어 개폐시간의 제어방법 및 이를 위한 장치	대한민국	한국교통 대학교 산학협력 단	2019.12.1 8	10-2019 -016987 2					×
5	특허	실내길안내방법및이를 위한 시스템	미국	한국교통 대학교 산학협력 단	2020-12 -08	16/973,0 66					활용
6	특허	실내길안내방법및이를 위한 시스템	EU	한국교통 대학교 산학협력 단	2020-12 -07	19814987 .4					활용
7	특허	맞춤형 공간안내방법 및 시스템	대한민국	주식회사 위드라이 브	2020-10 -14	10-2020 -013268 2					활용

번호	구분	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원			등록			기여율	활용 여부
				출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호		
8	특허	궤적 데이터 도로 네트워크 매칭 방법 및 시스템	대한민국	위드라이브, 한국교통 대학교산 학협력단	2021-10-20	10-2021-0140313					활용 예정
9	특허	궤적 데이터 도로 네트워크 매칭 방법 및 시스템	대한민국	위드라이브, 한국교통 대학교산 학협력단	2020-11-11	PCT-KR2021-016413					활용 예정

● 지식재산권 활용 유형

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	활용 예정	기타
1	✓										
2	✓										
3	✓										
4										✓	
5		✓									
6		✓									
7	✓										
8										✓	
9										✓	

□ 저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록번호	저작권자명	기여율
1	아이리드유	2019. 10. 10	한국교통대학교 산학협력단	2019. 10. 10	C-2019-029726	한국교통대학교 산학협력단	100
2	실내 내비게이션 구현을 위한 길 안내 BD 및 이를 위한 마커코드 자동생성 프로그램	2019. 09. 25	한국교통대학교 산학협력단	2019. 09. 25	C-2019-029727	한국교통대학교 산학협력단	100
3	구글맵 기반 실내외 내비게이션 서비스	2020. 09. 24	주식회사 위드라이브	2020.09.28	C-2020-033322	주식회사 위드라이브	100
4	구글맵 기반 실내외 내비게이션 연동 서버 모듈	2020. 09. 24	주식회사 위드라이브	2020.09.28	C-2020-033321	주식회사 위드라이브	100
5	모바일웹기반 실내내비게이션서비스	2021. 12. 01	주식회사 위드라이브	2021.01.05	C-2022-000803	주식회사 위드라이브	100
6	그래프 기반 실내 최적 경로탐색 모듈	2021. 12. 01	주식회사 위드라이브	2021.12.28	C-2021-058643	주식회사 위드라이브	100
7	이동 경로기반 추가 비용산출 모듈	2021. 12. 01	주식회사 위드라이브	2021.12.29	C-2021-059112	주식회사 위드라이브	100
8	그래프 기반 실내 최적경로 탐색 모듈	2021. 12. 01	주식회사 위드라이브	2021.12.28	C-2021-058643	주식회사 위드라이브	100

□ 신기술 지정

번호	명칭	고시일	보호기간	지정번호

□ 기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증번호		

□ 표준화

● 국내표준

번호	인증구분	인증여부	표준명	표준인증기구명	제안주체	표준종류	제안/인증일자

● 국제표준

번호	표준화단계 구분	표준명	표준기구명	표준분과 명	의장단 활동여부	표준특허 추진여부	표준개발 방식	제안자	표준화 번호	제안일자

[경제적 성과]

□ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작업체명	설치장소	이용분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)

□ 현장적용

번호	적용기술명	적용일	발주기관명	적용 연구개발기관명	적용현장명(장소)

□ 기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료	
					발생 연도	발생액(천원)

□ 사업화 투자실적

번호	연도	투자 자금 성격*	추가 연구개발 투자(천원)	설비 투자(천원)	기타 투자(천원)	합계(천원)

□ 사업화 현황

번호	사업화 방식	사업화 형태	지역	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		

□ 매출 실적(누적)

번호	사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
			국내(천원)	국외(달러)		
합계						

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과					
사업화 계획	사업화 소요기간(년)				
	소요예산(천원)				
	예상 매출규모(천원)		현재까지	3년 후	5년 후
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내			
		국외			
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획					
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)		현재	3년 후	5년 후
	수 출				

□ 고용 창출

번호	사업화명	사업화 업체명	고용창출 인원(명)		합계(명)
			yyyy년	yyyy년	
합계					

□ 고용 효과

구분			고용 효과(명)	
고용 효과	개발 전	연구인력		
		생산인력		
	개발 후	연구인력		
		생산인력		

□ 비용 절감(누적)

번호	사업화명	발생 연도	산정방법	비용 절감액(천원)
합계				

☐ 경제적 파급 효과

(단위 : 천원/년)

구분	사업화명	수입 대체	수출 증대	매출 증대	생산성 향상	고용 창출 (인력 양성 수, 명)	기타
해당 연도							
기대 목표							

☐ 산업 지원(기술지도)

번호	내용	기간	참석 대상	장소	인원(명)

☐ 기술 무역

(단위 : 천원)

번호	계약 연월	계약 기술명	계약 업체명	계약업체 국가	총 계약액	기 징수액	해당 연도	징수액	향후 예정액	수출/ 수입

[사회적 성과]

☐ 법령 반영

번호	구분 (법률/시행령)	활용 구분 (제정/개정)	명 칭	해당 조항	시행일	관리 부처	제정/개정 내용

☐ 정책활용 내용

번호	구분 (제안/채택)	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용 연도	채택 내용

☐ 설계 기준/설명서(시방서)/지침/안내서에 반영

번호	구 분 (설계 기준/설명서/지침/안내서)	활용 구분 (신규/개선)	설계 기준/설명서/ 지침/안내서 명칭	반영일	반영 내용

☐ 신진연구자 채용

번호	채용 연구개발기관명	채용일	근로기간	채용인원(명)	채용인원 중 청년인력(명)

□ 전문 연구 인력 양성

번호	분류	연도	현황(명)										
			학위별				성별		지역별				
		2021	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
				2	2		3	1		4			

□ 산업 기술 인력 양성

번호	연도	프로그램명	프로그램 내용	교육 기관	교육 개최 횟수	총 교육 시간	총 교육 인원

□ 다른 국가연구개발사업에의 활용

번호	연도	중앙행정기관명	사업명	연구개발과제명	연구책임자	연구개발비(천원)

□ 국제화 협력성과

번호	구분 (유치/파견)	기간	국가	학위	전공	내용

□ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일

□ 포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관

[인프라 성과]

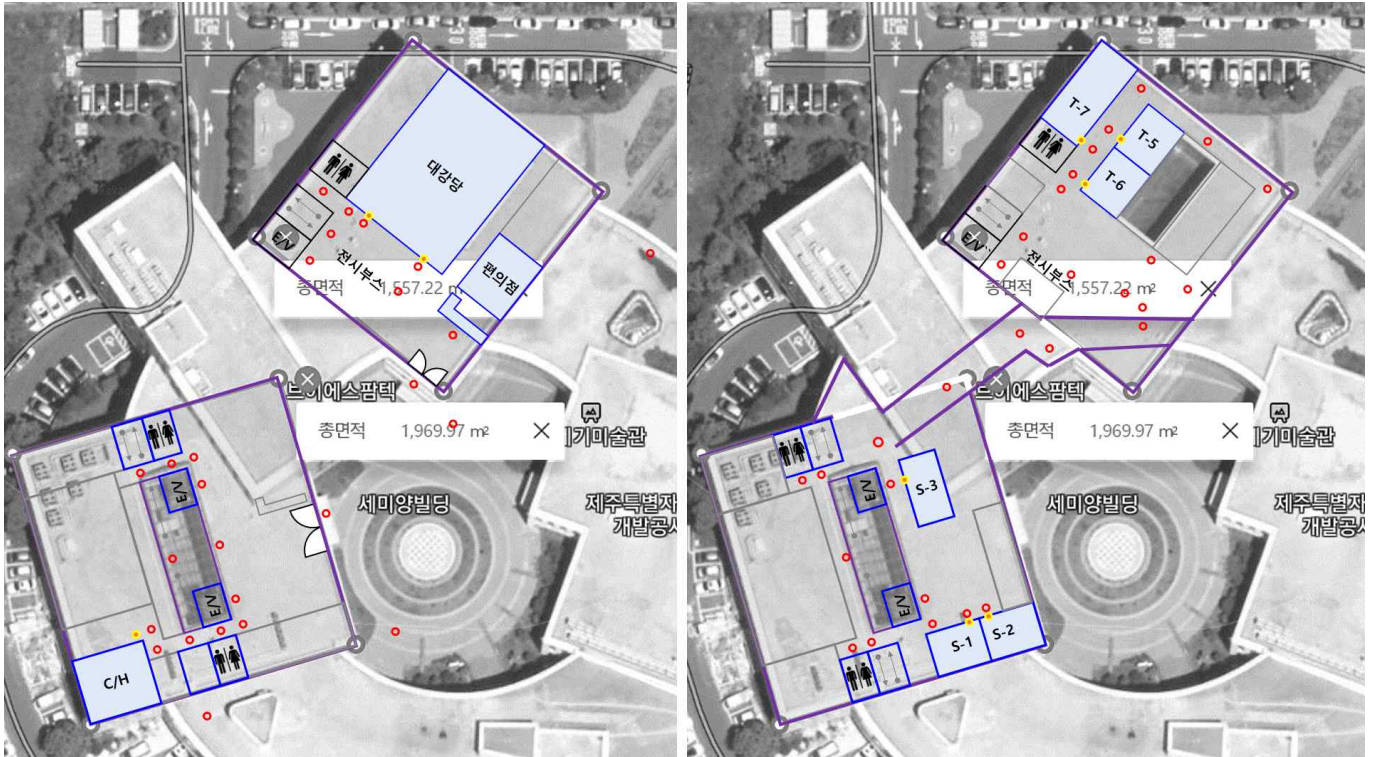
□ 연구시설·장비

번호	구축 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	개발여부 (○/×)	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록여부	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록번호	구축일자 (YY.MM.DD)	구축비용 (천원)	비고 (설치 장소)

(4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항

□ 대한교통학회 2021년 추계학술대회 (코로나 체크인 및 길안내 서비스)

- 제주도 세미양빌딩 A~D동 4개 동으로 구성된 곳 중 A동과 D동을 사용한 추계학술대회 행사
 - COVID-19 방문등록과 조밀하고 복잡한 실내구조에서 각 세션 장을 찾아 갈 수 있도록 길안내 서비스



- 서비스 방법 : 스마트폰 기반 Web 접근성 제공 (QR과 카카오톡, 문자 발송)

Walking Map

길안내, 코로나-19 체크인

Indoor Walking Map
(<https://bit.ly/3bW8xzk>)

Research Center for
Convergence of roads, vehicles,
people and advanced ICT

▪ 연락처 : 한국교통대학교 신관주 박사
▪ Email : kankanni@ut.ac.kr
▪ Mobile : 010-5277-3767

웹사이트 접속 방법 QR or 문자/카톡 연동

방법 1 : URL 주소 브라우저 입력 후 실행
<https://bit.ly/3bW8xzk>

방법 2 : 카메라로 QR 인식 간편 접속

방법 3 : 문자 또는 카카오톡, 이메일로 발송한 URL 실행

QR읽어주세요

● 서비스 순서

- 마커 촬영(QR인식) URL접속
- 대한교통학회 학술발표회 안내
- 코로나 체크인
- 길찾기
- 마커를 인식하며 길안내 시작(하단에 이미지는 전체 이미지로 표현)
- 1층에서는 1층 평면도로 길안내를 시작하여 2층 계단 첫번째 마커를 인식하면 2층 평면도로 변경
- 문 앞에 붙어있는 마커를 인식하면 목적도 도착 안내 표시
- 입장 여부를 물어보고 입차시 방문자 명부 작성 요청
- 방문자 명단 작성 후 [제출] 버튼을 누르고 세미나장으로 입장
- 세미나장 입장하는 회원을 관리

1. QR 인식(입구 & 안내데스크)



웹페이지

브라우저에서 flowalk.zon에 접속하려면
여기를 누르세요.

2. 목적지 제공

대한교통학회

제85회 학술발표회에
오신것을 환영합니다.

2021.11.10(수) - 11(목)
JDC 제주혁신성장센터 세미나빌딩

코로나 체크인을 하신 후
실내 네비게이션 길안내
체험으로 회원님의
목적지를 찾아가 보세요.

다음



3. 방문자 명단작성(학회장)

소 속

이 름

연락처

☐ 전체동의

☐ 전체동의

☐ 전체동의

마침

길안내 시작

4. 목적지 검색

대한교통학회
제85회 학술발표회

안내 데스크

학술 발표장

화장실

편의점

- A동 안내데스크
- D동 안내데스크

대한교통학회
제85회 학술발표회

안내 데스크

학술 발표장

화장실

편의점

A동

- Challenger Hall
- S-1
- S-2
- S-3

D동

- 대강당
- 포스터
- 전시부스
- T-5
- T-6
- T-7

대한교통학회
제85회 학술발표회

안내 데스크

학술 발표장

화장실

편의점

A동

- 1층
- 2층

D동

- 1층
- 2층

대한교통학회
제85회 학술발표회

안내 데스크

학술 발표장

화장실

편의점

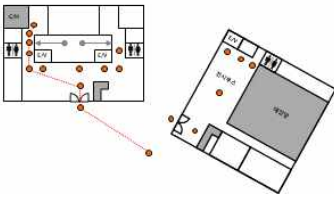
- D동 편의점

5. 길안내

flowalk.zon/go.html

실내 네비게이션

현재위치 → Challenger Hall



6. 문앞에 마커 인식 후

flowalk.zon/go.html

실내 네비게이션

현재위치 → Challenger Hall

대한교통학회
제85회 학술발표회

Challenger Hall

세미나장에
도착하였습니다.

세미나장에 입장하시려면
방문자 명단을 작성하고
입장해 주시기 바랍니다.

종료

입장

7. 방문자 명단작성(세미나장)

소 속
이 름
연락처

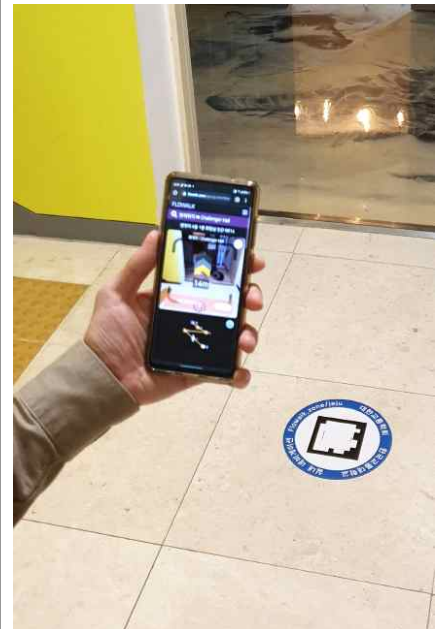
☐ 전체동의

☐ 전체동의

☐ 전체동의

취소

제출



FlaWalk

ROADNETWORK Control panel

간물 목록

Name	Description	Address
마곡		
LG 사이언스파크		
한양대학교의 캠퍼스북센터 건물이다.		
공공실험관	한양대학교의 공공실험관	
건설환경관		
인천한탄빌스튜디오2차	202	
LG ISC 주차장		
test111		
대안교통의역, 세미양발길		

로드네트웍 서버 반영

검색

층 목록

층	기타
2	
1	

Map

선택 없음, 기타, 개안, 액세스점데이터, 엘리베이터, 개안도, 출입구, 선택, 노드 or 링크, 삭제

Conference Checkin

실내 길(노드간 연결)

통행 옵션 [(✓)교통약자] [(✓)일반]

Marker

종이카 전체 다운로드

Download

실내 길(노드간 연결)

통행 옵션 [(✓)교통약자] [(✓)일반]

Chundan-ro

서미양빌딩

mapbox

© Mapbox © OpenStreetMap Improve this map

실내 길(노드간 연결)

통행 옵션 [(✓)교통약자] [(✓)일반]

Chundan-ro

서미양빌딩

mapbox

© Mapbox © OpenStreetMap Improve this map

name	phone	department	seminar_room	covid	dateTime
데븐 파머	01082361143	한국교통대학교	TRUE	대강당	2021-11-11 12:13:57
신중환	01099739894	한국교통대학교	TRUE	대강당	2021-11-11 12:06:45
최귀남	01035116706	도로교통공단	TRUE	대강당	2021-11-10 12:09:39
김연명	01087570284	전 항공안전기술원	TRUE	대강당	2021-11-10 11:25:27
김연명	01087570284	전 항공안전기술원	TRUE	대강당	2021-11-10 11:24:29
신기태	01040199878	교통대학교	TRUE	T-6	2021-11-10 10:36:26
신기태	01040199878	교통대학교	TRUE	T-7	2021-11-10 10:33:27
김현	01062762958	한국교통대학교	TRUE	T-7	2021-11-10 09:12:46
김종진	01099492806	부산광역시버스 운송사업조합	TRUE	대강당	2021-11-10 08:57:45
신판주	01052773767	한국교통대학교	TRUE	S-3	2021-11-09 18:46:09
신판주	01052773767	한국교통대학교	TRUE	S-3	2021-11-09 18:45:59
신판주	01052773767	한국교통대학교	TRUE	S-1	2021-11-09 18:45:01
신판주	01052773767	한국교통대학교	TRUE	S-1	2021-11-09 18:36:39
신판주	01052773767	한국교통대학교	TRUE	T-5	2021-11-09 18:33:29
신판주	01052773767	한국교통대학교	TRUE	S-3	2021-11-09 18:30:36
김선미	01046263301	한국교통대학교	TRUE	T-6	2021-11-09 17:55:43
김선미	01046263301	한국교통대학교	TRUE	T-6	2021-11-09 17:55:32
김선미	01046263301	한국교통대학교	TRUE	T-6	2021-11-09 17:55:26
김선미	01046263301	한국교통대학교	TRUE	T-6	2021-11-09 17:54:27
김선미	01046263301	한국교통대학교	TRUE	T-6	2021-11-09 17:53:53
김선미	01046263301	한국교통대학교	TRUE	T-7	2021-11-09 17:52:39
김선미	01046263301	한국교통대학교	TRUE	T-7	2021-11-09 17:49:52
김선미	01046263301	한국교통대학교	TRUE	T-7	2021-11-09 17:49:40
김선미	01046263301	한국교통대학교	TRUE	T-7	2021-11-09 17:49:16
김선미	01046263301	한국교통대학교	TRUE	T-7	2021-11-09 17:48:43
김선미	01046263301	한국교통대학교	TRUE	T-7	2021-11-09 17:48:08
김선미	01046263301	한국교통대학교	TRUE	T-7	2021-11-09 17:46:58
김선미	01046263301	한국교통대학교	TRUE	T-7	2021-11-09 17:46:33
데븐 파머	01082361143	한국교통대학교	TRUE	S-3	2021-11-09 17:21:53
데븐 파머	01082361143	한국교통대학교	TRUE	S-1	2021-11-09 17:20:47
김선미	01046263301	한국교통대학교	TRUE	S-3	2021-11-09 17:15:12
김선미	01046263301	한국교통대학교	TRUE	Challenger Hall	2021-11-09 16:32:39
신판주	01052773767	한국교통대학교	TRUE	S-3	2021-11-07 22:25:05
신판주	01052773767	한국교통대학교	TRUE	Challenger Hall	2021-11-07 22:16:43
신판주	01052773767	한국교통대학교	TRUE	S-1	2021-11-07 22:12:39
신판주	01052773767	한국교통대학교	TRUE		2021-11-07 21:20:37
신판주	01052773767	한국교통대학교		TRUE	2021-11-06 10:20:56

2) 목표 달성 수준

구분	연구개발 목표			달성 내용	달성도 (%)
	연구개발 목표	핵심 연구개발성과 (연구개발성과물)	연구개발 목표치		
1년차 (2019)	Marker Code 알고리즘 개발	요구사항 분석	95점	전문가 평가 98점	100%
		카메라 Marker 인식 알고리즘	99% (보행속도 2.0m/초)	마커 인식률 : 98%	99.9%
		증강현실 적용을 위한 방향 탐지 알고리즘	8방위 기준으로 안내	마커 인식률 : 98%	99.9%
	구글맵스 기반 POI 검색 인터페이스 모듈 설계	구글맵스 POI 인터페이스 설계	90점	전문가 평가 98점	100%
	실내내비게이션 증강현실 적용 데이터베이스 자동화 시스템 설계	실내공간 경로생성 자동화 알고리즘	3건 (자동화 항목 건수)	전문가 평가 98점	100%
2년차 (2020)	Marker Code 모듈 개발	마커코드 분석 모듈 (보행자 내비게이션 앱)	99%	마커 인식률 : 98%	100%
	구글맵스 기반 POI 검색 인터페이스 모듈 개발	구글맵스 기반 POI 검색 모듈	1,000ms	17.1~528.9ms	100%
	실내내비게이션 증강현실 적용 데이터베이스 자동화 시스템 설계	실내내비게이션 증강현실 적용 정보 등 데이터베이스 자동화 서버	95%	예측시간 정확도 : 95% 네트워크 구성 정확도 : 95%	100%
3년차 (2021)	시제품 설치	마커코드 분석 모듈 (보행자 내비게이션 앱)	99% (보행속도 2.0m/초)	마커 인식률 : 99% (계단 97%)	100%
	구글맵스와 Marker 인식모듈의 통합	구글맵스 기반 POI 검색 모듈	95점	실내공간 디지털지도 정확도 : 99%	100%
	시범사업 및 평가	시범사업 보고서		사용의향 및 만족도 : 82% 중도적 의사 (잘 모르겠다) : 16.2% 사용하지 않겠다 (1.8%)	82%

4. 목표 미달성 시 원인분석

1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

2) 자체 보완활동

■ 예상하지 않았던 계획에 대한 결과 분석

- 대한교통학회 2021년 추계학술대회 700인 참가 중 120명이 본 시스템의 COVID-19 체크인 정보를 등록함
- 해당 동독한 데이터 레이블은 이름/휴대전화번호/소속/출발지/목적지/접근시간 등에 대한 정보를 바탕으로 사용자 이력분석을 수행하므로, 이벤트행사에 대한 서비스 가능성을 확인함

■ 토론토 공항 등 새로운 비즈니스 발굴에 기여함

3) 연구개발 과정의 성실성

- 본 연구개발 참여기관은 해당 목표 달성을 위해 계획한 연구회 및 세미나, 그리고 국제화상회의 등을 성실하게 수행하였음

5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

■ Marker Code 모듈개발

- AR기반의 실내 내비게이션 앱 개발을 통해, 목적지 설정을 비롯하여 텍스트 기반으로 길안내 정보를 사용자가 이용할 수 있도록 편의를 제공함 (보행속도 2.0m/초 기준 99% 수준의 인식률로 중국에서 보이고 있는 87%보다 우수함)
- 시뮬레이션 모형내에서 성능테스트를 효과적으로 수행하기 위해, 다양한 시나리오를 제시함으로써 향후 시제품 제작에 있어 안정적인 시뮬레이션 환경을 제공할 수 있음
- SCI 논문 1편과 현재 1편 심사 중

■ 통합기능테스트 및 서버 구축

- 인터페이스 POI 기능테스트 : 17.1~528.9ms (1,000ms 이하)
 - Postman 7.33을 이용한 서버 API 요청시 응답시간 측정

■ 보행자 시뮬레이터 개발

- 지난 수십 년 동안 실내/실외 탐색 경로 분야에서 개인화/에이전트 맞춤화에 대한 많은 연구가 수행음. 대표적인 예로는, 가장 단순한 또는 최소 우회 경로[12,13], 최소의 방해물을 지나 최대 공간을 방문하는 경로[14], 안전한 경로[15-18], 운동목적에 최적화된 경로(예: 특정 칼로리 소모 수준)[19], 대기 오염 노출을 최소화 하는 경로[20], 야간에 가로등의 존재유무를 판단하여 더 나은 조명이 보장되는 경로[21], 비나 강한 햇빛을 가리는 지붕이 있는 보행경로[2], 최대한 반실내 공간을 활용한 경로(NSI-경로)[22]등이 있음.
- 가장 짧은 이동 거리 또는 가장 빠른 시간을 최적화의 목표로 하는 경로 계획이나 내비게이션 시스템들은 도보 [24], 운전 [25], 대중 교통 [26] 및 자전거 타기 [27]과 같은 다양한 이동 모드에서 고려되어 이용되고 있음[5,6,23]. 최단 경로를 계산하기 위해 다양한 알고리즘의 예는 Dijkstra 알고리즘[9], A*[28] 및 Ant colony[29]가 있음.
- 기존의 TSP는 비교적 설명하기는 쉽지만 문제를 해결하기에는 어렵기 때문에, 1930년에 처음 공식화되어 수학자와 컴퓨터 과학자들로 부터 많은 관심을 받았음. TSP는 비결정적 다항식 시간 완료(NP-complete) [8,30,31]로 분류되는 문제에 속함. 실제 상황이 더욱 복잡해짐에 따라 기존 기본 TSP에서 좀 더 향상된 새로운 변형들이 개발되었음. 예를들어, 배달 시간 제한(Traveling Salesman Problem with Time Window)[32,33], 일방통행 도로(Asymmetric Traveling Salesman Problem)[34], 둘 이상의 세일즈맨(Multiple Traveling Salesman Problem)[35,36], 제약이 존재하는 TSP(Precedence Constrained Generalized Traveling Salesman Problem [37], Partially Ordered Traveling Salesman Problem [38]) 등이 있음. 그러나 경로 찾기 및 경로 계획은 기존문헌에서 광범위하게 연구되어 왔지만, ITSP의 특수한 특성을 고려한 대한 연구는 아직까지 없음. 또한 경로 계획에 대한 기존연구에서 개발된 알고리즘 또는 제안된 접근 방식은 이 특수한 ITSP 문제에 직접 적용할 수 없음.
- 이러한 관점에서 본 연구내용은 SCI 논문 1편 게재 이외 현재 1편 심사 중으로 그 성과가 매우 우수함
 - 보행시나리오별 보행네트워크 경로설정 및 예측시간 정확도 : 평균 95% (각 예측 경로에 따른 예측시간과 시뮬레이션 예측 평균시간 비교 값으로 측정)
 - 실내공간 디지털지도의 정확도 : 99% (보행공간의 구조, 길이 넓이 및 주요 POI 위치, 식당 등의 휴게, 편의시설들의 규모와 위치 등의 정보 표출 정확도)
 - 보행자용 실내공간네트워크 구성 적합도 : 95% (구성된 네트워크의 보행 가능 경로 구성 여부 및 노드 링크 구성 시뮬레이션의 적합도 평가)

6. 연구개발성과 관리 및 활용 계획

6-1. 연구개발성과의 활용분야

■ 교통약자 (노약자, 장애인)와 정보약자 (관광객, 외국인)를 위한 실내 길찾기 서비스

- 환승역, 대규모 기차역이나 지하철역, 공항, 쇼핑몰, 대학교 등 관광객들을 비롯한 유동인구가 많고 실내 경로가 복잡하며, 기존의 길찾기 서비스가 닿지 않는 실내와 지하공간에서의 길안내
- 공유교통수단까지의 접근성을 비롯하여 대중교통 이용자들의 퍼스트마일과 라스트마일 접근성에 기여할 수 있는 실내공간과 GPS신호수신이 어려운 도심부에서의 정확한 길안내

■ 관광지원 서비스

- 관광지를 비롯하여, 박물관, 전시관 등의 공간에서 전시루트를 따라 경로안내 서비스를 제공할 수 있으며 부가적으로 관광정보와 문화재정보 및 전시물정보를 증강현실 기반으로 제공하는 기존 서비스들과의 통합을 통하여 투자 효용성과 추가적인 비즈니스 케이스를 만들 것으로 기대됨

■ 쇼핑 등 마케팅

- 쇼핑몰이나 백화점에서는 실내 길찾기 정보 이외에도 주변 상가의 위치 정보나 행사정보나 프로모션 정보를 함께 제공하여 쇼핑몰과 주변 상권과의 협력을 통해 쇼핑과 마케팅에 기여할 수 있음
- 도심부에서와 실내 공간에서도 길찾기 정보와 함께 주변의 먹거리나 쇼핑정보를 함께 제공함으로써 지역경제의 활성화에 기여하고 투자의 효용성을 크게 높일 수 있음



[연구결과물의 적용 가능 분야]

■ 포스트 COVID 시대 대응으로 비접촉 라이프 스타일이 확산될 것으로 예상되는 바, 실내공간에서 길찾기 도움을 주는 유인으로 운양하는 안내에서 무인 운영으로 전환시키는 데 기여

- 쇼핑센터, 복합몰, 전시관 등 실내 관광자원에 적용 가능
- 공공시설 (여객터미널, 철도역, 공항터미널, 지하철 등)의 길안내 서비스 가능

■ 향후 자율주행자동차 등의 모빌리티 분야에서 호출형 서비스가 GPS 음영지역에서 위치기반 서비스를 제공하는 데 한계가 있는 바, 이를 극복하기 위한 솔루션으로 기대

■ MaaS 영역 중 지하공간에서 시행하는 데 한계가 있지만 본 솔루션을 이용한 스마트모빌리티 서비스 지원이 가능함

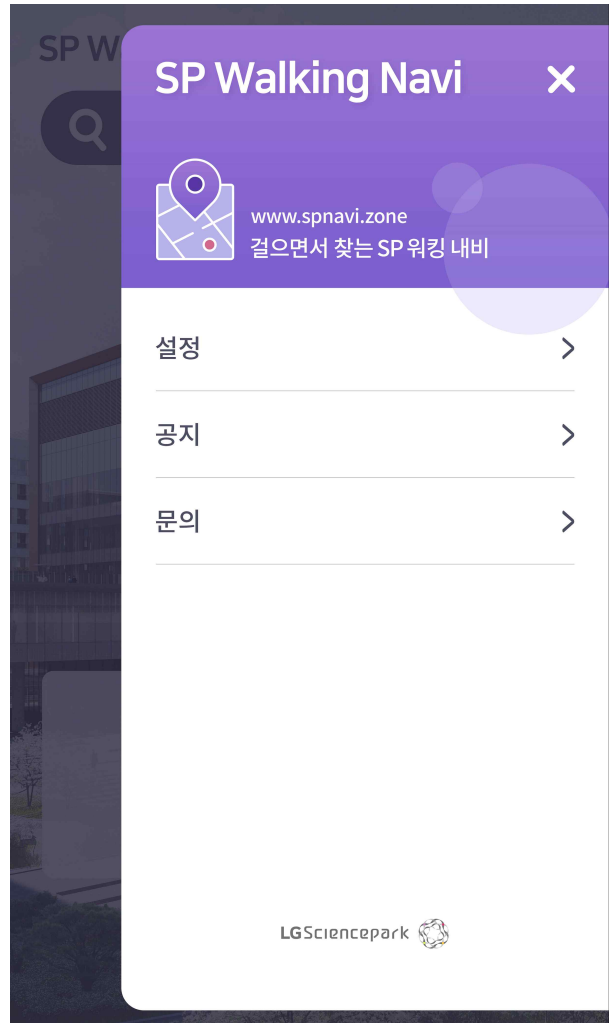
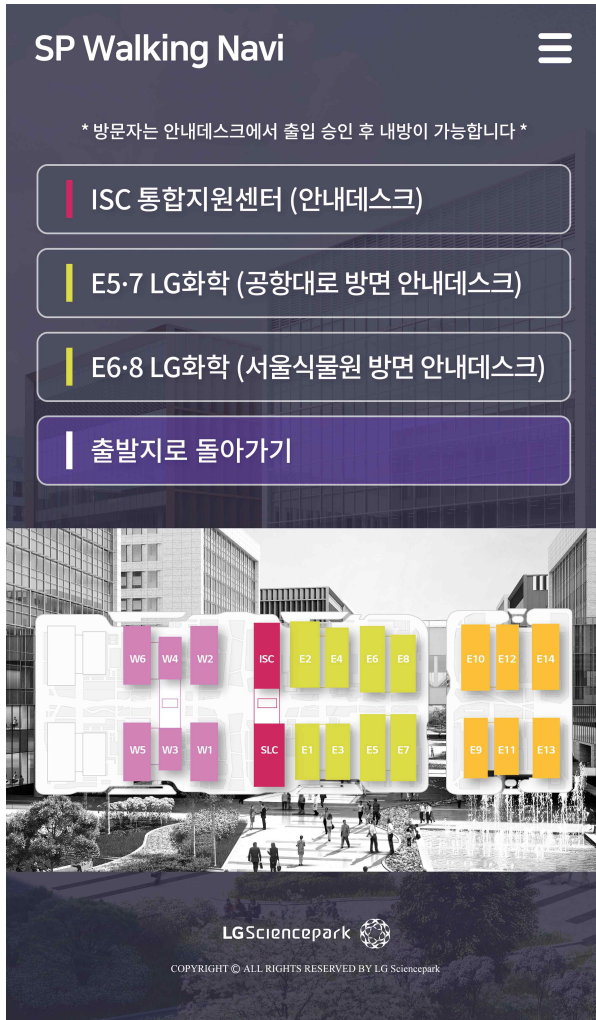
6-2. 활용방안

■ 전시회 및 학술대회 길안내 및 코로나 방역 경로 서비스

- 대한교통학회 2022년 추계학술대회 및 국제 대중교통포럼 : 2022년 9월 28~30일(3일간)
- 장소 : 엘지사이언스파크 컨버전스홀 등 8개 세미나실과 전시장

■ 엘지사이언스파크 건물동 적용

- 서측(W동)과 동측(E동) 확대 적용 예정



- 토론토공항

6-3. 추가연구 필요성

■ 증강현실(Augmented Reality)을 적용한 내비게이션 연구

- 실사에 가상의 시각정보를 얹어 사용자에게 의미 있는 정보전달을 목적으로 하는 증강현실은 스마트 폰 카메라를 통해 실사 환경에 실시간으로 추가 정보로 대체하는 것이다(Carmigniani and Furht, 2011). 증강현실은 <Fig.2>에서와 같이 실제 세계와 가상 세계의 결합, 실시간 상호 작용, 3차원 적용이라는 특성을 갖는다(Azuma, 1997). 증강현실 구현은 기본적으로 카메라와 GPS, 나침반이 필요하며, 스마트 폰(Android 또는 iOS)만으로 구현된다. 증강현실의 성공적 사례는 <Fig. 3>에 제시한 바와 같이 Pokémon GO이다. 이는 세계 많은 사람들을 중독시킨 증강현실 기반의 게임이다(Serino et al., 2016). 사용자는 스마트 폰을 사용하여 실제 세계에서 가상의 포켓몬 캐릭터를 수집할 수 있다.

- Park and Seo(2010)와 Park and Kim(2012)은 위치 정보는 마커를 사용하고, 다양한 형태로 제작된 종이지도의 기술적 요소와 정보가 좀 더 사실적이고 시각적으로 표현되기 위해 증강현실을 적용하였다. Kim G. Y. et al.(2013)은 지하철역에서 증강현실 적용의 내비게이션 UI 설계를 위해 증강현실 환경에서 사용자 경험을 보완하기 위한 연구를 수행하였다.
- 현재 자동차와 보행자 내비게이션은 2차원 지도상에서 사용자 위치 정보를 표출하여 이용자가 위치한 곳의 지리정보를 실시간으로 이용하고 있다. 추상화 2차원 지도로 3차원의 실제 환경으로 길 안내정보를 매칭 해야 한다. 여기서 정보약자의 경우 2차원 지도의 안내 정보로부터 3차원 현실공간으로 해당 정보를 받아 들이 데 이해력의 한계가 발생하고 있다.



[AR Navigation of T-Map]



[AR Navigation of I Navi]

- Marker Code 인식률 98% (마커사이즈 20cm×20cm 크기 기준) 기반으로 2D에서 3D로의 구현 기술

[현재 서비스 수준]	[AR 증강현실 적용이 전체 네트워크로 구현]

■ Marker 없이 측위 및 AR 정보 위치차이 극복 가능한 기술개발

- 기존 사용하는 빅데이터 기반으로 AI 학습알고리즘을 구현할 경우 Marker 없이 동일한 서비스 구현이 가능할 수 있는 이미지 측위 기술개발이 필요함

6-4. 기업화 추진방안

■ 시장규모 분석

- 2017년 기준으로 미주 지역이 전체의 57.0%로 가장 큰 시장을 형성하고 있으며, 유럽·중동·아프리카 시장은 24.5%, 아시아 태평양 시장은 18.5%를 차지하고 있는 것으로 나타났다. 아시아 태평양 지역은 연평균 43.45%씩 성장하여 2021년 전체 시장의 20.5%를 차지할 것으로 예상되며, 유럽·중동·아프리카 지역은 연평균 42.67%씩 성장하여 26.5%를 차지할 것으로 예상된다. 미주 지역은 상대적으로 낮은 연평균 성장률인 31.13%를 기록하여 2021년 53.0%의 시장을 차지할 것으로 전망된다.
- 실내공간 분야의 시장규모는 2017년 Indoor 시장이 13.9%인 36억 달러로 추산된다. 소매 부문의 위치추적과 같은 근접 기반 솔루션의 도입이 확대되면서 Indoor 시장이 상대적으로 높은 성장률을 기록할 것으로 예상되는데, 2021년에 Indoor 시장 비중은 16.9%까지 높아질 것으로 예상된다.
 - Indoor 시장 매출액 비중은 2017년 13.9%에서 2018년 14.9%, 2019년 15.8%, 2020년 16.5%, 2021년 16.9%까지 지속적으로 증가 예상
 - Indoor 시장의 매출액 비중이 상승하는 이유는 소매 부문의 실내 위치 추적과 같은 근접 기반 솔루션의 도입이 확대되는 것이 주요 요인으로 분석됨
 - 시장 성장의 주요 요인의 경우 Indoor LBS 서비스는 소비자에게 쇼핑·이벤트 광고 및 할인 쿠폰 등을 제공함으로써 광고 비용을 줄이는 것은 물론, 상품/서비스의 판매를 확대시킬 수 있음
 - 또한 Indoor LBS 서비스는 소매 부문(쇼핑센터 등)에서 시작하여 최근에는 공항, 박물관, 컨벤션 센터 등 이용자들이 상대적으로 많고, 공간구조가 복잡한 건물시설로 확대되고 있음
 - 한편, Indoor LBS 기술은 이용자의 위치 및 이동 추적은 기본이며, 공공 보안, 위험 관리, 소매 및 비즈니스 분석 등 다양한 서비스를 제공하면서 진화된 기능을 제공하는 데 주력

■ 생산계획

구 분		(2022 년) 개발 종료 후 1년	(2023 년) 개발 종료 후 2년	(2024 년) 개발 종료 후 3년
국 내	시 장 점 유 율 (%)	11	17	30
	판매량(단위: 개소)	150	600	2,150
	판 매 단 가 (원)	10,500천원	8,500천원	6,500천원
	국 내 매출액(백만원)	550	1,050	1,900
해 외	시 장 점 유 율 (%)	2	5	10
	판매량(단위:)	60	280	1,050
	판 매 단 가 (달 러)	10,460	8,460	8,460
	해 외 매출액(백만달러)	10,023	24,115	40,46
당 사 생 산 능 력		1,100	2,150	3,200

■ 투자계획

(단위: 백만원)

항목		(2022 년) 개발 종료 후 1년	(2023 년) 개발 종료 후 2년	(2024 년) 개발 종료 후 3년
매 출 원 가		307.5	437.5	600
판 매 관 리 비		30	55	65
자 본 적 지 출	토 지	-	-	-
	건 물 / 구 축 물	-	-	-
	기 계 장 치 등	-	-	-
자 본 적 지 출 합 계		337.5	492.5	665

■ 사업화 전략 : (주)오토란스

- 전략 1 : (주) 오토란스 대상 기술이전과 함께 엘지사이언스파크 실증센터 사례와 운영기술 등을 일체적으로 지원

구 분	구체적인 내용												
형 태 / 규 모	• 상용화 형태 – Google Maps와 연계한 실내공간용 보행자 내비게이션 웹 인터페이스 방식으로 전환 – 차량공유사업자(예: 쏘카, 카카오 등), 지리정보가 가장 낮은 공항 등을 적극 개발 • 수요처 – 여행사 또는 티켓에매사:하나투어, 모두투어, 인터파크, 티켓링크 등 – 지하철 : 서울교통공사, 코레일, 민간도시철도사업자 등 – 버스 : 지자체 또는 버스운송사업조합 – 카셰어링 :쏘카, 그린카, 나눔카, 렌터카 업체 등 – 바이크 : MaaS-Asia, O-Bike, 지자체 등 – 주차장 : 광명역, 서울역 등 • 개발 투입 인력 및 기간												
	<table><tr><th>구분</th><th>H/W</th><th>S/W</th><th>소계</th></tr><tr><td>인원</td><td>1인</td><td>2인</td><td>3인</td></tr><tr><td>기간</td><td>12M</td><td>12M</td><td>24M</td></tr></table>	구분	H/W	S/W	소계	인원	1인	2인	3인	기간	12M	12M	24M
	구분	H/W	S/W	소계									
	인원	1인	2인	3인									
기간	12M	12M	24M										
상용화 계획 및 일정	• 22.03 ~ 23.01 : 엘지사이언스파크 • 22.02 ~ 23.05 : 토론토 공항 적용												

- 전략 2 : B2B 사업 추진
 - 기업의 요청에 따라 해당 소유자 맞춤형 시스템을 제공하는 사업방식 (예 : 엘지사이언스파크 Walking Map)

■ 사업화 모형 수립(BM) 배경

- 사업화 모형을 수립하는데 많이 활용되는 Business Model Canvas로 다음과 같이 구성

Key Partners	Key Activities	Value Propositions	Customer relationships	Customer segments
• Google 아시아 • 매스아시아 • 모두의 셔틀 • Konestco	• 웹표준 반응형 페이지 구현 • 사용 편의성 증대	• 스마트 모빌리티 서비스는 다른 상품과 결합하여 무한의 가치 창출이 가능함 (예: 모빌리티 서비스와 관광서비스)	• 교통대/UNSW, • 워드라이브 • 모두의 셔틀	• 스마트 모빌리티 운영사 (매스아시아, 이비카드, 모두의 셔틀, 서울교통공사 등) • 영상 기반 실내측위 기술의 AI 분야 적용 • 마커 등 사용자 기기 확인 기술을 통한 새로운 서비스 가능
Key Resources			Channels	
	• 웹표준 반응형 페이지 구현		• 기존 BMS 유통망 • 웹사이트 • 운수업체	
Cost Structures			Revenue streams	
• 홍보자료 제작비용 • Customizing 비용			• 시스템 구축비 • 시스템 운영/유지보수비	

■ 사업화 모형의 목표 및 핵심 경쟁 요인

- (구글 나우) 모바일 애플리케이션에서 이용할 수 있는 개인비서, 자연어 사용자 인터페이스를 이용하여 질문에 답하고, 권고하며 요청에 따른 동작 수행
 - 대중교통, 교통정보, 주변명소, 이벤트, 일정 등과 관련된 정보 검색 및탐색 서비스 제공
- 지도와 생활정보가 결합된 구글맵에 목적지를 안내하는 내비게이션 기능 추가
 - 현재 위치에서 목적지까지의 거리와 이동하는데 걸리는 평소 예상 시간을 보여주는 새로운 막대 그래프를 추가
 - 목적지 근처의 교통 상황(주차장 유무, 혼잡 유무)을 알 수 있으며, 시간대별로 목적지에 도달하는데 걸리는 시간을 제공

- 구글 지도에서 이용자가 30초 이내의 영상을 업로드할 수 있는 가이드 프로그램을 출시
 - 식당, 호텔, 랜드마크 등을 살펴볼 수 있는 10초 분량의 짧은 동영상을 녹화하고 업로드할 수 있는 기능 추가
 - 장소를 찾아 선택한 다음 사진추가를 누른 후 동영상을 업데이트하여 사용
- 위치기반서비스와 관련된 다양한 기술 개발에도 주력 : 카메라를 통해 주변 환경을 읽고 이를 기반으로 사용자가 현재 어디에 있는지 판단하는 기술인 VPS(Visual Positioning System) 기술 공개
 - 구글맵, 실내지도 서비스 등과 결합하면 사용자가 원하는 물건이 있는 위치까지 쉽게 근접할 수 있으며, 시각장애인에게 유용한 서비스로 평가
 - 사용자의 현재 상황에 지능적으로 반응하는 서비스를 만들 수 있는 구글 'Awareness API 공개'
 - 구글 Awareness API 기술은 시간, 위치, 장소, 비콘, 헤드폰 등의 변화를 감지해 설정할 수 있는데, 지오펜스와 결합하여 사용자에게 특별한 이벤트를 발생시킬 수 있을 것으로 기대
 - 이밖에도 머신러닝 기술을 활용한 구글 주차예약시스템을 제공하고 있으며, 불법 어업 활동을 감시하는 글로벌 피싱위치 앱도 제공
- Customer segments: (1) 스마트 모빌리티를 운영하거나 계획 중인 운수업체 및 교통카드, 전자페이 등 (2)심야시간 운전자 인건비가 부담스러운 운수업체
- Value Propositions: 값싸게 획득할 수 있는 서비스 제공
- Channel: (1)기존 버스정보시스템(BMS) 유통망 (2)자율주행 대중교통 관제시스템의 경우는 기존의 운수업체 유통망과 웹사이트를 통한 직판을 추진할 계획
- 고객 대응 전략: Google Asia 와의 협력관계를 구축하고, 본 개발제품의 신뢰성 검증을 위해 뉴사우스웨일즈 대학과 국제공동연구 수행
- 판매 방식: 서비스의 초기 구축비용과 시스템 운영/유지보수비

■ 목표 시장 구조

- 글로벌 기업(Google, Apple, Naver 등)

■ 시장 진입 장벽

- 자율주행 관제서비스와 비즈니스모델이 개발된다고 하더라도, 기술수요기관들에게 무인으로 운행되는 자율주행차량의 안전성에 대한 확신을 심어줄 수 있어야 하며, 만에 하나 사고가 발생할 경우 감당해야 할 법적 책임에 대한 의구심을 해소시켜 줘야함

■ 수익 확보 전략

- 실내지도와 모빌리티 사업자, 주차장, 쇼핑몰, 게임업체 등 다양한 산업군

6-5. 기술이전

No.	요소기술 구분	계약명	실시기업명	계약체결일	기술사용 시작일	기술사용 종료일	징수일자	징수금액 (천원)	계약 유형
1	1-가	실내길안내방법및 이를위한 시스템	오토란스	2022년 3월 예정					고정
2	1-다	마커를 이용한 실내 길안내를 위한 실내경로 계획수립 및 마커의 자동생성을 실행하는 방법 및 이를 위한 장치	오토란스	2022년 3월 예정					고정

참고문헌

- Jayakanth, K.; AbdelGhani, K.; Somaya, A.; Abdulla, A. Indoor positioning and wayfinding systems: A survey. *Hum.-Centric Comput. Inf. Sci.* 2020, 10, 18.
- Yan, J.; Diakité, A.A.; Zlatanova, S.; Aleksandrov, M. Top-Bounded Spaces Formed by the Built Environment for Navigation Systems. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 2019, 8, 224. [CrossRef]
- Ambareesh, S.; Tejashwini, D.; Deeksha, R.S.; Sangeetha, S. Navigation for Indoor Location Based On QR Codes and Google Maps—A Survey. *Int. J. Innov. Res. Inf. Secur.* 2017, 4, 43-48.
- Fallah, N.; Apostolopoulos, I.; Bekris, K.E.; Folmer, E. Indoor Human Navigation Systems: A Survey. *Interact. Comput.* 2013, 25, 21-33.
- Dudas, P.M.; Ghafourian, M.; Karimi, H.A. ONALIN: Ontology and algorithm for indoor routing. In Proceedings of the 2009 Tenth International Conference on Mobile Data Management: Systems, Services and Middleware, Taipei, Taiwan, 18-20 May 2009; pp. 720-725.
- Ghafourian, M.; Karimi, H.A. CAD/GIS Integration Issues for Seamless Navigation between Indoor and Outdoor Environments. In *CAD and GIS Integration*; Auerbach Publications: Boca Raton, FL, USA, 2009; pp. 141-154.
- Golledge, R.G. Path selection and route preference in human navigation: A progress report. In *International Conference on Spatial Information Theory*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 1995; pp. 207-222.
- Bellmore, M.; Nemhauser, G.L. The traveling salesman problem: A survey. *Oper. Res.* 1968, 16, 538-558. [CrossRef]
- Dijkstra, E.W. A note on two problems in connexion with graphs. *Numer. Math.* 1959, 1, 269-271. [CrossRef]
- Pasilliao, E.L.; Pardalos, P.M.; Pitsoulis, L.S. Branch and bound algorithms for the multidimensional assignment problem. *Optim. Methods Softw.* 2005, 20, 127-143. [CrossRef]
- Morrison, D.R.; Jacobson, S.H.; Sauppe, J.J.; Sewell, E.C. Branch-and-bound algorithms: A survey of recent advances in searching, branching, and pruning. *Discret. Optim.* 2016, 19, 79-102. [CrossRef]
- Nandini, D.; Seeja, K. A novel path planning algorithm for visually impaired people. *J. King Saud Univ.-Comput. Inf. Sci.* 2019, 31, 385-391. [CrossRef]
- Duckham, M.; Kulik, L. "Simplest" paths: Automated route selection for navigation. In *International Conference on Spatial Information Theory*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2003; pp. 169-185.
- Liu, L.; Zlatanova, S. A two-level path-finding strategy for indoor navigation. In *Intelligent Systems for Crisis Management*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2013; pp. 31-42.
- Andreev, S.; Dibbelt, J.; N llenburg, M.; Pajor, T.; Wagner, D. Towards Realistic Pedestrian Route Planning. In Proceedings of the 15th Workshop on Algorithmic Approaches for Transportation Modelling, Optimization, and Systems (ATMOS 2015), Patras, Greece, 17 September 2015; Schloss Dagstuhl-Leibniz-Zentrum fuer Informatik: Wadden, Germany, 2015.
- Balata, J.; Berka, J.; Mikovec, Z. Indoor-Outdoor Intermodal Sidewalk-Based Navigation Instructions for Pedestrians with Visual Impairments. In *International Conference on Computers Helping People with Special Needs*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2018; pp. 292-301.
- Cambra, P.J.; Gonçalves, A.; Moura, F. The digital pedestrian network in complex urban contexts: A primer discussion on typological specifications. *Finisterra* 2019, 54, 155-170.
- Wang, Z.; Zlatanova, S. Safe Route Determination for First Responders in the Presence of Moving Obstacles. *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.* 2020, 21, 1044-1053. [CrossRef]
- Sharker, M.H.; Karimi, H.A.; Zgibor, J.C. Health-optimal routing in pedestrian navigation services. In Proceedings of the First ACM SIGSPATIAL International Workshop on Use of GIS in Public Health, Redondo Beach, CA, USA, 6 November 2012; ACM: New York, NY, USA, 2012; pp. 1-10.
- Alam, M.; Perugu, H.; McNabola, A. A comparison of route-choice navigation across air pollution exposure, CO2 emission and traditional travel cost factors. *Transp. Res. Part D Transp. Environ.* 2018, 65, 82-100. [CrossRef]
- Fang, Z.; Li, L.; Li, B.; Zhu, J.; Li, Q.; Xiong, S. An artificial bee colony-based multi-objective route planning algorithm for use in pedestrian navigation at night. *Int. J. Geogr. Inf. Sci.* 2017, 31, 2020-2044. [CrossRef]
- Yan, J.; Zlatanova, S.; Diakite, A.A. Two new pedestrian navigation path options based on semi-indoor space. *ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.* 2020, VI-4/W1-2020, 175-182. [CrossRef]

- Kimmel, R.; Amir, A.; Bruckstein, A.M. Finding shortest paths on surfaces using level sets propagation. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* 1995, 17, 635–640. [CrossRef]
- Karimi, H.A.; Jiang, M.; Zhu, R. Pedestrian navigation services: Challenges and current trends. *Geomatica* 2013, 67, 259–271. [CrossRef]
- Millonig, A.; Schechtner, K. Developing landmark-based pedestrian-navigation systems. *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.* 2007, 8, 43–49. [CrossRef]
- Zar, M.T.; Sein, M.M. Finding shortest path and transit nodes in public transportation system. In *Genetic and Evolutionary Computing*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2016; pp. 339–348.
- Howard, C.; Burns, E.K. Cycling to work in Phoenix: Route choice, travel behavior, and commuter characteristics. *Transp. Res. Rec.* 2001, 1773, 39–46. [CrossRef]
- Zeng, W.; Church, R.L. Finding shortest paths on real road networks: The case for A. *Int. J. Geogr. Inf. Sci.* 2009, 23, 531–543. [CrossRef]
- Kolavali, S.R.; Bhatnagar, S. Ant colony optimization algorithms for shortest path problems. In *International Conference on Network Control and Optimization*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2008; pp. 37–44.
- Jünger, M.; Reinelt, G.; Rinaldi, G. The traveling salesman problem. *Handb. Oper. Res. Manag. Sci.* 1995, 7, 225–330.
- Hoffman, K.L.; Padberg, M.; Rinaldi, G. Traveling salesman problem. *Encycl. Oper. Res. Manag. Sci.* 2013, 1, 1573–1578.
- López-Ibáñez, M.; Blum, C.; Ohlmann, J.W.; Thomas, B.W. The travelling salesman problem with time windows: Adapting algorithms from travel-time to makespan optimization. *Appl. Soft Comput.* 2013, 13, 3806–3815. [CrossRef]
- Montero, A.; Méndez-Díaz, I.; Miranda-Bront, J.J. An integer programming approach for the time-dependent traveling salesman problem with time windows. *Comput. Oper. Res.* 2017, 88, 280–289. [CrossRef]
- Öncan, T.; Altinel, I.K.; Laporte, G. A comparative analysis of several asymmetric traveling salesman problem formulations. *Comput. Oper. Res.* 2009, 36, 637–654. [CrossRef]
- Bektas, T. The multiple traveling salesman problem: An overview of formulations and solution procedures. *Omega* 2006, 34, 209–219. [CrossRef]
- Kitjachoenchai, P.; Ventresca, M.; Moshref-Javadi, M.; Lee, S.; Tanchoco, J.M.; Brunese, P.A. Multiple traveling salesman problem with drones: Mathematical model and heuristic approach. *Comput. Ind. Eng.* 2019, 129, 14–30. [CrossRef]
- Salman, R.; Ekstedt, F.; Damaschke, P. Branch-and-bound for the precedence constrained Generalized Traveling Salesman Problem. *Oper. Res. Lett.* 2020, 48, 163–166. [CrossRef]
- Werner, M. Selection and ordering of points-of-interest in large-scale indoor navigation systems. In *Proceedings of the 2011 IEEE 35th Annual Computer Software and Applications Conference*, Munich, Germany, 18–22 July 2011; pp. 504–509.
- Munkres, J.R. *Elements of Algebraic Topology*; Addison-Wesley Menlo Park: 1984; Volume 2.
- Yan, J.; Zlatanova, S.; Diakité, A. A unified 3D space-based navigation model for seamless navigation in indoor and outdoor. *Int. J. Digit. Earth* 2021, 14, 985–1003. [CrossRef]
- Idrees, A.; Iqbal, Z.; Ishtaq, M. An efficient indoor navigation technique to find optimal route for blinds using QR codes. In *Proceedings of the 2015 IEEE 10th Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA)*, Auckland, New Zealand, 15–17 June 2015; pp. 690–695.
- Watson, D.F. Computing the n-dimensional Delaunay tessellation with application to Voronoi polytopes. *Comput. J.* 1981, 24, 167–172. [CrossRef]
- Xie, D.; Zhu, H.; Yan, L.; Yuan, S.; Zhang, J. An improved Dijkstra algorithm in GIS application. In *Proceedings of the World Automation Congress 2012*, Puerto Vallarta, Mexico, 24–28 June 2012; pp. 167–169.
- Yan, J.; Diakité, A.A.; Zlatanova, S. A generic space definition framework to support seamless indoor/outdoor navigation systems. *Trans. GIS* 2019, 23, 1273–1295. [CrossRef]
- Roth, J. Efficient many-to-many path planning and the Traveling Salesman Problem on road networks. *Int. J. Knowl.-Based Intell. Eng. Syst.* 2016, 20, 135–148. [CrossRef]
- Boryczka, U.; Szwarc, K. The harmony search algorithm with additional improvement of harmony memory for asymmetric traveling salesman problem. *Expert Syst. Appl.* 2019, 122, 43–53. [CrossRef]

- Anily, S.; Bramel, J. Approximation algorithms for the capacitated traveling salesman problem with pickups and deliveries. *Nav. Res. Logist.* 1999, 46, 654–670. [CrossRef]
- Monnot, J.; Paschos, V.T.; Toulouse, S. Approximation algorithms for the traveling salesman problem. *Math. Methods Oper. Res.* 2003, 56, 387–405. [CrossRef]
- Alipour, M.M.; Razavi, S.N.; Derakhshi, M.R.F.; Balafar, M.A. A hybrid algorithm using a genetic algorithm and multiagent reinforcement learning heuristic to solve the traveling salesman problem. *Neural Comput. Appl.* 2018, 30, 2935–2951. [CrossRef]
- Choong, S.S.; Wong, L.P.; Lim, C.P. An artificial bee colony algorithm with a modified choice function for the traveling salesman problem. *Swarm Evol. Comput.* 2019, 44, 622–635. [CrossRef]
- Alzantot M. and Youssef M.(2012), “UPTIME: Ubiquitous pedestrian tracking using mobile phones,” *IEEE Wireless Commu. Netw. Conf.*, pp.3204–3209.
- Anastasi G., Bandelloni R., Conti M., Delmastro F., Gregori E. and Mainetto G.(2003), “Experimenting an indoor bluetooth-based positioning service,” *Intern. Conf. on Distributed Comp. Syst. Workshops*, pp.480–483.
- Ban R., Kaji K., Hiroi K. and Kawaguchi N.(2015), “Indoor positioning method integrating pedestrian Dead Reckoning with magnetic field and WiFi fingerprints,” *International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking*, pp.167–172.
- Baniukevic A., Sabonis D., Jensen C. S. and Lu H.(2011), “Improving Wi-Fi based indoor positioning using Bluetooth add-ons,” *IEEE 12th Intern. Conf.on Mob. Data Manag.*, pp.246–255.
- Brown D. G. and Golod D.(2010), “Decoding HMMs using the k best paths: Algorithms and applications,” *BMC Bioinformat.*, vol. 11, no. 1, p.S28.
- Chen G., Meng X., Wang Y., Zhang Y., Tian P. and Yang H.(2015), “Integrated WiFi/PDR/Smartphone using an unscented kalman filter algorithm for 3D indoor localization,” *Sensors*, no. 9, pp.24595–24614.
- Cho Y., Cho S., Kim B., Lee S., Kim J. and Choi W.(2007), “Technical trend of indoor/outdoor seamless positioning,” *Electronics and telecommunications trends*, vol. 22, no. 3, pp.20–28.
- Combettes C. and Renaudin V.(2017), “Walking direction estimation based on statistical modeling of human gait features with handheld MIMU,” *IEEE/ASME Trans. on Mechatronics*, vol. 22, pp.2502–2511.
- Jin Y., Toh H. S., Soh W. S. and Wong W. C.(2011), “A robust dead-reckoning pedestrian tracking system with low cost sensors,” *IEEE Intern. Conf. Perv. Comput. Commu.*, pp.222–230.
- Jung S. and Han D.(2016), “Unsupervised learning for crowdsourced indoor localization in wireless networks,” *IEEE Trans. Mobile Comput.*, vol. 15, no. 11, pp.2892–2906.
- Jung S., Lee C. and Han D.(2011), “Wi-Fi fingerprint-based approaches following log-distance path loss model for indoor positioning,” *IEEE MTT-S Workshop Series on Intellig. Radio for Future Personal Terminals*, pp.1–2.
- Jung S., Lee G. and Han D.(2018), “Methods and tools to construct a global indoor positioning system,” *IEEE Trans. on Syst., Man, and Cybernetics: Syst.*, vol. 48, no. 6, pp.906–919.
- Kim H.(2006), “Wireless LAN-based LBS services,” *Telecommu. Review*, vol. 16, no. 2, pp.188–202. Kim S. H., Ahn T. K. and Kim J. H.(2014), “Study on location-based services using LED indoor real-time locating system in railway system,” *Jour. of the Kor. Soci. for Railway*, pp.1331–1335. Kim W. G., Kim H. and Lim G. H.(2019), “Development of Indoor Navigation System based on the Augmented Reality in Subway Station,” *Journal of ITS*, vol. 18, no. 1, pp.43–55.
- Kim Y. H.(2006), “A Basic strategy of intermodal transfer information at the railway station,” *Jour. of the Kor. Soci. for Railway*, pp.12–17.
- Le Grand E. and Thrun S.(2012), “3-Axis magnetic field mapping and fusion for indoor localization,” *IEEE Intern. Conf. on Multi. Fusion and Integ.or Intelli. Syst. (MFI)*, pp.358–364.
- Lee H., Yang D., Han and Yu C.(2010), “Crowdsourced radiomap for room-level place recognition in urban environment,” *Intern. Conf. on Perv. Comput. and Commu. Workshops*, pp.648–653.
- Lee J. H. and Shim M. G.(2009), “A study on connection & transfer system between railroad and other transportation Mode,” *Jour. of the Kor. Soci. for Railway*, pp.1457–1463.

- Lee M. H., An T. K. and Shin J. R.(2010), "A Study on Information Sharing Systems for the Urban Transit," Symp. of the Kor. Inst.of commu. and Info. Scie., pp.202–203.
- Lim J. S., Jang W. H., Yoon G. and Han D.(2013), "Radio map update automation for WiFi positioning system," IEEE Comm. Lett., vol. 17, no. 4, pp.693–696.
- Park J. H., Kim Y. H. and Hong S. H.(2004), "A study on the user requirement for intelligent railway information service," Jour. of the Kor. Soci. for Railway, pp.137–143.
- Shao W., Zhao F., Wang C., Luo H., Zahid T. M., Wang Q. and Li D.(2016), "Location fingerprint extraction for magnetic field magnitude based indoor positioning," Journal of Sensors, vol. 2016, pp.1–16.
- Shin S. I., Park J. J., Lee J. C. and Ha T. J.(2008), "Development of User Customized Path Finding Algorithm for Public Transportation Information," Jour. of the Kor. socie. of civil engineers D, vol. 28, no. 3D, pp.317–323.
- Yu I. S., Song S. T., Park S. G., Jang H. H. and Choi S. Y.(2014), "A study on the ICT grafting way of railway sector," Jour. of the Kor. Soci. for Railway, pp.870–876.
- Zou H., Jiang H., Lu X. and Xie L.(2014), "An online sequential extreme learning machine approach to WiFi based indoor positioning," IEEE Intern. of Things Forum, pp.111–116.

[뒷면지]

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통과학기술 연구개발사업 ‘세계시장 진출을 위한 구글맵(Google Maps) 기반의 증강현실(AR) 적용 실내공간용 보행자 내비게이션 플랫폼 개발’ 연구개발과제 최종보고서이다.
2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 국토교통부(국토교통과학기술진흥원)에서 시행한 국토교통과학기술 연구개발사업의 결과임을 밝혀야 한다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.