보안 과제( ), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개( )

국토교통기술사업화지원사업

R&D 22TBIP-C160515-02

단계보고서 [1단계]

스마트시티 데이터 수요에 대응한 기존 유동인구 계측 시스템 대비 통신범위(15km)가 확장된 LoRa기반 실내/야외 실시간 People Count(IR-UWB, WiFi, IR-송수신, PIR) 시스템과 oneM2M 국제표준 유동인구 플랫폼 개발

2022. 10.

주관연구기관 / ㈜제로웹

국 토 교 통 부

국토교통과학기술진흥원

■ 국가연구개발혁신법 시행규칙 [별지 제4호서식]

단계보고서

보안등급
일반[✔], 보안[ ]

중앙행정기관명	국토교통부	사업명	사업명	국토교통기술사업화지원사업	
전문기관명(해당 시 작성)	국토교통과학기술진흥원		내역사업명 (해당 시 작성)	중소기업 보유기술 사업화	
공고번호	공고-제4호	총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)		(해당없음)	
		연구개발과제번호		22TBIP-C160515-02	

기술분류	국가과학기술 표준분류	EE0902	50%	EE0904	25%	EE0201	25%	
	부처기술분류 (해당 시 작성)	(해당없음)						

총괄연구개발명 (해당 시 기재)	국문	(해당없음)
	영문	
연구개발과제명	국문	스마트시티 데이터 수요에 대응한 기존 유동인구 계측 시스템 대비 통신범위(15km)가 확장된 LoRa기반 실내/야외 실시간 People Count (IR-UWB, WiFi , IR-송수신, PIR) 시스템과 oneM2M 국제표준 유동인구 플랫폼 개발
	영문	LoRa-based indoor/outdoor real-time people count (IR-UWB, WiFi, IR, PIR) system and oneM2M TTA with extended communication range (15km) compared to the existing floating population measurement system responding to smart city data demand Development of standard floating population platform

주관연구개발기관	기관명	㈜제로웹		사업자등록번호	607-86-05339
	주소	(우48058) 부산광역시 해운대구 수영강변대로 140, BCC 806호		법인등록번호	180111-0824771
연구책임자	성명		shokirkhon	직위	연구소장
	연락처	직장전화	1544-6044	휴대전화	010-2535-3596
		전자우편	chodak1290@zeroweb.kr	국가연구자번호	11509353

연구개발기간	전체	2021. 04. 01 - 2023. 12. 31(2년 9개월)
	단계 1단계[1년차]	2021. 04. 01 - 2021. 12. 31(0년 9개월)
	단계 1단계[2년차]	2022. 01. 01 - 2022. 12. 31(1년 0개월)
	단계 2단계[3년차]	2023. 01. 01 - 2023. 12. 31(1년 0개월)

연구개발비 (단위: 천원)		정부지원 연구개발비	기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금				합계			연구개발비 외 지원금
					지방자치단체		기타( )					
		현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	현금	현물	합계	
총계		2,000,000	134,000	1,206,000	-	-	-	-	2,134,000	1,206,000	3,340,000	-
1단계	1년차	493,000	33,031	297,279	-	-	-	-	526,031	297,279	823,310	-
	2년차	670,000	44,667	401,998	-	-	-	-	714,667	401,998	1,116,665	-
2단계	3년차	837,000	55,800	502,200	-	-	-	-	892,800	502,200	1,395,000	-

공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)	기관명	책임자	직위	휴대전화	전자우편	비고	
						역할	기관유형
공동연구개발기관	-	-	-	-	-	-	-
위탁연구개발기관	-	-	-	-	-	-	-
연구개발기관 외 기관	-	-	-	-	-	-	-

연구개발과제 실무담당자	성명	이지은		직위	책임연구원
	연락처 직장전화	070-4659-4798		휴대전화	010-3714-0984
	연락처 전자우편	easyeun46@zeroweb.kr		국가연구자번호	12464764

이 단계보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 연구개발과제 중단, 협약 해약, 제재처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2022 년 10 월 31 일

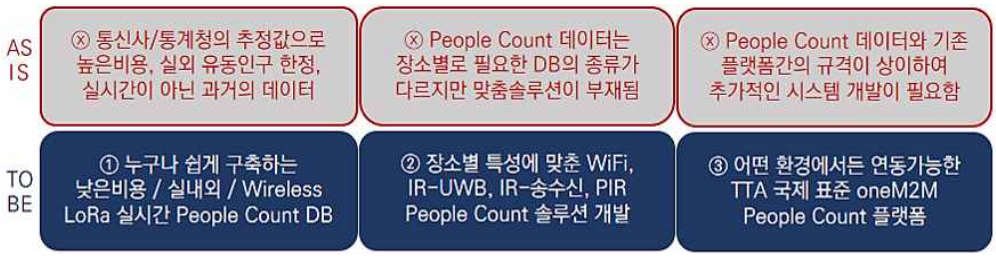
연구책임자: Shkorkhon Oppokhonov (인)

주관연구개발기관의 장: 이 재 현 대표이사 (직인)

국토교통과학기술진흥원장 귀하

< 요 약 문 >

※ 요약문은 5쪽 이내로 작성합니다.

<table>
<tr><td colspan="2">사업명</td><td colspan="3">국토교통기술사업화지원사업</td><td colspan="2">총괄연구개발 식별번호
(해당 시 작성)</td><td colspan="2">(해당없음)</td></tr>
<tr><td colspan="2">내역사업명
(해당 시 작성)</td><td colspan="3">중소기업 보유기술 사업화</td><td colspan="2">연구개발과제번호</td><td colspan="2">22TBIP-C160515-02</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술분류</td><td>국가과학기술
표준분류</td><td>EE0902</td><td>50%</td><td>EE0904</td><td>25%</td><td>EE0201</td><td>25%</td><td></td></tr>
<tr><td>부처기술분류</td><td colspan="7">(해당없음)</td></tr>
<tr><td colspan="2">총괄연구개발명</td><td colspan="7">(해당없음)</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구개발과제명</td><td colspan="7">스마트시티 데이터 수요에 대응한 기존 유동인구 계측 시스템 대비 통신범위(15km)가 확장된 LoRa기반 실내/야외 실시간 People Count (IR-UWB, WiFi, IR-송수신, PIR) 시스템과 oneM2M 국제표준 유동인구 플랫폼 개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">전체 연구기간</td><td colspan="7">2021. 04. 01 - 2023. 12. 31 (2년 9개월)</td></tr>
<tr><td>해당 단계</td><td colspan="7">2021. 04. 01 - 2022. 12. 31 (1년 9개월)</td></tr>
<tr><td colspan="2">총 연구개발비</td><td colspan="7">총 3,340,000 천원
(정부지원연구개발비 : 2,000,000 천원, 기관부담연구개발비 : 1,340,000 천원)</td></tr>
<tr><td>해당 단계</td><td colspan="7">총 1,939,975 천원
(정부지원연구개발비 : 1,163,000 천원, 기관부담연구개발비 : 776,975 천원)</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구개발단계</td><td colspan="3">기초[ ] 응용[ ] 개발[✔] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[ ]</td><td colspan="2">기술성숙도
(해당 시 작성)</td><td colspan="2">착수시점 기준(TRL 7)
종료시점 목표(TRL 9)</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구개발과제 유형</td><td colspan="7">지정공모[✔] 자유공모[ ]</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구개발과제 특성</td><td colspan="7">중소기업 주관과제</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구개발목표 및 내용</td><td>최종 목표</td><td colspan="7">○ 본 연구개발 최종 목표 및 내용
 

[목표 ①] LoRa 기반 유무선 실시간 People Count 센서 개발
(Easy to use & Low cost) 누구나 저렴한 비용으로 유동인구 데이터를 집계할 수 있도록 기존 유동인구 계측 시스템 대비 통신 범위가 15km 확장된 LoRa기반 실내/외 유무선 실시간 People count 센서를 개발하여, 국산제품으로 유동인구 센서와 솔루션 구축에서의 비용혁신을 만들어 유동인구 데이터 계측의 진입장벽을 낮춤
[목표 ②] 실내/야외 장소별 맞춤 People Count (WiFi, IR-UWB, ToF, PIR) 시스템 개발
(장소별 유동인구 맞춤 계측) 유동인구 계측 데이터가 필요하는 장소가 갖는 각각의 고유특성을 고려하여, 하나의 기술이 아닌 WiFi ProbeRequset, WiFi FingerPrint/GNSS, IR-UWB, IR-송수신, PIR 등 다양한 People count 계수기법을 개별 또는 융복합하여 장소별 맞춤 시스템 개발
[목표 ③] oneM2M TTA 표준 유동인구 플랫폼 개발 및 국내외 상용화
(표준 유동인구 플랫폼 수출) 계측되는 유동인구 데이터가 파편적으로 흩어지는 것이 아닌 표준화된 플랫폼에 모이도록 유동인구를 집계하는 센서의 아키텍처, API 사양, 보안을 'OneM2M표준'으로 국제적으로 호환할 수 있게 만들어 국내/국제적으로 어떠한 스마트시티 플랫폼이나 디지털트윈 플랫폼에서든 유동인구 계측 센서가 융합되기 용이하도록 개발</td></tr>
</table>

	전체 내용	○ 본 연구개발 전체 내용 도식화 ○ 연구개발 최종 목표 **세부1** LoRa 기반 유무선 실시간 People Count 센서 개발 **세부2** 실내/야외 장소별 맞춤 People Count (Wi-Fi, AI Vision, Radar) 시스템 개발 **세부3** oneM2M TTA 표준 유동인구 플랫폼 개발 및 국내외 상용화
1단계 [1차 년도]	목표	**- (1차년도) LoRa기반 유무선 People Count 센서 요소기술 실용화 (장거리통신)**
	내용	

기간	단계별 주요 연구활동	세부추진내용
H/W	■ 장거리 LoRa 통신시스템 개발	- LoRa 자체 920 중계망 구축
	■ 충전형 배터리 개발	- 18650 리튬이온 배터리 효율 연구
	■ 야외용 태양광 자가충전 개발	- Solar 태양광 자가충전 효율 연구
	■ 저전력 절전모드 개발	- 인체반응 PIR 전원 절전 제어 연구
S/W	■ People Count 계측요소 추출	- 실내/외 인구측정 방법조사
	■ 공간크기별 불특정다수계측 개발	- WiFi Probe Request RSSI/㎡ 연구
	■ 1인당 보유 Real Mac 분석	- Random Macaddress 추출법 개발
P/F	■ 기존 계측 플랫폼 비교분석	- 국내외 활용되는 계측 플랫폼 연구
	■ 표준 계측 플랫폼의 요소측정	- TTA표준 아키텍처, API사양 개발
	■ 데이터 국제 표준 규격 분석	- 해외 유동인구 데이터 API사양 연구

1단계 [2차 년도]	목표	**- (2차년도) 장소별 복합 People Count 센서/데이터 요소기술 실용화 (장소별특화)**
	내용	

기간	단계별 주요 연구활동	세부추진내용
H/W	■ 장소별 특성 고려한 센서개발	- 주변환경에 대한 특징 추출 (내구성)
	■ 야외 부착용 방수방진 설계	- 방수방진 IP56 설계
	■ WiFi AP, 리피터 성능 개선	- 계측 및 WiFi AP, 리피터 기능 개발
	■ 원거리 호흡,맥박 측정 재실감지	- 원거리 호흡,맥박 계측 IR-UWB 연구
S/W	■ 좌석형 공간 인원 계측	- 기존 PIR센서 좌석인지효율 개선
	■ 개폐형 입출입 인원 계측 개선	- 기존 ToF 방식 대비 누적오차 개선
	■ 야외/실내 특정기기 LBS 계측	- WiFi FingerPrint 자동맵핑,계측 연구
P/F	■ 표준 계측 시스템 성능평가	- 유동인구 계측 플랫폼 TTA 인증
	■ 계측 데이터 보안/안정성 보완	- People DB 안정성 확인 검증 및 보완
	■ 계측 데이터 연계 확장	- open API, 데이터바우처 공급 연계

	2단계 [3차년도]	목표	- (3차년도) 센서 구축 방식 다각화, People Count 제품 양산 및 국내외 인증, 해외수출
		내용	

기간	단계별 주요 연구활동	세부추진내용
H/W + S/W	■ 거치형센서 빌트인화	- POE설계, 인빌딩 빌트인 규격화
	■ 계측센서 LOT화(GNSS)	- 사용자 편의 및 분실방지를 위한 제품 LOT
	■ 양산품 제작 (People Count 제품 5종)	- ⓐ.야외/실내 불특정 People Count 제품
		- ⓑ.입출입 People Count 제품
		- ⓒ.원격 호흡,맥박 계측 People Count 제품
		- ⓔ.야외/실내 특정기기 People Tracking 제품
P/F	■ 계측시스템 매뉴얼 개발	- 센서와 연계된 시스템 매뉴얼 제작
	■ 플랫폼 사용자 편의 개선	- 사용자별 측정 시스템 UI/UX 개선 설계
	■ 국내 제품 성능 인증	- oneM2M 유동인구 제품/플랫폼 성능 인증
	■ 해외 수출 규격	- 일본,,캐나다,우주베키스탄 해외 수출 규격 인증

연구개발성과

○ 1단계 연차별 주요 성과 목표 및 활동

- **(1차년도)** LoRa기반 유무선 People Count 센서 요소기술 실용화 (장거리 통신)
- **(2차년도)** 장소별 복합 People Count 센서/데이터 요소기술 실용화 (장소별 특화)

○ 정성적 - 1년차 연구개발성과

기간		단계별 주요 연구활동	1차년도 연구개발성과
1차년도	H/W	■ 장거리 LoRa 통신 시스템 개발	▸ (LoRa) RS-GW-211PW 개발 완료
		■ 배터리, 태양광 자가충전 개발	▸ (태양광) RS-SB-211BL 개발 완료
		■ 저전력 절전모드 및 활동감지 개발	▸ (PIR) RS-PR-211PL 개발 완료
	S/W	■ People Count 입출입 계측요소 추출	▸ [3D AI] RS-3G-211PE 개발 완료
		■ 좌석형 공간 인원 계측	▸ [Wi-Fi] RS-SP-211PE 개발 완료
		■ 1인당 보유 Real Mac 분석	▸ Random Mac-address 추출법 개발 완료
	P/F	■ 표준 계측 플랫폼의 요소 추출	▸ RealSTEP Platform DB 표준화 API 개발 완료

○ 정성적 - 2년차 연구개발성과

기간		단계별 주요 연구활동	2차년도 연구개발 세부목표
2차년도	H/W	■ 장소별 특성 고려한 센서개발	▸ 센서 시제품 개발(보조 브라켓/마운트 동시 제작)
		■ 야외 부착용 방수방진 설계	▸ 방수방진 IP54 설계
		■ 리피터 성능 개선	▸ LoRa 통신 리피터 기능 추가 적용 연구
	S/W	■ 원거리 호흡,맥박 측정 재실감지	▸ 원거리 호흡,맥박 계측 IR-UWB, Wi-Fi CSI 연구
			▸ [Radar] 레이더 센서 개발 완료
		■ 좌석형 공간 인원 계측	▸ PIR 착좌 센서 연구
		■ 야외/실내 특정기기 LBS 계측	▸ SPOT BLE 측정 기술(SW 알고리즘) 개발
	P/F	■ 스마트시티 통합플랫폼 개발	▸ 스마트시티 관제(112/119/CCTV) 상호 연동 표준 인터페이스 SW 개발
		■ 유동인구 연계 서비스 개발	▸ 유동인구 연계 서비스 개발

○ 정량적 연구개발성과 - 1차년도

핵심 연구개발성과물		연구개발성과물		성과점검기준					
				질적 성과지표		목표	결과	달성	평가기관
A	LoRa 장거리 통신	A-1	자체 통신망 구축 LoRa Gateway 센서	a	통신거리 광활지 5km	5km	5km	100%	제로웹기업 부설연구소
B	다중 계측 센서 (장소별 특화)	B-1	야외/실내 불특정 People Count 센서 (Wi-Fi Probe Request)	a	신호 측정 속도 10sec 미만	10s	0.4s	190%	부산IT융합 부품연구소
				b	소모 전력 5w 미만	5w	3w	160%	제로웹기업 부설연구소
				c	계측 정확도 80% 이상	80%	100%	125%	부산IT융합 부품연구소
		B-2	입출입 계측 People Count 센서 (3D AI Vision)	a	신호 측정 속도 10sec 미만	10s	2s	180%	부산IT융합 부품연구소
				b	소모 전력 5w 미만	5w	4.6w	100%	제로웹기업 부설연구소
				c	계측 정확도 80% 이상	80%	85%	106.3%	부산IT융합 부품연구소
C	플랫폼 확산 (실용/사업화)	C-1	oneM2M 표준 유동인구 플랫폼 (Web Platform)	a	가용성 3.99hr 미만	3.99h	3.99h	100%	부산IT융합 부품연구소
		C-2		b	확장성 6hr 미만	6h	5s	116.6%	부산IT융합 부품연구소
		C-3		c	동시 DB 처리량 1만건 이상	1만	3만	300%	부산IT융합 부품연구소
		C-4		d	데이터 관리 80% 이상	80%	100%	125%	부산IT융합 부품연구소
		C-5		e	서비스 응답속도 30sec 미만	30s	4s	126%	부산IT융합 부품연구소
D	특허	D-1	일반 사용자에 의한 유동인구 서비스 제공방법	a	특허출원 1건	1건	1건	100%	대한민국 특허청
E	논문	E-1	Why abandon Randomized MAC-Address, Wi-Fi Probe Request 기반 유동인구 분석 방법	a	논문(비SCI) 1건	1건	1건	100%	한국정보 통신학회 KIICE
F	현장적용	F-1	부산국제영화제 영화의 전당 '야외홀'	a	야외/실내 Wi-Fi 센서 현장적용 1건	1건	1건	100%	부산국제 영화의전당
		F-2	부산국제영화제 영화의 전당 '더블콘'	b	입출입 3D Ai 센서 현장적용 1건	1건	1건	100%	부산국제 영화의전당
		F-3	부산국제영화제 영화의 전당 'Moible WEB'	c	oneM2M 플랫폼 현장적용 1건	1건	1건	100%	부산국제 영화의전당
		F-4	부산역 (1호선)	e	야외/실내 Wi-Fi 센서 현장적용 1건	-	1건	200%	부산교통 공사
G	인력창출	G-1	신규고용창출	a	신규고용창출 2명	2명	3명	150%	국민건강 보험공단
H	홍보성과	H-1	연구 개발관련 홍보	a	신문사 언론보도	-	2건	200%	네이버 머니투데이
1년차 연구개발 목표 대비 성과 달성률						139% 초과달성			

○ 포상 및 수상 실적

- **(1차년도)** 2021년 추계종합학술대회 우수논문

▸ 포상(수상)명 : 우수논문상
▸ 포상(수상) 내용 : 2021년 추계종합학술대회 우수논문으로 선정되어 이 상을 수여함
▸ 포상(수상)일 : 2021년 10월 29일
▸ 포상(수상)기관 : 한국정보통신학회
▸ 산학연구원 외 일반 기업 최초 연구 분야 우수논문상 수상 실적 달성
▸ 홍보성과 창출 : 2021.11.03 언론보도 '제로웹 유동인구 분석 기술 한국정보통신학회 우수논문상 수상'

○ 정량적 연구개발성과 - 2차년도

핵심 연구개발성과물		연구개발성과물		성과점검기준					
				질적 성과지표		목표	결과	달성	평가기관
A	LoRa 장거리 통신	A-1	자체 통신망 구축 LoRa Gateway 센서	a	통신거리 광활지 10km	10km	10km	100%	제로웹기업 부설연구소
B	다중 계측 센서 (장소별 특화)	B-1	다목적 People count 센서 (Radar 센서)	a	신호 측정 속도 10sec 미만	10s	2s	190%	부산IT융합 부품연구소
				b	소모 전력 5w 미만	5w	1.4w	128%	제로웹기업 부설연구소
				c	계측 정확도 80% 이상	80%	90%	112.5%	부산IT융합 부품연구소
C	플랫폼 확산 (실용/사업화)	C-1	oneM2M 표준 유동인구 플랫폼 (Web Platform)	a	가용성 2.99hr 미만	2.99h	2.99h	100%	부산IT융합 부품연구소
		C-2		b	확장성 4hr 미만	4h	6.31s	100%	부산IT융합 부품연구소
		C-3		c	동시 DB 처리량 2만건 이상	2만	2만	100%	부산IT융합 부품연구소
		C-4		d	데이터 관리 90% 이상	90%	100%	125%	부산IT융합 부품연구소
		C-5		e	서버스 응답속도 20sec 미만	20s	8.14s	111.1%	부산IT융합 부품연구소
D	특허	D-1	객체 추적이 용이한 영상 관제 시스템	a	특허출원 1건	1건	1건	100%	대한민국 특허청
E	현장적용	E-1	사회복지법인 전원	a	움직임 감지 Radar 센서 현장적용 1건	1건	1건	100%	사회복지법인 전원
		E-2	한국수자원공사 '부산 에코델타시티'	b	움직임 감지 Radar 센서 현장적용 1건	-	1건	200%	한국 수자원공사
		E-2	주택관리공단 부산울산지사 관리 대상가구	c	움직임 감지 Radar 센서 현장적용 1건	-	1건	200%	주택관리공단 부산울산지사
		E-3	서면역 (1호선)	d	야외/실내 Wi-Fi 센서 현장적용 1건	1건	1건	100%	부산광역시 미래기술혁신과
F	인력창출	F-1	신규고용창출	a	신규고용창출 3명	3명	5명	166%	국민건강 보험공단
G	시제품 제작	G-1	레이더센서 시제품 제작	a	Radar 센서 개발	-	1건	200%	제로웹기업 부설연구소
H	기술 및 제품 인증	H-1	KC 인증	a	전자파 적합성 검사	-	1건	200%	국립전파 연구원
2년차 연구개발 목표 대비 성과 달성률							137% 초과달성		

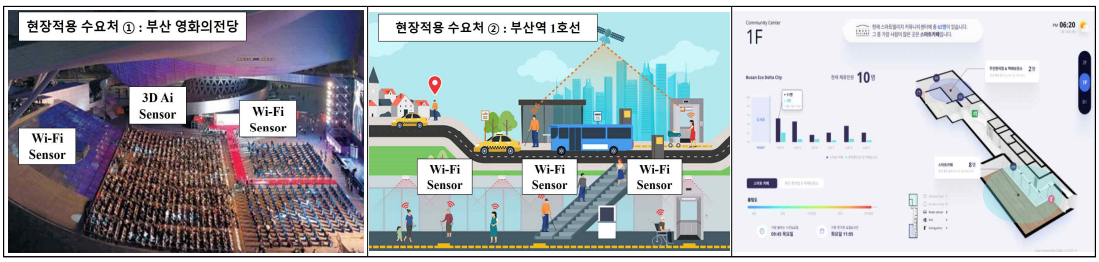
○ 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항

- **(2차년도)** 논문 KCI(Korea Citation Index) 등재

▸ 논문 제목 : Mac-Adress 분류를 통한 Wi-Fi Probe Request 기반 유동인구 분석 방법
▸ 등재일 : 2022년 4월
▸ 등재번호 : 한국정보통신학회논문지 Vol.26, No.4:612-623
▸ 발행기관 : 한국정보통신학회

- **(2차년도)** LoRa 장거리 통신 긱 방수방진 IP54 달성

▸ 시험 결과 : IP54등급 달성(분진 침투 없음 / 물 침투 없음)
▸ 성적서 번호 : R-22-256
▸ 발행일 : 2022년 10월 04일
▸ 발행기관 : 부경대학교 산학협력단 해양ICT융합기술센터

연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	○ **연구개발 성과 수요처 확대 계획** - **(3개년 수요처 계획)** 공공+민간사업자에서 지자체+민간개인 이후 해외수출 단계별 확대 - **(1년차 수요처 성과)** 민간 사업장이 입점 되어있는 공공기관(영화의전당, 부산역)에 R&D 시제품을 현장적용 함으로써 공공+민간에서의 상업적인 파급효과와 유동인구 데이터의 수요 분석 용이 - **(2년차 수요처 성과)** 국토교통기술(지하철 역사 내 길 안내)이 접목되어 있는 키오스크 내 Wi-FI Proberequest 센서 현장적용 - 또한, Radar 센서를 사회복지법인 전원 사무실과 유동인구가 많은 에코델타시티 내부에 설치하여 실내 움직임 감지 및 현장적용 ○ **1단계 연구개발성과 수요처 활용내용**  - **[더블콘] 입출입 계측** : 시간대별 방문자수 분석 - **[야외홀] Wi-Fi Sensor** : 실외 공간의 붐빔도 측정 - **[서비스] Web Platform** : 시민 분석용 유동인구 Data - **[부산역] Wi-Fi Sensor** : 부산역 이용자수 분석 : 지하철 다중출구 이용도 측정 - **[서면역] 역사 내부 people count** : 키오스크 주변 유동인구 분석 - **[에코델타시티] Radar 센서** : 건물 내부 사람 움직임 감지 : 현 인원수 및 유동인구 측정 - **[사무실] 내부 감지** : 사무실 내부 움직임 측정 ○ **1단계 연구개발성과 기대효과 및 경제적 파급효과** - **(산업 기초 데이터)** 유동인구 데이터 고유의 특징을 활용한 다양한 산업군의 Base Data로 활용

국문핵심어 (5개 이내)	유동인구	인원계측	전파 측위 시스템	와이파이 탐지	저전력 광역 통신망
영문핵심어 (5개 이내)	Floating population	People Count	Impulse Radio Ultra-Wide-Band	Wi-Fi Detection	LoRa

목 차

단계보고서 **1단계**

Ⅰ. 연구개발과제 개요

1. 연구개발과제의 개요 ····· 1

1) 연구개발과제의 최종 목표 ····· 5
2) 연구개발과제의 단계별 목표 ····· 11

2. 연구개발과제의 단계별 목표 ····· 3

Ⅱ. 해당 단계 연구개발실적

1. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용 ····· 5

1) LoRa 기반 유무선 People Count 센서 요소 기술 실용화 ····· 5
2) Wi-Fi 기반 피플카운팅 센서 개발 - SPOT V2.0 ····· 11
3) 이미지 프로세싱 영상 기반 피플카운팅 센서 개발 ····· 26
4) 인체 모션 감지 센서 개발 - Radar ····· 45
5) 원거리 호흡 맥박 측정 센서 개발 ····· 45
6) 표준 피플카운팅 플랫폼 설계 ····· 45
7) 사업화 요소 추출 및 검증 ····· 58

2. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도 ····· 62

1) 연구수행 결과 ····· 62
(1) 정성적 연구개발성과 ····· 62
(2) 정량적 연구개발성과 ····· 62
(3) 세부 정량적 연구개발성과 ····· 62
(4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항 ····· 62

3. 목표 미달 시 원인분석 ····· 74

1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용 ····· 62
2) 자체 보완활동 ····· 66
3) 연구개발 과정의 성실성 ····· 72

4. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도 ····· 74

5. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획 ····· 74

6. 연구개발비 사용 실적 ····· 74

1) 연구개발과제 사용 실적 ····· 74

7. 주요 연구변경 사항 ····· 74

8. 성과점검기준표(해당 단계) ····· 74

Ⅲ. 다음 단계 연구개발계획

1. 연구개발 목표 및 내용 ····· 5

2. 국내외 관련 분야 환경 변화 ····· 54

3. 연구개발 추진전략 ····· 54

1) 연구개발과제의 추진전략 및 방법 ····· 54

2) 연구개발과제의 추진체계 ····· 54

4. 연구개발 일정 및 기대 성과 ····· 54

1) 연구개발 일정 ····· 54

2) 기대 성과 ····· 54

5. 다음 단계 연구개발비 사용 계획 ····· 54

1) 연구개발비 지원 및 부담계획 ····· 54

2) 연구개발비 사용계획 ····· 54

3) 연구시설 · 장비 구축 · 운영계획 ····· 54

6. 사업화 추진 계획 ····· 54

1) 국내외 시장 동향 ····· 54

2) 지식재산권, 표준화 및 인증기준 현황 ····· 54

3) 표준화 전략 ····· 54

4) 사업화 계획 ····· 54

7. 연구개발 성과의 활용방안 및 기대효과 ····· 54

1) 활용방안 ····· 54

2) 기대효과 ····· 54

8. 연구개발기관 현황 ····· 54

1) 연구책임자 등 현황 ····· 54

2) 연구개발기관 연구개발 실적 ····· 54

3) 연구시설 · 장비 보유현황 ····· 54

4) 연구개발기관 일반 현황 ····· 54

9. 성과점검기준표(다음단계) ····· 54

1) 총 연구개발기간 성과점검기준표 ····· 54

2) 다음 단계 성과점검기준표 ····· 54

Ⅰ. 연구개발과제 개요

1. 연구개발과제의 개요

1) 연구개발과제의 최종 목표

○ 연구개발 전체 최종목표 // 2021년~2023년 전체

구분	내용
최종 목표	세부1 LoRa 기반 유무선 실시간 People Count 센서 개발 세부2 실내/야외 장소별 맞춤 People Count (WiFi,IR-UWB,IR-송수신, PIR) 시스템 개발 세부3 oneM2M TTA 표준 유동인구 플랫폼 개발 및 국내외 상용화
세부 목표	**제1 세부과제** - **(장거리 통신)** 최대 15km LoRa 모듈 기반, 실시간 People Count DB 설계 - **(실내 유/무선 구축)** 센싱모듈 저전력화 및 충전식 리튬이온 배터리 설계 - **(야외 유/무선 구축)** 센서 소형화 및 방수 방진, 태양광 자가충전 설계 **제2 세부과제** - **(Custom)** 다중장소에 대한 개별 People Count 기술 개발 - **(WiFi)** 실내/외 불특정 다수 측정을 위한 WiFi/Ble 무선신호 수집 센서 설계 - **(WiFi FingerPrint/GNSS)** 실내/외 특정인의 움직임을 트레킹하기위한 SDK설계 - **(IR-UWB)** 실내에 치한 사람의 맥박, 호흡 측정을 위한 IR-UWB 센서 설계 - **(IR-송수신)** 특정장소의 입출입 People Count를 위한 IR-송수신 센서 설계 - **(PIR)** 모션감지를 통한 재실감지 및 저전력 운용을 위한 PIR 센서 설계 - **(System)** 소비자 지향형 People Count 시스템 운영, 유지관리 시스템 개발 **제3 세부과제** - **(oneM2M 표준)** oneM2M 표준 센서/데이터/플랫폼 설계 - **(TTA 스마트시티 플랫폼)** TTA 표준 스마트시티 플랫폼 5대 데이터 연계 - **(국내외 기술 보급 및 확산)** 기술홍보 및 개발성과에 대한 통합화 및 실용화, 해외시장 진출을 위한 목표국가 선정 및 중장기 확산전략 수립
목표 내용	**[연구개발 ①] LoRa 기반 유무선 실시간 People Count 센서 개발** **(Easy to use & Low cost)** 이에, 누구나 저렴한 비용으로 유동인구 데이터를 집계할 수 있도록 기존 유동인구 계측 시스템 대비 통신범위가 15km 확장된 LoRa기반 실내/외 유무선 실시간 People count 센서를 개발하여, 국산제품으로 유동인구 센서와 솔루션 구축에서의 비용혁신을 만들어 유동인구 데이터 계측의 진입장벽을 낮춤 **[연구개발 ②] 실내/야외 장소별 맞춤 People Count (WiFi, IR-UWB, ToF, PIR) 시스템 개발** **(장소별 유동인구 맞춤 계측)** 유동인구 계측 데이터가 필요하는 장소가 갖는 각각의 고유특성을 고려하여, 하나의 기술이 아닌 WiFi ProbeRequest, WiFi FingerPrint/GNSS, IR-UWB, IR-송수신, PIR 등 다양한 People count 계수기법을 개별 또는 융복합하여 장소별 맞춤 시스템 개발 **[연구개발 ③] oneM2M TTA 표준 유동인구 플랫폼 개발 및 국내외 상용화** **(표준 유동인구 플랫폼 수출)** 계측되는 유동인구 데이터가 파편적으로 흩어지는 것이 아닌 표준화된 플랫폼에 모이도록 유동인구를 집계하는 센서의 아키텍처, API 사양, 보안을 'OneM2M 표준' 으로 국제적으로 호환할 수 있게 만들어 국내/국제적으로 어떠한 스마트시티 플랫폼이나 디지털트윈 플랫폼에서든 유동인구 계측 센서가 융합되기 용이하도록 개발

○ 연구개발 전체 최종성과 // 2021년~2023년 전체

연구개발 성과 도식도

최종 성과	기술성숙도		기술 목표
자체망 LoRa Gateway	2021년	TRL 6	○ (연구착수시) 자체 개발한 로라 모듈을 통해 로라모듈이 포함된 센서의 배터리 잔량 등을 실시간 무선 통신 실증
	2023년	TRL 9	○ (연구종료시) 자체 개발 중인 무선 센서의 통신을 위한 로라 게이트웨이와 로라모듈이 장착된 센서 보유
야외/실내 불특정 People Count 센서	2021년	TRL 7	○ (연구착수시) 선행 R&D를 통해 WiFi Proberequest 기술을 활용한 레거시 불특정 People Count 센서 보유 및 실증
	2023년	TRL 9	○ (연구종료시) 실증 및 사업화를 통한 연구개발 성과로 축제, 관광지 등 유동인구 데이터 분석 사업, 실시간 상권분석 시스템 구축 사업화
입출입 People Count 센서	2021년	TRL 7	○ (연구착수시) 선행 R&D를 통해 IR-TOF 기술을 활용한 레거시 입출입 People Count 센서를 보유 및 실증 진행, 시제품 성능 평가 진행
	2023년	TRL 9	○ (연구종료시) 입출입 계측 센서를 통한 자동 절전 시스템, 실시간 회의실 잔류인원 알림 등의 사업화 진행
다목적 People Count 센서	2021년	TRL 6	○ 다목적 센서 모듈의 1차 연구개발 완료 시점으로, 시범적으로 시작품의 자체 성능 평가 진행
	2023년	TRL 9	○ (연구종료시) 다중센서를 활용한 독거노인, 사회적 약자 등의 활동량 모니터링 사업화 진행
oneM2M 유동인구 플랫폼	2021년	TRL 6	○ (연구착수시) Wi-Fi Proberequest 센서를 기반으로 수집되는 실시간 유동인구 데이터를 분석할 수 있는 상권분석 플랫폼(App) 보유
	2023년	TRL 9	○ (연구종료시) 국제 표준인 One M2M 기반의 스마트시티 통합 플랫폼 개발 (People count 센서 데이터 연동)

2) 연구개발과제의 단계별 목표

○ 단계별 목표 // (해당단계 : 1단계_2021년~2022년)

R&D 전기간	내용
1단계 2021 ~ 2022	LoRa(Long Range Wireless) 기반 무선 통신 게이트웨이 개발 (LoRa Gateway 자체망)
	실내/야외 장소별 특화 People count 센서 실용화 시범, 연계 활용 연구
	People count 플랫폼 요소기술 실용화 및 스마트시티 통합 플랫폼 5대 서비스 연계
2단계 2023	실내/야외 장소별 특화 People count 센서 시장화
	People count 기반 서비스 요소기술 사업화, 시장화
	oneM2M 국제표준 유동인구 기반 스마트시티 통합 플랫폼 확산

○ 단계별 핵심 연구개발성과 // 2021년~2023년 전체

구분	연구개발목표	핵심 연구개발성과 (연구개발성과물)	현재 국내·외 기술수준	연구개발 목표치	목표치 설정 근거	가중치 (%)
1단계 (2021 ~2022)	LoRa 장거리 통신	자체망 LoRa Gateway	채널대역 각나라별대역	채널대역 kr920인증	LoRaWan 인증협회인증	5
			통신거리 5~15km (광활한대지)	통신거리 15KM (광활한대지)	미국마이크로칩 테크놀리지, 네덜란드KPN	10
	다중계측센서 (장소별 특화)	야외/실내 불특정 People Count 센서	신호측정속도 10sec 미만	신호측정속도 7sec 미만	SKYHOOK미국 10sec	5
			소모 전력 3.5w/1W	소모 전력 3W 미만	infsoft독일 3.5w/1W	5
			계측 정확도 90%	계측 정확도 90% 이상	infsoft독일 90%	5
		입출입 People Count 센서	신호측정속도 10sec 미만	신호측정속도 3sec미만	SKYHOOK미국 10sec	5
			소모 전력 3.5w/1W	소모전력 3W 미만	infsoft독일 3.5w/1W	5
			계측 정확도 90%	계측 정확도 90% 이상	infsoft독일 90%	5
		다목적 People Count 센서	신호측정속도 10sec 미만	신호측정속도 3sec미만	SKYHOOK미국 10sec	5
			소모 전력 3.5w/1W	소모전력 3W 미만	infsoft독일 3.5w/1W	5
			계측 정확도 90%	계측 정확도 90% 이상	infsoft독일 90%	5
2단계 (2023 ~2023)	플랫폼 확산 (실용/사업화)	oneM2M 유동인구 플랫폼	가용성 1.99hr미만	가용성 1.99hr미만	AWS미국 1.99hr	10
			확장성 3hr미만	확장성 3hr미만	AWS미국 3hr	5
			동시DB처리량 3만건이상	동시DB처리량 3만건이상	ZOYI한국 3만건이상	10
			데이터관리 95%	데이터관리 95%	ZOYI한국 95%	5
			서비스응답속도 10sec미만	서비스응답속도 10sec미만	ZOYI한국 14sec	10

Ⅱ. 해당 단계 연구개발실적

1. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

1) LoRa 기반 유무선 People Count 센서 요소 기술 실용화

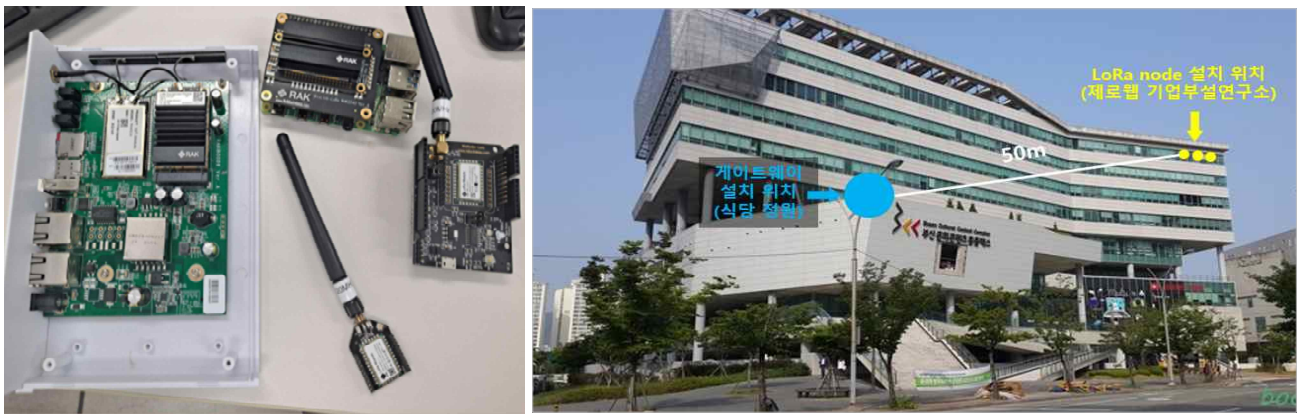
(1) LoRa Gateway 개발

○ Hardware : 모듈 선정 및 PCB 설계

- **RAK2287** : Semtech SX1302를 기반으로 하는 미니 PCIe 폼 팩터가 있는 LPWAN 집중기 모듈. 기존 라우터 또는 LPWAN 게이트웨이 기능이 있는 **기타 네트워크 장비와 통합이 용이**함
- SX1302 사양에 지정된대로 무선 작동을 재설정하기 위한 RESET 활성-하이 입력 신호가 포함되어 있음
- SPI 연결이 있는 무료 미니 PCIe 슬롯을 제공하는 **모든 임베디드 플랫폼에서의 사용을 지원**함
- 안테나의 규격에 따라 저항 및 회로 설정을 통하여 대역폭값을 설정 가능
- SPI 인터페이스는 커넥터의 Host_SCK, Host_MISO, Host_MOSI, Host_CSN 부분에 할당되어 나뉘며 RAK2287 카드에는 타임 스탬프가 찍힌 수신 패킷에 대한 **GPS_PPS 입력이 포함**되어 있음
- 나누어진 프토콜을 이용하여 SPI 인터페이스는 동기식 전이중 프로토콜을 통해 SX1302의 구성 레지스터에 대한 액세스를 하는 방식으로, 유사 모델에 대한 통신률 테스트 진행
- (테스트 환경) RAK 4가지 모듈 데이터 시트 분석, 도심 빌딩 내 테스트 / 조건 node 위치는 모두 같은 곳에 있으며, 게이트웨이 위치도 동일하게 놔둠, node~gateway 거리 50m)
- 통신 주파수는 국내 기준 920에서 실시하였으며, 게이트웨이 위치는 전파 방해가 최대한 적은 곳에 설치함

종류	데이터 송신 수	데이터 수신 수	node 수	장소
RAK7258	500	450	3	식당 정원
RAK2245	500	420	3	식당 정원
RAK2287	500	468	3	식당 정원
RAK811	500	211	3	식당 정원

- ※RAK811 타입은 SX1302, 1301 게이트웨이 전용 칩 모듈과 SX1276, 1278등 node 모델의 스펙차이 분석을 위해 별개로 선정함



RAK 모델 node 테스트 환경

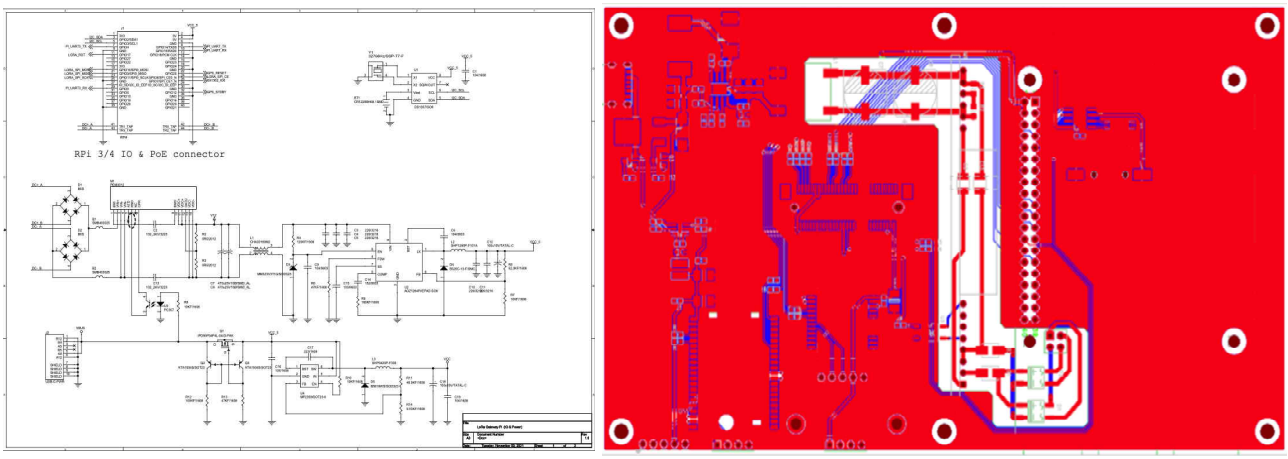
- **(주요 결과)** 게이트웨이 전용 칩은 멀티 채널링 및 callback이 원활하게 일어났으나 node 전용칩은 여러 개의 데이터를 순차적으로 받지 못함 (node는 LBT 방식 사용이 필수)

- 게이트웨이 전용 칩의 경우는 모든 모델의 성능이 비슷하나 회로구성에 따른 조금의 차이가 있는 것으로 파악됨
- 게이트웨이 전용 모델 중 RAK 2287이 제일 높은 정확도를 보였으며 해당 모듈을 사용하여 개발 진행
- **(기능 구성)** KR920주파수 사용 / Chirpstack LoRa WAN Bridge 사용
- UDP프로토콜(Semtech Network Forwarder기반)을 사용한 네트워크 서버연결
- LoRa Class A 데이터 전송

RS-GW-211PW PCB-A

Spec			
메인보드	Raspberry Pi 4	**전원**	DC5V 입력(USB-C) 또는 PoE 사용
통신모듈	Pi Built-In Ethernet/WIFI 사용		PEM3012(30W POE+ PD Module)을 사용하여 12V 로 변환된 PoE 전원을 5V로 변환하여 Raspberry Pi에 공급
	Gigabit Ethernet		
	Gigabit Ethernet		PoE 전원을 변환한 5V전원과 USB-C 5V 전원의 자동 스위칭

- PEM3012(30W POE+ PD Module)을 사용하여 12V 로 변환된 PoE 전원을 5V로 변환하여 Raspberry Pi에 공급 / PoE 전원을 변환한 5V전원과 USB-C 5V 전원의 자동 스위칭
- RS-GW-211PW PCB 설계 ↓



RS-GW-211PW 회로도 / 아트워크

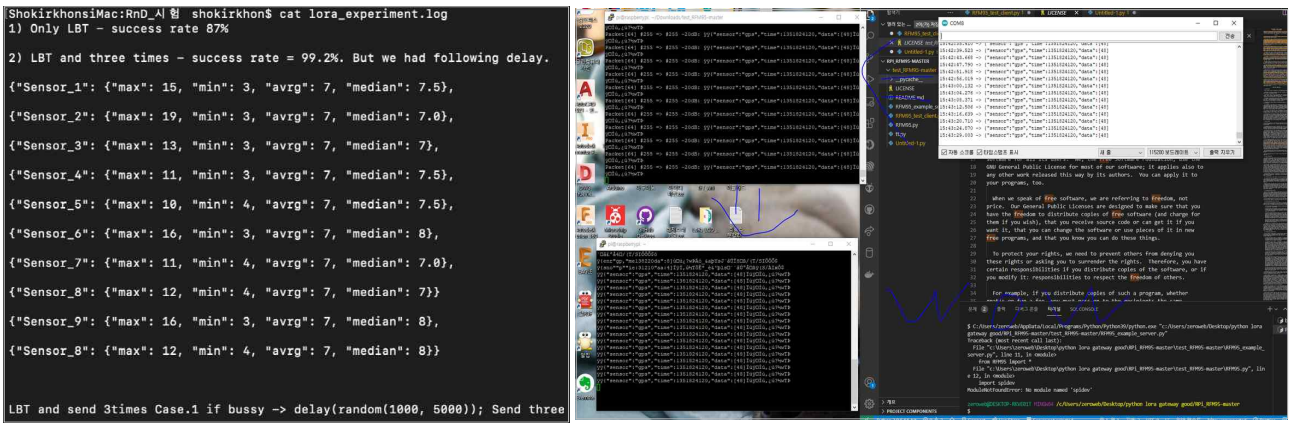
- LBT 사용을 위해 최소 송신기 off 시간, 최소 수신기 listen 시간, 단일 송신을 위한 최대 송신기 시간 ,ACK 전송을 위한 최대 송신기 on 시간은 필수이며, 규격은 송신 전 5msec 이상 -65dBm의 신호가 있는지 확인해야함

○ **통신 방식 선정 및 정확도 실험, Configuration set up**

- 통신 프로토콜 : LBT(Listen-Before-Talk) 방식을 사용함. 본 방식은 각 디바이스는 전송하기 전에 채널이 비어있는지 확인을 한 다음 채널이 비어 있으면 데이터를 전송하고, 만약 동일한 채널을 다른 노드가 먼저 사용 중이면 주어진 시간만큼 백오프를 한 다음 재전송하는 방식
- LBT 사용을 위해 최소 송신기 off 시간, 최소 수신기 listen 시간, 단일 송신을 위한 최대 송신기 시간 ,ACK 전송을 위한 최대 송신기 on 시간은 필수이며, 규격은 송신 전 5msec 이상 -65dBm의 신호가 있는지 확인해야함
- 최대 송신기 on 시간은 4초 이내로 하고, 최소 송신기 off 시간은 50msec 이상으로 함
- LoRa node는 비동기 통신이며, 라우팅 프로토콜 기반으로 고정대역 채널 설정 후 민감도 조절이 가능함
- 주의 사항 : 인근에 155db ~ 170db이 있을 때 전파 방해 현상이 나타남
- **(실험1)** 총 17개의 node가 하나의 게이트웨이를 통해 LBT 방식으로 데이터를 전송했을 때의 정확도 비교

```
#include <SPI.h>
#include <LoRa.h>
#include <Wire.h>
#include "SSD1306.h"
#include "images.h"

#define SCK     5    // GPIO5  -- SX1278's SCK
#define MISO    19   // GPIO19 -- SX1278's MISnO
#define MOSI    27   // GPIO27 -- SX1278's MOSI
#define SS      18   // GPIO18 -- SX1278's CS
#define RST     14   // GPIO14 -- SX1278's RESET
#define DIO0    26   // GPIO26 -- SX1278's IRQ(Interrupt Request)
#define BAND  868E6

unsigned long t;

unsigned long wait_time;
unsigned long past = 0;
unsigned int counter = 0;


SSD1306 display(0x3c, 21, 22);
String rssi = "RSSI --";
String packSize = "--";
String packet ;
String LoRaData;
String sensor_name = "Sensor_10 ";



void setup() {
  pinMode(16, OUTPUT);
  pinMode(2, OUTPUT);

  digitalWrite(16, LOW);    // set GPIO16 low to reset OLED
  delay(50);
  digitalWrite(16, HIGH); // while OLED is running, must set GPIO16 in high

  Serial.begin(115200);
  while (!Serial);
  Serial.println();
  Serial.println("LoRa Sender Test");

  SPI.begin(SCK, MISO, MOSI, SS);
  LoRa.setPins(SS, RST, DIO);

  if (!LoRa.begin(868E6)) {
    Serial.println("Starting LoRa failed!");
    while (1);
  }
  //LoRa.onReceive(cbk);
  LoRa.receive();
  Serial.println("init ok");
  display.init();
  display.flipScreenVertically();
  display.setFont(ArialMT_Plain_10);

  delay(1500);
}

void send_twice(unsigned int counter) {
  int count = 0;
  while (count < 3) {
    if (LoRa.parsePacket())
    {
      delay(random(100, 1000));   // wait for a second
    }
    count++;
    LoRa.beginPacket();
    LoRa.print(sensor_name);
    LoRa.print(counter);
    LoRa.endPacket();
    LoRa.receive();
  }
}
  }
  else {
    LoRa.beginPacket();
    LoRa.print(sensor_name);
    LoRa.print(counter);
    LoRa.endPacket();
    count ++;
    delay(1000);
  }
 }
}


  void loop() {
    if (LoRa.parsePacket())
    {
      //   Serial.print("Received packet '");
      //   while (LoRa.available())
      //   {
      //     LoRaData = LoRa.readString();
      //     Serial.println(LoRaData);
      //   }
      delay(random(100, 1000));   // wait for a second
    }
    else {
      LoRa.beginPacket();
      LoRa.print(sensor_name);
      LoRa.print(counter);
      LoRa.endPacket();
      LoRa.receive();
      send_twice(counter);
      counter++;
      delay(1000);   // wait for a second
```

LBT 데이터 전송 테스트 코드



```
ShokirkhonsiMac:RnD_시험 shokirkhon$ cat lora_experiment.log
1) Only LBT - success rate 87%

2) LBT and three times - success rate = 99.2%. But we had following delay.

{"Sensor_1": {"max": 15, "min": 3, "avrg": 7, "median": 7.5},

{"Sensor_2": {"max": 19, "min": 3, "avrg": 7, "median": 7.0},

{"Sensor_3": {"max": 13, "min": 3, "avrg": 7, "median": 7},

{"Sensor_4": {"max": 11, "min": 3, "avrg": 7, "median": 7.5},

{"Sensor_5": {"max": 10, "min": 4, "avrg": 7, "median": 7.5},

{"Sensor_6": {"max": 16, "min": 3, "avrg": 7, "median": 8},

{"Sensor_7": {"max": 11, "min": 4, "avrg": 7, "median": 7.0},

{"Sensor_8": {"max": 12, "min": 4, "avrg": 7, "median": 7}}

{"Sensor_9": {"max": 16, "min": 3, "avrg": 7, "median": 8},

{"Sensor_8": {"max": 12, "min": 4, "avrg": 7, "median": 8}}


LBT and send 3times Case.1 if bussy -> delay(random(1000, 5000)); Send three
```

experiment result

Test info				
node 수	3개	7개	10개	17개
Delay	Random(1000,2000)	Random(1000,5000)	Random(1000)	Random(1000)
정확도	99.2%	94%	87%	81%

- **(주요 내용)** LBT 통신 방법만으로 데이터를 전송하는 것은 단말 장치 (node)의 수가 늘어날수록 성공률이 낮아짐. 본 문제를 개선하기 위해 데이터 전송 속도를 향상시켜야하나, 단말 장치의 수가 늘어날수록 메시지 전송이 지연(delay)됨 / 일반 노드에 데이터를 전송하는 것보다 네트워크 서버에 연결 후 데이터 처리를 하는 방법이 더 전송률이 높은 것으로 판단됨

○ Hardware : 통신 거리 시험 검증 (1차년도 - 5KM / 2차년도 - 10km)

- LoRa Node와 EndPointNode의 송신 거리(km) 확인. 송신 거리에 따라 데이터 유실 여부 및 서버로의 데이터 정상 수집 여부 파악

LoRagateway, Router, 안테나 - 시험 보조 장비

- 센서 수집 데이터가 무선 통신에 의해 안정적으로 수신되는지 측정함 (무선 통신 최대 거리 확인)
- 사양이 다른 3가지 종류의 안테나 사용. 거리에 따른 데이터 유실 여부 및 정상적인 서버 통신 확인
- **시험 진행 절차 및 예상 결과** (1, 2차년도 시험 절차 동일)

구분	내용
시험 목적	센서 수집 데이터가 무선 통신에 의해 서버에 안정적으로 수신되는지 측정 (무선 통신 최대 거리 확인)
시험 기준	**5 KM & 10km** 노드와 로라 게이트웨이의 통신 거리를 측정한다. - 목표치 100기준 대비 1KM 단위당 목표치에서 10점 차감 ※ LoRa node는 10초마다 데이터를 전송한다. ※ LoRa Gateway는 node로부터 데이터를 받을 때마다 API 서버에 전송한다. ※ API 접속화면은 데이터가 들어오는 즉시 자동으로 업데이트된다.
시험데이터	API에 생성된 코드 파일
시험 절차	1. LoRa test node 를 사방이 뚫려있는 장소에 놔둔다. 2. LoRa Gateway에 전원선(12V)과 랜선을 연결한다. 3. test PC로 terminal을 실행한다. 3-1. [python3 lora_test.py] 입력 3-2. 입력 후 결과값이 나타날때까지 대기 (1분) 4. API에 기록된 결과가 {'Node_name': 'Test_Node', 'received_at': datetime(2021-09-04 12:11:11)} 이면 통신 성공
예상 결과	Node_name' : 'Test_Node', 'received_at' : datetime(2021-09-04 12:11:11) network status : 성공

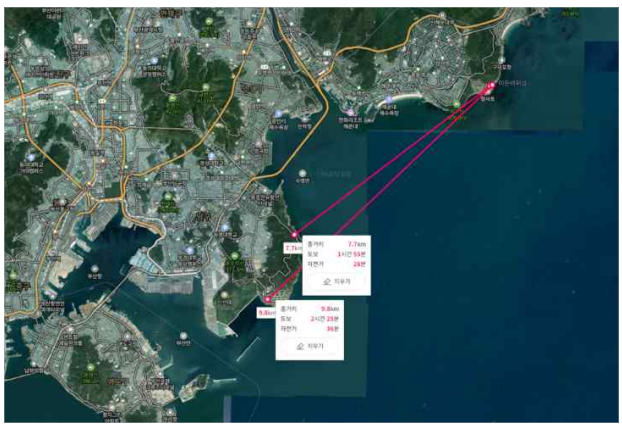
- 인터넷 연결 방법 : LTE 모듈을 보조배터리로 사용할 수 있게 선을 만든 후 게이트웨이 PoE포트에 연결, 전원은 C-type 5V로 공급 또는 상황에 따라 핫스팟 연결 후 테스트(SSH 접속)

- **1차년도 테스트 장소** : ① [3km] 동백섬 → 용호동 끝 | ② [4km]동백섬 → 이기대 수변공원 중간지점 | ③ [5km] 동백섬 → 이기대 수변공원 끝지점
- 5km 테스트 전, 게이트웨이 작동 및 통신거리 사전 검증을 위해 500~4km 거리에서 예비 테스트 진행

테스트 장소

현장 테스트 진행 모습

- 실험계획요약 : 송신부와 수신부간의 거리를 측정함 → 소형-대형 안테나 모두 5km 통신이 가능하였음
- 모든 통신거리에서 원활하게 데이터 통신이 이루어졌으며, 게이트웨이의 특성상 수신 dBm감도가 높아야 함으로 소형안테나로는 한계가있음 이로 인하여 게이트웨이는 시험 도중 중형사이즈 안테나로 교체
- **2차년도 테스트 장소** : 1차년도 통신 거리였던 5km의 약 2배 거리를 만족하는 장소 선정 → 작년도 절차와 유사하게 1차시기 미달을 대비하여 5~10km 사이 거리인 7km와 10km 2차례에 걸쳐 통신 테스트 진행
- 위성 지도에서의 양 실외 장소간 직성 거리는 9.6km이지만, 청사포와 이기대 수변공원의 해발고도 차이 등을 고려한다면 약 10km의 통신거리가 형성됨에 따라 다음 장소를 선정함
- 전반적인 시험 절차는 1차년도와 동일하며 사용되는 코드(S/W)가 수정됨 (LoRa_test5km → LoRa_test10km)



테스트 장소

▶게이트웨이는 수신 dBm의 감도가 높아야 하므로 1차년도때와 다르게 시험 초기부터 중형 안테나부터 활용함

현장 테스트 진행 모습

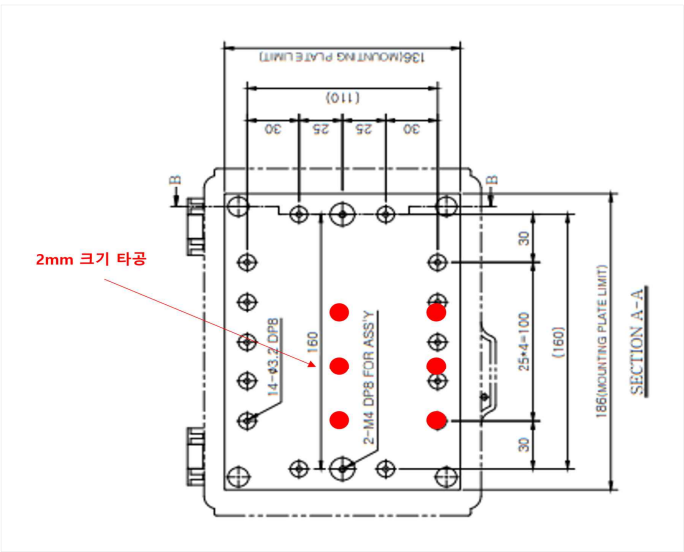
- 1차년도 통신거리였던 5km보다 먼 거리인 7km와 2배거리인 10km에서도 Gateway와 Node간 통신이 원활하게 진행되고 있음을 확인함 (로그 모니터 확인 결과, 데이터 패킷이 송신되고 평균 약 6초 후 수신됨을 확인한 결과 송신 거리로 인해 미세하게 느린 경향으로 나타났음)
- **(결과 분석)** 7km에서는 중형 안테나의 Tx파워 RSSI 한계치가 전체 100% 중 약 90%에 도달하였으며, 측정값이 깨지지는 않았지만 보다 장거리를 대비하여 10km에서는 대형 안테나로 바꾸어 테스트함
- 10km에서의 대형 안테나 송수신은 정상적으로 이루어졌으며, 안테나 RSSI 한계치 또한 전체 사용률의 80% 정도 도달하여서 추후 보다 먼 거리도 통신 가능할 것 보임

○ Hardware - LoRa Gateway 방수방진 설계

- 야외 환경 구축을 위한 방수방진 설계 진행
- 센서가 설치된 실외 공간에서는 충격, 홍수 및 누수, 건물잔해 날림 등과 같은 환경적 외부 오염 요소가 빈번히 발생할 수 있음
- 이와 같은 상황에서도 센서 감지 범위 내의 유동인구 계측을 위해 위급상황 시에도 최대한 오랫동안 작동해야하는 것이 필수적으로 요구되기 때문에, 센서 케이스의 방수방진 등급 IP56 수준의 설계를 진행함
- **(케이스 설계)** 야외 공간에 설치하기 쉽고, 외관을 크게 해치지 않는 ABS 디자인을 사용하여 LoRa Gateway 사이즈에 알맞은 하이박스 제작
- 방수방진 재질의 하이박스 내부에 센서의 PCB와 연결선 등, 기타 연결 부품들을 배치한 후, 설계 위치에 맞게 내부 고정 나사(볼트, 너트, 홀드) 및 타공 위치 선정

구분	내 용	
구성 재질	- PC-ABS 재질 : PC-ABS는 PC(폴리카보네이트)와 ABS(강화플라스틱)을 혼합한 것으로 PC의 내열성(열 안정성)과 ABS의 유연성 및 쉬운 가공 특성을 결합, 높은 충격 강도 및 내열성을 보여 강한 환경 변화에 적합한 재료	
재질 규격	온습도	ABS : - 40 ~ + 70℃ | Polycarbonate(PC) : - 40 ~ + 110℃ / 0.04% 이하
	금형온도	50 ~ 100℃
	난연성	ABS : 94-HB | Polycarbonate(PC) : 94-V-0, 5VA, HB
	수축률	0.5 ~ 0.6 %

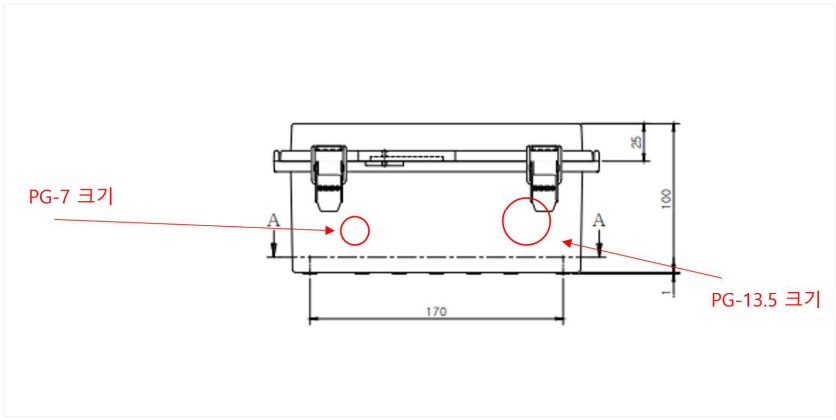
- **(내부 타공)** PCB 배치 위치와 연결 케이블 크기를 고려하여 타공함



- [PCB 조인트]
  2mm 나사 사이즈로 타공하였음

- 속판 우측에 6개의 나란히 타공된 구멍은 PCB가 속판 바로 위 부착 형태로 배치하는 것이 아니라 지지대 볼트와 너트를 사용하여 일정 높이 위에 띄워서 설치하였음
- 이로 인해 PCB에서 발생하는 열이 하이박스 벽면에 직접적으로 닿지 않아 열로 인한 오작동 및 기기 고장에 대한 문제점 해결 가능하도록 하였음

- **(외부 타공 - 케이블 그랜드)** 전원, 통신 등 센서 PCB 연결 케이블이 함 내부에서 외부까지 이어져 있을 때 일반 구멍을 통해 연결하면 PCB에 물이 닿아 기능 장애가 발생할 수 있음 → 케이블 그랜드를 사용하여 외부 타공된 부분의 방수방진 기능을 보강해줄 뿐 아니라, 센서의 안테나 또한 커버가 가능하도록 설계하였음
- 센서가 작동되기 위한 전원 케이블(C-type)과 통신케이블(UTP LAN)이 필요하며, 추가적으로 LoRa Gateway 제어를 위해 같이 설치된 Raspberry pi용 USB 케이블이 모두 통과할 수 있는 크기의 구멍 규격 선정 : PG-7 & PG-13.5



▲ 케이블 그랜드

- **(케이스 제작)** PCB 또한 속판과 마찬가지로 약 1cm가량 띄운 높이에 설치 → PCB 하단 기판 손상 보호 및 CPU 발열 처리가 가능함
- 하이박스 상단 Cover부분에는 물과 분진의 침투를 막기위한 실리콘 몰딩이 테두리를 따라 되어있음
- 추가로 흔들림, 장애물에 의한 센서 마찰, 기타 재난상황 발생시에도 떨어지지 않게 하기 위해 하이박스 외부 재질에 부착 가능한 고정 브라켓 활용 가능

제작 케이스 완성 모습

- **(방수방진 시험)** PCB의 위험한 부분으로의 접근, 외부 분진의 침투, 물튀김에 대한 보호를 측정하는 시험 절차를 진행하였음

제1 특성	특징	정의	시험용 힘
5	전선이 위험 부분으로 접근하는 것에 대한 보호	지름이 1.0mm인 접근 프로브가 통과하지 않아야 한다	1N ± 10%
결과	- 지름이 1.0mm인 접근 프로브가 통과하지 않음 - 전선이 위험 부분으로 접근하는 것에 대한 보호(IP5X)를 만족함		

제1 특성	특징	정의	시험용 힘
5	먼지 보호	먼지 침투를 완전히 막는 것은 아니나, 기기에 방해되지 않음	-
결과	- 먼지의 침투 없음 / - 방진(IP5X) 만족함		

제1 특성	특징	정의	시험용 힘
5	물 튀김에 대한 보호	모든 방향에서 외함으로 튀긴 물은 해로운 영향을 미치지 않음	유속률 : 구멍당 0.07
결과	- 물의 침투 없음 / - 물 튀김에 대한 보호를 만족함		

시 험 결 과

부경대학교 산학협력단
해양 ICT융합기술센터
Marine ICT Convergence Technology Center
주소: 부산시 남구 신선로 365 (용당동, 부경대학교 내)
전화: 051-629-7778 팩스: 051-629-7780

성적서번호: R-22-256
페이지 (3)/(총 7)

3) 외부 분진에 대한 보호 등급 시험 조건 (제1 특성 숫자)

항목	상세설명		
시험 일자	2022. 09. 26. ~ 2022. 09. 27.		
제1 특성 숫자	시험조건		
	간단한 설명	정의	시험용 힘
0	□ 비보호	-	-
1	□ 지름 50 mm 이상의 외부 분진에 대한 보호	지름이 50 mm인 구모양의 분진 검사용 프로브는 완전히 통과하지 않아야 한다.	50 N ± 10 %
2	□ 지름 12.5 mm 이상의 외부 분진에 대한 보호	지름이 12.5 mm인 구모양의 분진 검사용 프로브는 완전히 통과하지 않아야 한다.	10 N ± 10 %
3	□ 지름 2.5 mm 이상의 외부 분진에 대한 보호	지름이 2.5 mm인 구모양의 분진 검사용 프로브는 완전히 통과하지 않아야 한다.	3 N ± 10 %
4	□ 지름 1.0 mm 이상의 외부 분진에 대한 보호	지름이 1.0 mm인 구모양의 분진 검사용 프로브는 완전히 통과하지 않아야 한다.	1 N ± 10 %
5	■ 먼지 보호	먼지 침투를 완전히 막는 것은 아니나, 기기의 안축스러운 운전을 방해하거나 안전을 해치는 양의 먼지는 통과시키지 않는다.	-
6	□ 방진	먼지 침투 없음.	-

4) 외부 분진에 대한 보호 등급 시험 결과

시험 항목	시험 결과	비 고
먼지 보호 (IP5X)	- 먼지의 침투 없음. - 먼지 보호(IP5X) 만족함.	-

LMCC-TP-16-06(01)

시 험 결 과

부경대학교 산학협력단
해양 ICT융합기술센터
Marine ICT Convergence Technology Center
주소: 부산시 남구 신선로 365 (용당동, 부경대학교 내)
전화: 051-629-7778 팩스: 051-629-7780

성적서번호: R-22-256
페이지 (4)/(총 7)

5) 방수에 대한 보호 등급 시험 조건 (제2 특성 숫자)

항목	상세설명		
시험 일자	2022. 09. 28.		
제2 특성 숫자	시험조건		
	간단한 설명	정의	상세 시험조건
0	□ 비보호	-	-
1	□ 수직으로 떨어지는 물방울에 대한 보호	수직으로 떨어지는 물방울은 해로운 영향을 미치지 않아야 한다.	- 유속률 : 1.0 ~ 1.5 mm/min - 시험 시간 : 10 분
2	□ 외함이 15° 이하로 기울어져 있을 경우, 수직으로 떨어지는 물방울에 대한 보호	외함이 수직면에 대해 양쪽으로 15° 이하 각도로 기울어져 있을 경우, 수직으로 떨어지는 물방울은 해로운 영향을 미치지 않아야 한다.	- 유속률 : 1.0~1.5 mm/min - 시험 시간 : 각 기울기 위치에서 2.5 분
3	□ 물 분사에 대한 보호	수직면에 양쪽 60°까지의 각도로 분무된 물은 해로운 영향을 미치지 않아야 한다.	- 유속률 : 구멍당 0.07 L/min ± 5 % - 시험 시간 : 10 분
4	■ 물 튀김에 대한 보호	**모든 방향에서 외함으로 튀긴 물은 해로운 영향을 미치지 않아야 한다.**	**- 유속률 : 구멍당 0.07 L/min ± 5 % - 시험 시간 : 10 분**
5	□ 물 분사에 대한 보호	모든 방향에서 외함에 분사하여 내뿜어진 물은 해로운 영향을 미치지 않아야 한다.	- 유속률 : 12.5 L/min ± 5 % (6.3 mm 지름의 노즐) - 시험 시간 : 1 min/m², 최소 3분 - 거리 : 2.5 ~ 3.0 m
6	□ 강한 물 분사에 대한 보호	모든 방향에서 외함에 강한 분사로 내뿜어진 물은 해로운 영향을 미치지 않아야 한다.	- 유속률 : 100 L/min ± 5 % (12.5 mm 지름의 노즐) - 시험 시간 : 1 min/m², 최소 3분 - 거리 : 2.5 ~ 3.0 m
7	□ 일시적인 침수의 영향에 대한 보호	외함이 표준화된 압력과 시간 조건 하에서 물에 일시적으로 침수될 경우, 해로운 영향을 일으킬 수 있는 양의 물의 침투가 없어야 한다.	- 외함의 위 끝에서 수면 까지 : 0.15 m - 외함의 아래 끝에서 수면 까지 : 1 m - 시험 시간 : 30 분
8	□ 연속 침수의 영향에 대한 보호	외함이 7보다 심하지만 제조사와 사용자 간에 합의한 조건하에서 물에 연속적으로 침수하는 경우, 해로운 영향을 일으킬 수 있는 양의 물의 침투가 없어야 한다.	- 협의 사항 - IPX7에 규정된 조건보다 엄격할 것.

6) 방수에 대한 보호 등급 시험 결과

시험 항목	시험 결과	비 고
강한 물 분사에 대한 보호 (IPX4)	- 물의 침투 없음. - 물 튀김에 대한 보호(IPX4) 만족함.	-

LMCC-TP-16-06(01)

방수방진 시험 결과서

외부 분진에 의함 보호 등급 시험 / 방수에 의한 보호 등급 시험

- 시험의 공정성을 위해 국가공인시험기관(KOLAS 인증 기관)에 시험성적을 의뢰하였으며, 필수 환경 조건에서의 시험 결과 IP54 등급을 만족하는 결과로 나타났음
- 실제 야외 환경에서의 LoRa Gateway 구축 시 본 하이박스 케이스가야외에서 충분히 외부 보호 역할을 할 수 있을 것으로 기대됨

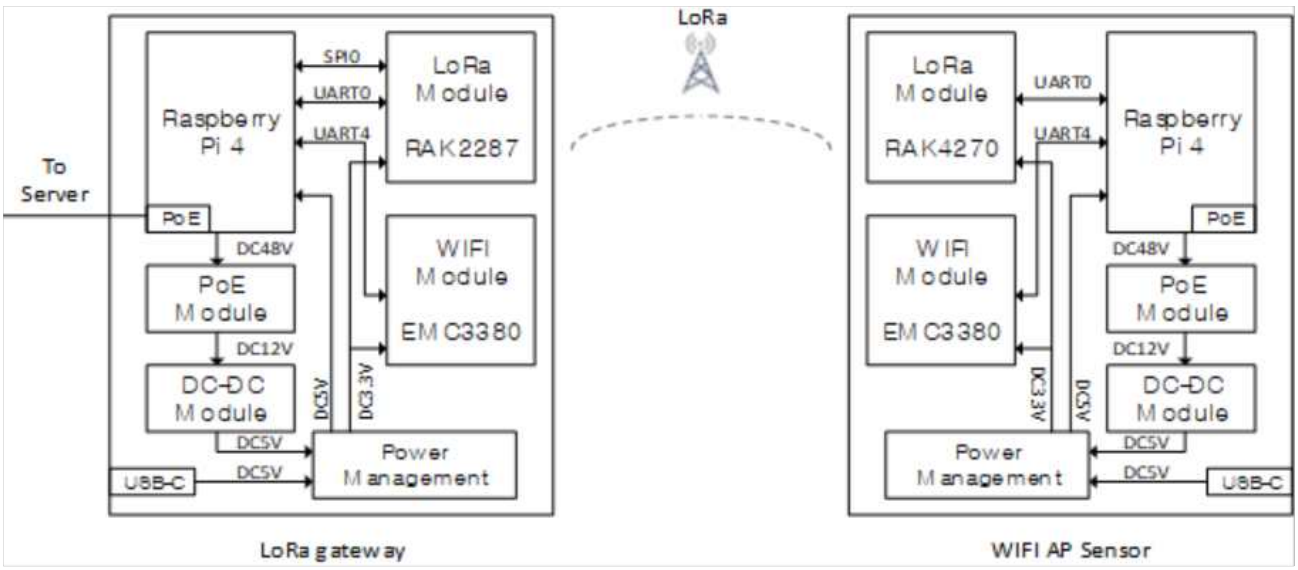
2) Wi-Fi 기반 피플카운팅 센서 개발 - SPOT v2.0

○ Hardware : PCB 설계

- (설계 고려 사항) 기 보유 중인 1세대 센서(SPOT v1.0) 사용자 지향적인 관점에서 성능을 개선하여 설계함 ① 유선 → 유무선(LoRa 모듈, PoE 포함), ② 태양광 패널 부착 홀더(야외, 축제 등 활용) ③ Wi-Fi SSID Stealth 모드 변환, ④ AP Monitoring mode + Data packet 수집
- (개발 목표) SPOT 센서는 Wi-Fi Probe request를 이용하여 주변기기를 탐색하거나 유동인구를 측정하는 센서
- Wi-Fi probe request를 이용 모니터링 모드로 주변 Mac-Address 감지 및 카운트
- Wi-Fi AP 기능 (SSID 변경 및 감추기/Hidden 처리, password 변경 작업 가능)
- 서버와의 통신을 위해 Ethernet & Wi-Fi 연결을 하거나 RAK4270 모듈을 사용하여 LoRa통신을 하고 (KR920 주파수)
- C-type, PoE 방식으로 센서 전원 공급

- hardware spec

구분	내용
LORa 통신	- RAK4270 - KR920 주파수 - UART를 이용한 AT command를 활용 제어 - LoRa Class A 데이터 전송 가능
Ethernet & Wi-Fi	- Raspberry Pi Built-In Ethernet/Wi-Fi 사용 - Gigabit Ethernet, 2.4GHZ 및 5GHZ IEEE802.11ac Wi-Fi
전원	- DC5V 입력(USB-C) 또는 PoE 사용 - PEM3012(30W PoE + PD Module)을 사용하여 12V로 변환된 PoE 전원을 5V로 변환하여 Raspberry Pi에 공급 - PoE 전원을 변환한 5V 전원과 USB-C 5V 전원의 자동 스위칭

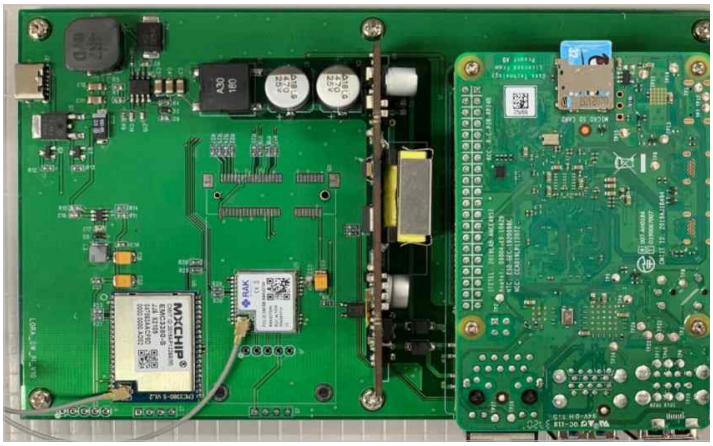


시스템 개요 구성도

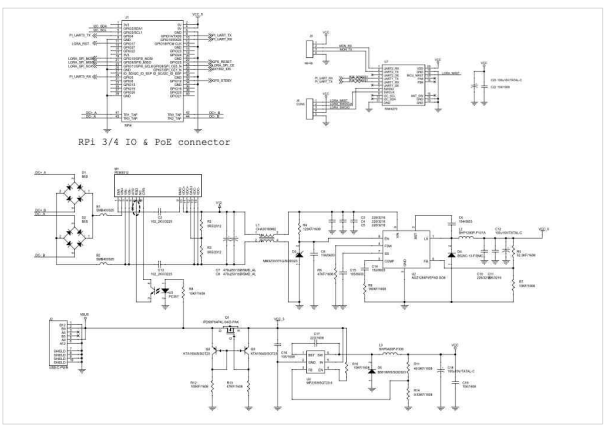
- harware module components

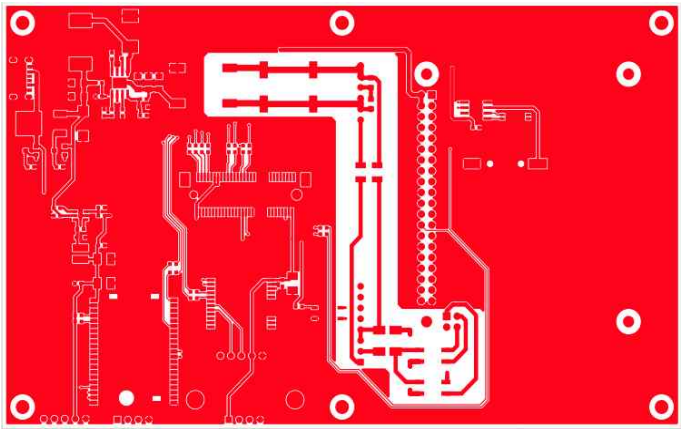
RAK4270 / EMC3380 주요 spec	
15 X 15.5 X 2.5mm (LxWxH)	
SMT 가능한 20pin stamp pad	
I/O ports : UART/12C/GPIO/ADC	
LoRa 주파수대역 7.8 KHz to 500KHz SF5 to SF12, BR=0.018~62.5kb/s	802.11a/b/g/n, Wi-Fi 2.4&5GHz 듀얼밴드(Dual-band) 규격과 BLE5.0를 지원
EU433, CN470, IN865, Eu868, AU915, US915, KR920 and AS923-1/2/3/4	AT commands 방식 또는 내장 MCU를 이용한 Custom program 방식 사용가능
[ARM Cortex-M0+ 32-bit RISC core] - 128 kbytes flash memory with ECC - 20 kbytes RAM - 6 kbytes of data EEPROM with ECC	[MCU ARM v8-M architecture KM4 @200MHz] - SRAM : 512KB - PSRAM : 4MB - Flash : 4MB

- SPOT v2.0PCB (부품실장이 완료된 PCB)



RS-SP-211PE PCB





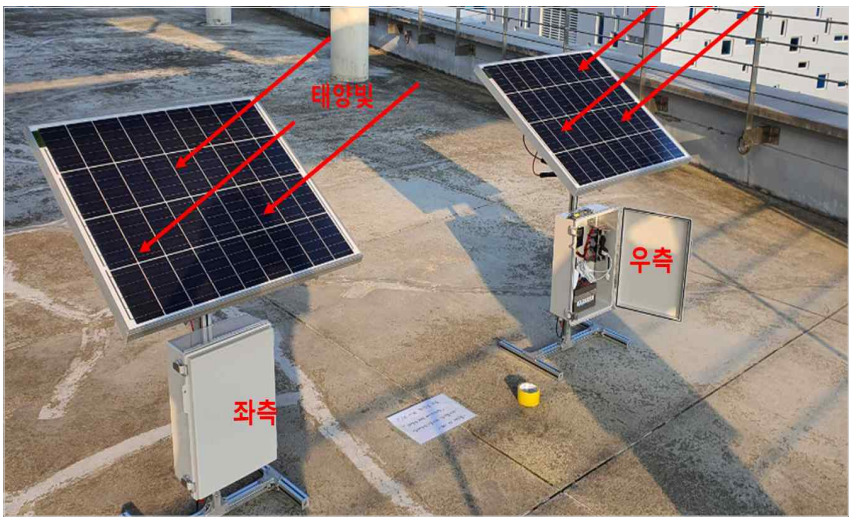
RS-GW-211PW 회로도 / 아트워크

○ Hardware : 독립형 태양광 배터리 자가 충전 시스템 실험

- 태양광 배터리를 방전시킨 후, 실외(야외 옥상/양지)에 실내와 동일하게 1주일간 배치
- 충전이 정상적으로 진행된다면, 태양광 배터리에 SPOT 센서를 연결하여 작동시키고 충전과 동시에 데이터가 수집되도록 함
- 배터리 컨트롤러에 표시되는 수치로 충전 상태와 충전된 배터리량을 일자별로 수시 확인하여 태양광을 통한 배터리 충전량(효율)을 계산
- 만약 흐린날(구름낀 날 등) 혹은 우천시에는 충전이 안되므로 해당 날의 일자수를 체크하여 충전 진행이 멈춘 기간만큼 추가적으로 배치
- **(실험3)** 실외에서 실내외 동일한 환경으로 실험을 진행하여 태양광 패널의 실 충전량을 계산하고, 다양한 환경 변화에 따른 상태 변화 파악

구분	좌측 배터리	우측 배터리	좌/우 상태 일치여부	비고
1일차	1칸 (0~25%)	1칸 (0~25%)	일치	충전 시작
2일차	2칸 (26~50%)	2칸 (26~50%)	일치	충전 중
3일차	0칸 (0%)	2칸 (26~50%)	불일치	우천시
4일차	3칸 (51~75%)	4칸 (76~100%)	불일치	충전 중
5일차	4칸 (76~100%)	4칸 (76~100%)	일치	완전히 충전됨
6일차	4칸 (76~100%)	4칸 (76~100%)	일치	완전히 충전됨
7일차	4칸 (76~100%)	4칸 (76~100%)	일치	완전히 충전됨

- **(결과3)** 3일차에 좌측 배터리가 방전된 적이 있었는데, 10/21(목)에 하루 종일 비가 와서 센서가 충전되지 않고 전원만 소모된 것으로 파악됨. 비가 온 날 뒤로는 다시 정상적으로 충전되었으며, 4일차 부터는 배터리가 완충된 상태로 유지되는 것을 확인할 수 있었음 (* 3일차와 4일차의 충전 상태가 불일치한 이유는 우천시 상황과 더불어, 센서 배터리 상태를 확인하려 하이박스를 열고 닫을 때, 중간에 실수로 좌측 센서 전원부 연결을 끊은 것 때문이라고 파악됨)
- 이로 인해, 센서가 작동 중이여도 햇빛이 잘 드는(충전 효율이 높은) 장소에 태양광 배터리를 배치해 두었을 때, 전력 소모량 보다 충전량이 더 많아 야외에서 사용하기에 적합하다고 판단됨



실외 태양광 배치 모습

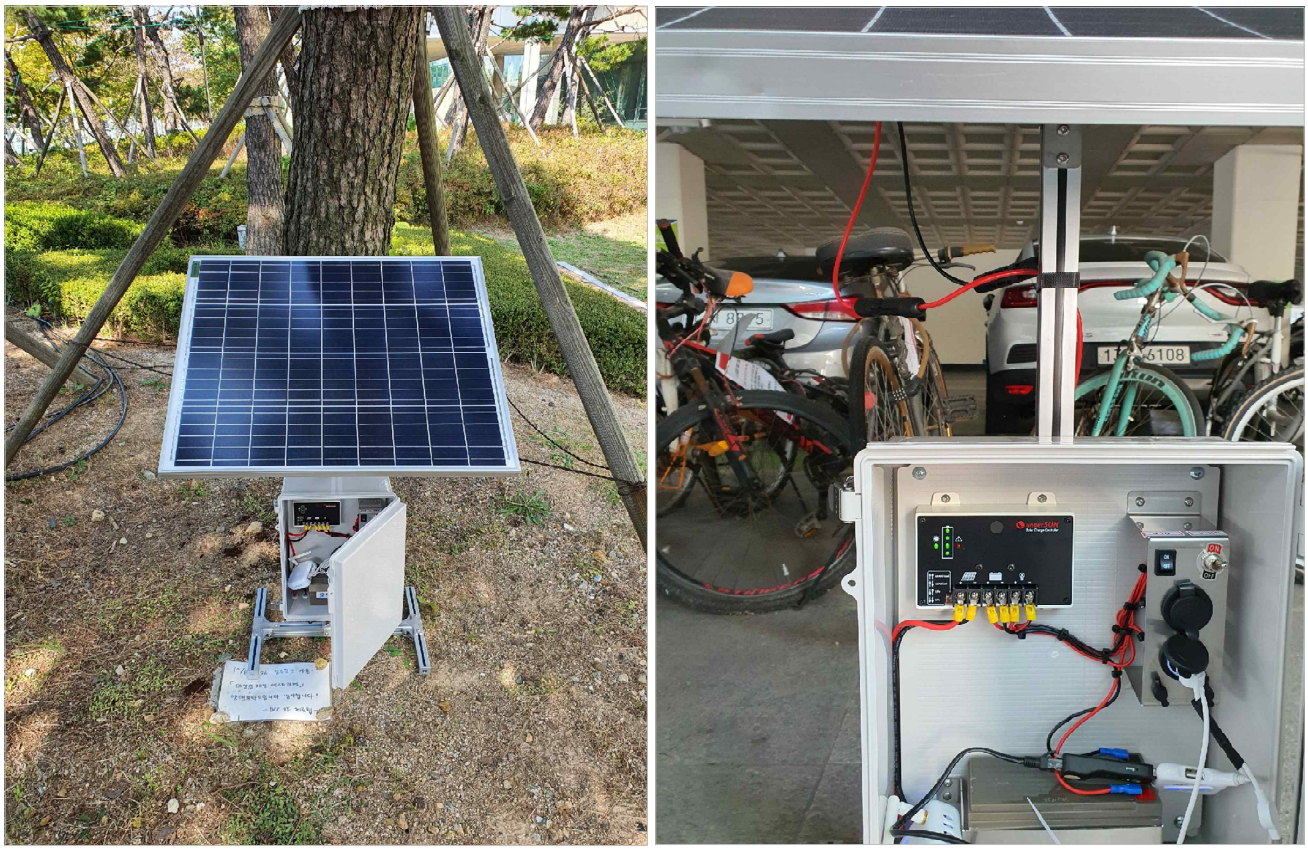
- 그늘진 실외(ex. 나무 그늘 아래)에서 완전히 충전시킨 태양광 배터리에 SPOT 센서를 연결시켜 배치
- 사전에 계산한 SPOT 센서의 소비전력을 바탕으로 SPOT 센서가 지속 가능한 날짜를 예측함

- **(실험 4)** 실제 배터리가 방전될 때까지의 일수와 비교하여 센서가 설치된 환경적 변수 및 소비전력의 차이점을 도출

구분	좌측 배터리	우측 배터리	좌/우 상태 일치 여부	비고
1일차	4칸 (76~100%)	4칸 (76~100%)	일치	충전 시작
2일차	2칸 (26~50%)	1칸 (0~25%)	불일치	-
3일차	0칸 (0%)	0칸 (0%)	일치	방전

(* 좌측 배터리는 나무 그늘 밑에 설치해 두었으며, 우측 배터리는 천장 그늘 아래에 배치함)

- **(결과 4)** 그늘에서 완전히 충전된 배터리로 센서의 전원을 공급할 경우, 최대 3일정도 지속됨
- 좌측 배터리를 설치한 곳은 햇빛이 완전히 없는 우측 배터리와 달리, 간간이 햇빛이 들어 우측 배터리보다 오래 지속되었음. 하지만, 약 3~4시간 정도 오래 지속되었을 뿐 좌측 배터리 또한 3일을 넘기지 못함
- 하지만, 배터리가 빠르게 방전된 것과는 다르게 배터리 컨트롤러의 LED 상태를 살펴보면 그늘 밑에 있어도 충전이 되는 것을 확인할 수 있었음 → 그러나 충전되는 전기(햇빛량)에 비해 센서 전원으로 소모되는 에너지가 더 크기 때문에 방전되는 것으로 확인됨



실외(그늘) 태양광 배치 모습

- 태양광 배터리가 완전히(혹은 100%에 가깝게) 충전된 상태라면, 비가 (하루, 이틀정도) 오더라도 기존에 충전된 배터리를 통해 센서 전원 유지 가능한 것으로 결과가 나타났음.
- 그늘진 실외에 (100%) 충전된 배터리를 배치해두었을 때, 3~4일정도 센서 전원이 유지되므로 야외 공간 설치 시 가급적 햇빛이 잘 드는 양지에 설치하는 것이 효율적이며, 실제 축제,야외 광장 등에 대한 단기간 유동인구 분석 시 양지에 놔둔 후 해당 기간 동안 센서를 가용함

○ Software : Mac-Address 수집

- **Wi-Fi Probe Request/m^2 - Probe 요청 패턴**
- Wi-Fi 스캐너에서 스마트폰의 MAC 주소(Raw Data)를 수집한 뒤, 유동인구 데이터로 변환하는 과정
- Wi-Fi 스캐너에서 수집된 주변 스마트폰 MAC 주소는 각 스캐너의 Local Memory에 저장되어 있다가 30초 단위로 서버에 Flush (이때 전송하는 프로토콜은 Binary format으로 TCP Server에 저장)
- Python Twisted로 만들어진 서버 프로그램으로 위 Binary format을 파싱하고 Data Pipeline에 tsv format으로 전송
- Data Pipeline에서는 여러 개의 daemon으로 돌아가는 TCP Server로부터 tsv format을 네트워크를 통해 입력받아 1MB가 되면 Storage로 flush하는 기능을 수행 → 즉, Wi-Fi 스캐너의 설치 수량이 증가하여도 Data Pipeline을 통해 여러 곳에서 각각 수신하는 것이 아니라 하나의 서버로부터 데이터를 받은 것처럼 Storage에 하나의 파일을 생성하여 운영상 성능 상승

- **Wi-Fi Probe Request/m^2 - 수집된 Mac-Address 분석**
- **(실험)** 다양한 산업군에서 활용될 수 있는 유동인구 데이터를 추출하기 위해 Wi-Fi 신호를 활용하여 스마트폰의 MAC-address(이하 MAC)를 수집하는 유동인구 계측 방법
- **(실험 장소 선정)** Wi-Fi Probe Request 기반으로 계측된 값과 실제 존재하는 유동인구 데이터 간의 정확도를 측정하기 위해 부산광역시 해운대구에 위치한 전통시장인 반송큰시장을 테스트 장소로 선정
- **(Wi-Fi 스캐너와 CCTV 데이터 비교)** CCTV 유동인구 데이터 계측을 위해 실험 참여자 4명은 반송큰시장 상인회 사무실에 있는 CCTV 영상의 화면 녹화와 동시에 모니터 화면에서 사람들이 지나갈 때마다 손으로 직접 계측하는 수동 인원 계수기를 활용하여 카운팅
- 이와 동시에 Wi-Fi MAC 주소 기반 유동인구 데이터가 반송큰시장에 구축된 Wi-Fi 스캐너를 통해 자동으로 데이터베이스에 잘 쌓이고 있음을 확인

CCTV 영상 기록 화면

- Wi-Fi Scanner vs CCTV Count (1~4)

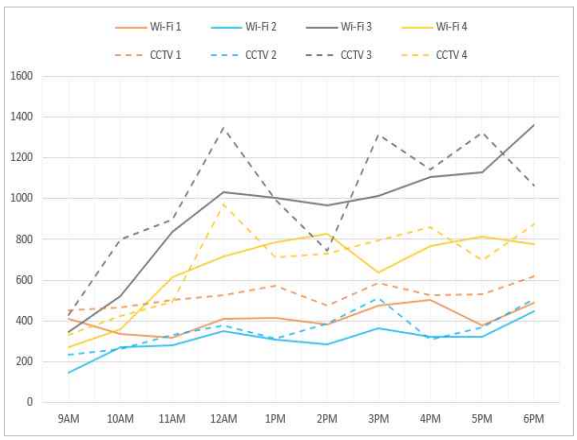
Time	09	10	11	12	01	02	03	04	05	06
Wi-Fi 1	435	531	523	530	537	569	601	621	489	634
CCTV 1	310	223	438	381	408	330	445	385	359	474

Time	09	10	11	12	01	02	03	04	05	06
Wi-Fi 2	297	223	367	489	401	437	398	482	512	433
CCTV 2	147	177	244	250	227	298	354	220	281	419

Time	09	10	11	12	01	02	03	04	05	06
Wi-Fi 3	428	642	1031	1272	1240	1061	1250	1363	1392	1574
CCTV 3	255	394	842	1069	817	569	1039	967	1149	890

Time	09	10	11	12	01	02	03	04	05	06
Wi-Fi 4	529	448	752	928	905	774	990	872	1016	1224
CCTV 4	241	337	405	581	624	522	707	799	610	1002

- (결과) 유동인구의 흐름은 Wi-Fi 3, Wi-Fi 4, Wi-Fi 1, Wi-Fi 2 순으로 밀집도가 높은 것으로 확인됨
- 그러나 집계 수치에서 차이가 발생하였는데, 특히 CCTV 3과 Wi-Fi 스캐너 3의 데이터 차이가 높았음
  → 이러한 차이는 집계 위치가 시장의 메인 입구로써 하루 동안 실제 유동인구가 가장 높은 지역이며 입구 앞에 큰 도로가 위치하기 때문에 변수값이 큰 것으로 예상
- **(RSSI 거리필터 적용)** Wi-Fi 스캐너의 raw-data에 수집되는 항목인 범위 내 스마트폰 RSSI(신호세기) 값이 스캐너와 스마트폰 간의 위치적인 거리값과 상관관계가 있다고 가정
- 반송큰시장 상점 앞 메인통로의 폭은 약 6m → 따라서 RSSI값이 -60보다 약한 신호를 일괄 제거함으로써 상점 앞을 지나가는 유동인구만 계측하는 RSSI 거리 필터를 적용
- **(속도· 거리에 의한 TIME 필터 적용)** 테스트가 진행되는 반송큰시장의 경우 시장 외곽에 일반도로가 형성되어 있기 때문에 거리필터에서 미처 필터링 되지 못한 차량 데이터를 처리하기 위해 Time 필터링을 사용함



$$r_{xy} = \frac{\sum_i^n (X_i - \overline{X})(Y_i - \overline{Y})}{\sqrt{\sum_i^n (X_i - \overline{X})^2} \sqrt{\sum_i^n (Y_i - \overline{Y})^2}}$$

1) P(Wi-Fi1, CCTV1) = 0.64

2) P(Wi-Fi2, CCTV2) = 0.84

3) P(Wi-Fi3, CCTV3) = 0.75

4) P(Wi-Fi4, CCTV4) = 0.80

▶ Average Correlation of all P(Wi-Fi, CCTV) = **0.75**

Comparison of Wi-Fi and CCTV Processed(filtered) Data

- RSSI 거리 필터와 Time 필터를 통해 가공된 유동인구 데이터와 CCTV 기반 수동계측 데이터의 상관계수가 0.75로 나타남에 따라, 두 변수 값이 어느 정도 유사한 상관 관계가 나타났다고 결론지음

○ Software - Bluetooth를 활용한 유동인구 추정 알고리즘 연구

- 스마트폰의 Mac address는 WI-Fi, Bluetooth가 존재하며 내부에서 진행한 설문조사결과 80명중 76명(95%)이 Bluetooth를 항상 켜놓는다고 응답함. 최근에는 무선이어폰(에어팟, 갤럭시버즈) 기타 무선기기(자동차 스마트키, 블루투스 리모컨 등)등의 bluetooth 사용자 수가 점점 증가하고 있는 것으로 판단됨에 따라 probe request에도 유의미한 수치가 나타날 것으로 기대됨

- **Wi-Fi, Bluetooth Probe code 작성**

sugnal type = BT (bluetooth)

Partitioning data by time zone

- **(테스트)** 수집된 데이터를 바탕으로 Wi-Fi(기존), Bluetooth(신규) 프로브 알고리즘의 결과를 1시간 간격으로 확인하였고 스마트폰 mac address가 랜덤화 처리, 제조사별 특성을 고려하여 필터링된 알고리즘 적용

- **(결과)** bluetooth 신호의 신호 변화 range가 더 적었으며 20~30대로 구성된 직장 특성과 오피스와 유사한 공간 특성을 지니는 곳에서는 bluetooth를 이용한 피플카운팅 분석이 더 적합할 수도 있을 것

- (정확도 향상을 위한 알고리즘 적용)

- BLE의 각 MAC은 수명이 존재함, 이를 데이터 손실이 없이 저장 및 분석을 진행하여 데이터 손실 방지

```python
def plot_count(counts):
    data = nd(2, list)
    for time_stamp, macs in counts.items():
        time_stamp = datetime.strptime(time_stamp, "%Y-%m-%d %H:%M:%S")
        data[time_stamp.day][time_stamp.hour].append(len(macs))

    for day, hour_data in data.items():
        for hour, count_list in hour_data.items():
            data[day][hour] = int(median(count_list))

    for day, hour_count in data.items():
        x, y = [], []
        for hour in range(0, 24):
            x.append(hour)
            if hour in hour_count:
                if hour > 7 and data[day][7]:
                    count = hour_count[hour] - data[day][7]
                    if count >= 0:
                        y.append(count)
                    else:
                        y.append(0)
                else:
                    y.append(hour_count[hour])
            else:
                y.append(0)
        print('day:', day, x, y)
```

수명에 따른 MAC 그룹화

```python
def analayze(scan_data, data, spot_mac, Signal_type, rssi_thres, s3_data):
    for line in data:
        s3_data.append(line)
        if len(line) != 6:
            continue
        collector_mac, device_mac, scanned_at, rssi, signal_type = line[0].upper(
        ), line[2], int(line[3]), abs(int(line[4])), line[5]
        date = datetime.fromtimestamp(scanned_at)
        if collector_mac.upper() != spot_mac:
            continue
        if signal_type != Signal_type or rssi > rssi_thres:
            continue
        if device_mac == '000000000000':
            continue
        scan_data[str(round_mnt(date))].append(device_mac)
    return scan_data, s3_data
```

수명에 따른 MAC 그룹화

```
Minutes, Percentage
5 --- 16.0495895459876 %
10 --- 39.504104540123976 %
15 --- 21.226336069693417 %
20 --- 17.90919752052277 %
25 --- 1.8428547495392864 %
30 --- 0.9214273747696432 %
35 --- 0.05025967498743508 %
40 --- 0.10051934997487016 %
45 --- 0.06701289998324678 %
50 --- 0.05025967498743508 %
65 --- 0.016753224995811694 %
70 --- 0.016753224995811694 %
75 --- 0.016753224995811694 %
80 --- 0.033506449991623390 %
85 --- 0.033506449991623390 %
100 --- 0.016753224995811694 %
115 --- 0.016753224995811694 %
160 --- 0.016753224995811694 %
220 --- 0.016753224995811694 %
285 --- 0.033506449991623390 %
450 --- 0.016753224995811694 %
500 --- 0.016753224995811694 %
520 --- 0.033506449991623390 %
525 --- 0.033506449991623390 %
530 --- 0.06701289998324678 %
535 --- 0.25129837493717540 %
540 --- 0.20103869994974033 %
555 --- 0.016753224995811694 %
650 --- 0.033506449991623390 %
690 --- 0.016753224995811694 %
795 --- 0.016753224995811694 %
825 --- 0.016753224995811694 %
850 --- 0.016753224995811694 %
870 --- 0.016753224995811694 %
880 --- 0.05025967498743508 %
885 --- 0.016753224995811694 %
890 --- 0.10051934997487016 %
895 --- 0.30155804992461050 %
900 --- 0.15077902496230525 %
1070 --- 0.016753224995811694 %
1075 --- 0.016753224995811694 %
1165 --- 0.016753224995811694 %
1300 --- 0.016753224995811694 %
1390 --- 0.016753224995811694 %
1400 --- 0.016753224995811694 %
1430 --- 0.016753224995811694 %
1435 --- 0.18428547495392864 %
1440 --- 0.38532417490366894 %
```

장치 MAC 수명 백분율 결과

- **(결과)** 실험 기간동안에서 대부분의 Bluetooth MAC Address 수명은 아래와 같은 백분율로 나뉘어 짐

- 5분 - MAC 수명(16%), 10분 - MAC 수명(39%), 15분 - MAC 수명(21), 20분 - MAC 수명(17%)

- 위의 각 MAC에 대한 수명에 따라 그룹을 구분하여 데이터 저장 및 분석을 진행

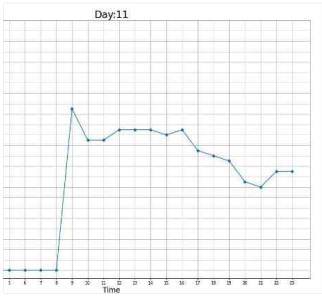
- (정확도 향상을 위한 알고리즘 적용)

```python
def plot_count(counts):
    data = nd(2, list)
    for time_stamp, macs in counts.items():
        time_stamp = datetime.strptime(time_stamp, "%Y-%m-%d %H:%M:%S")
        data[time_stamp.day][time_stamp.hour].append(len(macs))

    for day, hour_data in data.items():
        for hour, count_list in hour_data.items():
            data[day][hour] = int(median(count_list))

    for day, hour_count in data.items():
        x, y = [], []
        for hour in range(0, 24):
            x.append(hour)
            if hour in hour_count:
                if hour > 7 and data[day][7]:
                    count = hour_count[hour] - data[day][7]
                    if count >= 0:
                        y.append(count)
                    else:
                        y.append(0)
                else:
                    y.append(hour_count[hour])
            else:
                y.append(0)
        print('day:', day, x, y)

```

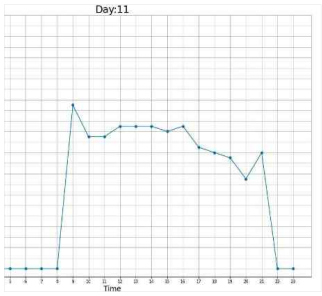
플롯카운트

```python
def analyze(scan_data, data, spot_mac, Signal_type, rssi_thres, station_macs):
    open_time = 8
    closed_time = 21
    closed_hours = list(range(0, open_time-1)) + list(range(closed_time, 24))

    for line in data:
        if len(line) != 6:
            continue
        collector_mac, device_mac, scanned_at, rssi, signal_type = line[0].upper(
        ), line[2], int(line[3]), abs(int(line[4])), line[5]
        date = datetime.fromtimestamp(scanned_at)
        if collector_mac != spot_mac:
            continue
        if signal_type != Signal_type or rssi > rssi_thres:
            continue
        # filter based on stationed_device macs
        # key = get_key(date, collector_mac)
        # if date.hour in closed_hours:
        #     station_macs[key].add(device_mac)
        # if device_mac in station_macs[key]:
        #     print(date, key, device_mac)
        #     # print(date, device_mac)
        #     continue

        scan_data[str(round_mnt(date))][device_mac]['time_stamps'].append(date)
        scan_data[str(round_mnt(date))][device_mac]['rssis'].append(rssi)
    return scan_data, station_macs
```

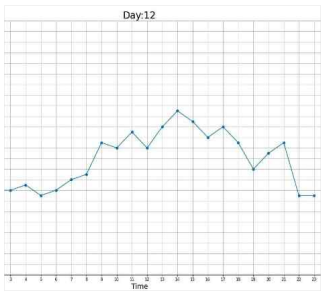
야간 MAC 캐시 및 필터링



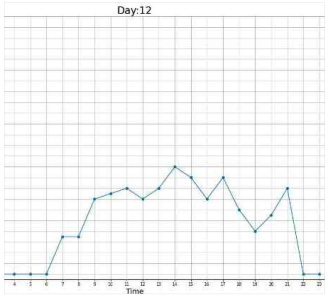
11일 알고리즘 적용 전



11일 알고리즘 적용 후



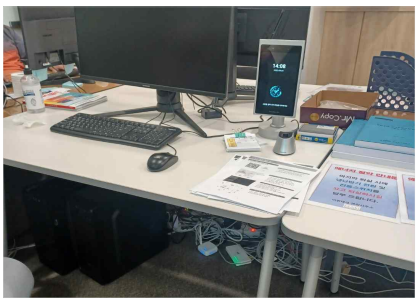
12일 알고리즘 적용 전



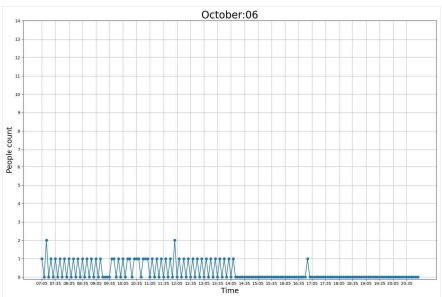
12일 알고리즘 적용 후

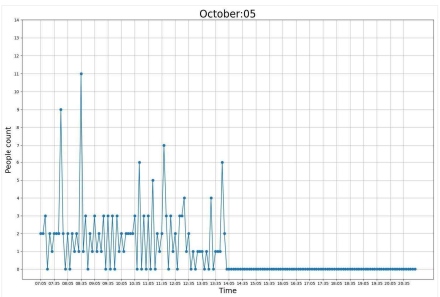
- **(결과)** 커스터마이징 작업 진행 시 각 유동인구 데이터의 정확도를 위하여 주간과 야간을 구분하여 알고리즘을 적용 후 오픈시간과 폐점시간을 나누어 수집된 MAC 주소를 각각 캐싱하여 진행

- (알고리즘 테스트를 위한 현장 테스트 부산 에코델타시티)



BLE 알고리즘 적용 현장설치



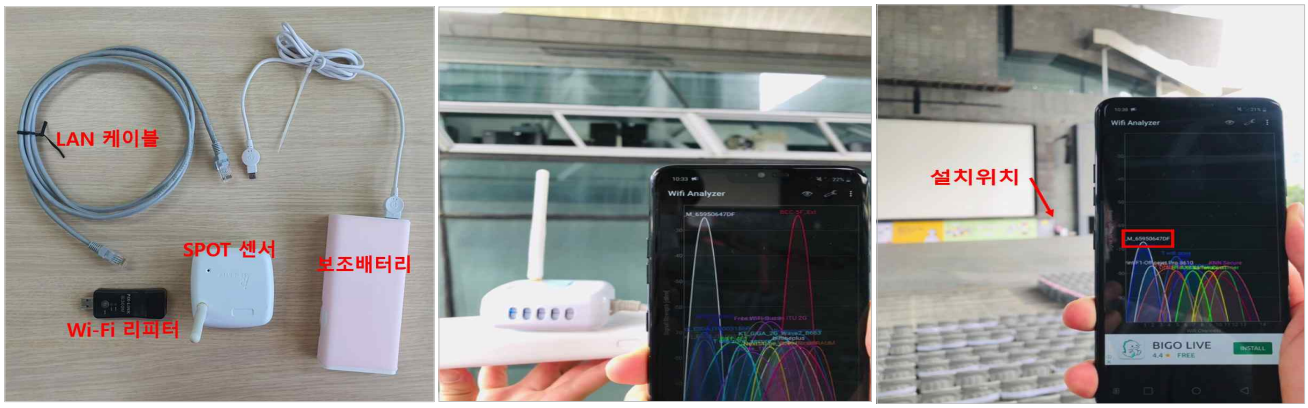


BLE 알고리즘 시간대별 인원 분석 결과

- **(장소선정이유)** 현장설치 장소는 EDC내의 관리사무소이며, 상시 거주인원 2명이 존재하는 공간이다. 이 공간에서 타 회사와의 미팅을 진행하기도 하는 곳이기에 2명이 존재해야하는 시간대의 정확도와 미팅 등의 사유로 유동인구 변화가 있는지 확인하기 위하여 설치
- **(결과)** 상시인원이 2명 거주해야하는 시간대와 유동인구의 변화가 있던 시간대에 유선상으로 확인한 결과 정확도가 88%가량이었으며, 테스트 진행 중 원하는 결과를 달성하였기에 추후 축제, 상가 등의 시설에 Mac Address Bluetooth 알고리즘 API를 제공하여 사업화 운용 예정

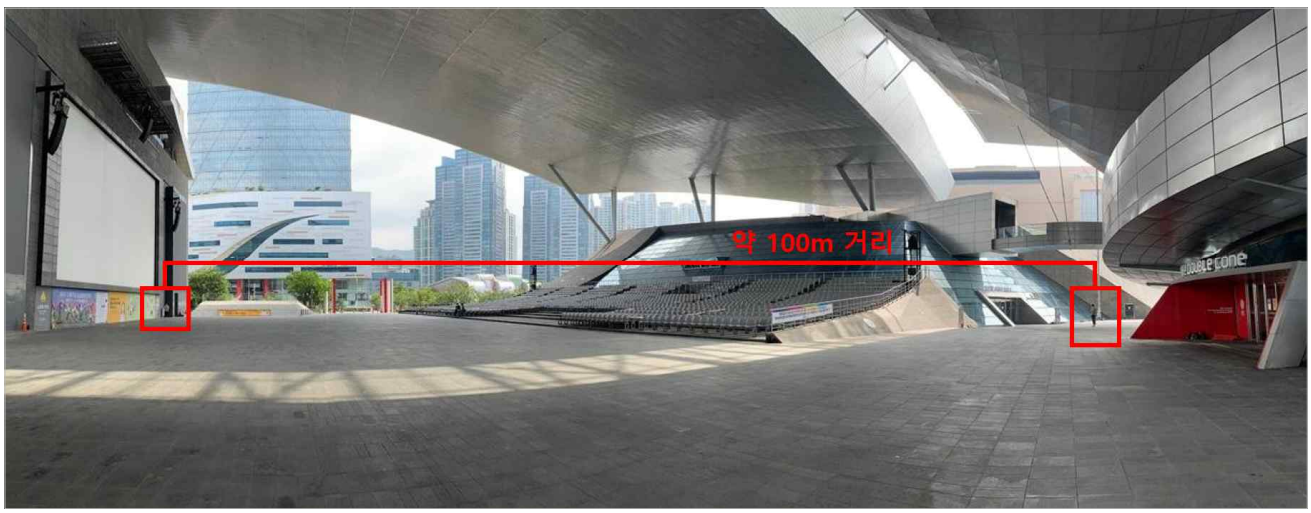
○ Software - 리피터 통신 거리 개선 연구

- 넓은 야외에서 Wi-Fi 센서 정확도 및 커버리지를 테스트 하기 위해 영화의 전당 야외홀에 센서를 설치하여 데이터를 분석 → Wi-Fi 통신의 적용 점위를 개선하고 신호 전달을 원활하게 해주는 Wi-Fi Repeater(Range Extender)를 사용하여 적용 테스트 진행
- 무선으로 SPOT을 사용하게 될 경우, 전원 공급을 위해 테스트 과정에서 보조배터리(20,000amp)로 대체



실험 준비물 및 연결모습

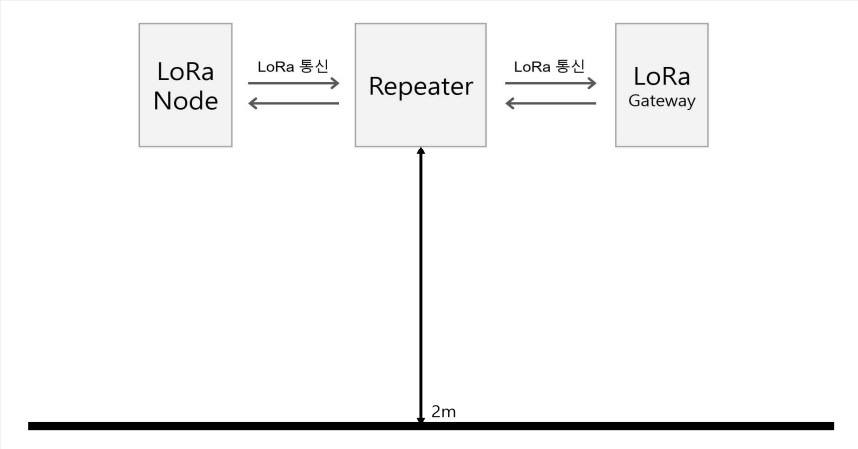
- 사무실 옆 넓은 공터에서 신호 범위 테스트를 진행하였으며, 기존 SPOT 센서의 범위(약 25m)보다 넓은 약 50m 떨어진 위치에서 신호를 측정 하였을 때, 신호가 정상적으로 잡히는 것을 알 수 있었음
- 하지만, Repeater가 300m까지 증가할 수 있다는 가정과는 다르게, 80~100m 정도 멀어지기 시작하자 신호가 잡히지 않았음 → SPOT의 신호 적정 범위는 50~60m 정도인 것으로 파악됨
- 보조배터리의 남은 배터리 용량을 4단계로 이루어진 범위로 밖에 파악이 가능하여, 기존에 SPOT만 연결하였을 경우랑 비교가 불가능
- 추후, Repeater를 연결하였을 때 SPOT 센서의 배터리 용량 확인 테스트 진행 필요



연구 환경(야외)

- **(RandomMac-Address 추출법 고도화 방안)** Mac-Address 무작위화 문제를 해결하기 위해 IEEE 802.11 프레임의 헤더에 존재하는 다른 필드를 분석하여 스마트폰의 고유한 Fingerprint를 추출. 또한, 데이터와 신호 패킷을 사용하여 임의 추출의 영향 완화
- **(RSSI 신호 분석 방법)** RSSi 신호 세기에 따라 수집된 Mac-Address를 클러스터링하여 Random-Mac 수를 감소시킴. 또한 장치가 AP에 연결되어 있을 때 RSSI 패턴을 기반으로 장치 프로필 작성 후, Random-Mac-address를 병합하기 위해 cosine 유사도가 계산됨

- **(네트워크전송거리 개선 연구)** LoRa Gateway와 Node간의 통신거리 증가를 위해 Repeater를 활용한 거리 개선 실험 진행 → 전파손실 모델을 연구 및 적용하여 통신에 끼치는 영향 분석
- 도심 속 LoRa 통신이 진행될 때 발생하는 전파송신을 계산하기 위한 연구로, Hata 모델을 활용하여 연구 장소에 맞는 알고리즘으로 변환한 후 연구 진행
- **(Hata 모델)** 도시에서 발생하는 LoRa 통신이 진행되는 연구 장소를 '대도시 & 중소도시' 2가지로 분류하여 각각 다른 Hata 모델 기반 계산식을 구축하였으며, 두 지형 모두 지형은 평탄하다고 가정하였을 때, 도심지역의 전파손실을 기본으로 하고 다른 지역에 대한 보정 진행(건물의 평균 높이는 15m이며 주파수 범위는 150~1500MHz인 경우를 기준으로 정의 / 사용된 주파수 대역 : 923MHz)



LoRa Gateway 및 Node 연결 구성도

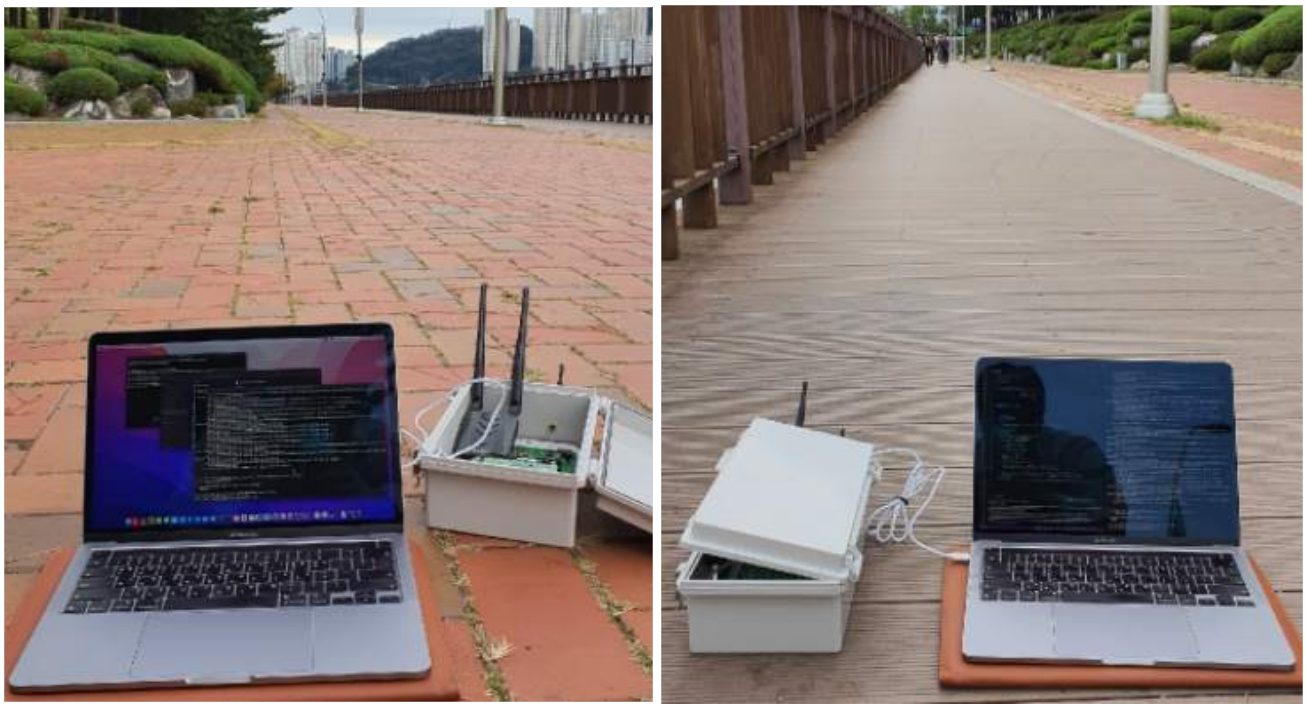
- 지상에서 2m 띄워진 곳에 송수신 장비들을 배치하여 보다 원활한 통신 환경 구축(전방향 전파 송신 및 방해벽 제거)
- 개선된 통신거리 덕분에 지형지물이 많은 공간에서도 장거리 통신이 가능할 것으로 예상되면, Gateway와 Node 사이 통신 거리가 증가함에 따라 데이터 패킷 전송 속도 또한 증가할 것으로 보임

구분	수식	
전파손실 기본식	$L(dB) = 69.55dB + 26.16\log_{10}(f) - 23.82\log_{10}(h_b) - a(h_b) + (44.9 - 6.55\log_{10}(h_b))\log_{10}d$	f : LoRa 주파수 h_b : LoRa 중계기 안테나의 높이 h_m : LoRa 단말기 안테나의 높이 d : 적용 가능한 거리 $a(h_m)$: 송수신 시스템이 적용되는 지역에 대한 단말기에 적용될 안테나 높이에 대한 보정인자
대도시	$a(h_m) = 3.2(\log_{10}11.7 \times h_m) - 4.97$	
중소도시	$a(h_m) = (1.11\log_{10}f - 0.7)h_b - (1.56\log_{10}f - 0.8)$	

- 해당 계산식을 통한 결과에 의하면, 수신감도가 -122.27dBm이며 수신감도가 대응하는 전송거리를 500m임을 알수 있음(확산계수가 7인 경우 수신감도가 -123dBm을 가지는 것에 대응)

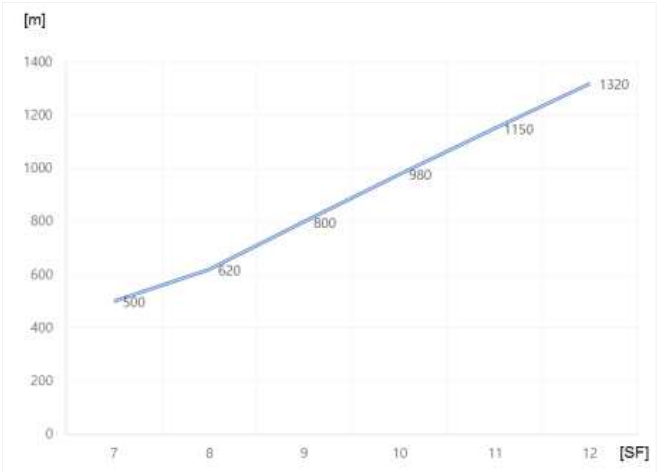
거리	TX 파워	전파손실	수신감도
500	10	132.27	-122.27
600	10	135.82	-125.82
800	10	141.43	-131.43
900	10	143.73	-133.73
1000	10	145.78	-135.78
1100	10	147.64	-137.64
1200	10	149.43	-139.34

- 또한 확산계수가 12인 경우에 수신감도가 -136dBm을 가지는 것을 통해 이는 전송거리 1,000m(1km)까지 전송이 가능함을 알 수 있음

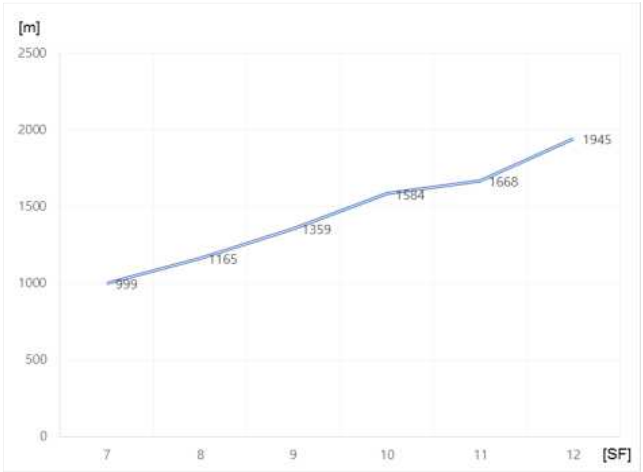


LoRa 송수신 테스트 모습

- 실험장소에서 데이터 통신이 잘 안되는 경우, 도보로 조금씩 위치를 이동하여 진행
- 확산계수가 7인 경우 전송 가능거리는 500m이며, 확산계수가 12인 경우 전송 가능거리가 1,300m → 즉, 확산계수의 크기에 따라 수신감도가 좋아지게 되며 데이터의 전송거리 또한 개선됨을 알 수 있음
- LoRa Node의 출력을 5로 증가시키고 수신 Gateway의 안테나 거리도 증가시킨 경우 전송거리 또한 증가함을 알 수 있었음 → 동 확산계수 대비 평균 약 510m가 상승하였으며, 이를 통해 LoRa Repeater를 사용한 거리 증가가 영향을 미친다는 것을 확인함



LoRa 리피터 실험 거리 결과



보정인자 적용 실험 결과

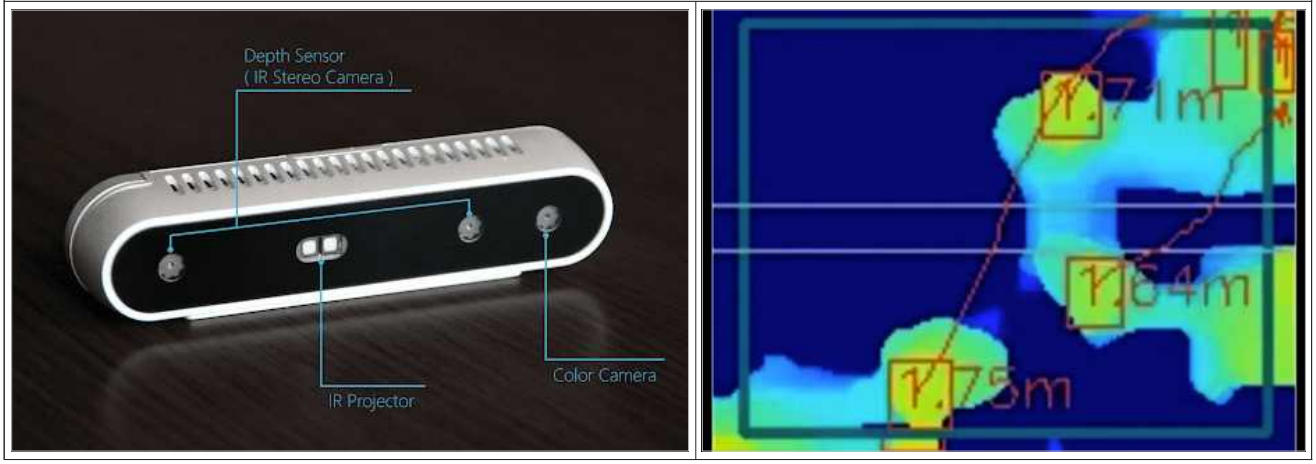
- 연구결과, 이동형 단말기의 경우 안테나 높이를 1m, 단말기의 출력을 14.98dBm, 중계기의 안테나 높이를 5m로 하여 Hata 모델을 적용한 경우가 중소도시 및 교외 지역의 IoT망 설계를 위하여 제안한 조건에 가장 근접한 결과임을 확인
- LoRa기술은 기존에 Long Range, 즉 장거리 저전력 통신기법으로 별도의 Repeat 기술 없이도 현재 중소도시 및 교외지역에서의 5~10km의 데이터 패킷 통신이 가능 → 따라서 리피터 기술 적용이 필수적이지 않다고 판단되지만, 거리 성능 및 증폭의 효과는 분명하므로 통신 속도가 개선됨에 따라 상용화 모듈로서 개발할 수 있을 것으로 나타났음

(3) 영상 기반 피플카운팅 센서 개발

○ Hardware - 모듈 선정

- 카메라 영상 속 적외선 레이저 센서 기반 **Depth AI** 피플카운팅 **방식 설계**
- (주요 특징) 영상 이미지 속 Depth 로 나타난 사람을 카운팅하여 인원수를 계측함 (※열화상방식X)

DepthAI 기반 카운팅 방식



- 3D 기술에 구애받지 않고 플랫폼 독립적이며 공급 업체 중립적임 (3D 카메라를 사용하여 정확한 모양 감지 및 **배경, 전경 분리**를 보장. 또한 2D 카메라와 달리 **그림자 및 조명 조건에 제한을 받지 않음**)
- **양방향 in, out** 계산 / 사용자 정의 영역에서 **체류 시간 측정**
- **높은 정확도**로 최대 30fps 추적(3D 카메라에 따라 다름)
- **통합 로컬 및 클라우드 API** 개발 (MQTT 및 RESTful API로 액세스할 수 있는 추상화 계층 생성)
- POE 지원 X

구분	OAK-D-PoE	OAK-D	OAK-1-PoE
사진			
특징	• 12MP Rolling Shutter color camera • 1MP (1280x800) Global Shutter stereo pair • 16GB Internal Storage (eMMC) • 1gbps Ethernet • 802.3af POE Power • IP67 Sealed	• 12MP Rolling Shutter color camera • 1MP (1280x800) Global Shutter stereo pair • 16GB Internal Storage (eMMC) • 720p 120Hz 4K 60Hz Color • USB3C/+5V Power Pin	• 12MP Rolling Shutter color camera • 16GB Internal Storage (eMMC) • 1gbps Ethernet • 802.3af POE Power • IP67 Sealed

카메라 기반 카운팅 센서 비교

- **(개발보드 선정) Raspberry Pi 3** : Raspberry Pi3는 이미지 처리에 사용할 수 있지만 모두에 사용할 수 있는 것은 아니며, 응용프로그램에 따라 다름. 고해상도 실시간 이미지 처리를 수행하려면 더 powerful한 CPU와 더 많은 RAM이 필요함. Raspberry 3는 저해상도 이미지로 빠른 이미지 처리에 사용할 수 있고, 대부분의 처리는 openCV를 사용하여 Python에서 실행 가능함
- **Raspberry Pi 4**는 더 빠른 1.5GHz 클럭 속도 프로세서를 가짐. (Raspberry Pi 3B+의 1.4GHz보다 높음). 쿼드 코어 프로세서도 탑재하고 있으며 1.4GHzㄴ의 클럭 속도도 동일함 > 라즈베리4 사용

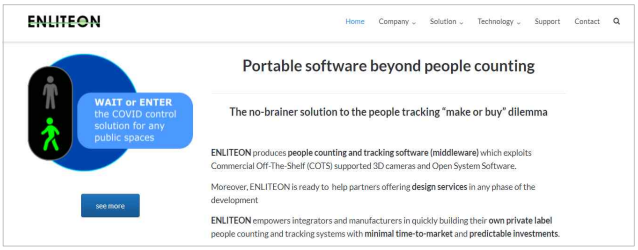
○ **software - 라이브러리**

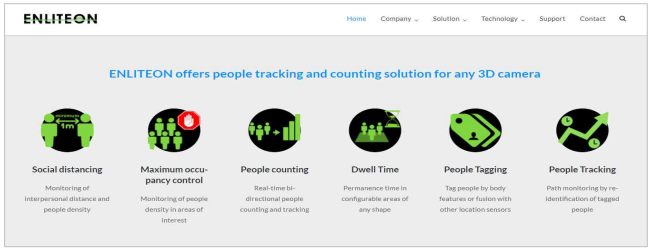
- **(이미지 프로세싱 라이브러리 결정)** 특별한 경우에 가장 적합한 다양한 라이브러리와 기술이 있으므로 프로젝트에 가장 많은 리소스가 있는 라이브러리를 고려하여 선택해야 함

라이브러리 종류	
Pillow (PIL)	- 변환, 향상, 읽기 및 베개가 분기된 라이브러리인 위치 표시와 같은 이미지 처리 작업 을 처리하기 위한 오픈 소스 파이썬 라이브러리로, 영상 기반 피플카운팅 방식인 본 프로젝트에 적하지 않음
Matplotlib	- 분할 또는 객체 감지와 같은 기계 학습 작업을 위해 특별히 설계되지는 않았지만 이미지 프로세싱에 사용할 수 있음. 분산형 차트, 막대 그래프를 그리는 데 주로 사용됨
Mahotas	- C++로 구현된 컴퓨터 비전 라이브러리임. NumPy 배열을 이미지 개체로 사용 하는 생체 이미지 정보학 전용으로 주로 설계됨
Keras	- 일반적으로 딥 러닝 컴퓨터 비전 모델을 준비하는 데 사용됨. 딥 러닝을 위한 데이터 세트 권장 사항에 따르면 최소 500개 이상의 이미지로 구성된 데이터 세트를 보유하는 것이 좋은편임. 큰 데이터 세트가 있고 메모리가 로드하기에 충분하지 않을 때 모든 이미지를 한 번에 로드하는 대신 Keras를 사용하여 일괄 로드, 보강 및 처리하는 특징이 있음

OpenCV	- 2000년 Intel에서 개발한 오픈 소스 라이브러리. 주로 물체 감지, 얼굴 감지, 얼굴 인식, 이미지 분할과 같은 컴퓨터 비전 작업에 사용되지만 ML에 유용한 기능도 많이 포함하고 있음
	- C++로 작성되었으며 Python에서도 사용할 수 있는 공통 인터페이스 역할 수행
	- OpenCV-Python 및 OpenCV-contrib-Python은 Python 기반의 OpenCV 주변 래퍼임
	- openCV 라이브러리는 Python용 다음 명령줄을 사용하여 설치함
	To install `opencv-contrib-python`
	`1 pip install opencv-contrib-python`
	To install `opencv-python`
	`1 To install opencv-python`
	OpenCV covers all the functions that we need to build people counting system. So we decided to build our project based on OpenCV and we might also use Keras in parallel.

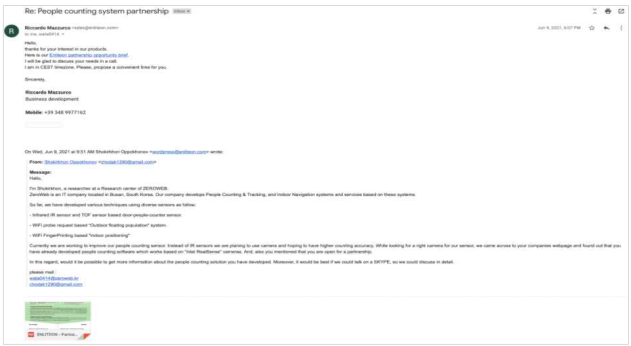
○ Software - Enliteon solution

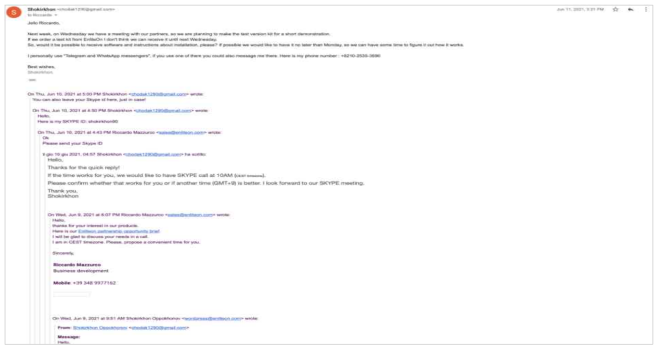




3D 영상 카운팅 소프트웨어 솔루션 업체 엔라이트온(ENLITEON)

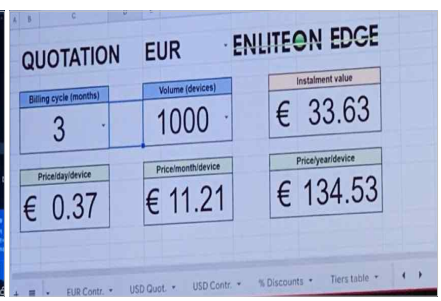
- 월 라이센스 비용이 존재하며, 클라우드 방식으로 시스템을 설계하여 솔루션을 제공함
- 아시아 최초 파트너사로 소프트웨어 설계에 대한 해당 솔루션을 활용하고자 하였으나, 클라우드 서버/소프트웨어 월 비용 등의 이슈로, 소프트웨어 자문 형식으로 컨택을 진행함

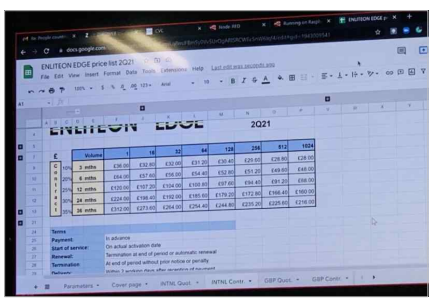




엔라이트온(ENLITEON) email 내용

엔라이트온(ENLITEON) zoom 회의 1,2차





엔라이트온 솔루션 자료 (라이센스 비용 포함)

- Overhead 방식 정확도, 실제 적용 사례, 데이터 패킷 사용량, PoE 방식의 하드웨어 개발 정보 공유

○ Hardware - overheating

- 피플 카운팅 시스템을 위한 3D 스테레오 카메라를 테스트하는 동안 라즈베리 파이 보드에 연결된 카메라 과열 문제가 발생함. 따라서 Thumel 패드와 같은 것을 사용하여 모듈 열을 식히는 방법 고안 필요

Camera module overheating	
	- 보드가 작동하지 않을 때도(only ONstatus) 온도가 52.5도까지 올라가는 현상 발생 - 보드가 켜져 있고 시스템을 실행하면 온도가 70~75도까지 상승함 - Pi의 CPU가 75도까지 오르더라도 컴퓨터의 전자 부품은 그로 인해 손상되지 않아야하기 때문에 주의가 필요함 - 이러한 조건에서 하드웨어를 장기간 실행하면 장기적으로 Pi의 수명이 단축됨 - 시스템 전체 속도가 느려져 shut dowm 현상 발생함

- 피플 카운팅 시스템을 위한 3D 스테레오 카메라를 테스트하는 동안 라즈베리 파이 보드에 연결된 카메라 과열 문제가 발생함. 따라서 Thumel 패드와 같은 것을 사용하여 모듈 열을 식히는 방법 고안 필요

- (cooling fan) 냉각 팬은 자연 대류에 비해 더 빠른 속도로 차가운 공기를 빨아들이기 때문에, 따뜻한 공기가 빠져나갈 수 있도록 도와줌. 팬과 함께 방열판을 사용할 때 가장 좋은 결과가 예상됨
- (test) 열 전달 성능 및 지속성 테스트
- 가열온도 : 1시간동안 구동 후 각 패드 및 그리스 온도 측정
- 내한성 : 온도 측정 후 1시간 뒤 온도가 상승했는지 측정

cooling fan

Themel Grease

Themel ped

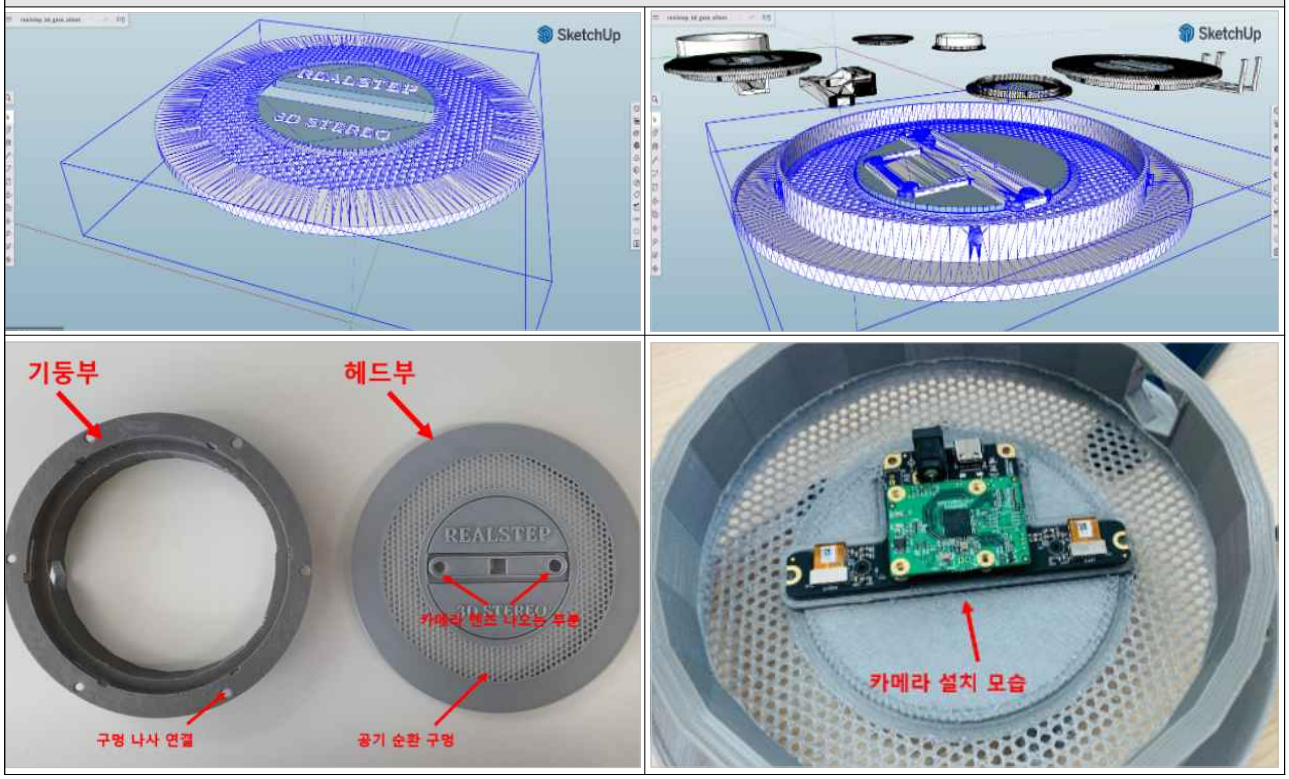
구분	패드	유지
온도	40.6° C	35.1° C
냉기 저항(확률증가)	6.3° C ▲	8.7° C ▲

- (result) 처음 1시간 동안 Thumel grease가 ped보다 온도가 더 낮았지만, Thumel ped의 저항이 그리스보다 더 효율적으로 나타남. Thumel grease는 쉽게 지워지고 CPU에 장착하는 것이 용이하지 않음
- 따라서 Thumel ped 3D 스테레오 카메라에서 사용하는 것이 더 나음

○ Hardware : 센서 설치를 위한 케이스 설계(안)

- 열이 잘 방출되는 디자인, 천장부착, 벽면 부착 등 다양한 설치 상황 고려 필요
- (설계안 1) 바닥면이 없는 원기둥 형태의 케이스로, 기둥은 천장 구멍 사이즈에 맞추고 위쪽면에는 카메라 외부 케이스와 같은 길이의 가로 뚫린 홀 제작
- 카메라 자체 발열 현상을 최소화하기 위해, 헤드부분(위쪽면)에 작은 원구멍들을 내어 공기 순환이 일어나도록 유도 → 자체 쿨링 효율은 낮지만, 70℃까지 올라가는 카메라 모듈의 온도를 낮추기 위한 설계

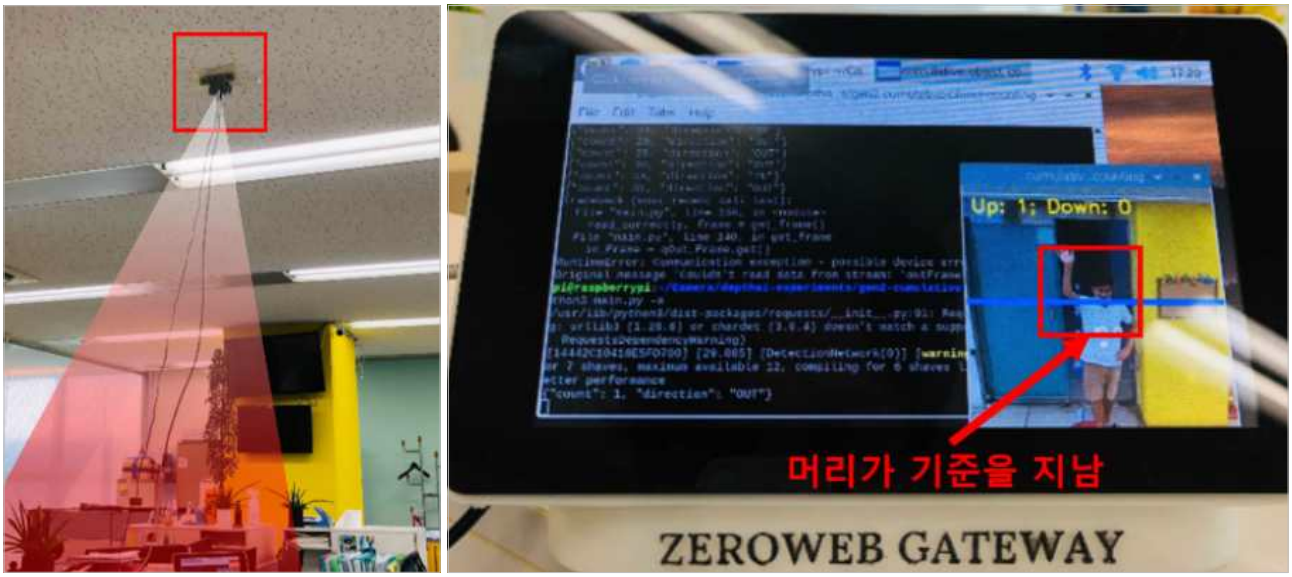
천장 부착형 테스트 케이스 설계



- Overhead 방식의 측정을 위해서는 천장에 매립해야 하므로, 사무실에서 흔히 볼 수 있는 천장형 스피커, 라우터 등의 모습을 참고해 카메라 케이스를 담을 수 있는 외부 케이스를 설계함

설치 유형에 따른 케이스 디자인 종류

- ② 사무실 입구 라인 설정 카운트 기준(파란선) / UP : 출입문을 지나 사무실로 들어오는 경우 DOWN : 출입문을 지나 사무실에서 나가는 경우



사무실 입구 테스트 환경 셋팅

- 다른 설치 장소의 카메라 라인(기준)과는 다르게, 출입문은 문의 중간에 라인을 배치하여, 문을 출입하였다라는 여부를 확실히 파악할 수 있도록 하였음.
- 예를 들어, 라인을 바닥부분에 배치하면 외부인(택배 기사, 열린 문 밖으로 지나다니는 사람 등)도 쉽게 인식될 수 있음. 따라서 실제 출입하는 사람(직원)을 구분하기 위해서는 출입문 중간에 기준선을 배치하여, 사람의 머리가 기준을 지난다면 UP으로 인식됨
- (test 내용) 정확성을 파악하기 위해 1명, 2명, 3명, 5명씩 나누어 각 인원수 별로 2번씩 왔다갔다 왕복(총 4회) 인식하는 테스트를 두 설치 장소에서 모두 진행

구분		1명		2명		3명		5명	
1 set	결과1	4회인식	True	4회인식	True	5회인식	False	6회인식	False
	결과2	4회인식	True	4회인식	True	4회인식	True	5회인식	False
2 set	결과1	4회인식	True	4회인식	True	5회인식	False	6회인식	False
	결과2	4회인식	True	4회인식	True	4회인식	True	5회인식	False
3 set	결과1	4회인식	True	4회인식	True	5회인식	False	6회인식	False
	결과2	4회인식	True	4회인식	True	4회인식	True	5회인식	False

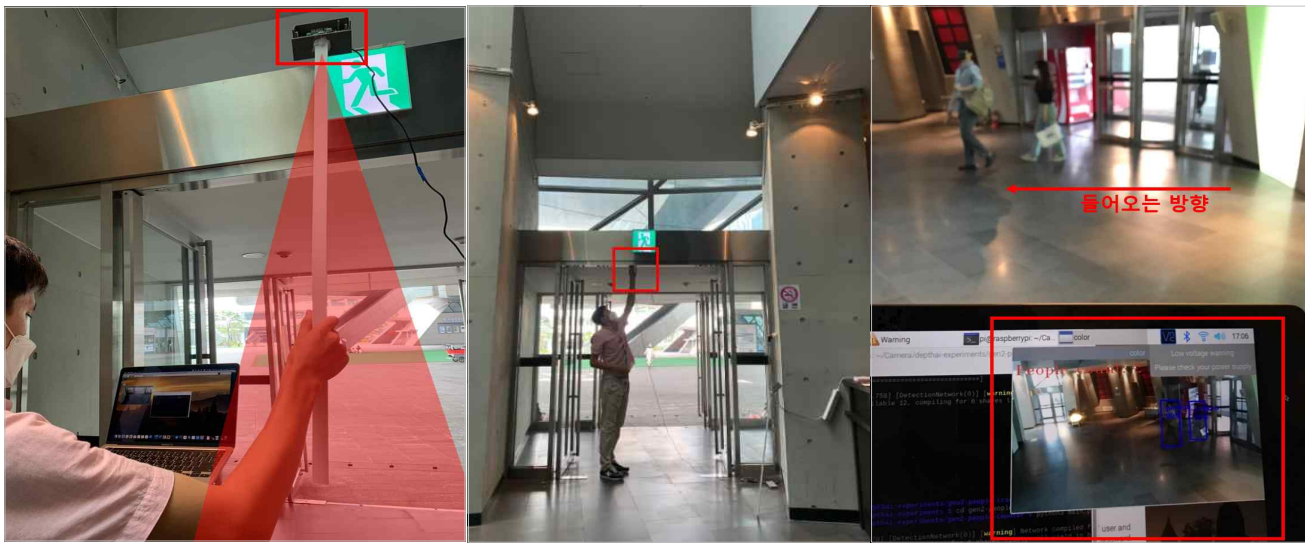
test 결과

- 정확성을 파악하기 위해 1명, 2명, 3명, 5명씩 나누어 각 인원수 별로 2번씩 왔다갔다 왕복(총 4회) 인식하는 테스트를 두 설치 장소에서 모두 진행
- 1번(좌우 인식)보다는 2번(상하 인식) 설치 방법이 조금 더 높은 정확성을 보여주었음
- 사람의 ID를 인식하지 못하거나 중복 인식하는 경우는 머신 러닝을 통해 학습시키면 정확성이 높아질 것으로 예상 → 실내 · 외 꾸준한 인식 학습이 필요
- (To DO) 사무실 내부에 교차하는(방향을 바꿔서 걸어가는) 공간에 카메라를 설치하고, 라인(기준선)을 좌/우 및 상/하에 동시에 설정하여 지나다니는 사람의 수 측정 테스트 진행 예정

○ Hardware : 센서 현장 적용을 위한 시뮬레이션

- 영화의 전당 카메라 테스트

구분	내용
목적	영화의 전당 현장 구축을 위해 사전 에 준비한 임시 케이스를 이용하여 측정 정확도를 파악하고, 올바른 설치 위치 및 방법 파악
테스트 장소	더블콘 1층 출입문 (실내)
진행 방법	카메라 케이스를 긴 폴대에 연결시켜, 출입문 위에 설치되어 있는 환경과 비슷하게 조성한 후 측정
	- 실내 이중문 중간에서 케이스를 폴대로 연결한 센서를 들고 그 밑을 사람이 왔다 갔다 하는 방식을 각 10회 씩 반복 - 1, 2, 5명과 같이 지나가는 사람수를 서서히 늘려가고, 들어가는 사람과 나오는 사람을 동시에 측정하기도 하며 정확도 계산 - 이후, 실내 cctv가 설치된 위치에 센서를 배치하고 Wide-View 방식으로도 유동인구 측정



실외 테스트 현장 사진 (영화의정당 더블콘)

구분	1명		2명		5명	
overhead	10/10	100%	9/10	90%	7/10	70%
동시 출입	9/10	90%	8/10	80%	7/10	70%
wide-view	10/10	100%	10/10	100%	8/10	80%
동시출입	10/10	100%	8/10	80%	6/10	60%

test 결과

- 실내에서 Overhead로 설치하였을 때, 한명씩 출입하는 경우에는 높은 정확도를 보였다. 하지만, 동시에 들어오고 나가거나 약 5명 이상부터 감지되는 경우에는 올바른 수치만큼 측정되지 않는 경우가 존재함
- Wide-View로 실내 카운트를 하였을 때, 여러명이 들어오는 상황에서는 Overhead 설치보다 높은 정확도를 나타내었다. 하지만, 동시에 지나가는 상황에서는 카메라 위치에 따라 나가는 사람과 들어오는 사람의 몸이 겹쳐 한 화면에서 중복되어 인식되는 경우가 간혹 있었음

- 영화의 전당 카메라 설치 위치 및 라이브러리 동작 점검

구분	내용
목적	영화의 전당 현장 구축을 위해 사전 에 준비한 임시 케이스를 이용하여 측정 정확도를 파악하고, 올바른 설치 위치 및 방법 파악
테스트 장소	하늘다리 중간 (실외)
진행 방법	하늘다리 중간에서 야외 광장을 내려다보는 위치에 카메라를 셋팅하고 유동인구 수를 한명씩 카운팅하여 비교한다
	- 광장이 모두 보이는 높이에서 시민들의 수를 담을 수 있도록 카메라를 배치하고 측정 - 실외에서 센서를 이용하여 측정할 때, 광장의 실제 인원수를 핸드 카운팅한 수와 센서로 측정한 수를 비교

실외 테스트 현장 사진 (영화의정당 야외광장)

구분	14시경	15시경
실제 사람수	20	28
센서 사람수	8	10

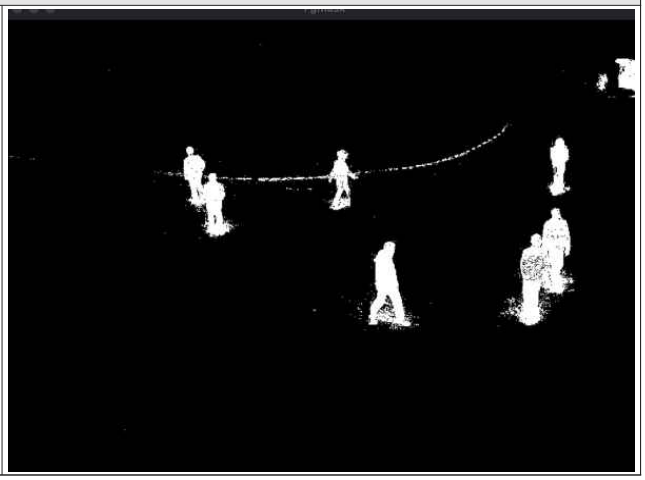
test 결과

- 실외 설치에 있어서는 100% 정확도로 측정하는 것이 힘듦 → 실외는 설치 환경(좌, 우, 날씨 등)에 따라 정확도의 차이가 많이 달라짐 >실외 인원수를 카운트
- 하기에는 카메라 보다 SPOT 센서를 이용하는 것이 적합
- (실내) 정확도 : 실내 출입문(이중문)의 중간에 설치하여 카운트 하는 경우, 앞뒤의 문이 열리고 닫히는 현상이 정확한 카운트에 오류(노이즈) 발생 / 또한, 건물을 나오는 사람과 들어오는 사람이 동시에 이중문을 지나갈 때도 카운트가 정확히 되지 않았음
- (실내) 설치 위치 : Overhead 방식으로 설치할 경우, 위에서 확인한 것과 같이 정확한 카운트가 안되는 경우가 발생 → 이를 위해, 입구에서 Overhead 방식으로 카운트 방식이 아닌 Wide-View 형태로 입구를 다 담을 수 있는 위치에 설치하는 방식 사용 고려
- Wide-View 카메라의 설치 위치 조건은 '1. 입구가 한 카메라에 모두 들어오는 곳 & 2. 위에서 아래를 보듯이 설치되어 라인(기준선)을 설정할 수 있는 위치' 가 필요
- 현재 생각 중인 설치 장소는 실내 CCTV가 있는 위치 : 2개의 문으로 출입하는 사람들의 모습이 한번에 보임
- (실외) 정확도 : DepthAI 카메라 센서가 실외의 사람 수를 카운트 하는 것이 목적이 아니기 때문에 무관함

○ Software : 움직임 감지 정확도 개선 연구

- 현장적용 시뮬레이션 이후에 문제점 보완을 위한 Software 고도화 작업 진행
- 배경 추출(BS)을 통하여 정적 장면에서 움직이는 물체 이미지의 픽셀을 구분하는데 사용
- 배경 추출 알고리즘은 Mixture of Gaussians(MOG), k-nearest neighbors(KNN), Godbehere-Matsukasha-Goldberg(GMG) 세 가지가 사용되며 실험환경에서 사용하는 라이브러리는 OpenCV이므로 MOG와 KNN만 사용함

OpenCV 기반 배경 추출 방식



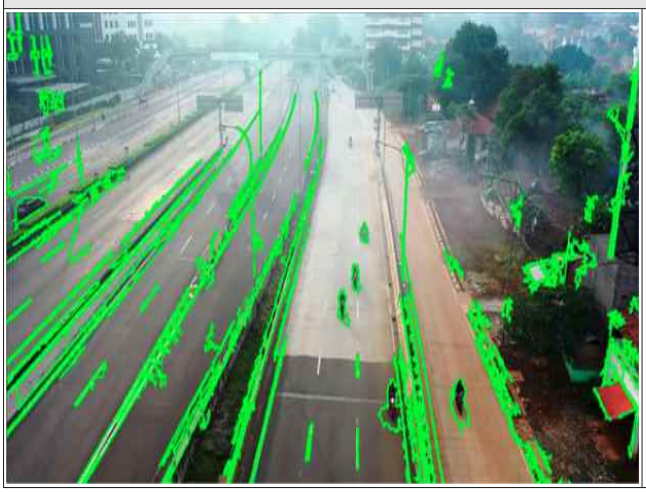
```
cap = cv.VideoCapture('samples/data/vtest.avi')
while True:
    _, frame = cap.read()
    if frame is None:
        break
```

```
import cv2 as cv

fgbg_knn = cv.createBackgroundSubtractorKNN(detectShadows=True)
fgbg_mog2 = cv.createBackgroundSubtractorMOG2(detectShadows=False)
```

- 전경 마스크를 생성하여 입력 비디오 및 이미지 시퀀스를 읽는데 사용된다

- **(openCV 적용)** 영상 속 이미지 내 사람 카운팅을 보조하기 위한 **Library 추가 (software 개발)**
- 추가적으로 연구하게 될 실시간 컴퓨터 비전 프로그래밍 Library에 포함될 요소 중 하나이며, 지정된 영역에 있는 사람을 감지하여 프레임에 있는 사람의 수, 프레임에 있는 사람의 평균 지속 시간 및 총계를 내기위한 작업을 진행하기 전 프레임을 효율적으로 사용하여 하드웨어의 가해지는 데미지를 최소한으로 하기위함

OpenCV 기반 배경 비율 변경 알고리즘



- **(효과)** 필요한 부분만을 감지하여 인원수 계측을 진행하기 때문에 앞서 문제로 발생한 HW 문제 중 하나인 발열을 감소시키는 효과와 이미지 프로세싱을 하기 위해 필요하던 최소 CPU사양을 감소시킬 수 있음, 이는 실제 사업화 시 비용문제와도 직결되는 부분으로 충분히 고려해야할 사항임

○ Software : Euclidean을 사용한 커스텀 객체 추적 알고리즘 적용

- 객체감지는 모든 단일 프레임 이후에 대한 프레임 감지를 통하여 이루어짐
- 객체추적은 프레임별 추적을 진행하지만 시간이 지남에 따라 개체가 있는 위치에 대하여 기록 후 파악을 반복함

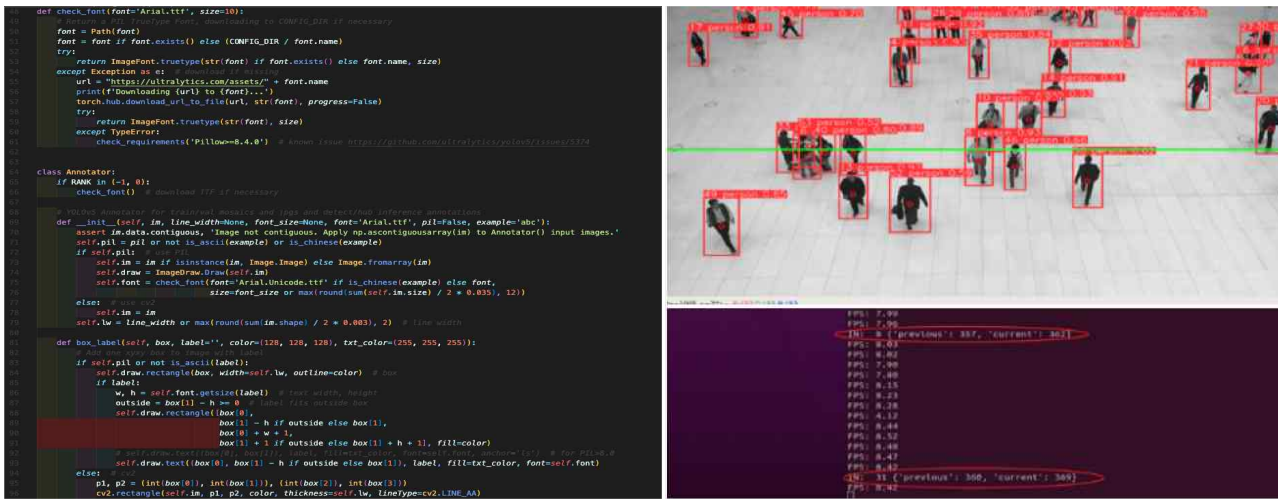
```python
from tracker import *
# Create tracker object
tracker = EuclideanDistTracker()

detections.append([x, y, w, h])

cap = cv2.VideoCapture("highway.mp4")
object_detector = cv2.createBackgroundSubtractorMOG2()

while True:
    ret, frame = cap.read()
    height, width, _ = frame.shape

    # Extract Region of interest
    roi = frame[340: 720, 500: 800]

    # 1. Object Detection
    mask = object_detector.apply(roi)
    _, mask = cv2.threshold(mask, 254, 255, cv2.THRESH_BINARY)
    contours, _ = cv2.findContours(
        mask, cv2.RETR_TREE, cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)

    # Object detection from Stable camera
    object_detector = cv2.createBackgroundSubtractorMOG2(
        history=100, varThreshold=40)

    for cnt in contours:
        # Calculate area and remove small elements
        area = cv2.contourArea(cnt)
        if area > 100:
            cv2.drawContours(roi, [cnt], -1, (0, 255, 0), 2)
            x, y, w, h = cv2.boundingRect(cnt)
            cv2.rectangle(roi, (x, y), (x + w, y + h), (0, 255, 0), 3)
            _, mask = cv2.threshold(mask, 254, 255, cv2.THRESH_BINARY)

    # 2. Object Tracking
    boxes_ids = tracker.update(detections)
    for box_id in boxes_ids:
        x, y, w, h, id = box_id
        cv2.putText(roi, str(id), (x, y - 15), cv2.FONT_HERSHEY_PLAIN, 2, (255, 0, 0), 2)
        cv2.rectangle(roi, (x, y), (x + w, y + h), (0, 255, 0), 3)
```

```python
import math


class EuclideanDistTracker:
    def __init__(self):
        self.center_points = {}
        self.id_count = 0


    def update(self, objects_rect):
        objects_bbs_ids = []

        for rect in objects_rect:
            x, y, w, h = rect
            cx = (x + x + w) // 2
            cy = (y + y + h) // 2

            same_object_detected = False
            for id, pt in self.center_points.items():
                dist = math.hypot(cx - pt[0], cy - pt[1])

                if dist < 25:
                    self.center_points[id] = (cx, cy)
                    print(self.center_points)
                    objects_bbs_ids.append([x, y, w, h, id])
                    same_object_detected = True
                    break

            if same_object_detected is False:
                self.center_points[self.id_count] = (cx, cy)
                objects_bbs_ids.append([x, y, w, h, self.id_count])
                self.id_count += 1

        new_center_points = {}
        for obj_bb_id in objects_bbs_ids:
            _, _, _, _, object_id = obj_bb_id
            center = self.center_points[object_id]
            new_center_points[object_id] = center


        self.center_points = new_center_points.copy()
        return objects_bbs_ids
```

유클리드 기반 객체추적 + 배경 비율 지정 라이브러리 소스코드

최종 객체추적 라이브러리 시연 결과

- **(적용 결과)** 객체 감지 및 객체추적 알고리즘을 적용하여 원하는 객체에 라운딩을 한 뒤 ID를 부여하여 중복 카운팅 방지하며 한 공간에 총 몇 명의 사람이 분포되어있는지 ID부여를 통하여 한눈에 관측되도록 함



- **병합 알고리즘 현장 적용 시뮬레이션**

- 객체의 위치를 계산할 수 있음 (객체명 왼쪽에 카메라와의 거리 숫자로 표출)

- 객체가 선 아래와 위 어디에 있는지 구분하여 IN/OUT 계측을 진행하며 가상의 선을 따라 계측하기 때문에 정확도적 측면에서 우위를 차지함

구분	연구 내용 및 절차
step1	- 테스트 카메라와 컴퓨터에 객체감지 모델 가중치 로드
step2	- 프레임 로드 및 객체 감지
step3	- 계산알고리즘이 정상 작동하는지 확인

- 사무실 내부 객체감지 모델 가중치 로드 테스트

알고리즘 현장적용 결과

id	camera_ip	count	pushed_at	created_at
146043	main_body	-1	2022-02-14 18:02:01	2022-02-14 18:02:01
146044	main_body	0	2022-02-14 18:03:01	2022-02-14 18:03:01
146045	main_body	1	2022-02-14 18:04:01	2022-02-14 18:04:01
146046	main_body	0	2022-02-14 18:05:01	2022-02-14 18:05:01
146047	main_body	-2	2022-02-14 18:06:01	2022-02-14 18:06:01
146048	main_body	0	2022-02-14 18:07:01	2022-02-14 18:07:01
146049	main_body	-1	2022-02-14 18:08:01	2022-02-14 18:08:01
146050	main_body	0	2022-02-14 18:09:01	2022-02-14 18:09:01
146051	main_body	-2	2022-02-14 18:10:01	2022-02-14 18:10:01
146052	main_body	1	2022-02-14 18:11:01	2022-02-14 18:11:01
146053	main_body	-1	2022-02-14 18:12:01	2022-02-14 18:12:01
146054	main_body	-1	2022-02-14 18:13:01	2022-02-14 18:13:01
146055	main_body	0	2022-02-14 18:14:01	2022-02-14 18:14:06
146056	main_body	2	2022-02-14 18:15:01	2022-02-14 18:15:01
146057	main_body	0	2022-02-14 18:16:01	2022-02-14 18:16:01
146058	main_body	0	2022-02-14 18:17:01	2022-02-14 18:17:01
146059	main_body	-1	2022-02-14 18:18:01	2022-02-14 18:18:01
146060	main_body	1	2022-02-14 18:19:01	2022-02-14 18:19:01
146061	main_body	0	2022-02-14 18:20:01	2022-02-14 18:20:01
146062	main_body	0	2022-02-14 18:21:01	2022-02-14 18:21:01
146063	main_body	0	2022-02-14 18:22:01	2022-02-14 18:22:01
146064	main_body	0	2022-02-14 18:23:01	2022-02-14 18:23:01
146065	main_body	0	2022-02-14 18:24:01	2022-02-14 18:24:01

hour	count	total_count
0	-1	0
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	1	1
8	30	31
9	1	32
10	1	33
11	0	33
12	-7	26
13	4	30
14	1	31
15	0	31
16	-4	27
17	2	29
18	-9	20
19	-9	11
20	-3	8
21	-4	4
22	-3	1
23	0	1

Database에 누적되는 결과값

- **(결과)** 알고리즘을 적용하여 비디오 및 이미지영상과 실제 환경에서의 실시간 카메라 데이터를 모두 테스트 진행하였으며 두 가지 모두의 데이터를 추출하여 실시간 데이터 누적과 SQL 쿼리를 통한 시간별 누적인구 합산을 통계하고 이 데이터를 활용하여 실시간 유동인구 및 시간별 누적 유동인구를 계측할 수 있기에 유동인구 파악이 중요한 장소에서의 인구수 관측과 관리적 측면의 편의성이 뛰어남

○ Hardware : camera shut down 이슈

- OAK-D 카메라의 경우, 호스트 컴퓨터가 계산 결과를 가져와 API 서버로 보내게되는데, 1~2시간 실행 후 과열되어 멈추는 현상이 발생함

- (실험 내용 및 절차)

구분	실험 내용 및 절차
step1	- oak-d-d-case는 알루미늄 히트싱크이므로 장치가 더 빨리 가열되도록 케이스를 분해함
step2	- ak-d-poe를 Poe 스위치에 연결
step3	- 호스트 시스템의 터미널에 최대 로드를 가진 oak-d-poe를 사용하는 명령을 먼저 입력함
step4	- 사람계수 알고리즘으로 시험함
step5	- CPU 온도를 지속적으로 측정함

test 진행 절차

- (① set up) 케이스 분리 / poe 스위치 연결 및 동일한 로컬 네트워크를 통한 PC 엑세스 설정

- (② Run max load command)

- python3 depthai_demo.py -sub -lrc -rgbr 2160 --report cpu -enc color -encout /dev/null (해당 명령문은 최대 전력 소비량을 가지기 때문에 장치 발열량을 가장 높게하는 셋팅임)

- (③ Run People counting algorithm)

- python3 customized_main.py -cam -r + DB 값 확인

셋팅

poe 연결

실험 온도 측정

● STEP I	RGB camera is set to 30 (-rgbf 30)
	▸ oak-d-poe video output can be seen on PC monitor
● STEP II	Monitor people count result
	▸ All people count result is sent to api server and stored to MySQL DB
● STEP III	OAK-D-POE freeze
	▸ When oak-d-poe overheats, it stops working and host pc won't be able to read people count and logs shut down time and message

- **Result 1** : 최대 로드 CPU 열 출력 및 작동 시간. 센서는 주변 온도에서 시험되었음. 하루 종일 -rgbf 30에서 작동할 수 있었으며, cpu 온도도 섭씨 60도였고, 알고리즘은 아무런 문제 없이 잘 실행되었음

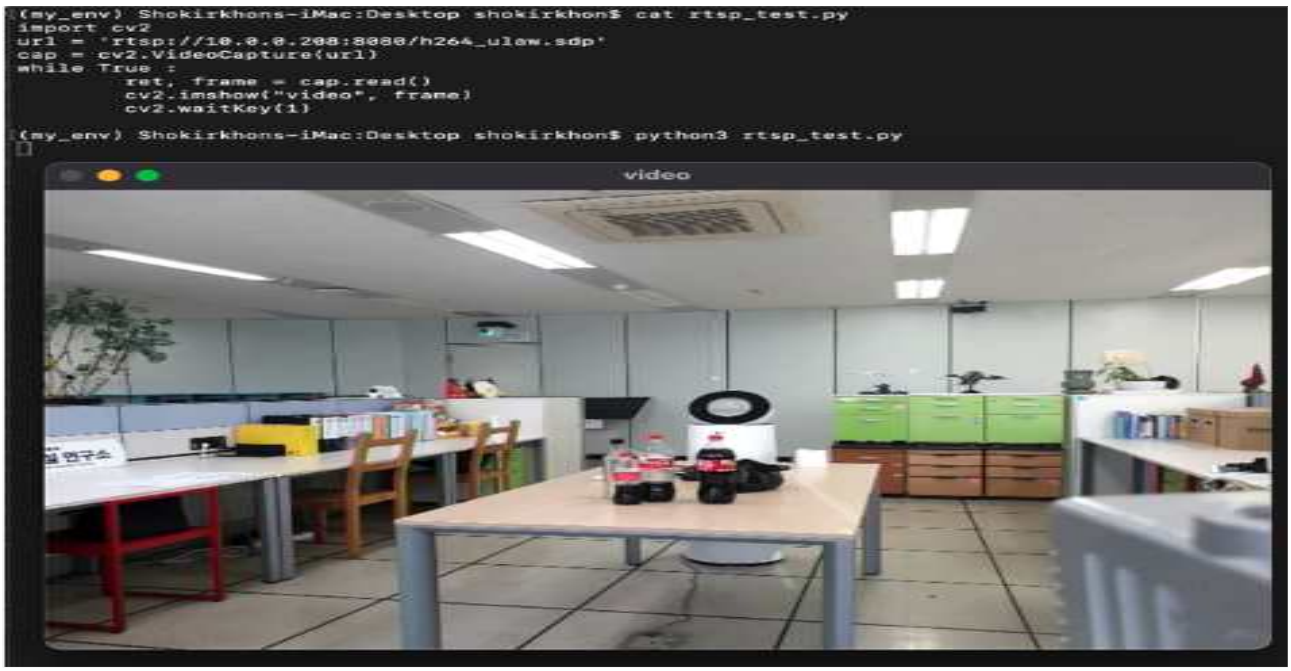
- **Result 2** : Over heating되면 알고리즘을 실행하는 동안 센서가 정지됨. 장치를 주변 온도에서 테스트했음. oak-d-poe 케이스가 꺼져있는 동안 실행 중인 사람 수 계산 알고리즘의 한 시간 내에 동결될 것으로 예상되었으나, CPU 온도도 51.9도까지 올라갔으며 하루 종일 동결 없이 가동됐음

- **Result 3** : 방열 케이스가 없는 모듈만 있을때의 온도가 더 낮을 것으로 예상했으나, 케이스온도가 섭씨 28.1도까지 낮아져도 케이스 없는 센서보다 더 빠르게 작동을 멈췄음. 즉, **CPU 과열은 센서 shut down 원인과는 무관**함

○ Hardware : 다양한 환경 설치를 위한 카메라 테스트

- ① 다른 환경에서의 세팅값 및 알고리즘 적용이 원활한지 확인해보기 위한 테스트

- 테스트 제품 : 휴대폰 IP 카메라



외부 IP RTSP 접속 후 스트리밍 및 녹화

- → RTSP를 접속으로 HW/SW적 오류를 검출할 수 있고 필요한 부분의 이미지를 녹화, 캡처, 전송하여 필요한 데이터 확보 가능

- 연구 제품 : CCTV IP 카메라

비디오	
비디오 압축	H.264
프레임 속도	15fps
비디오 스트리밍	3MP
환경	
작동 온도	-10°C~50°C (-14°F~122°F)
저장 온도	-40°C~70°C (-40°F~158°F)
작동 습도	10%~95%RH 미응축
보관 습도	5%~95%RH 미응축
하드웨어	
버튼	초기화 버튼
표시 LED	시스템 LED
어댑터 입력	100-240VAC, 50/60Hz, 0.3A
어댑터 출력	9.0V/0.6A (DC Power)
크기 (가로 × 세로 × 높이)	86.6 x 85 x 117.7 mm
카메라	
이미지 센서	1/2.8"
해상도	3MP (2304 × 1296)
렌즈	F/NO: 2.4; 초점 길이: 3.83mm
나이트 비전	850 nm IR LED 로 최대 9m
시야 범위	360° 수평 범위 / 114° 수직 범위

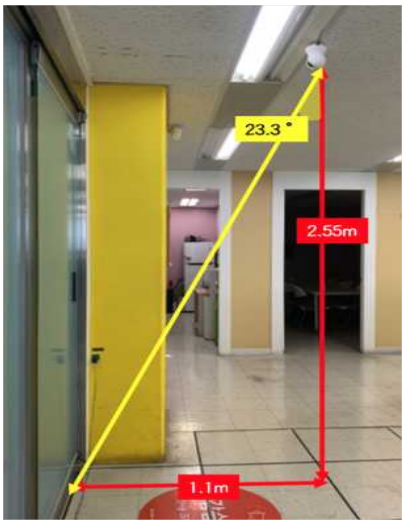
```
spot_mac = 'D86595064195'
Signal_type = 'BT'  # 'BT' or 'WIFI'
rssi_thres = 70 if Signal_type == 'BT' else 55
y, m, d, h = '2022', '04', '21', '00'

prefix = f'{y}/{m}/{d}'
cache_file = f"{prefix.replace('/', '')}.pk"
s3_data = []
print('Reading from S3')
kwargs = {'Bucket': bucket}
while True:
    resp = s3.list_objects_v2(**kwargs, Prefix=prefix)
    for obj in resp['Contents']:
        file_name = obj['Key']
        data = read_file(file_name)
        scan_data, s3_data = analayze(
            scan_data, data, spot_mac, Signal_type, rssi_thres, s3_data)
    try:
        kwargs['ContinuationToken'] = resp['NextContinuationToken']
    except KeyError:
        save_cache(cache_file, s3_data)
```

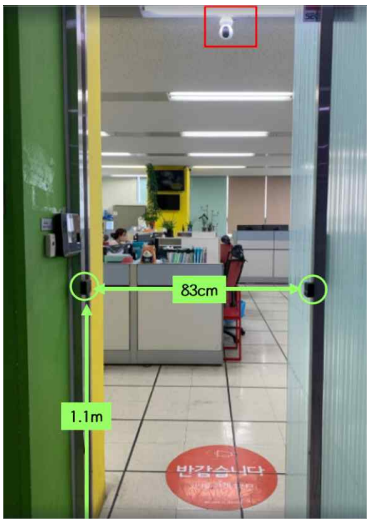
```
def analyze_probes():
    spot_mac = 'D86595064195'
    Signal_type = 'BT'  # 'BT' or 'WIFI'
    rssi_thres = 75 if Signal_type == 'BT' else 55
    y, m, d, h = '2022', '07', '08', '01'

    prefix = f'{y}/{m}/{d}/{h}'
    cache_file = f"{prefix.replace('/', '')}.pk"
    scan_data = nd(1, list)
    s3_data = []
    try:
        print('Reading cached data')
        data = pk.load(open(cache_file, 'rb'))
        # data = read_cache(cache_file)
        scan_data, s3_data = analayze(scan_data, data, spot_mac,
                                      Signal_type, rssi_thres, s3_data)
        return scan_data
    except Exception as e:
        print(e)
        print('Reading from S3')
        kwargs = {'Bucket': bucket}
```

- ② 센서 설치 환경

- Camera 설치 높이 : 2.55m / 각도 : 23.3°

- 테스트 조건 : 기울기가 0인 상태에서 진행하며 라인을 정확히 통과할 수 있게 문의 길이와 라인의 길이 통일





IP 카메라 설치 조건

영상 표출 화면

- ③ DB생성 및 쿼리 연동

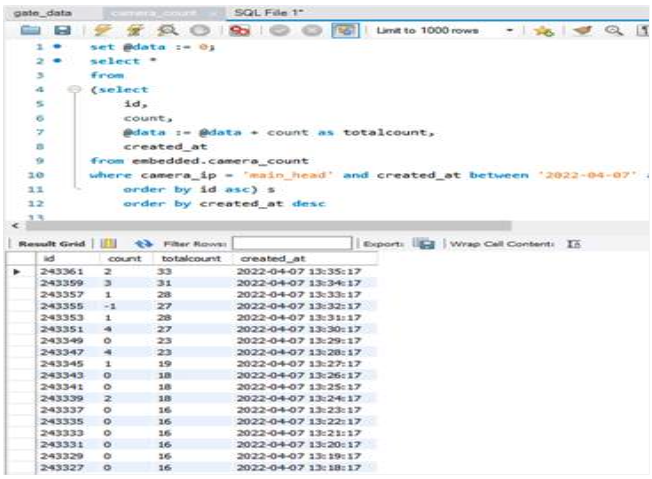
- DB에 알맞은 Table을 생성하여 데이터를 1분 간격 counting으로 합산하여 DB에 저장

- 단순 counting만 나타나는 수치를 1분 간격의 Totalcount(=stay) 데이터로 나타내기 위한 가공 작업 진행

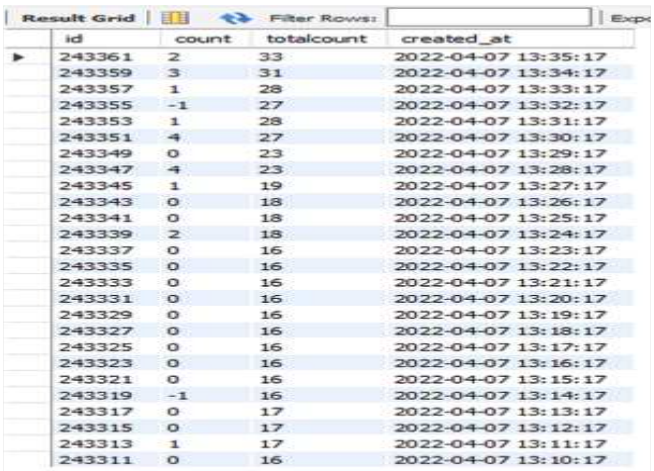
main_head Algorithm	main_body Algorithm
객체의 이미지 중 머리를 주로 인식하는 알고리즘으로 머리를 기준으로 인식된 사람이 라인을 따라 지나갈 때 IN/OUT 카운팅을 진행	객체의 이미지 중 몸을 주로 인식하는 알고리즘으로 몸을 기준으로 인식된 사람이 라인을 따라 지나갈 때 IN/OUT 카운팅을 진행

```sql
# main_gead Algorithm
set @data := 0;
select *
from
(select
   id,
    count,
    @data := @data + count as totalcount,
    created_at
from embedded.camera_count
where camera_ip = 'main_head' and created_at between '2022-04-07' and '2022-04-08'
    order by id asc) s
    order by created_at desc
```

```sql
# main_body Algorithm
set @data := 0;
select *
from
(select
   id,
    count,
    @data := @data + count as totalcount,
    created_at
from embedded.camera_count
where camera_ip = 'main_body' and created_at between '2022-04-07' and '2022-04-08'
    order by id asc) s
    order by created_at desc
```



main_head Algorithm 결과



id	count	totalcount	created_at
243361	2	33	2022-04-07 13:35:17
243359	3	31	2022-04-07 13:34:17
243357	1	28	2022-04-07 13:33:17
243355	-1	27	2022-04-07 13:32:17
243353	1	28	2022-04-07 13:31:17
243351	4	27	2022-04-07 13:30:17
243349	0	23	2022-04-07 13:29:17
243347	4	23	2022-04-07 13:28:17
243345	1	19	2022-04-07 13:27:17
243343	0	18	2022-04-07 13:26:17
243341	0	18	2022-04-07 13:25:17
243339	2	18	2022-04-07 13:24:17
243337	0	16	2022-04-07 13:23:17
243335	0	16	2022-04-07 13:22:17
243333	0	16	2022-04-07 13:21:17
243331	0	16	2022-04-07 13:20:17
243329	0	16	2022-04-07 13:19:17
243327	0	16	2022-04-07 13:18:17
243325	0	16	2022-04-07 13:17:17
243323	0	16	2022-04-07 13:16:17
243321	0	16	2022-04-07 13:15:17
243319	-1	16	2022-04-07 13:14:17
243317	0	17	2022-04-07 13:13:17
243315	0	17	2022-04-07 13:12:17
243313	1	17	2022-04-07 13:11:17
243311	0	16	2022-04-07 13:10:17

main_body Algorithm 결과

- ④ 핸드 카운팅 계수기, 실측 데이터 입력 시 시간 자동입력 프로그램 셋팅
- 30분 간격으로 실측 값 입력 후 동일한 초 시간대에서의 카메라 카운팅 수 입력
- -> 04-05 11:15:00 실측값 36명 / camera(head) 35명/ camera(body) 31aud -> 30분 간격으로 샘플 로우 생성

main_head			main_body			실측값	입력 시간	증감 추이		
26	96%	-1	22	81%	-5	27	9:00:35	main_head	main_body	실측
26	96%	-1	22	81%	-5	27	9:30:16	0	0	0
25	96%	-1	21	81%	-5	26	9:59:50	-1	-1	-1
25	100%	0	20	80%	-5	25	10:30:14	0	-1	-1
25	96%	-1	21	81%	-5	26	11:00:20	0	1	1
27	96%	-1	23	82%	-5	28	11:30:47	2	2	2
26	96%	-1	22	81%	-5	27	11:59:51	-1	-1	-1
21	76%	4	10	59%	-7	17	13:28:23	-5	-12	-10
21	75%	-7	22	79%	-6	28	13:40:17	0	12	11
20	71%	-8	23	82%	-5	28	14:00:22	-1	1	0
21	75%	-7	23	82%	-5	28	14:29:34	1	0	0
21	72%	-8	24	83%	-5	29	15:01:27	0	1	1
17	68%	-8	20	80%	-5	25	15:31:06	-4	-4	-4
19	68%	-9	22	79%	-6	28	16:08:22	2	2	3
17	63%	-10	21	78%	-6	27	16:31:17	-2	-1	-1
19	66%	-10	23	79%	-6	29	17:00:55	2	2	2
20	67%	-10	24	80%	-6	30	17:35:27	1	1	1
10	50%	-10	14	70%	-6	20	18:11:11			

하루 동안의 실측 결과값

- -> 하루간의 실측 결과값을 바탕으로 상관관계의 계수를 분석함
- ⑤ 실측, accuracy분석
- Database와 실측 Database 준비 한 뒤 하루 동안의 시간대별 실측데이터와, camera 데이터 간 상관계수 분석

		id	count
id	Pearson 상관	1	.988**
	유의확률 (양측)		.000
	N	18	18
count	Pearson 상관	.988**	1
	유의확률 (양측)	.000	
	N	18	18

**. 상관관계가 0.01 수준에서 유의합니다(양측).

```
NONPAR CORR
  /VARIABLES=real body
  /PRINT=BOTH TWOTAIL NOSIG
  /MISSING=PAIRWISE.
```

		id	누적카운트
id	Pearson 상관	1	.297
	유의확률 (양측)		.232
	N	18	18
누적카운트	Pearson 상관	.297	1
	유의확률 (양측)	.232	
	N	18	18

```
NONPAR CORR
  /VARIABLES=real head
  /PRINT=BOTH TWOTAIL NOSIG
  /MISSING=PAIRWISE.
```

실측 상관계수값

- 실험 결과 : Real(실측) - body algorithm : 0.988 / Real(실측) - head algorithm : 0.297
- 총 3일간의 동일 시간대 카운트 값으로 정확도 비교분석
  - 오전 전 9시 : body algorithm : avrg **91%** / head algorithm : avrg **96%**
  - 점심직후 : body algorithm :avrg **86%** / head algorithm : avrg **80%**
  - 퇴근직후 : body algorithm :avrg **80%** / head algorithm : avrg **73%**

- **(결과)** 실측값과 비교했을 때 overhead 알고리즘 정확도는 85% 이상이며 body알고리즘이 overhead 알고리즘보다 정확도가 높음을 확인할 수 있다.
- **(TO-Do)** 출입문의 너비가 제각각인 곳을 대비하여 1.5M 이상인 곳에 대한 실제 테스트 지역 준비 후 카운팅 오차를 발생시키는 사람형태에 대하여 추가학습 진행
  (ex 머리부터 발끝까지 같은 색의 옷을 입고있는 사람의 뒷모습, 머리를 묶은 형태의 여자 뒷모습)

○ Software : 현장 검증 사전 테스트 - 영화의전당 라이브러리 IP 카메라 설치

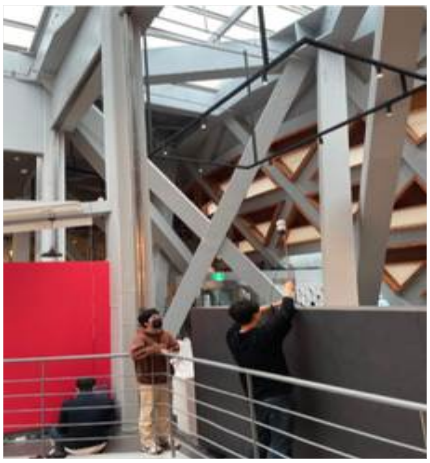
- 실제 유동인구분석이 필요한 장소에서 알고리즘에 맞는 설치위치 및 전원 연결이 가능할지 파악하기 위함

- ① 주 출입문 수량, 층고, 안쪽 출입문 형태 파악

외부와 바로 연결되는 출입문

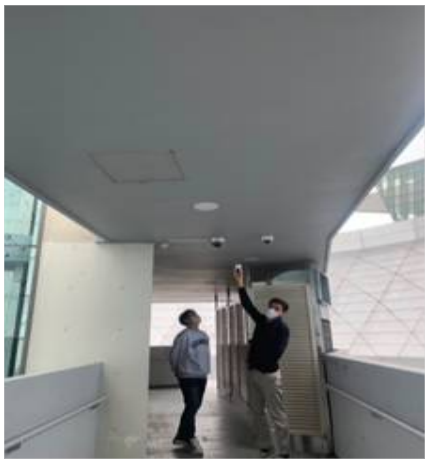
내부와 바로 연결되는 출입문

- ② 설치 경우의 수 시뮬레이션



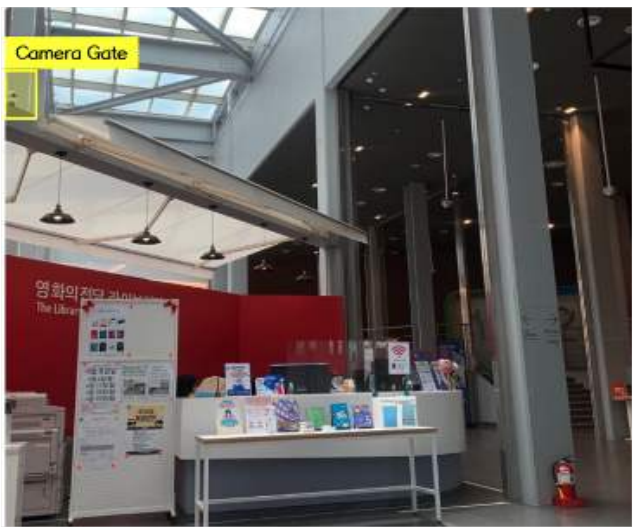
문 맞은편 사물함 상단

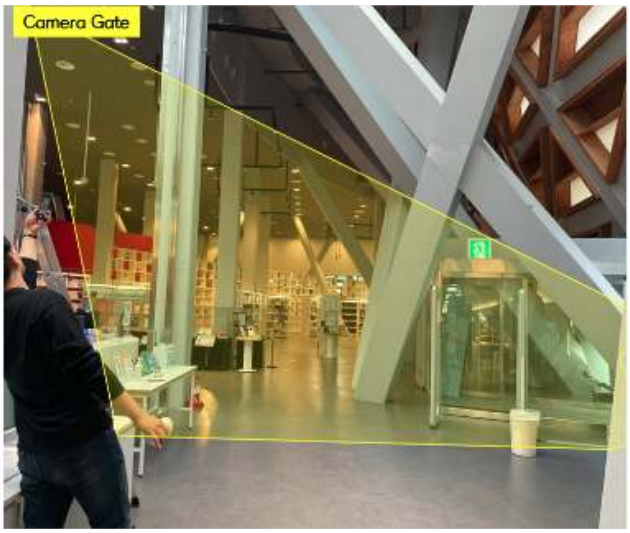
내부 출입문 맞은편 인포 상단



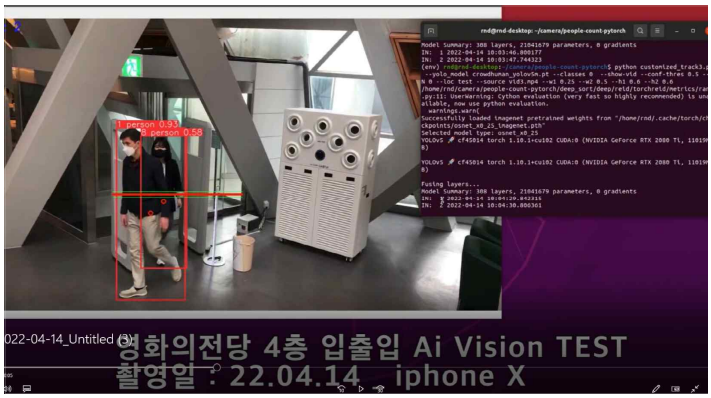
문 밖 엘리베이터 근처 상단

- ③ 설치 : 설치 전 센서 설치 각도에 맞추어 휴대폰으로 영상을 찍어 알고리즘 정확도를 확인

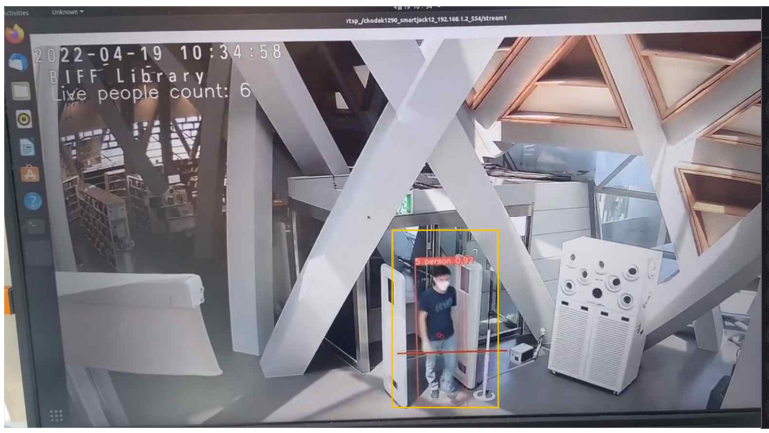




- **④ 영화의 전당 출입구 형태 커스터마이징 알고리즘 개발 1**
- Camera 기반의 IN/OUT 알고리즘은 사람들이 출입하는 곳을 주 영역으로 카운팅해야함
- 각도상 Overhead가 아닌 Body counting 알고리즘으로 카운팅 해야함



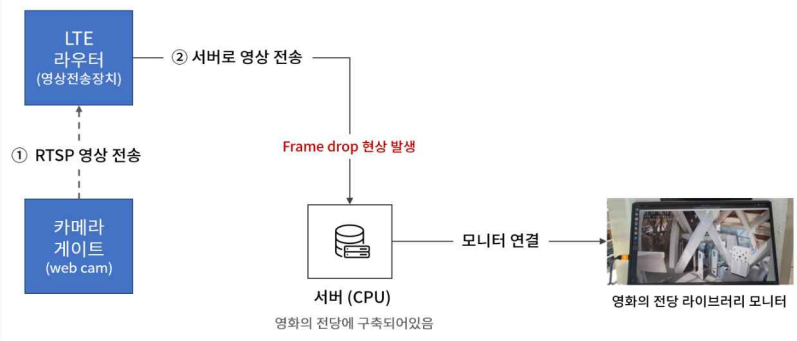
- **⑤ 영화의 전당 출입구 형태 커스터마이징 알고리즘 개발 2**
- 사전 개발한 특정영역만 카운팅하는 알고리즘을 이용하여 출입문쪽에 Box를 생성하여 카운팅
- 영상에서 보이는 화면을 가로 5분할 / 세로 7분할 하여 좌표화한 뒤 Box를 표시
- 영상화면 : 1920 * 1080 [(960 * 432), (960 * 864), (1280 * 432), (1280 * 864), 조절가능]
- 실제 코드값과 영상 위 표출값을 확인하면서 ±100 값으로 조절하여 최적화하였으며, API 서버에서 count = 0 이었을때 insert 또는 update 여부를 판단하기 위해, 카메라 데이터 0 명일 때, new row insert가 아닌 row update 되게 코드를 작성하여 실시간 피플카운팅 서비스(시범)을 제공하였음



영화의 전당 프레임 알고리즘 적용

id	install_location	camera_id	created_at	updated_at	count
660350	Double Cone camera8	14442C10B1293FD700	2022-01-07 14:47:20	2022-01-07 15:50:00	0
660348	Double Cone camera8	14442C10B1293FD700	2022-01-07 14:47:00	2022-01-07 14:47:00	2
660344	Double Cone camera8	14442C10B1293FD700	2022-01-07 14:46:40	2022-01-07 14:46:40	2
660255	Double Cone camera8	14442C10B1293FD700	2022-01-07 14:10:00	2022-01-07 14:46:25	0
660252	Double Cone camera8	14442C10B1293FD700	2022-01-07 14:09:40	2022-01-07 14:09:40	1
660249	Double Cone camera8	14442C10B1293FD700	2022-01-07 13:58:40	2022-01-07 14:09:20	0
660247	Double Cone camera8	14442C10B1293FD700	2022-01-07 13:58:20	2022-01-07 13:58:20	1
660245	Double Cone camera8	14442C10B1293FD700	2022-01-07 13:58:00	2022-01-07 13:58:00	1
660210	Double Cone camera8	14442C10B1293FD700	2022-01-07 13:20:20	2022-01-07 13:57:40	0
660209	Double Cone camera8	14442C10B1293FD700	2022-01-07 13:20:00	2022-01-07 13:20:00	1
660182	Double Cone camera8	14442C10B1293FD700	2022-01-07 13:12:40	2022-01-07 13:19:40	0
660179	Double Cone camera8	14442C10B1293FD700	2022-01-07 13:12:20	2022-01-07 13:12:20	1
660159	Double Cone camera8	14442C10B1293FD700	2022-01-07 13:08:20	2022-01-07 13:12:00	0
660157	Double Cone camera8	14442C10B1293FD700	2022-01-07 13:08:00	2022-01-07 13:08:00	1
660155	Double Cone camera8	14442C10B1293FD700	2022-01-07 13:07:40	2022-01-07 13:07:40	1
660102	Double Cone camera8	14442C10B1293FD700	2022-01-07 12:08:00	2022-01-07 13:07:20	0
660100	Double Cone camera8	14442C10B1293FD700	2022-01-07 12:07:40	2022-01-07 12:07:40	1
660098	Double Cone camera8	14442C10B1293FD700	2022-01-07 12:07:20	2022-01-07 12:07:20	1
660081	Double Cone camera8	14442C10B1293FD700	2022-01-07 11:58:00	2022-01-07 12:07:00	0
660079	Double Cone camera8	14442C10B1293FD700	2022-01-07 11:57:40	2022-01-07 11:57:40	1

영화의 전당 카메라 데이터 결과



- 실시간 스트리밍 영상이 지연되는 현상(Frame drop 포함)발생함. 연결된 라우터의 성능 문제이거나, 서버 문제 두 가지로 예측하였음.
- 먼저 서비를 GPU로 교체하거나, LTE 라우터를 이더넷으로 바꿔주는 iptime으로 교체하는 작업이 필요하였으며, GPU만으로 해결함

- 실제 사업화 시 스트리밍 영상 송출 시 GPU 서버를 매번 가져다 놓을 수 없는 문제가 발생하므로,이 외 다른 방안을 모색해야함

○ Software : Yolov5 모델 학습을 이용한 남녀 성별 구별 알고리즘

- 자체 모델학습을 통하여 성별,연령대 알고리즘 정확도 연구

- PyTorch>=1.7 및 Python>=3.7.0 환경에서 실행하였음

```
git clone https://github.com/ultralytics/yolov5  # clone
cd yolov5
pip install -r requirements.txt  # install

import torch

# Model
model = torch.hub.load('ultralytics/yolov5', 'yolov5s')  # or yolov5m,

# Images
img = 'https://ultralytics.com/images/zidane.jpg'  # or file, Path, PI

# Inference
results = model(img)

# Results
results.print()  # or .show(), .save(), .crop(), .pandas(), etc.

python detect.py --source 0  # webcam
                          img.jpg  # image
                          vid.mp4  # video
                          path/  # directory
                          path/*.jpg  # glob
                          'https://youtu.be/Zgi9g1ksQHc'  # YouTube
                          'rtsp://example.com/media.mp4'  # RTSP, RTMP
```

```
def reset_count():
    threading.Timer(3600, reset_count).start()
    # Reset the counter every hour
    if (datetime.now().hour) == 3:
        print(datetime.now(), 'Count reseted')
        global Male
        global Female
        Male = 0
        Female = 0


@torch.no_grad()
def run(
        weights=ROOT / 'yolov5s.pt',  # model.pt path(s)
        source=ROOT / 'data/images',  # file/dir/URL/glob, 0 for webcam
        data=ROOT / 'data/coco128.yaml',  # dataset.yaml path
        imgsz=(640, 640),  # inference size (height, width)
        conf_thres=0.25,  # confidence threshold
        iou_thres=0.45,  # NMS IOU threshold
        max_det=1000,  # maximum detections per image
        device='',  # cuda device, i.e. 0 or 0,1,2,3 or cpu
        view_img=False,  # show results
        save_txt=False,  # save results to *.txt
        save_conf=False,  # save confidences in --save-txt labels
        save_crop=False,  # save cropped prediction boxes
        nosave=False,  # do not save images/videos
        classes=None,  # filter by class: --class 0, or --class 0 2 3
        agnostic_nms=False,  # class-agnostic NMS
        augment=False,  # augmented inference
        visualize=False,  # visualize features
        update=False,  # update all models
        project=ROOT / 'runs/detect',  # save results to project/name
        name='exp',  # save results to project/name
        exist_ok=False,  # existing project/name ok, do not increment
        line_thickness=3,  # bounding box thickness (pixels)
        hide_labels=False,  # hide labels
        hide_conf=False,  # hide confidences
        half=False,  # use FP16 half-precision inference
        dnn=False,  # use OpenCV DNN for ONNX inference
):
    source = str(source)
    save_img = not nosave and not source.endswith('.txt')  # save inference images
    is_file = Path(source).suffix[1:] in (IMG_FORMATS + VID_FORMATS)
    is_url = source.lower().startswith(('rtsp://', 'rtmp://', 'http://', 'https://'))
    webcam = source.isnumeric() or source.endswith('.txt') or (is_url and not is_file)
    if is_url and is_file:
        source = check_file(source)  # download
```

Yolov5 software setting 절차 및 코드

```
sudo apt-get install pyqt5-dev-tools
sudo pip3 install -r requirements/requirements-linux-python3.txt
make qt5py3
python3 labelImg.py
python3 labelImg.py [IMAGE_PATH] [PRE-DEFINED CLASS FILE]
```

리눅스 라벨링 세팅

```
brew install qt  # Install qt-5.x.x by Homebrew
brew install libxml2

or using pip

pip3 install pyqt5 lxml # Install qt and lxml by pip

make qt5py3
python3 labelImg.py
python3 labelImg.py [IMAGE_PATH] [PRE-DEFINED CLASS FILE]
```

MacOS 라벨링 세팅

구분	연구 내용 및 절차
step1	- 라벨링을 지정할 파일 업로드 및 라벨링 코드 실행
step2	- 지정된 라벨링 파일을 이용한 학습
step3	- 학습 중 오류 해결

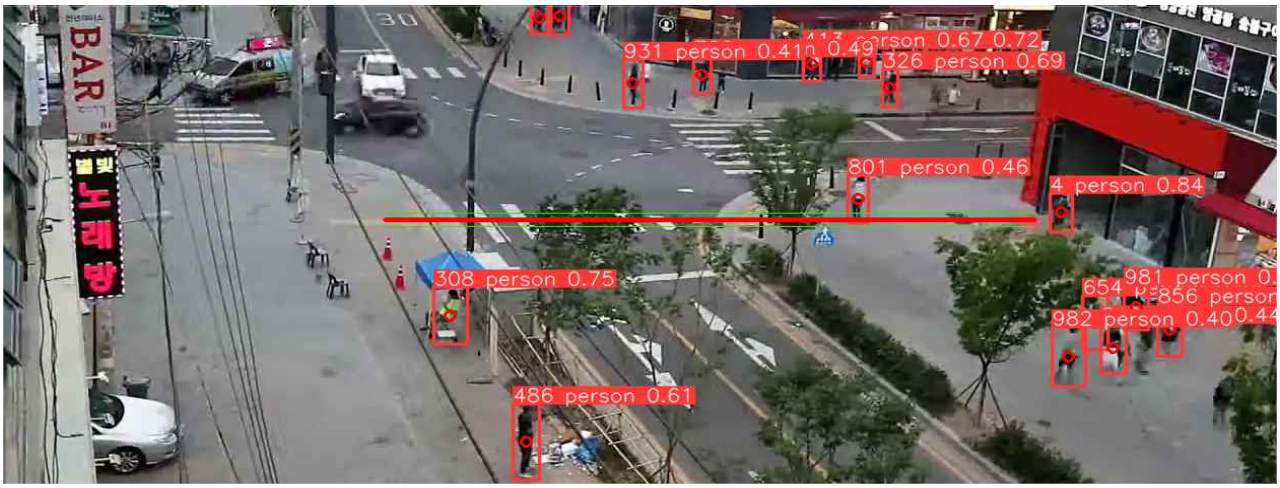
라벨링 작업 진행 및 저장 경로 설정

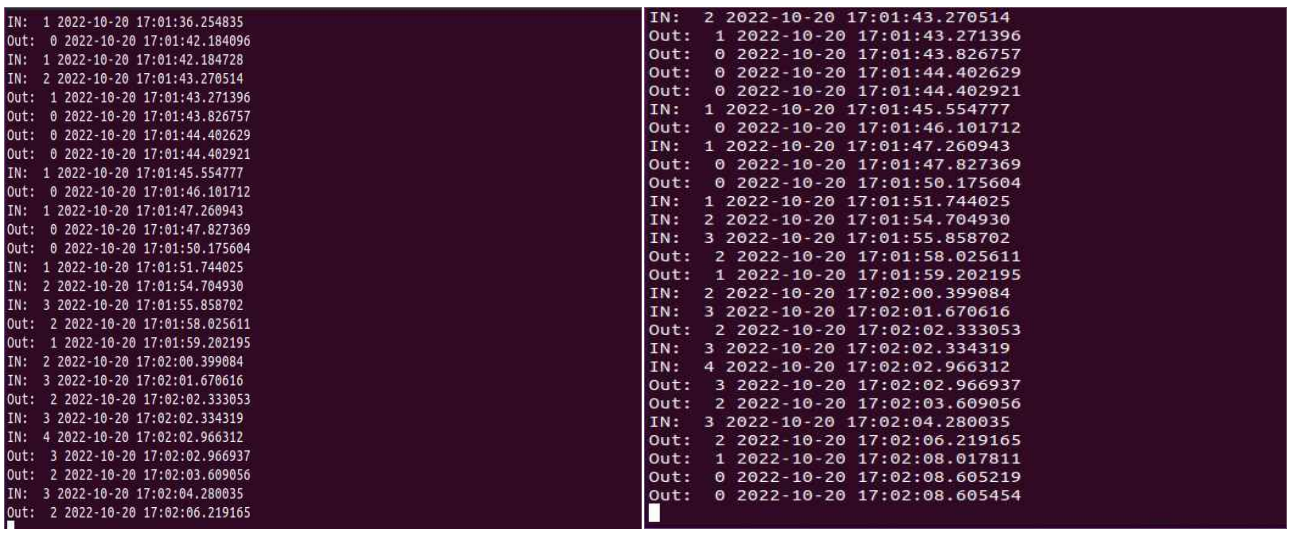
- → '경로지정' : 작업 시작 단계에서 첫 이미지를 라벨링을 진행하면 경로 설정 패널이 표시되고 이때 자신이 학습을 진행할 폴더의 경로에 학습 파일을 저장

step1	- python train.py -img 640 -batch 16 -data data/coco128.yaml -weights weights/yolov5.pt 실행
step2	- 결과값 중 TensorBoard, Weight&Biases 값 확인

○ Software : IP 카메라 실제 환경 알고리즘 적용 테스트

- 알고리즘 실제 거리 환경 테스트를 위하여 CCTV용 IP 카메라 영상을 연동
- CCTV용 IP 카메라에 알고리즘을 적용시켜 테스트하기 위하여 도로방면을 바라보게 세팅



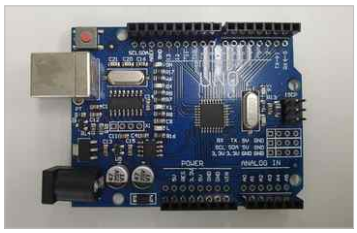


도로 관측용 CCTV IP 카메라 결과값

- **(결과)** 평균적으로 총 77명의 사람들 중 70명을 라벨링 후 인식하였으며 정확도는 대략 90%에 도달함 또한 각 정보 표출값으로는 카메라와의 거리, 인식객체정보, 인식률이 표출되고 위의 데이터를 기반으로 유동인구 분석을 통한 상권 유동인구분석, 중요지역 유동인구 감시 등의 목적으로 사용가능

○ **Hardware - 모듈 선정 및 설계**

- PIR 센서 시스템을 구성하기 위해 우선적으로 ESP32와 LoRa를 사용하였으며, 또한 초반 PIR 센서 구매 후 동작 테스트를 위해 Arduino UNO 보드를 추가적으로 사용하였음

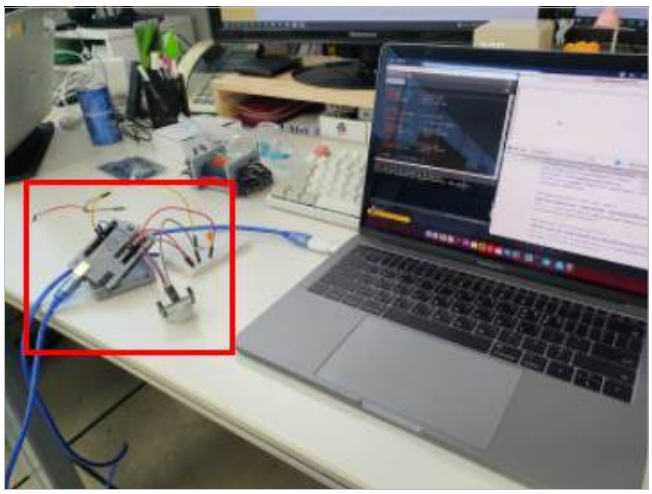

Arduino Uno

PIR 모듈

ESP 모듈

LoRa 모듈

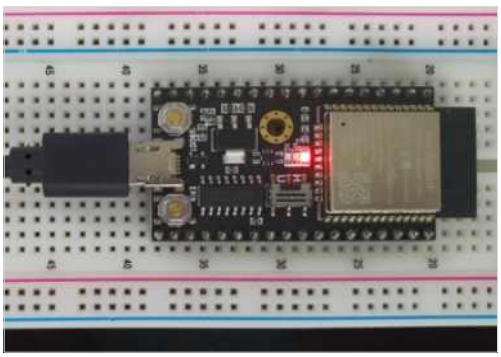
- 센서 노드로 사용된 ESP32 보드는 LED 불빛과 연결하여 Wi-Fi 통신 모드를 통해 PIR 센서와 연결시킴
- 각 연결을 통하여 센서에서 측정된 데이터 값이 무선 통신으로 시험 운용 시스템 데이터베이스 서버에 전달됨

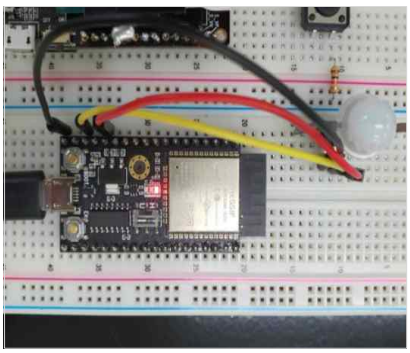


```
int LED = 8;
int PIR = 7;
int state = 0;
void setup() {
  pinMode(LED, OUTPUT);
  pinMode(PIR, INPUT);
  Serial.begin(9600);

void loop() {
  state = digitalRead(PIR);

  digitalWrite(LED, LOW);

  if (state == 0){
    Serial.println("ON");
    digitalWrite(LED, HIGH);
  }
  else {
    Serial.println("OFF");
    digitalWrite(LED, LOW);
  }
  delay(100);   // 0.1초 대기(1000ms = 1s)
}
```

모듈 작동 테스트 및 소스코드

- 테스트용 Mac에 Arduino Uno 보드를 연결하여 PIR 정상 작동 여부를 체크하고 오류 없음을 확인함
- **ESP32 HTTP GET** 아두이노 스케치(Sketch) → 라이브러리 포함하기 → 'HTTPClient' 설치
- 해당 코드로 API를 가져올 Node 서버 주소 필요('String servername'에 입력)





```
String serverName = "";     //your server name

unsigned long lastTime = 0;
unsigned long timerDelay = 5000;
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Serial.println("Connecting");
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println("");
  Serial.print("Connected to WiFi network with IP Address: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());
  Serial.println("it will take 5 seconds...");
}
void loop() {
  if ((millis() - lastTime) > timerDelay) {
    if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {

      HTTPClient http;
```

esp 셋팅 및 소스코드

- HTTP Response code : '200이라고 Serial Monitor에 표시되고, 테스트용 Node 서버의 'PIR api requested' 라는 API txt문구를 가져옴
- 이후 해당 ESP에 PIR 센서를 연결하여 움직임이 인식됨과 동시에 API 문구를 호출하도록 테스트 진행
- **(PIR 센서를 활용한 ESP32 HTTP GET)** 기존에 우선적으로 진행하였던 HTTP GET 요청 코드에 PIR 센서를 추가하여 모션을 인식하였을 경우에만 GET 호출을 하도록 해야함

○ Hardware - 이슈 사항 및 실내 테스트

- **(이슈 ①)** DB에 1분마다 데이터가 계속 쌓이는 현상 발생
- **(해결 ①)** PIR과 라즈베리파이 GPIO핀을 연결해줄 때 1K 이상의 저항을 연결하여 해결함
- **(이슈 ②)** 라즈베리파이 전원을 리부트 하고, 코드가 자동으로 실행될 때마다 Mac-Address가 랜덤화됨
- **(해결 ②)** (Database) Mac-Address 랜덤화 현상은 수정하지 못하였지만, 화면상에서 Mac-Address 대신 기기 고유의 Serial 번호를 나타나게 함으로써 표현함
- **(이슈 ③)** 저녁 10시 ~ 새벽 3시까지는 오류가 없었지만, 새벽 3시경 사람이 없는데도 2개의 센서 모두 인식되는 현상이 있었음
- **(해결 ③)** 현재 하나는 연구소장님 방향, 하나는 우노 방향으로 센서를 설치해 두었는데, 사람이 없더라도 인식이 되는 문제가 발생함 / 기존 ESP32와 PIR 센서를 연결하여 Wi-Fi를 통해 API 서버와의 통신을 진행하였지만, 해당 센서가 2주만에 오류가 감지되는 상황이 2번 발생되었음
- 따라서, 센서 다운 오류 방지와 센서 데이터 통신 정확도 향상 등의 이유를 위해 **라즈베리파이와 PIR 센서를 연결한 신규 센서 제작**
- **(실내 움직임 감지 테스트)** PIR 제품화 이전, 실내 사전 테스트를 진행하여 정확도와 환경에 따른 센서의 상태 비교를 위해 실내 사무실 중 인원 유동량이 가장 많은 회의실에 설치하여 데이터를 분석하고 오류 확인 및 개선 진행
- **(센서 설치 위치 - 회의실)** 회의 책상 옆 배치된 테이블에서 회의실 책상을 모두 비추는 각도로 PIR을 설치하고, 사람의 움직임을 감지함

센서 set up, 센서 감지 범위

- **(테스트 방법)** 회의실을 모두 커버할 수 있는 방향으로 센서 설치 후 데이터 로그 확인(MySQL 활용)
- 온라인 회의실 예약 서비스의 예약 현황(시간대, 인원수 등)과, 센서가 감지된 시간대(횟수, 기간 등)를 비교하여 PIR 센서의 정확도 비교
- **(결과)** 9/14(화) 하루 동안의 회의실 예약 횟수를 기준으로 '회의실 사용 횟수, 참가한 인원 수, 회의 진행 시간' 을 이용하여 데이터 비교한 결과 아래 표와 같이 나타났음

구분	사용횟수	인원 수	진행 시간
PIR 데이터	2회	측정 불가	약 3시간 / 2시간
온라인 예약	2회	1회 : 6명 / 2회 : 4명	2시간 30분 / 2시간
비교	일치	- (회의실에서 감지된 움직임 로그가 인원수와 일치하는 것이 아니므로 확인 할 수 없음)	불일치 (회의 예약 시간과 100% 일치할 수 없음에도 높은 정확도를 보임)

test 결과

○ Hardware - PIR 센서 대체 (레이더 센서)

- **(기존 PIR 이슈 ① - PIR 센서의 태양광 및 직, 반사광선의 영향 여부)** 태양광에는 PIR 센서에서 감지가 가능한 대역의 빛이 있으며 그 빛은 움직임이 존재하기 때문에 태양광이 닿는 경우 오작동함 (실내에서도 태양광이 일정 수준 이상 비치는 곳에서는 잦은 오류 발생)
- **(기존 PIR 이슈 ② - 조도 조절을 통한 오류 해결 가능 여부)** 조도 센서의 값을 조절하거나 가림막을 통하여 빛의 흡수를 줄어들게 하면 직사광선으로 인한 오류를 방지할 수 있지만 빛의 반사광선에 대한 문제를 근본적으로 해결하지 못함

PIR 프레넬 렌즈 A, B - 직 · 반사광선 노이즈 테스트

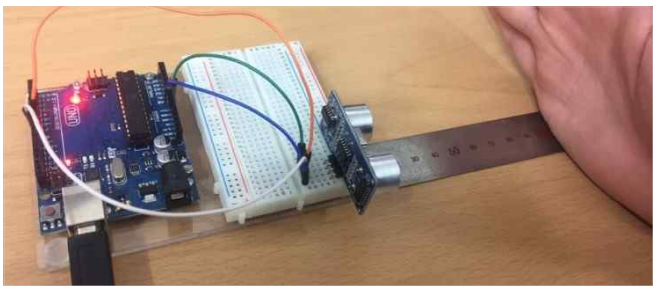
가림막 굴절 실험

- **(PIR 테스트 결과 및 대체 모듈 탐색)** 인체의 모션 감지를 위해 개발한 PIR 센서는 위와 같은 이슈로 인해 본 연구 · 개발과 적합하지 않다고 판단, 재실 감지 및 인체 모션 감지에 대한 정확도와 효율 높이기 위해 도어 센서, 초음파 센서, 레이더 센서를 후보로 더 적합한 대체 모듈을 찾기 위한 실험을 진행함
- **후보 모듈 리스트**

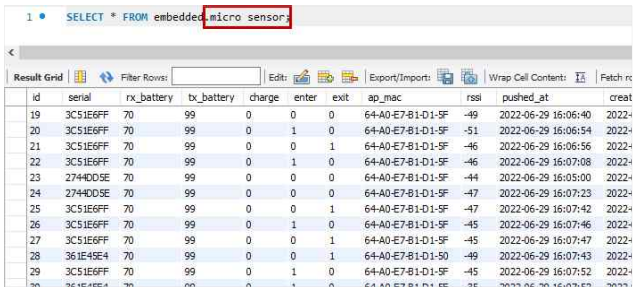
구분	종류	모델명	비고
1	초음파 센서	HC-SR04	센서 하드웨어적 성능의 부족으로 인한 부적합
2	도어 센서	MC-38	모션 데이터 수집을 위한 센서로서 적합하지 않음
3	레이더 센서	MDR_Mini_A	세 종류의 후보 센서 중 **탐색 목적에 가장 부합함**

- **(① 초음파 센서)** 20,000Hz 이상의 음파를 사용해 센서로부터 목표 물체까지의 거리를 감지

초음파 센서 내용	
	- 반사된 음파를 센서로 입력(진동)시켜 발생된 전압을 회로에서 처리하여 계산 - 물체 혹은 사람의 유무, 거리측정, 속도 측정 등에 사용됨, 송수신부있음
	- **(테스트 방식)** 아두이노 보드에 연결하여 초음파센서 코드를 업로드하고 인위적인 움직임을 주어 인식 거리 및 모션 감지 테스트 진행
	- **(테스트 결과)** 송신부와 수신부, 두 파트로 이루어져 있어 한 부분의 오류만 발생하여도 센서 데이터 수집이 불가능하고 최대 5m의 작동 거리를 지원하지만 노이즈 신호가 많이 수집되어 정제가 어려워 대체품을 탐색함



초음파 센서 샘플 테스트 모습



```
1 •  SELECT * FROM embedded.micro_sensors;
```

Result Grid | Filter Rows: | Edit: | Export/Import: | Wrap Cell Content: | Fetch rows:

id	serial	rx_battery	tx_battery	charge	enter	exit	ap_mac	rssi	pushed_at	creat
19	3C51E6FF	70	99	0	0	0	64-A0-E7-B1-D1-5F	-49	2022-06-29 16:06:40	2022-
20	3C51E6FF	70	99	0	1	0	64-A0-E7-B1-D1-5F	-51	2022-06-29 16:06:54	2022-
21	3C51E6FF	70	99	0	0	1	64-A0-E7-B1-D1-5F	-46	2022-06-29 16:06:56	2022-
22	3C51E6FF	70	99	0	1	0	64-A0-E7-B1-D1-5F	-46	2022-06-29 16:07:08	2022-
23	2744DD5E	70	99	0	0	0	64-A0-E7-B1-D1-5F	-44	2022-06-29 16:05:00	2022-
24	2744DD5E	70	99	0	0	0	64-A0-E7-B1-D1-5F	-47	2022-06-29 16:07:23	2022-
25	3C51E6FF	70	99	0	0	1	64-A0-E7-B1-D1-5F	-47	2022-06-29 16:07:42	2022-
26	3C51E6FF	70	99	0	1	0	64-A0-E7-B1-D1-5F	-45	2022-06-29 16:07:46	2022-
27	3C51E6FF	70	99	0	0	1	64-A0-E7-B1-D1-5F	-45	2022-06-29 16:07:47	2022-
28	361E45E4	70	99	0	0	1	64-A0-E7-B1-D1-50	-49	2022-06-29 16:07:43	2022-
29	3C51E6FF	70	99	0	1	0	64-A0-E7-B1-D1-5F	-45	2022-06-29 16:07:52	2022-

초음파 센서 DB 데이터

- **(② 도어 센서)** 출입문을 포함하여 여닫을 수 있는 모든 문에 설치 가능하며 열림과 닫힘을 인식

도어 센서 내용	
	- 센서의 인식률 및 측정 정확도 높음 / - 동작 방식이 간단하여 제작 용이 - 센서 설치 방법이 간편하여, 일반인들도 원하는 위치에 쉽게 설치 가능
	- **(테스트 방식)** 거주 공간과 연결되는 주 출입문이나 개폐가 가능한 문의 상단에 부착하여 전송부와 인식부로 이루어진 센서 2pcs, 1set를 설치한 후 실제 문의 개폐 여부와 수신된 데이터를 비교하여 검증함
	- **(테스트 결과)** 센서의 설치 위치가 '문' 에 한정되므로 단일 센서로는 이동 및 재실 여부 감지에 대한 측정이 불가하고 데이터 통신을 위해 게이트웨이 역할을 할 수 있는 Hub 별도 필요하여 용이성이 떨어져 대체품을 탐색

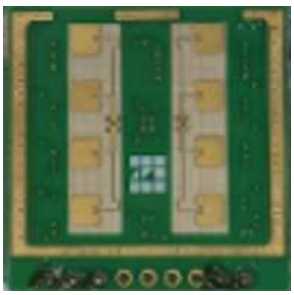
```
SELECT * FROM embedded.door_sensor
-- WHERE serial_number = '2111000910.01711'
order by id desc;
```

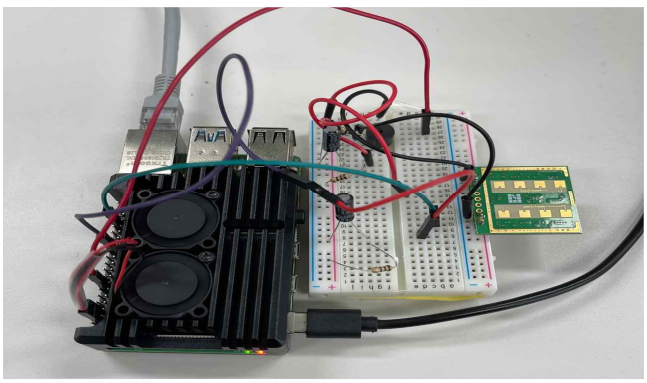
Result Grid | Filter Rows: | Edit: | Export/Impor

id	serial_number	value	alive	battery	rssi	created_at
7169	2111000910.01711	1	1	100	32	2022-10-19 19:46:25
7168	2111000910.01711	0	1	100	48	2022-10-19 19:46:22
7167	2111000874.01751	1	1	100	45	2022-10-19 19:43:37
7166	2111000874.01751	0	1	100	48	2022-10-19 19:42:50
7165	2111000875.01751	1	1	100	60	2022-10-19 19:24:47
7164	2111000875.01751	0	1	100	48	2022-10-19 19:24:21
7163	2111000910.01711	1	1	100	40	2022-10-19 19:21:49
7162	2111000913.01731	1	1	100	52	2022-10-19 19:21:45
7161	2111000910.01711	0	1	100	41	2022-10-19 19:21:42
7160	2111000913.01731	0	1	100	51	2022-10-19 19:21:40
7159	2111000913.01731	1	1	100	53	2022-10-19 19:21:05

도어 센서 샘플 테스트 모습 / DB 데이터

- **(③ 레이더 센서)** 전자파를 물체에 발사하여 반사된 에너지가 레이더 센서로 돌아오는 신호 분석

레이더 센서 내용	
	- 타 센서에 비해 빛, 날씨 등의 외부 자극에 둔감함 - 매질에 따라 장애물 투과가 가능하고 오류 확률이 낮음
	- **(테스트 방식)** 모듈 연결 후 전방으로 인위적 움직임을 주어 DB를 통해 감지 상태를 확인하고 움직이는 객체는 사람으로, 움직임의 정도는 1, 2, 3m 거리를 두어 총 세 단계 테스트
	- **(테스트 결과)** 작은 모양의 여러개 연결된 안테나 구조이기에 감지세기 조절이 쉽고 그로 인하여 작은 물체를 무시할 수 있어 '객체 ' 위주의 탐지에 용이함



라즈베리파이-센서 연결

```
SELECT * FROM embedded.radar_sensor
-- where created_at = '78:21:84:5E:D2:34'
order by id desc;
```

Result Grid | Filter Rows: | Edit: | Export/Import: | Wrap Cell Content: | Fetch rows:

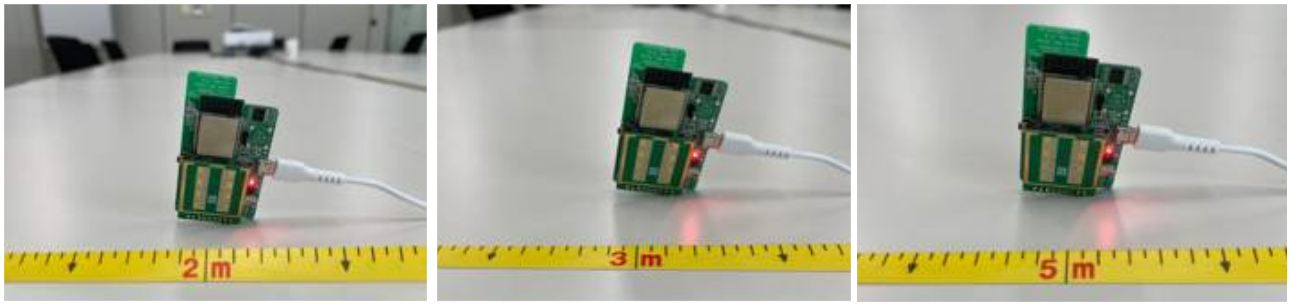
id	mac_address	motion_detection	detect_time	detect_distance	created_at	radar_rssi	detected_at
130224	78:21:84:5E:D2:34	1	60	5	2022-10-20 09:43:58	-21	2022-10-20 09:44:00
130223	78:21:84:5E:A4:3C	1	20	1	2022-10-20 09:43:55	-32	2022-10-20 09:44:00
130222	10:97:BD:C0:E4:48	1	60	5	2022-10-20 09:43:45	-48	2022-10-20 09:43:47
130221	10:97:BD:07:B4:40	1	30	5	2022-10-20 09:43:32	-54	2022-10-20 09:43:37
130220	10:97:BD:07:B4:40	1	30	5	2022-10-20 09:43:02	-54	2022-10-20 09:43:06
130219	78:21:84:5E:A4:3C	1	20	1	2022-10-20 09:42:55	-31	2022-10-20 09:42:57
130218	10:97:BD:07:B4:40	1	30	5	2022-10-20 09:42:02	-54	2022-10-20 09:42:04
130217	34:94:54:F8:0D:D0	1	60	5	2022-10-20 09:41:50	-40	2022-10-20 09:41:52
130216	34:94:54:F8:0D:D0	1	60	5	2022-10-20 09:40:51	-40	2022-10-20 09:40:53
130215	10:97:BD:C0:E4:48	1	60	5	2022-10-20 09:40:45	-46	2022-10-20 09:40:47
130214	78:21:84:5E:D2:34	1	60	5	2022-10-20 09:39:58	-22	2022-10-20 09:40:02
130213	10:97:BD:C0:E4:48	1	60	5	2022-10-20 09:39:45	-50	2022-10-20 09:39:47
130212	78:21:84:5E:D2:34	1	60	5	2022-10-20 09:38:58	-22	2022-10-20 09:39:00
130211	10:97:BD:C0:E4:48	1	60	5	2022-10-20 09:38:45	-48	2022-10-20 09:38:47
130210	78:21:84:5E:96:F0	1	60	5	2022-10-20 09:38:42	-35	2022-10-20 09:38:47
130209	10:97:BD:07:B4:40	1	30	5	2022-10-20 09:38:03	-52	2022-10-20 09:38:05
130208	78:21:84:5E:D2:34	1	60	5	2022-10-20 09:37:58	-21	2022-10-20 09:38:01
130207	34:94:54:F8:0D:D0	1	60	5	2022-10-20 09:37:51	-41	2022-10-20 09:37:55
130206	10:97:BD:07:B4:40	1	30	5	2022-10-20 09:37:03	-55	2022-10-20 09:37:05
130205	10:97:BD:C0:E4:48	1	60	5	2022-10-20 09:36:45	-47	2022-10-20 09:36:50
130204	78:21:84:5E:D2:34	1	60	5	2022-10-20 09:35:58	-21	2022-10-20 09:36:00
130203	34:94:54:F8:0D:D0	1	60	5	2022-10-20 09:35:52	-43	2022-10-20 09:35:55

레이더 모듈 테스트 DB

- **(대체 모듈 선정 근거)** 레이더 센서는 실내 및 실외 장소에 구애받지 않는 사용성과 저비용으로 고효율 창출이 가능함. 타 센서 모듈에 비해 인체의 모션 감지에 가장 적합함

○ Hardware 레이더 센서 개발 의뢰 및 테스트

- **(PCB 외주 의뢰 결과물 테스트)**
- 선정된 레이더 모듈의 인식 오차를 포함한 감지율 실험을 진행한 뒤, 신체 움직임 감지 센서로서의 적합성을 판단함
- **(테스트 환경 조성)** 모듈의 사양에 근거하여 테스트 **거리 전방 7m와 좌우 160° , 상하 90° 의 각도 확보** 후 전원 인가 및 움직임 감지 정삭 작동 확인을 통해 각 조건에 따른 움직임 감지 실험 수행
- **(테스트 1. 감도와 인식 거리의 상관 관계)** 테스트 객체는 움직이고 있는 사람으로 고정하고 레이더 센서 인식 감도를 1단계부터 5단계까지 각 구간별로 테스트를 수행하였음
- 해당 모듈의 이론적 사양으로는 7m 까지 감지 가능한 점을 고려하여 감도와 거리의 사이의 관계를 보다 정량적으로 분석하기 위해 5m의 제한을 두고 테스트 진행함



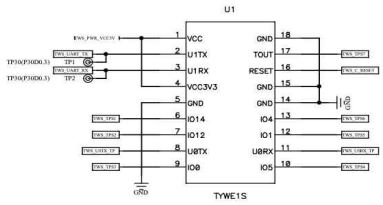
거리별 감지 비율 실험

- **(이슈 1)** 3단계 이상의 감도 테스트에서는 데이터 수집용 움직임 외 미세한 움직임도 감지 되는 것을 확인함 (창문을 통한 바람에 의함, 10회 중 4회) -> 레이더 센서는 실내에서의 움직임 감지 및 유동 인구 계측에 사용될 예정이므로 바람이나 다른 외부적 요인에 의한 움직임이 발생할 확률이 낮음
- **(이슈 2)** 테스트를 위한 환경과 실제 레이더 센서 설치 환경에서의 감지 결과는 차이가 있을 것으로 예상됨 → 센서의 실제 사양이 최대 10m임을 고려하면, 테스트용 설정 최대거리 5m에 비해 약 2배가량 긴 범위의 움직임을 측정할 수 있음 (∴ 레이더 센서가 설치되는 실내 공간의 경우, 5m 이내의 움직임 발생이 대부분일 것으로 예상되므로 실용화됨에 큰 특이사항이 없을 것으로 예상됨)
- **(테스트 1. 결론)** 감지 단계가 높아짐에 따라 감지 거리 또한 비례하여 길어졌으며 4단계부터는 테스트 설정 최대거리 5m를 모두 인식하여 최대 민감
- **(테스트 2. 외부적 요인(조도)에 의한 인식률 변화 분석)** 앞서 진행한 환경과 동일한 조건에서 조도의 변화에 따른 영향을 확인하는 테스트 진행 (자연광, 전등이 켜진 상태, 어두울 때)

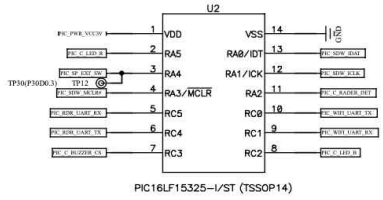
전등이 켜진 상태 - 감지 중	불이 꺼진 상태 - 감지 중

- **(이슈)** 설정 조건 중 어두운 상황에서의 테스트 전후로 미세한 움직임이 더 쉽게 감지되는 경향이 있음
  -> 정확한 데이터가 아닌 불특정 확률에 의한 이슈로 추후 데이터 수집에 직접적인 영향을 끼칠 시 해결 방안 구축 예정
- **(테스트 2. 결과)** 자연광이나 전등에 의한 조도 변화는 센서의 작동과 인식률에 영향을 미치지 않음
- **(결론)** 테스트 진행 중 목적에 맞는 결과치를 얻었기 때문에 시제품 생산을 위한 회로도 제작 및 아트웍 진행

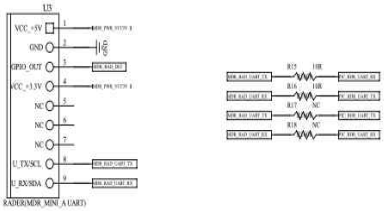
- **(PCB 설계 및 개발)** 레이더 Wi-Fi 통신 Chip, 레이더 마이크로 컨트롤러 Chip, 레이더 센서 모듈 회로도



Wi-Fi 통신 Chip 회로도

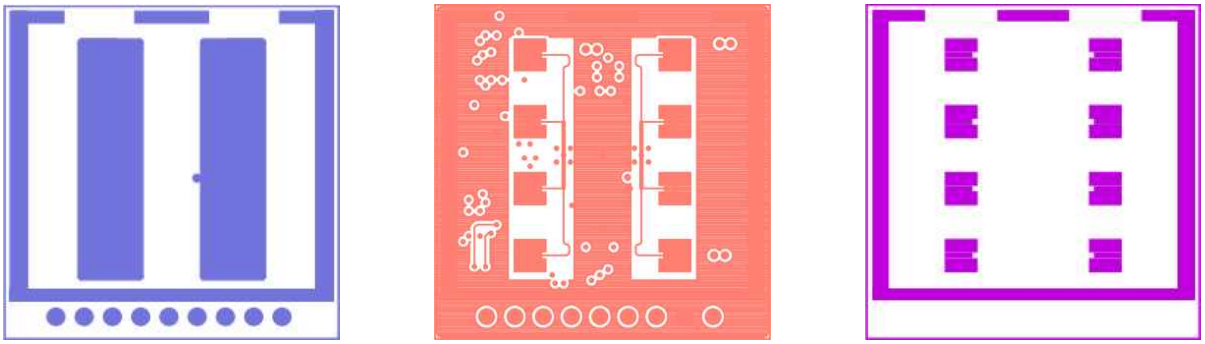


마이크로 컨트롤러 Chip 회로도

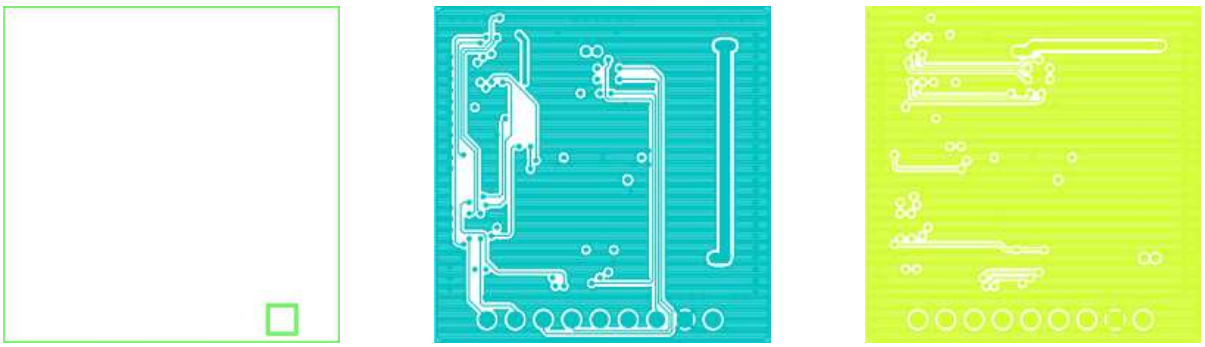


레이더 센서 모듈 회로도

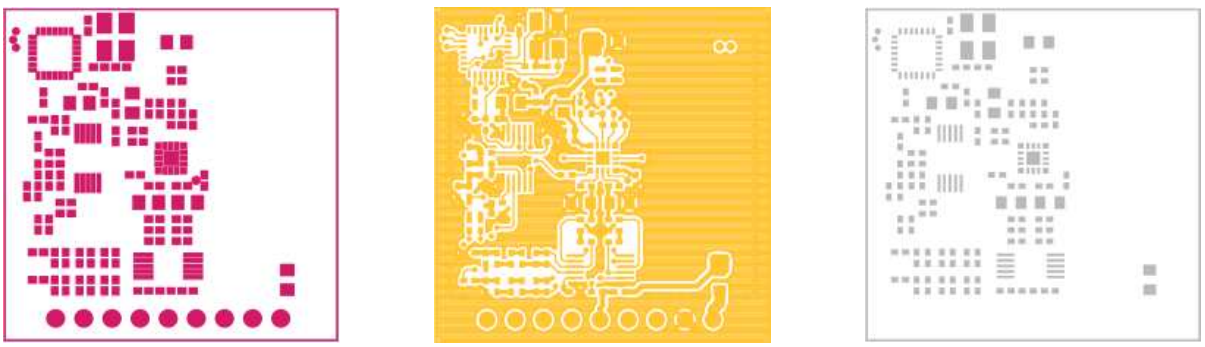
- **(PCB Artwork)**



1st : RADAR_24G_ANT VER_A1.BMK / RADAR_24G_ANT VER_A1.BOT / RADAR_24G_ANT VER_A1.BPS



2nd : RADAR_24G_ANT VER_A1.BSK / RADAR_24G_ANT VER_A1.INT1 / RADAR_24G_ANT VER_A1.INT2

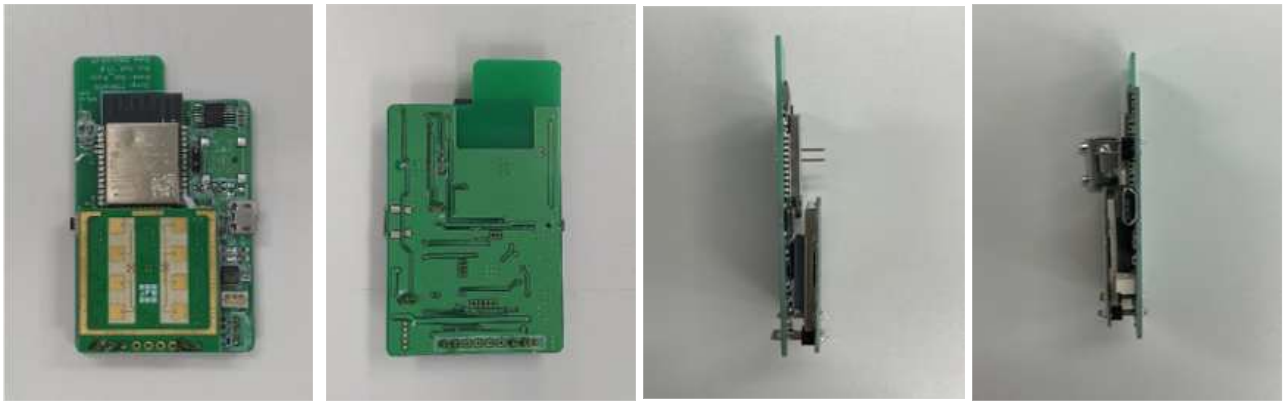


3rd : RADAR_24G_ANT VER_A1.TMK / RADAR_24G_ANT VER_A1.TOP / RADAR_24G_ANT VER_A1.TPS

- **(동박 PCB 레이어에 대한 각 층의 도면 설명)**
- **1층**은 레이더 모듈에 대한 레이어로 전력 플레인과 접지 플레인은 레이어 스택 중간 부분에 서로 인접해있어야 함
- **2층**은 레이더 센서의 안테나에 대한 Artwork 적층이며 각 도면은 안테나의 Top, Middle, Bottom을 담당함
- **3층**은 레이더 센서의 기능을 작동시키거나 데이터 전송을 위한 모듈을 활성화 시켜주는 부가 IC 칩들을 위한 공간이며 메인 칩 하나당 저항 Capacity, Inductor 등의 회로 단자로 이루어져 있음

③ 레이더 시제품 PCB 프로그램 세팅 및 DB 연동

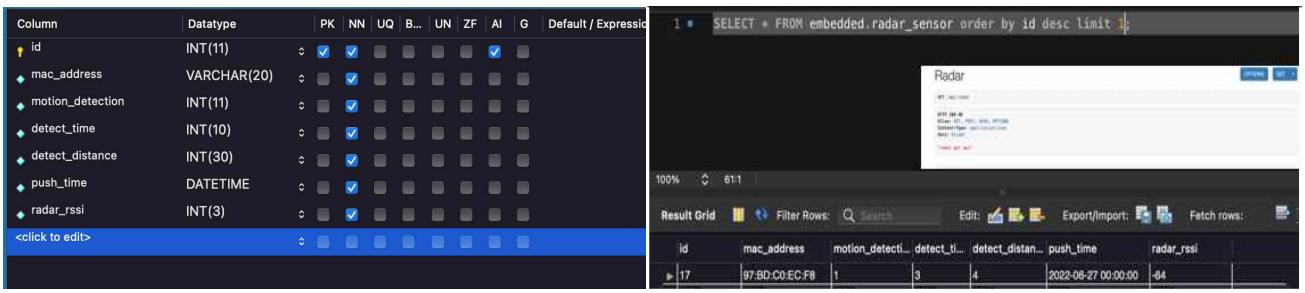
- (PCB 작동 테스트)



PCB 제작품 전 · 후 · 측면 사진

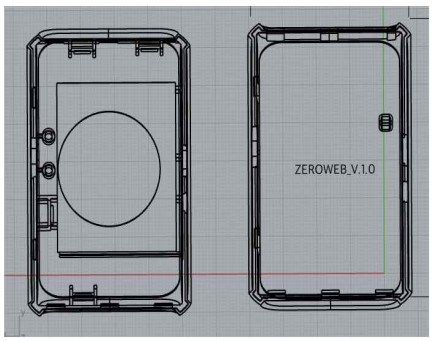
- 전원 인가 후 REST Debugger 프로그램을 활용하여 센서 세팅 및 테스트 진행
- 정상 작동 메시지 < "result" : "2000K" > 출력 확인
- 보라색 LED 점등으로 움직임 감지 작동 여부 확인과 DB 데이터 확인
- **(결과)** PCB 테스트를 통해 전원, 움직임 감지, DB 데이터 모두 정상적으로 작동함을 확인함
- **(API TEST)** 레이더 센서 데이터 규격 설정과 규격에 맞는 DB 테이블 생성 후 데이터 INSERT API Test

No.	Field	Type	Value	Description	Desc
1	mac_address	string	aa:aa:aa:aa:aa:aa	mac address of the radar	-
2	motion_detection	int	1	if motion is detected	1:detection
3	detect_level	int	3	detection interval up to 180 minutes	1:1sec 2:2sec 3:3sec
4	detect_distance	int	4	detection coverage setting	1:1m 2:3m 3:5m 4:7m 5:10m
5	push_time	string	"-"	-	-
6	radar_rssi	int	-64	wifi rssi	-

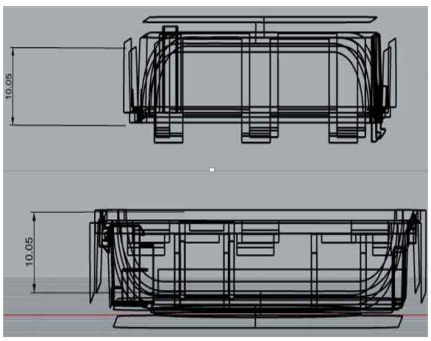


○ Hardware - 케이스 및 시제품 제작

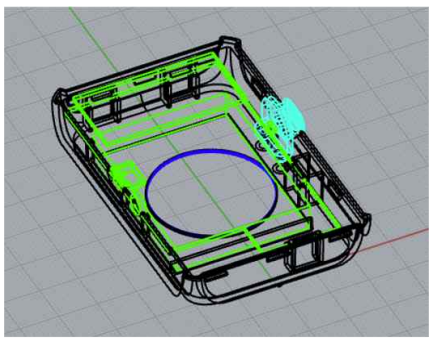
- **(케이스 설계 - 소재 및 디자인)** 패널 및 기타 부품, PCB 등의 규격을 정하고 거치할 위치의 특성과 마운트 사용을 고려하여 제품 케이스 청사진 설계
- 거치가 용이하고 적정 수준의 온습도를 견딜 수 있는 플라스틱 소재 사용
- 마운트 사용 및 바닥이 있는 공간에 거치를 고려하여 각진 사각형 디자인을 우선순위로 둠



전·후면부



상·하단부



PCB 결합 조립부

- 레이더 센서 케이스의 초안 (가칭 : ZEROWEB_V1.0 / bell)
- 리셋 버튼, 전원 연결부, 안테나 바디 패널 등의 공간을 확보하여 디자인 설계
- 설계 후 공차를 줄여가고 안정적인 설계를 위한 랜더링 작업 진행
- 제품의 상, 하단부의 높이는 모두 같은 높이로 설계하였으며 결합 후 빠지지 않게 연결부의 공차를 줄임
- 각 결합부는 스냅핏 방식을 응용하여 타 체결도구 없이 Latch 사이의 합이 맞도록 설계함
- 실내 공간에서 활동하는 사람을 향해 센서를 설치해야 하기 때문에, 천장/탁자 위 등에서의 센서 설치 효율성을 위해 센서 각도 조절이 가능한 자석 마운트에 연결할 수 있는 마그네틱 부착판을 추가함
- **(케이스 제작)**

Spec	
크기	75 X 49 X 24 (mm)
무게	40g
작동온도	-20° C ~ 80° C
정격전압	DC 5V, 2A

- (시제품 제작) 본 센서를 기반으로 내년 사업화 할 계획이 있으며 센서의 제품화를 위한 KC인증 시험을 진행하였음. 적합 판단으로 KC 인증 등록 완료하였음

방송통신기자재등의 적합등록 필증

Registration of Broadcasting and Communication Equipments

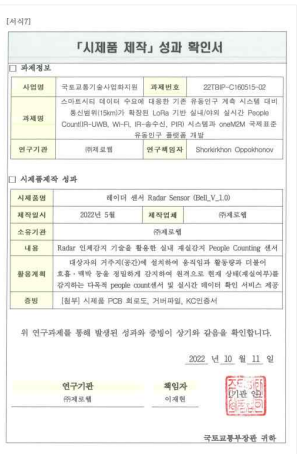
상호 또는 성명 Trade Name or Registrant	(주)제로웹
기자재명칭(제품명칭) Equipment Name	레이더센서
기기부호/추가기기부호 Equipment code Additional Equipment code	IMI61 / SRD24_LARN8
기본모델명 Basic Model Number	Bell_V_1.0
파생모델명 Status Model Number	
등록번호 Registration No.	R-R-ZRw-Bell
제조자/제조국가 Manufacturer/Country of Origin	(주)제로웹 / 한국
등록연월일 Date of Registration	2022-05-18
기타 Others	

위 기자재는 「전파법」 제58조의2 제1항에 따라 등록되었음을 증명합니다.
It is verified that foregoing equipment has been registered under the Clause 3, Article 58-2 of Radio Waves Act.

2022년(Year) 05월(Month) 18일(Day)

국립전파연구원장

Director General of National Radio Research Agency



[서식7]

「시제품 제작」 성과 확인서

□ 과제정보

사업명	국토교통기술사업화지원	과제번호	22TBIP-C160515-02
과제명	스마트시티 데이터 수요에 대응한 기존 유동인구 계측 시스템 대비 통신범위(15km)가 확장된 LoRa 기반 실내/야외 실시간 People Count(IR-UWB, Wi-Fi, IR-음수신, PIR) 시스템과 oneM2M 국제표준 유동인구 플랫폼 개발		
연구기관	㈜제로웹	연구책임자	Shorkirkhon Oppokhonov

□ 시제품제작 성과

시제품명	레이더 센서 Radar Sensor (Bell_V_1.0)		
제작일시	2022년 5월	제작업체	㈜제로웹
소유기관	㈜제로웹		
내용	Radar 인체감지 기술을 활용한 실내 계실감지 People Counting 센서		
활용계획	대상자의 거주지(공간)에 설치하여 움직임과 활동량과 더불어 호흡·맥박 등을 정밀하게 감지하여 원격으로 현재 상태(계실여부)를 감지하는 다목적 people count센서 및 실시간 데이터 확인 서비스 제공		
증명	[첨부] 시제품 PCB 회로도, 거버파일, KC인증서		

위 연구과제를 통해 발생된 성과와 증명이 상기와 같음을 확인합니다.

2022 년 10 월 11 일

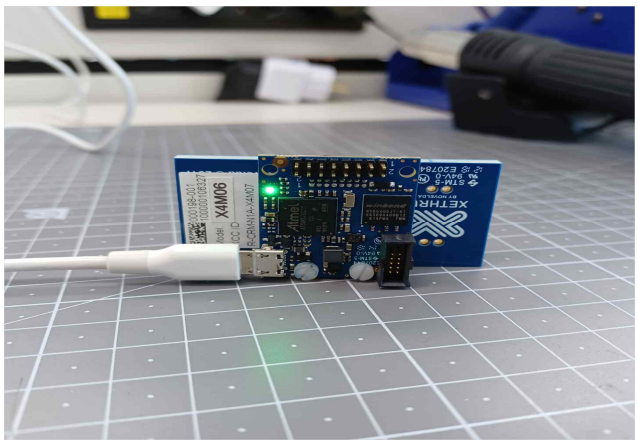
연구기관 ㈜제로웹 책임자 이재현

국토교통부장관 귀하

5) 원거리 호흡 맥박 측정 센서 개발

○ Hardware - IR-UWB 센서 연구[테스트 모듈 : XETHRU X4]

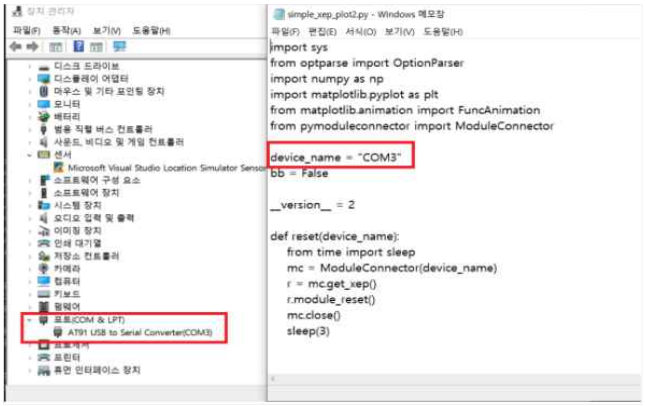
- uwb 레이더 오픈 소스 변형 후 테스트 → 10초 단위로 버퍼 지정 후 호흡 수 측정



XETHRU X4 모듈

Parameter	Min	Typ	Max	Unit
Frequency		60.5		GHz
EIRP			+10	dBm
Horizontal -3dB Beam Width		80		°
Vertical -3dB Beam Width		40		°
Digital interface		USB, RS-232		
Supply Voltage		5		V
Supply current	50	60	70	mA
Dimensions		35 x 45		mm
Weight		5		g
Detection distance		8m		

XETHRU X4 스펙



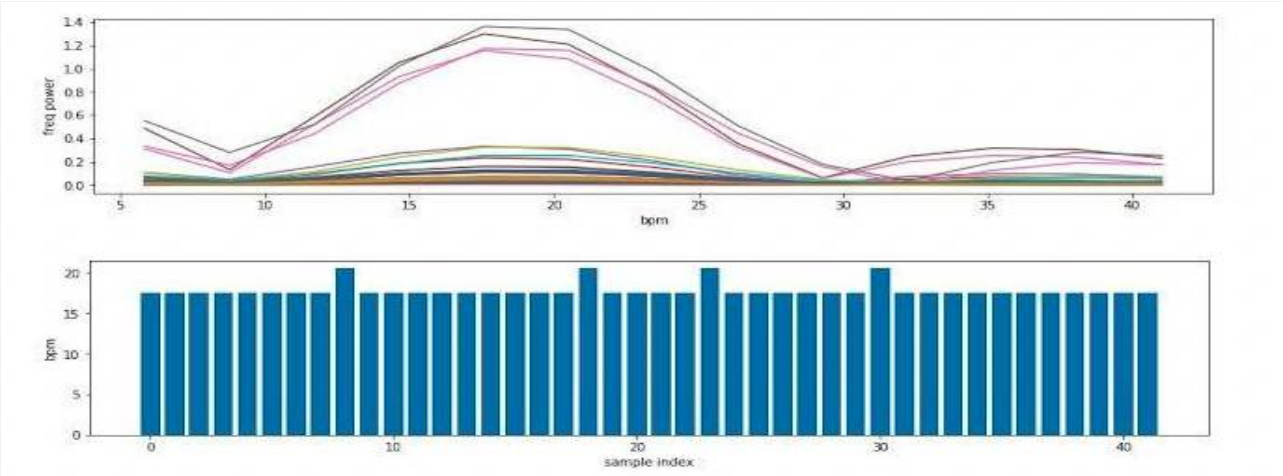
```
import sys
from optparse import OptionParser
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from matplotlib.animation import FuncAnimation
from pymoduleconnector import ModuleConnector

device_name = "COM3"
bb = False

__version__ = 2

def reset(device_name):
    from time import sleep
    mc = ModuleConnector(device_name)
    r = mc.get_xep()
    r.module_reset()
    mc.close()
    sleep(3)
```

연결 상태 및 세팅

```
1  samples = np.reshape(self.framestack,(len(self.framestack),self.framesize)).T
2  samples = samples[measure_range[0]:measure_range[1],:]
3  samples = detrend2(samples)
4  samples = samples*self.window
5
6  sp = np.fft.fft2(samples,s=(-1,self.N),norm='ortho')
7
8  for i in range(measure_range[1]-measure_range[0]):
9      freq_pow = np.sqrt(sp[i].real*sp[i].real +sp[i].imag*sp[i].imag )
10     _,index = self.searchpeak(freq_pow,range(s,e,1))
11     bpms.append(self.bpmtable[index])
```

fft 주파수 분석을 통한 호흡 맥박 측정 코드

- 1) fft 분석을 통하여 저장된 10초간 데이터 shape을 변환하여 측정할 부분만 잘라낸 후 detrend와 window를 적용 후 fft 수행
- 2) fft 수행 결과는 주파수 파워 스펙트럼으로 바뀌기 위해 연산 작업 후 기록됨



fft를 통한 결과값 추이

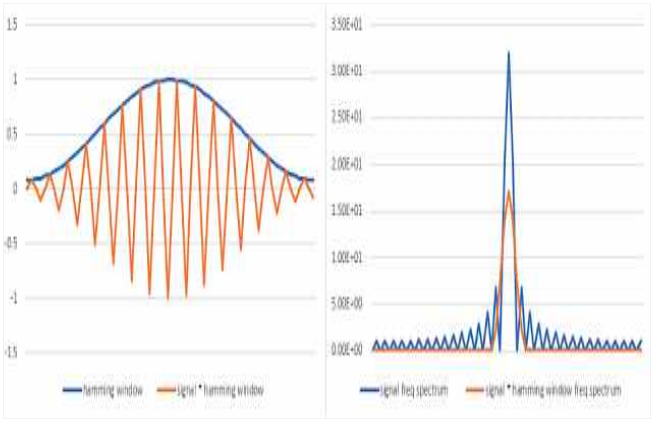
- **(결과)** 현재 호흡, 맥박에 관한 정확도는 50~55%가량 추출되고, 호흡수 평균을 통한 보정치가 적용된 상태이며 더욱 정밀한 측정도를 위하여 노이즈나 예외상황에 대한 처리과정 보완 진행

- ② uwb radar 스펙트럼 누설 방지 및 베이스 보완

- 신호처리 과정에서 스펙트럼 누설(스펙트럼 분석 시 원래 신호에는 포함되어 있지 않는 성분이 관측되는 현상)이 발생하여 필터링을 통하여 누설을 방지 (1차와 2차까지 보정치 적용 후 비교)

```c
#include "kiss_fftr.h"

/*
sample buffer length is N
freq_spectrum buffer length is N/2
*/
int do_fft(int N, double *sample, double *freq_spectrum)
{
 kiss_fft_cpx *ffr_outdata = NULL;
 kiss_fftr_cfg fft_ctx = NULL;

 if (!N || !sample || !freq_spectrum)
 return -1;

 fft_ctx = kiss_fftr_alloc(N, 0, NULL, NULL);
 if (fft_ctx == NULL)
 return -1;

 ffr_outdata = (kiss_fft_cpx*)malloc(N*sizeof(kiss_fft_cpx));
 if (ffr_outdata == NULL)
 {
 free(ffr_outdata);
 return -1;
 }

 memset(ffr_outdata, 0, N * sizeof(kiss_fft_cpx));

 // fft
 kiss_fftr(fft_ctx, sample, ffr_outdata);
```

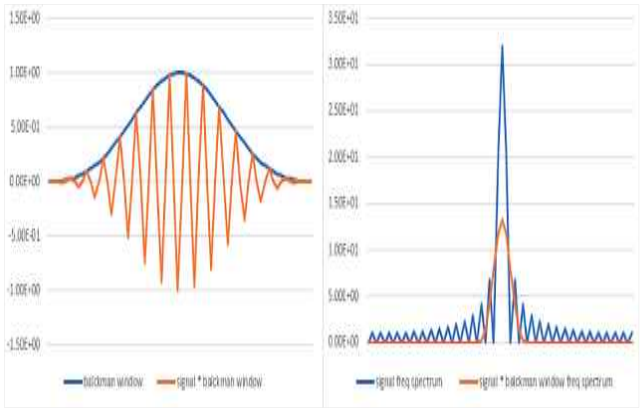
누설방지 코드



1차 누설방지 적용 결과

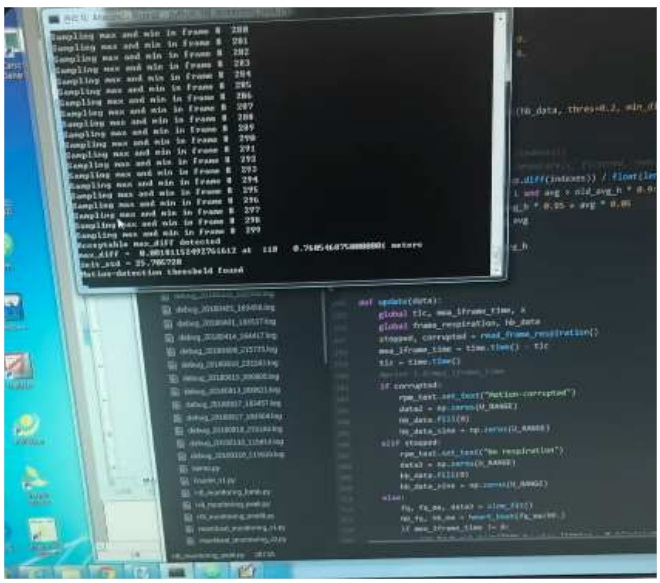
```c
double *get_signal(int size, double sample_rate)
{
 double *signal = NULL;
 double angle_tab = ((sample_rate/2)*PI) / (sample_rate);

 signal = (double*)malloc(sizeof(double)*size);
 if (!signal)
 return NULL;

 for (int i = 0; i < size; i++)
 {
 signal[i] = sin(i*angle_tab);
 }

 return signal;
}
```

누설방지 스펙트럼 sin파 보정치 코드

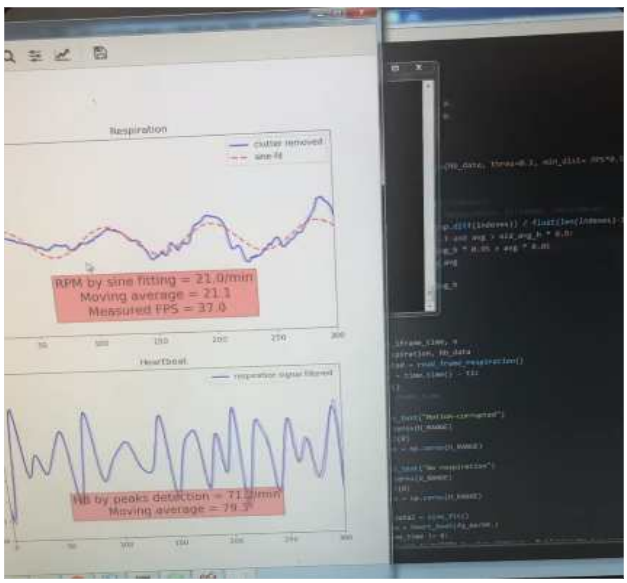


2차 보정치 적용 결과

- ③ IR-UWB 센서 모듈 결과값 (알고리즘을 모듈에 적용하여 테스트 진행)



IR-UWB 심박 호흡 low data

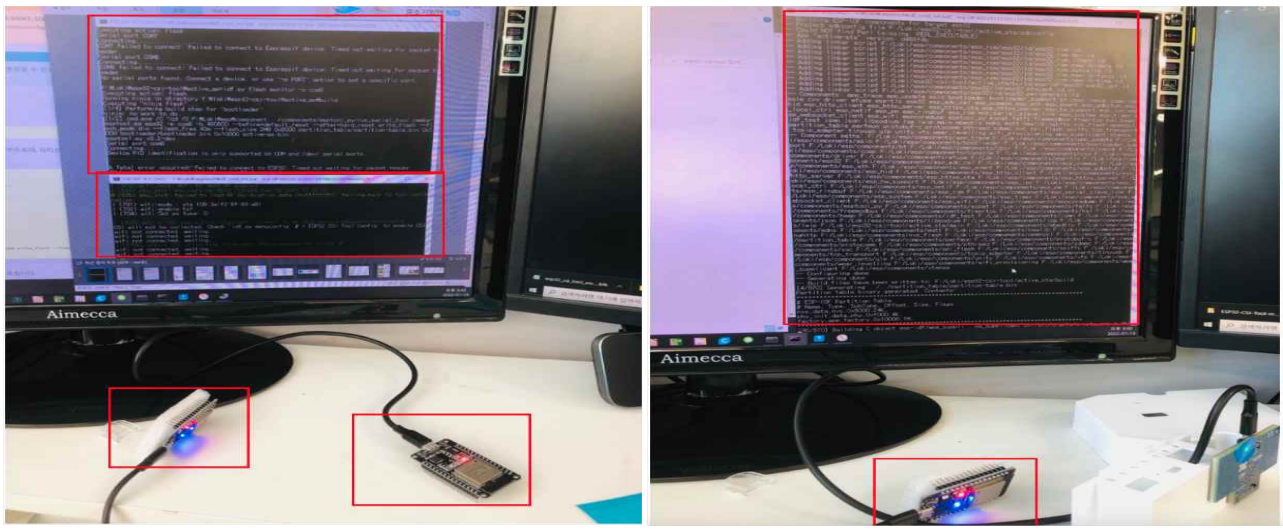


IR-UWB 심박 호흡 data 그래프화

- **(결과)** 1차 알고리즘 적용 시 누설 스펙트럼은 1700 정도를 유지 이는 아직 안정값의 범위를 넘어서는 것을 확인 이에 2차 보정치 알고리즘을 추가 후 안정값 궤도인 1300 미만으로 진입하는 것을 확인함 하지만 정확도 면에서는 여러 알고리즘 및 보정치를 적용하였으나 다소 낮은 정확도를 표출하여 다른 하드웨어를 통한 호흡맥박 측정 시도

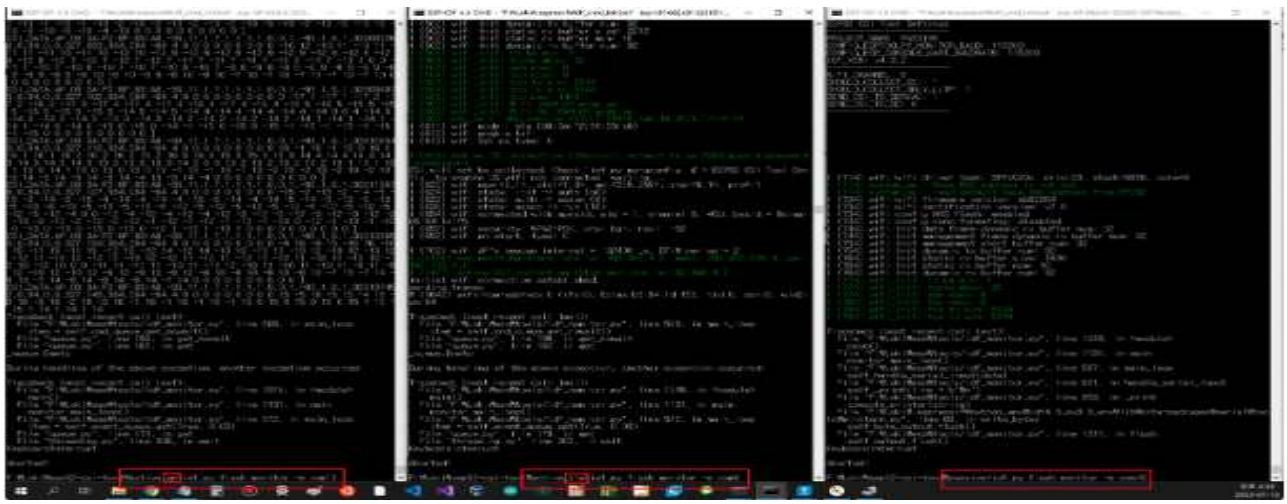
○ **Wi-Fi CSI - 추가 하드웨어 연구**

- ① Wi-Fi CSI 구현 방안
- **구현 방법 1** : 1) ESP32 B와 C는 모두 Ping 패킷을 라우터로 보냄
  2) ESP32 B는 ESP32 C에서 반환된 Ping 재생에 포함된 CSI 정보를 수신
- **장점:** 기존 라우터의 위치에 의존하지 않으며 라우터 아래에 연결된 다른 장치의 영향을 받지 않음
- **단점:** 기존에 설치되어있는 WIFI 라우터에서 지원하는 Wi-Fi 프로토콜 환경에 따라 다름
- **적용 가능한 시나리오** : CSI 분석 환경 공간에 두개 이상의 ESP32가 있어야 함
- ② ESP32 기반 Wi-Fi CSI 개발
- 원하는 환경에 접속하여 신속한 세팅 및 테스트를 위하여 USB Serial 연결을 진행



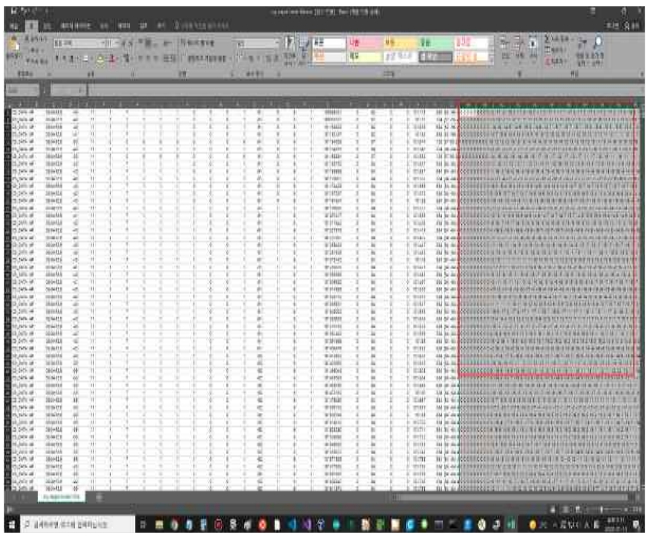
USB Serial 통신을 통한 빌드업 결과

- ③ WIFI-CSI Toolkit 펌웨어 환경 세팅 및 데이터 분석
- 실험환경 : 1) ESP32 Module Board
  2) Workstation : Windows / Linux or macOS
  3) [SW] Toolchain to compile code for ESP32
  4) [SW] Build tools - CMake and Ninja to build a full Application for ESP32
  5) [SW] ESP-IDF that essentially contains API (software libraries and source code) for ESP32 and scripts to operate the Toolchain

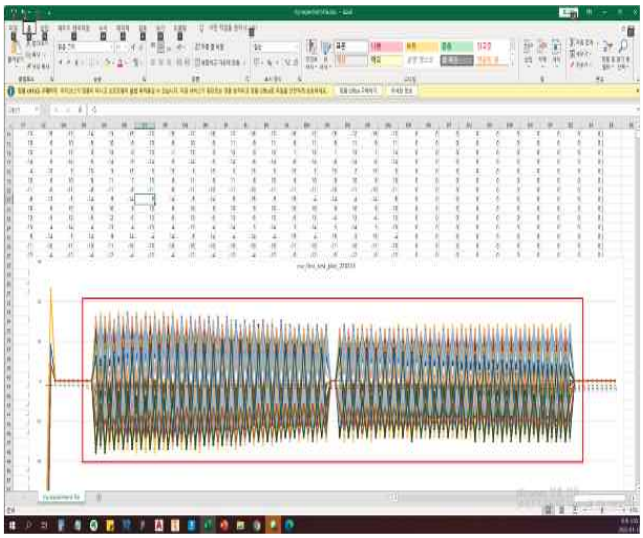


각각의 실험환경 세팅 후 출력값 확인

- 데이터가 수집되면 이제 분석을 실행하고 수집된 데이터에 딥 러닝 알고리즘을 적용
- esp32의 출력은 간단한 CSV 파일이므로 선택한 언어(Python, MATLAB, R 등)로 사용 가능한 CSV 파서에 내용을 전달 (CSV의 포멧은 XML이나 JSON과 비교할 때 단순하고 크기가 작음)

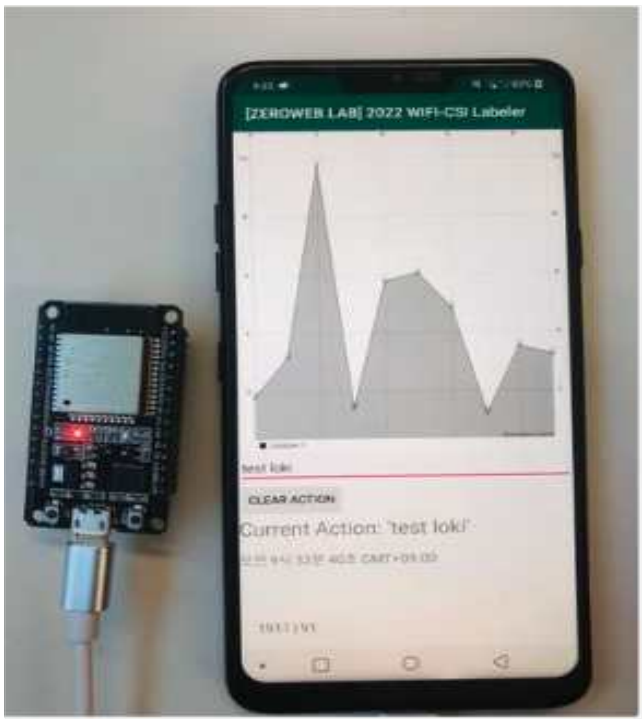


CSV 형태의 데이터 수집 결과



CSV 형태의 데이터 결과값 그래프화

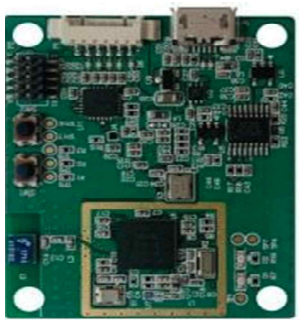
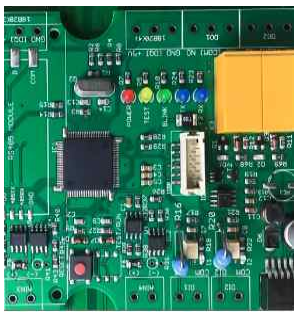
- ④ APP 결과 확인
- 데이터가 수집되면 이제 분석을 실행하고 수집된 데이터에 딥 러닝 알고리즘을 적용
- esp32의 출력은 간단한 CSV 파일이므로 선택한 언어(Python, MATLAB, R 등)로 사용 가능한 CSV 파서에 내용을 전달 (CSV의 포멧은 XML이나 JSON과 비교할 때 단순하고 크기가 작음)



- **(결과)** 모바일 기기를 활용하여 CSI데이터를 80~85% 가량의 정확도로 실시간 계측이 가능하지만 두 개의 센서가 바라보는 형식으로 설치해야하기 때문에 설치의 용이성 방면에서 효율이 좋지 않음 이를 고려하여 Radar를 이용한 호흡,맥박 측정 방식 연구 진행

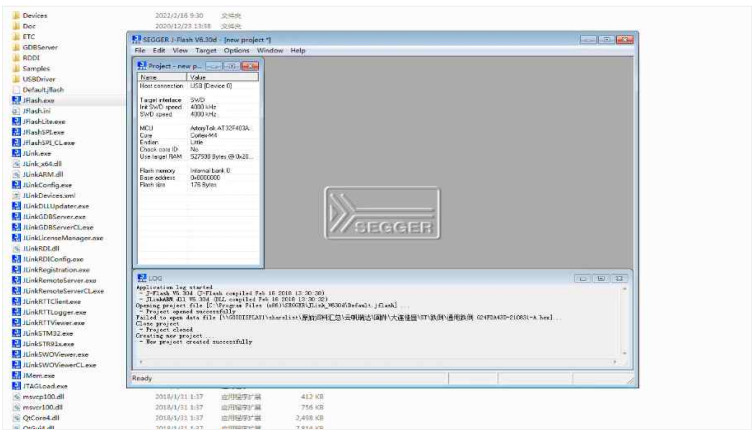
○ Hardware - 레이더 호흡/맥박 센서 모듈 연구

- ① 범용적으로 사용되는 3가지 모듈 비교 연구

IR60BH1A	V-PR100	Tywe1s
		
60Ghz 밀리미터 웨이브를 상시로 방출하기 때문에 넓은 범위를 관측하기 좋음	저전력 보드 체제이기 때문에 배터리로 구동가능, 정밀한 호흡 측정가능	원거리에서의 호흡, 맥박이 동시에 측정 가능하며, 동시에 재실감지 기능도 작동 가능
넓은 범위를 관측하는 만큼 신호 왜곡에 영향을 받기 쉬워 여러 필터 및 알고리즘이 필요함	원거리에서 맥박 측정 불가	저전력 모드가 불가능하여 배터리 구동이 불가능, 상시 전원 연결필요

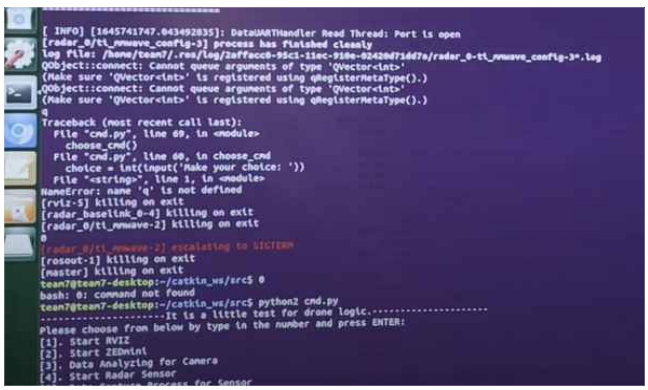
- 모듈 선정 : CVIT 레이더 모듈이 제일 적합하며 원거리에서 비접촉 호흡, 맥박을 측정하며 동시에 재실감지 여부까지 판별하여 오류값을 줄일 수 있는 모듈이기 때문에 사업에 적합하다 판단

- ② 모듈 선정 및 연구

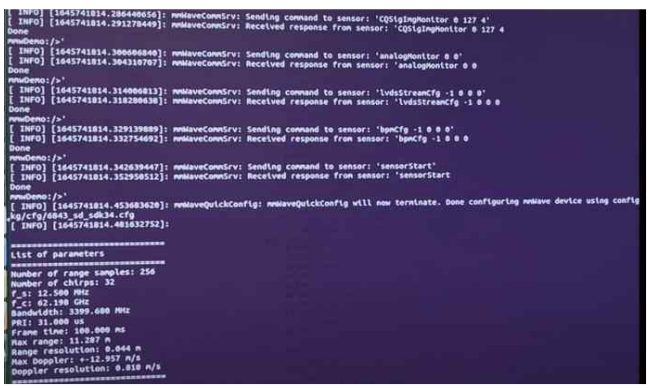


호흡맥박센서 테스트 모듈 세팅

호흡맥박센서 모듈 연결 모습



리눅스 환경에서 세팅

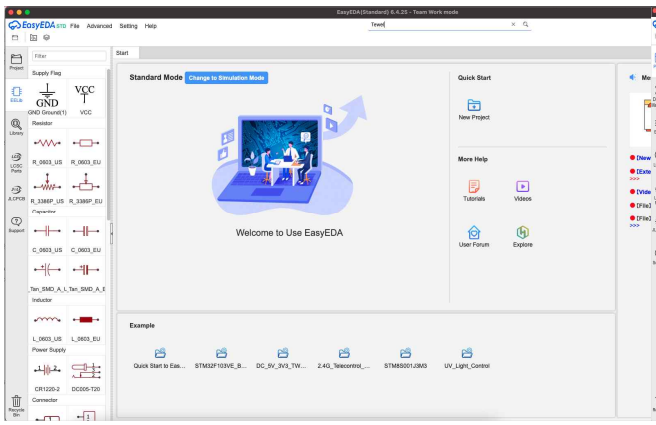


모듈 인식 결과값

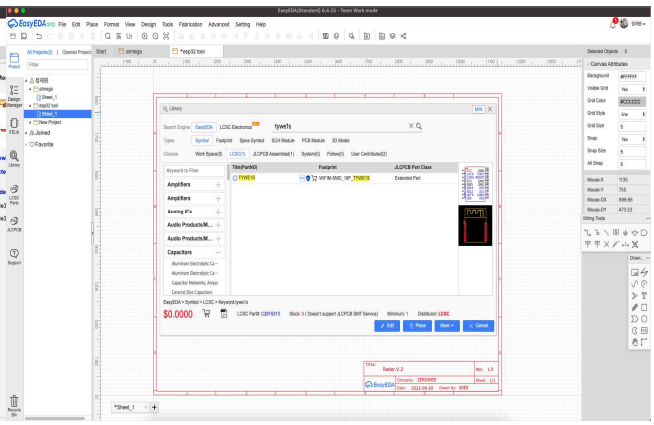
- ③ 회로도 설계 및 아트웍 의뢰

- 오픈보드를 이용하여 핀 연결 후 EasyEDA로 회로도 설계

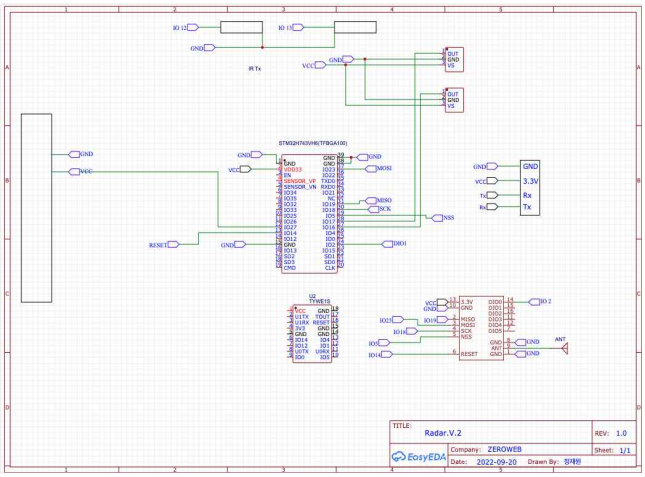
- 납땜으로 핀 번호만 변경하여 원하는 안테나를 교체해가며 테스트해볼 수 있어서 용이함



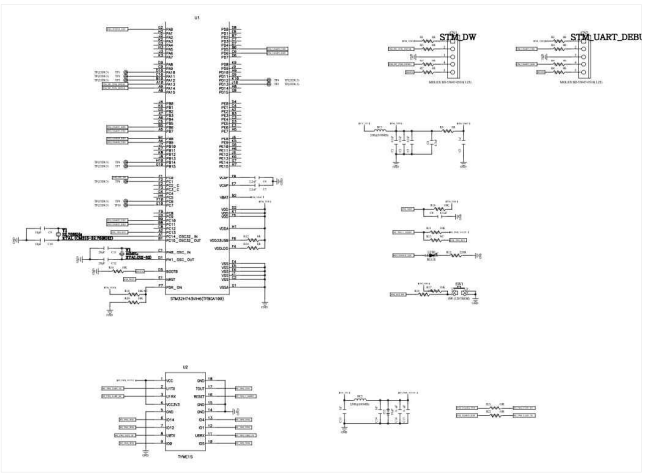
EsayEDA 세팅



EsayEDA 모듈 선택

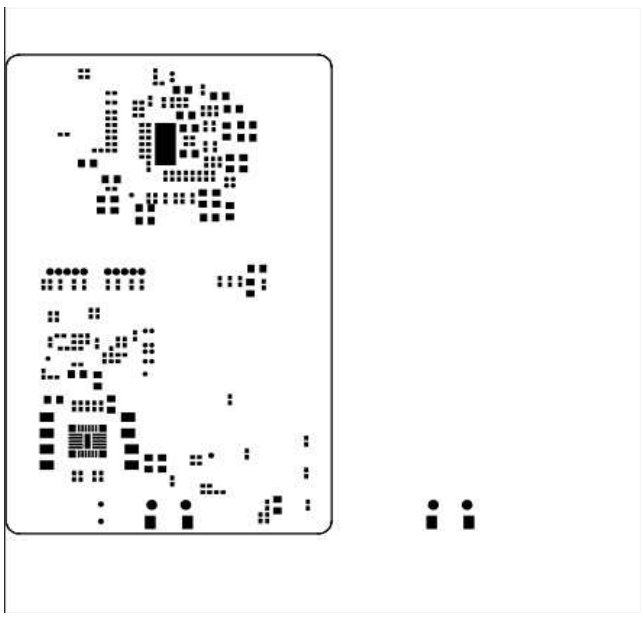


EsayEDA 모듈 및 주변회로 세팅

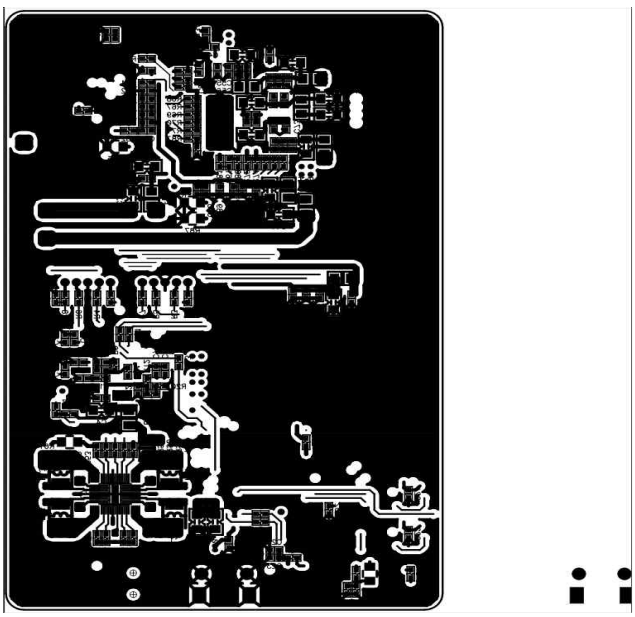


아트웍 전용 회로도 변환

- ④ 아트웍 및 거버파일 변환 의뢰



거버파일



아트웍

○ Software - 레이더 호흡/맥박 센서 모듈 연구

- 1. 레이더 호흡맥박 필터링 알고리즘 테스트 및 수정

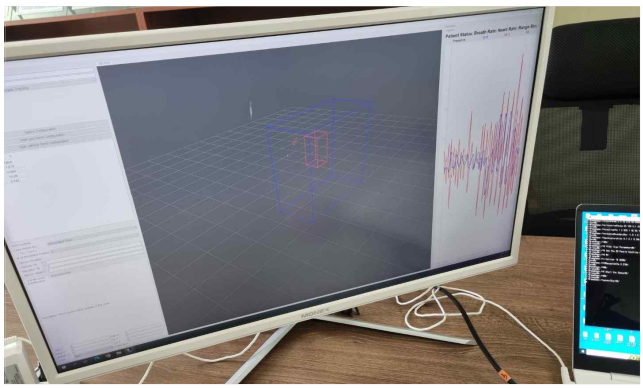
```
    print("data : ", data)
    print("Push_time : ", d)
    print('----------', '\n')
    hub_number = Data
    sensor_id = Data2 + Data3 + Data4 + Data5
    child_sensor_type = Data3
    serial_number = hub_number + "." + sensor_id
    hub_serial_number = Data
    value = data['value']
    alive = data['alive']
    battery = data['battery']
    rssi = data['rssi']
    created_at = d
    active = "1"

    if data.get('temper'):
        temper = data['temper']
        humid = data['humid']
        sql = f"INSERT INTO embedded.temper_sensor (serial_number, value, alive, battery, temper, humid, rssi,
        try:
            cursor = juso_db.cursor(pymysql.cursors.DictCursor)
            sql2 = f"INSERT ignore INTO embedded.hub_sensor (serial_number, child_sensor_id, child_sensor_type,
            cursor.execute(sql)
            cursor.execute(sql2)
            juso_db.commit()
        except Exception as e:
            print(e)

    elif child_sensor_type.find("17") != -1:
        sql = f"INSERT INTO embedded.door_sensor (serial_number, value, alive, battery, rssi, created_at) VALUE
        try:
            cursor = juso_db.cursor(pymysql.cursors.DictCursor)
            sql2 = f"INSERT ignore INTO embedded.hub_sensor (serial_number, child_sensor_id, child_sensor_type,
            cursor.execute(sql)
            cursor.execute(sql2)
            juso_db.commit()
        except Exception as e:
            print(e)

    elif child_sensor_type.find("34") != -1:
        sql = f"INSERT INTO embedded.sos_sensor (serial_number, value, alive, battery, rssi, created_at) VALUES
        try:
            cursor = juso_db.cursor(pymysql.cursors.DictCursor)
            sql2 = f"INSERT ignore INTO embedded.hub_sensor (serial_number, child_sensor_id, child_sensor_type,
            cursor.execute(sql)
            cursor.execute(sql2)
            juso_db.commit()
```

필터링 알고리즘

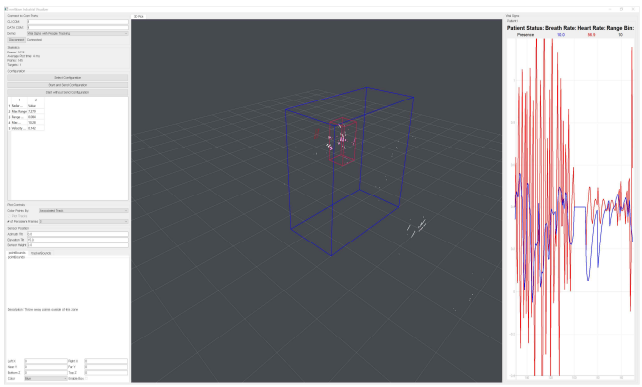
```
data :  {'type': 17, 'value': 1, 'alive': 1, 'battery': 100, 'rssi': 54}
Push_time :  2022-10-25 14:38:48.992299
------------------------------------------------------------------------

------------------------------------------------------------------------
Topic:  zeroweb/status/7345.2.2111000913/sdata/0.18.2.1/v2
-------------

2111000913
01821
data :  {'type': 18, 'value': 1, 'alive': 1, 'battery': 100, 'temper': 23, 'humid': 44
, 'rssi': 52}
Push_time :  2022-10-25 14:41:11.909247
------------------------------------------------------------------------

------------------------------------------------------------------------
Topic:  zeroweb/status/7345.2.2111000916/sdata/0.17.5.1/v2
-------------

2111000916
01751
data :  {'type': 17, 'value': 1, 'alive': 1, 'battery': 100, 'rssi': 49}
Push_time :  2022-10-25 14:41:54.811240
------------------------------------------------------------------------

------------------------------------------------------------------------
Topic:  zeroweb/status/7345.2.2111000876/sdata/0.17.4.1/v2
-------------

2111000876
01741
data :  {'type': 17, 'value': 0, 'alive': 1, 'battery': 100, 'rssi': 59}
Push_time :  2022-10-25 14:43:04.687725
------------------------------------------------------------------------

------------------------------------------------------------------------
Topic:  zeroweb/status/7345.2.2111000876/sdata/0.17.4.1/v2
-------------

2111000876
01741
data :  {'type': 17, 'value': 1, 'alive': 1, 'battery': 100, 'rssi': 54}
Push_time :  2022-10-25 14:43:09.846318
```

low data 결과

- 2. 프로그램을 이용한 호흡맥박 테스트
- 레이더 호흡맥박 알고리즘을 적용 후 정확도를 검출하기 위한 작업
- 프로그램 세팅을 통하여 데이터의 정확도를 가시화 하기 위함



측정 프로그램 화면



측정 프로그램 결과값

- **(결과)** 모든 작업을 완료한 후 정확도는 대략 80~85% 정도이며 보다 나은 정확도를 위하여 칼만 필터 및 계산 알고리즘에 대한 수정 및 추가적인 호흡맥박에 대한 연구 진행
- 호흡 맥박 센서
- 2단계 연구개발 진행 시 정확도를 90% 까지 개선하여 시제품을 추가 제작할 계획임

6) 표준 피플카운팅 플랫폼 설계

(1) back-end 개발 :서버 구축

- Database 서버 구축

구분	내용
spec	HPE Proliant DL380 Gen10 8SFF S100i 800W (P24849-B21) CPU: Intel Xeon E5-4800 v4 @ 2.10~.2.60GHz QTY:4 Memory: 512GB HPE 64GB (1 x 64GB) Dual rank x4 DDR4-2933 CAS-21-21-21 registered smart memory kit (P00930-B21) QTY: 8 Solid State Drives (SSDs) 19.2T HPE 6.4TB NVMe x4 2.5" MU SFF SCN SSD QTY: 3 Seagate 파이어쿠다 530 M.2 NVMe (4TB) Seagate IronWolf Pro 7200/256M (ST18000NE000,18TB)
	HPE Proliant DL380 Gen10 8SFF S100i 800W (P24849-B21) CPU: Intel Xeon E5-4800 v4 @ 2.10~.2.60GHz QTY: 4 Memory: 768GB HPE 64GB (1 x 64GB) Dual rank x4 DDR4-2933 CAS-21-21-21 registered smart memory kit (P00930-B21) QTY: 12 Solid State Drives (SSDs) 19.2T HPE 6.4TB NVMe x4 2.5"MU SFF SCN SSD QTY: 3 Seagate 파이어쿠다 530 M.2 NVMe (4TB) Seagate IronWolf Pro 7200/256M (ST18000NE000,18TB)
set up	Ubuntu 20.04 LTS

Database 서버 관련 내용

- 웹 서버 구축

구분	내용
spec	HPE Proliant DL380 Gen10 8SFF S100i 800W (P24849-B21) CPU: Intel Xeon E5-4800 v4 @ 2.10~.2.60GHz QTY:4 Memory: 512GB HPE 64GB (1 x 64GB) Dual rank x4 DDR4-2933 CAS-21-21-21 registered smart memory kit (P00930-B21) QTY: 8 Solid State Drives (SSDs) 19.2T HPE 6.4TB NVMe x4 2.5" MU SFF SCN SSD QTY: 3 Seagate 파이어쿠다 530 M.2 NVMe (4TB) Seagate IronWolf Pro 7200/256M (ST18000NE000, 18TB)
set up	Ubuntu 20.04 LTS / Apache / Virtualhost 생성, 방화벽 설정, SSL 인증서 설정

웹 서버 관련 내용

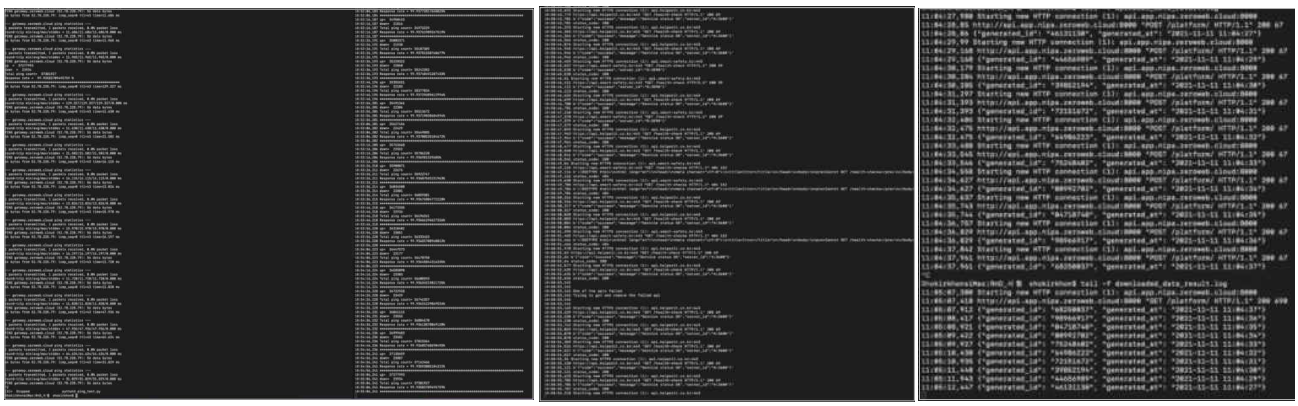
- API 서버 구축

구분	내용
운영체제	Ubuntu 20.04 LTS
set up	MySQL 5.7 설치 및 초기 구성, 센서별 고유번호를 PK키로 사용하는 테이블을 생성, 각 센서 별 설정을 관리할 수 있는 테이블 생성
	서비스 별 계정 생성 및 접속 권한 설정, 방화벽 설정

Database 서버 관련 내용

- **서버 성능 평가를 위한 시험 항목 준비** (시험결과서 별도 첨부) (가용성) 클러스터링 기술을 통해 특정 데이터베이스 서버의 문제 발생 시 비정상인 서버로 트래픽을 보내지 않음을 평가함

- (확장성) 클러스터링 기술을 적용하여 하나 이상의 데이터베이스 서버를 클러스터링 그룹에 추가하거나 제외할 수 있음을 평가함
- (동시DB처리) 여러개의 데이터베이스를 묶는 클러스터링 기술을 적용하여 데이터베이스 서버단에서의 부하를 분산 / Index 설정 및 Query 최적화 작업을 통한 실행 시간 단축에 대한 평가
- (데이터 관리) DBA 직원 할당, 관리자 페이지를 통해 각종 데이터의 리스트, 수정, 삭제 기능 평가
- (서비스 응답속도) 과부하 상태에서 응답 속도가 느려지는 문제를 해결하기 위해 L4/L7 로드밸런서를 사용한 부하 분산 시스템을 구축하는지 평가함



시험 결과 화면, 별도 첨부

구분	내용		
가용성	요청수의 95%가 정상 응답	**동시DB처리**	98% 이상이 정상응답
확장성	중단 시간 10초 미만, 서버 중단X	**서비스 응답속도**	10초 이내 서비스 응답
데이터 관리	검증된 데이터가 삽입된 데이터의 90% 이상		

서버 시험 결과

웹, DB 서버 / 제로웹 서버렉

- **(서버 증설)** 2차년도 플랫폼 개발을 고도화해나가며 발생한 서버 수요에 맞게 국토부 R&D 최종목표인 스마트시티통합플랫폼과 연동된 유동인구 서비스(IoT 디바이스 데이터 수집 & 저장, 플랫폼 서비스 확장 및 가용성 향상)등을 위한 추가 서버 구축

- 웹 서버 구축

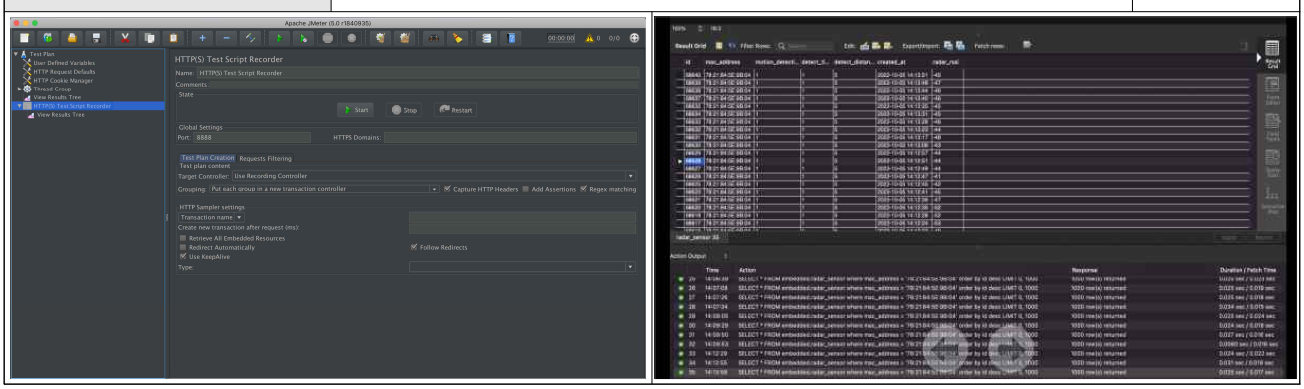
구분	내용
spec	HP ProLiant DL560 Gen8 CPU : Intel Xeon E5-4600 v4 @ 2.10~.2.60GHz QTY:4 RAM : DDR ECC 64GB SSD : 4TB Storage : 5 SFF SAS hot plug drive bays for a maximum internal storage of 6TB using 1.2TB (smart Arrat P420i RAID controller / 512MB Flash Backed write cCache(FBWC))
set up	Ubuntu 20.04 LTS / Apache / Virtualhost 생성, 방화벽 설정, SSL 인증서 설정

웹 서버 관련 내용

신규 서버 구축 모습 / 서버 활용률

- 이에 따른 서버의 성능평가를 진행하기 위해 작년과 동일한 시험 항목으로 서버 시험 진행

구분	내용	통과여부
가용성	요청수의 80%가 정상 응답 → 요청수의 90% 정상 응답	o
확장성	중단 시간 10초 미만, 서버 중단 X	o
데이터 관리	데이터 80% 이상 → 데이터 90% 이상	o
동시DB처리	동시DB처리량 10,000건 이상 → 동시DB처리량 20,000건 이상	o
서비스 응답속도	응답속도 30s 이하 → 응답속도 20s 이하	o



(2) 스마트시티 통합 플랫폼 TTA

○ 5대 연계 서비스 표준 명세 수립

- 스마트시티통합플랫폼의 관제통합으로써의 기능을 위해 필수 연동 기능 5가지에 대한 표준 명세 수립
- 인터페이스 ID별 명세 형태(String, DB, JSON, SFTP)를 고려하여 실서버 데이터베이스 구축
- 기능 ① : 119 긴급출동지원서비스 (IF-119) Socket (TCP/IP) / 로그인, 발생, 정보변경, 관제해제, 재난종료 정보 제공
- 기능 ② : 긴급재난상황지원서비스 (IF-DCU) DB접속 / 산불발생정보, 우량시단위, 고속도로특별상황관리, 기상정보AWS, 동네예보, 지진현황, 기상특보, 응급복구장비, 소방서, 시가지도로 돌발상황정보
- 기능 ③ : 사회적약자지원서비스 (IF-DSC) Socket (TCP/IP) / 사건정보수신(통신사 사건 정보 접수)
- 기능 ④ : 긴급출동지원서비스 (IF-112) Web Service (JSON) / 긴급출동지원 다 매체 접수정보 수집, 긴급출동지원 다 매체 접수정보 수집 콜백, 사건접수번호 콜백, 파일 전송, 파일 ID 콜백
- 기능 ⑤ : 긴급영상지원서비스 (IF-112) Socket (TCP/IP) / 긴급영상 요청

기능(1) 119 긴급출동 지원서비스 시나리오

- (IoT 센서 기반 유동인구 서비스 연계) 공통 표준이 되는 5대연계 서비스 내에서 단순 CCTV 영상 데이터만 보여주는 것이 아닌, 연구개발 Camera, Wi-Fi 센서 등 피플카운팅 센서를 활용해 이벤트 인근 발생 지역의 유동인구 정보는 어떤지, 교통량은 어떤지 등의 데이터를 실시간으로 표출하여 연계함

○ 인터페이스 메시지 데이터 규격 정의

- 전문 형식을 Head, Data 로 구분하여 플랫폼 DB 저장 / 로그인 정보, 맵 화면 출력, 확대, 축소, 객체 표출 설정 상세 아이콘 등 규격 정의서 상세 내용 정의 (인터페이스 규격 정의서 별첨)

인터페이스 종류	if-119						Network Protocol	Socket(TCP/IP)		
테이블 ID	if-119-001						작성일	2021-09-27		
테이블 설명	119 긴급출동 지원서비스 로그인						작업자	문준영		
전문 예제 (transmitter)	99992018041911400611 9UCP20180419114006000000010 4T20180419114006115450000120180419114006user119;									
	99992018050813374211 9UCP20180508133742000000000 69999999999920180508133742623472801060020180508133742999999999;									
전문 예제 HEAD 구분		1	2	3		4	5	6	7	
	ex.1)	99	99	20180419114006		119	UCP	20180419114006	0000000104	
	ex.2)	99	99	20180508133742		119	UCP	20180508133742	0000000069	
전문 예제 DATA 구분	0	1	2	3	4	5		6	7	8	9
	T20180419114006	null	null	null	null	null		1154500001	20180419114006	user119	;
	[illegible]							2347280106	20180508133742	99999999	;

표준 명세 코드

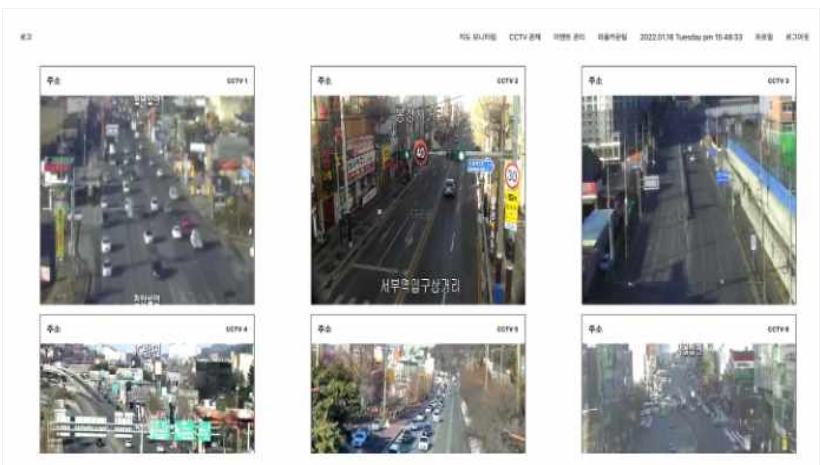
○ 112, 119 등 표준 CCTV 영상 데이터 연동을 위한 RTSP 통신 적용

- live5555 및 Gen2 파이프라인 빌더를 활용하여 이더넷을 통한 RTSP 출력 노드를 구현하여 PoE가 연결 가능한 DepthAI 디바이스와 BW2099 모듈을 기반으로 한 이더넷 연결가능 디바이스 이용
- Gen2 파이프라인 빌더(#136)에서 RTSP 출력 노드 → 비디오를 생성하는 모든 노드가 이더넷을 통해 출력함 / GStreamer 실행은 VideoEncoder 노드를 사용하여 RGB에 대해 H.265의 RTSP에 대한 특정 네트워크를 통해 실행됨
- npm start 를 했을 때 3.1.2.4 "RTSP streaming server with nodejs" 에서 구현된 RTSP 서버를 통해 http://localhost:3000/ 에서 스트리밍됨

```
{
  "name": "rtsp-client",
  "version": "0.1.0",
  "private": true,
  "dependencies": {
    "@testing-library/jest-dom": "^5.14.1",
    "@testing-library/react": "^12.0.0",
    "@testing-library/user-event": "^13.2.1",
    "react": "^17.0.2",
    "react-dom": "^17.0.2",
    "react-scripts": "5.0.0",
    "rtsp-relay": "^1.6.1",
    "web-vitals": "^2.1.0"
  },
  "scripts": {
    "start": "react-scripts start",
    "build": "react-scripts build",
    "test": "react-scripts test",
    "eject": "react-scripts eject"
  },
  "eslintConfig": {
    "extends": [
      "react-app",
      "react-app/jest"
    ]
  },
  "browserslist": {
    "production": [
      ">0.2%",
      "not dead",
      "not op_mini all"
    ],
    "development": [
      "last 1 chrome version",
      "last 1 firefox version",
      "last 1 safari version"
    ]
  }
}
```

```
import "./styles.css";
import React, { useRef, useEffect } from "react";
import { loadPlayer } from "rtsp-relay/browser";

export default function App() {
  const canvas = useRef<HTMLCanvasElement>(null);

  useEffect(() => {
    if (!canvas.current) throw new Error("Ref is null");

    loadPlayer({
      url: "ws://localhost:2000/api/stream/",
      canvas: canvas.current
    });
  }, []);

  return (
    <>
      <canvas ref={canvas}></canvas>
    </>
  );
}
```

package.json에서 요구되는 노드 패키지, 메인코드 app.js

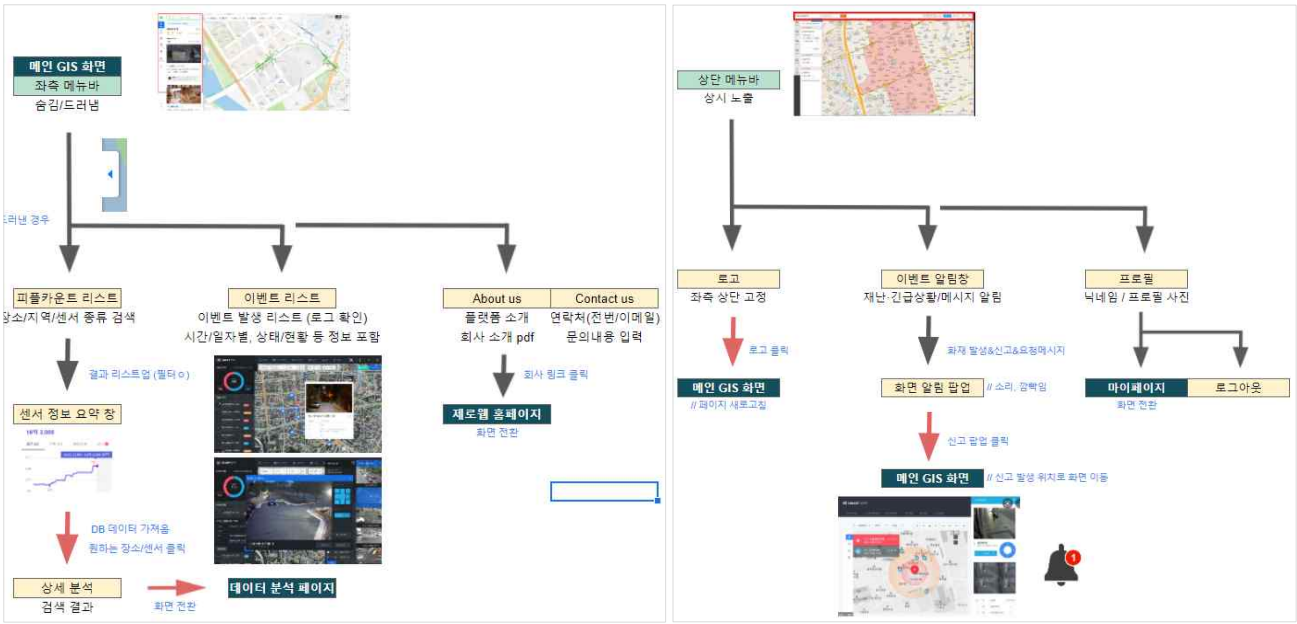


Single & Multi RTSP Streaming 화면

- Multi-Streaming을 구현하기 위해서 single streaming 과는 달리 서버에서 여러개의 RTSP url을 받아와야하며, Multi-RTSP url을 위한 server 코드 작성 후, 그 후 client-side에서 카메라의 개수대로 canvas를 선언해주었음
- useEffect Hook 안에는 canvas에 대한 에러문 처리와 server에서 RTSP url을 받아오도록 하였으며, Component for clean code를 함께 사용함
- Single & Multi RTSP Streaming을 구현하기 위해 RTSP-relay 라이브러리를 활용했으나, 다음년차 사업화 당시에는 Camera 개수가 증가함에 따라 스트리밍 서버 비용도 같이 증가할 수 있기 때문에 현재보다 더 low-level에서 구현해해야함

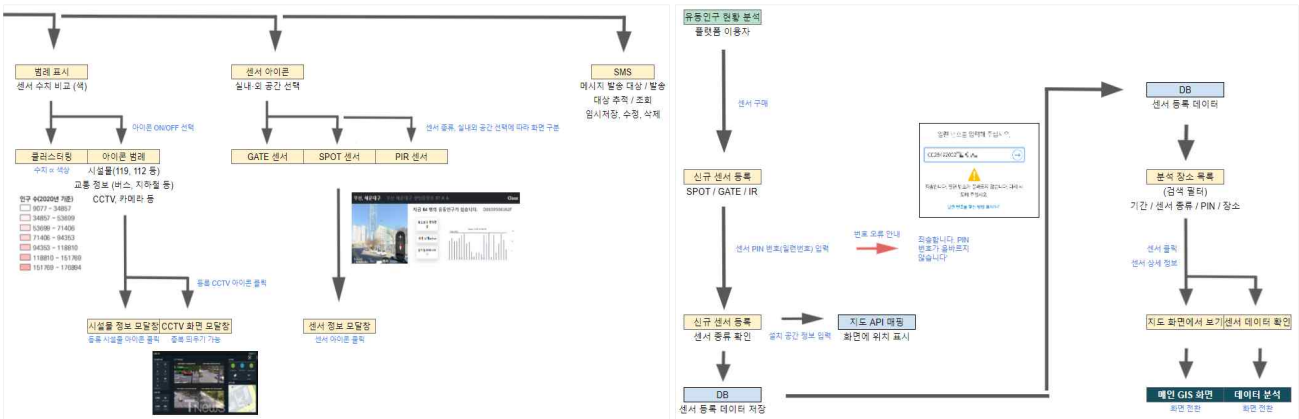
○ **플랫폼 UML 설계**

- (표준 UX 설계) 스마트시티통합플랫폼은 TTA certified 프로그램을 이용한 시험 인증 필요
- 현재 연구개발연도(2022) 기준 TCC-0005/R00: 2018에 따라 설계되며, IUT가 표준 SSF-ST-2027에 의거하여 통합플랫폼 기본기능, 상호연동기능 및 통합기능에 대해 인증기준에 부합하는지 확인함
- 영상 관제 시스템과 피플카운팅 센서를 표기하기 위한 GIS 기반의 플랫폼으로 설계 진행



신규 이벤트 발생 및 처리 Flow

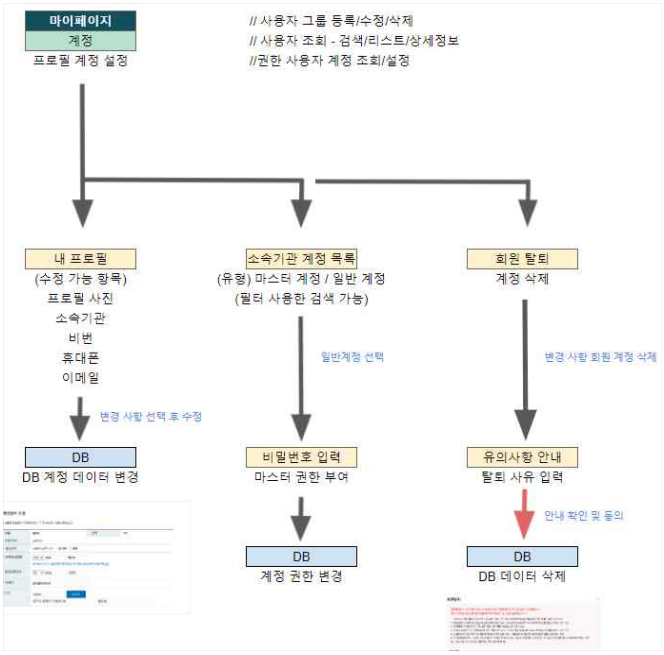
- 3가지 영역으로 화면 구분 - 좌측 (이벤트 목록) 중앙 (GIS 이벤트 표출 영역), 우측(CCTV 관제 영역)
- (좌측 이벤트 목록) 5대연계서비스 종류별 이벤트 유형(상황발생, 처리중, 상황종료) 목록 나열 및 처리 통계, 실시간 교통,재난안전 등 정보 텍스트 표출, 영상 내 피플카운팅, 교통량카운팅, 관제 요원이 5대연계서비스를 직접 등록하는 화면, 유동인구 화면 내 피플카운팅 값 자동 입력 영역 표출
- 피플카운팅 통계데이터는 CCTV 선택 및 주소 검색 시 인근 유동인구 정보가 함께 표출됨
- 회전형CCTV 구분 UI, 이벤트 발생 위치 포커싱 후 유동인구 표출 UI 설계함

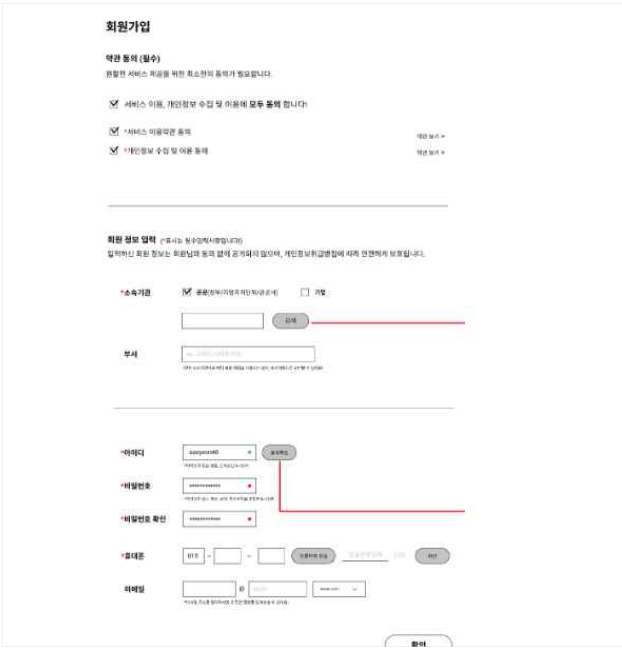


유동인구 수집 IoT 센서 연계 Flow

- 유동인구 센서 지역별 확장 시 지도 내 범례를 활용하여 데이터를 표출함 - 범례구간 지정
- 해당 서비스에서 교통을 포함한 유동인구 흐름에 대해 일반 시민도 볼 수 있게 설계하였으며, 계정(공공/민간/개인)을 구분하였음
- 다만, 각 장소의 유동인구 데이터가 공개된 상태일 경우에만 시민용 서비스로 전환 가능함

- (마이페이지 UML) 계정 설정 및 플랫폼 이용자의 센서/시설물 등록, 관리 기능 페이지 절차 구성함
- 사용자 그룹/등록/수정/삭제를 포함하여 사용자 권한 설정 및 조회 기능
- 회원가입 단계에서 사용자 그룹 및 권한 정보를 수집하며, 해당 정보는 마이페이지에서 마스터 관리자에 의해 변경하도록 되어있음

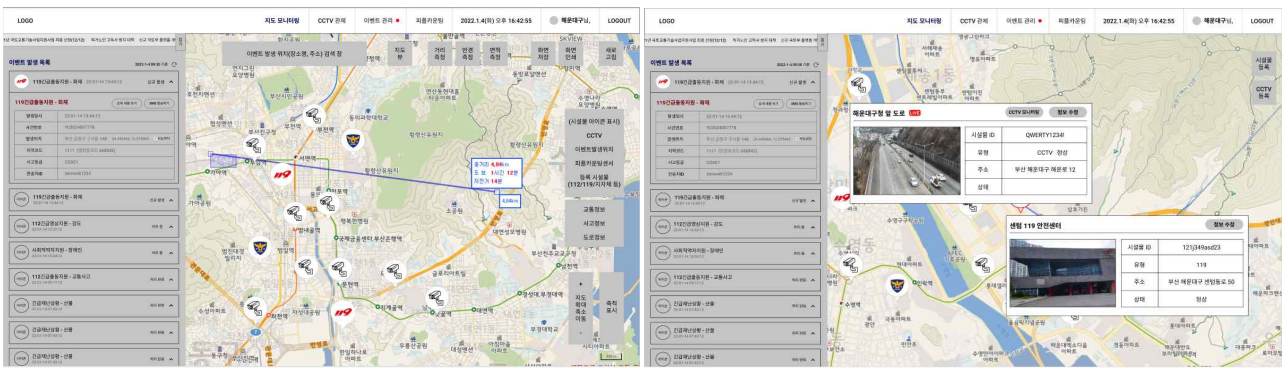




마이페이지 UML 및 회원가입 입력 정보 UI 화면

○ UI/UX 설계

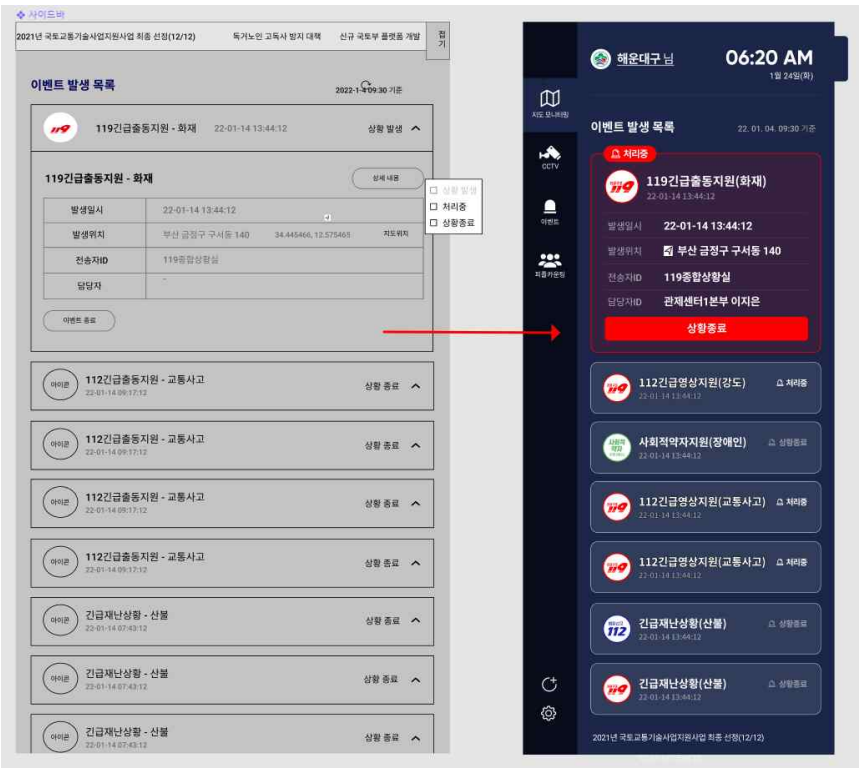
- **(Layer ①)** Connection Layer는 디바이스, 서버, Extended services, Service Systems 등 다양한 시스템과 연계하여 정보의 수집 및 제공이 가능한 환경을 구축함
- **(Layer ②)** Data Layer는 실시간 상황정보 및 이벤트 발생 정보 등 Connection Layer에서 수집된 정보와 타 Layer에서 정의한 환경정보 등을 저장함
- **(Layer ③)** Configuration Layer에서는 관제를 위한 화면 구성, 관제대상 설정, 사용자 관리, 이벤트 정의, 로깅목록 정의 등의 환경을 설정함
- **(Layer ④)** Monitoring & Control Layer는 수집된 정보기반으로 화면을 관제하고, 이벤트 상황접수 및 처리함
- **(Layer ⑤)** Support Layer는 원활한 도시 관제업무를 지원하기 위해 통계, 이력, 업무지원 어플리케이션 등 제반기능을 제공함
- GIS 메인 초기 화면 (이벤트 목록 영역 + 이벤트 발생 영역 + 지도 영역 + 상단 지도 범례)



GIS 모니터링 화면 (UI 초기 설계 단계)

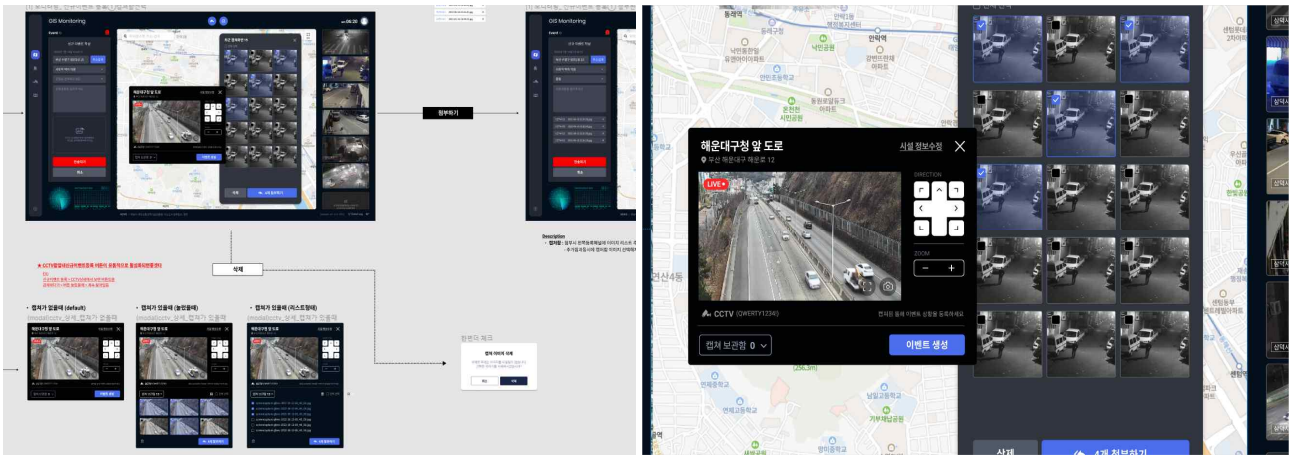
영상 관제 화면 초기 UI

- 일반 모니터링 모드에서 112긴급출동지원서비스 시스템과 연계하기 위해 정의된 인터페이스 포맷으로 112 긴급출동지원 다매체 접수 정보를 콜백 메시지로 송신할 수 있도록 하였음
- 해당 이벤트 내용은 GIS 위치 선택 및 CCTV 관제 영상 팝업에서 즉시 생성할 수 있는 단계로 구성됨
- 이벤트 좌표에 대한 지도 marker는 112 긴급출동지원, 119긴급영상지원 외 3개 5대 연계 서비스 별로 다르게 나타내고, 서비스 하위 카테고리인 화재, 구급, 구조, 방범, 범람 등의 세부 유형에 대해서는 플랫폼 사용자가 직접 등록/수정/삭제할 수 있도록 하였음
- GIS연계 : 확대/축소/이동 (확대 축소 5레벨 이상) / 축적표시, 거리측정 / 시설물 아이콘 클릭 시 정보 확인 (시설물 종류, 고유식별번호, 시설물 상태, 좌표 등)
- (필수) 컨트롤 각도, ZOOM in&out / 해당 지역 인근의 CCTV 팝업창 표출 / 멀티 스트리밍 지원
- 이 외 RTSP 통신을 사용하여 개발한 연구개발소프트웨어가 적용된 IP카메라 URL을 입력하게 될 경우, 공공 CCTV 데이터 뿐만 아니라 실내외 장소에 직접 설치한 센서 영상을 볼 수 있고, 해당 영상에서의 피플카운팅, 교통량 데이터를 플랫폼을 통해 즉시 확인 가능하도록 설계하였음
- **5대 연계 서비스 이벤트 발생 목록 (Layer4)**



- (UI/X 1차 2차 작업화면)
- 메인GIS 화면 좌측 영역에는 이벤트 발생 목록을 관리할 수 있는 형태의 사이드바를 배치함으로써 운영센터 사용자가 이벤트를 효율적으로 처리할 수 있도록 함
- 지자체 관제 요원들이 도로 교통상황, 도시 종합상황, 보호대상자의 이상상황(영상관제)등을 모니터링하면서 발생하는 신규 이벤트도 해당 리스트에 표출할 수 있도록 하여 외부에서 받아오는 서비스뿐만 아닌 내부 생성 서비스도 함께 관리할 수 있도록 함

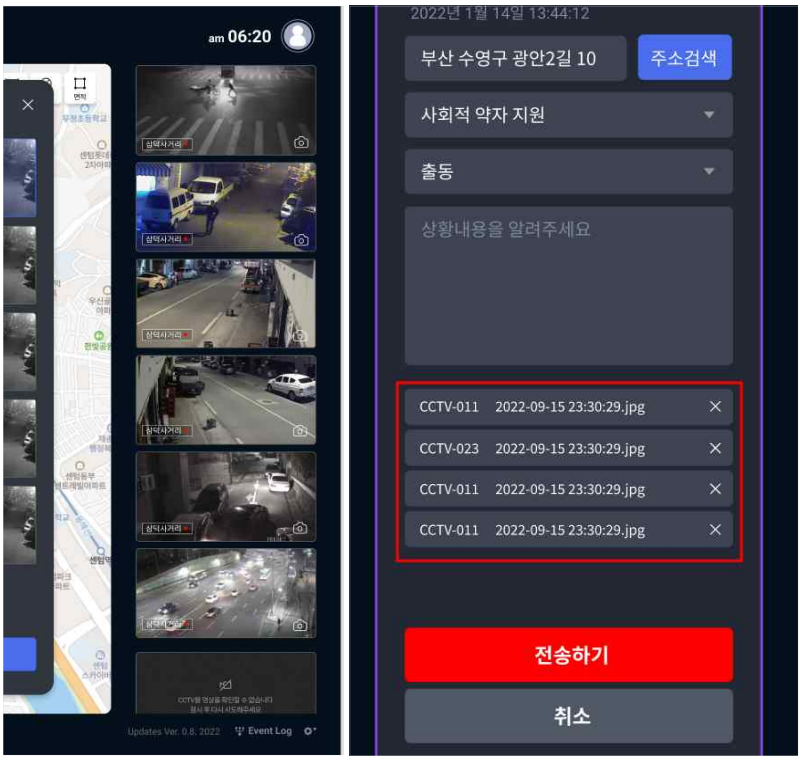
- 이벤트정보 : 발생시간, 발생지점, 종류, 처리유형, 담당자 등 시설물 등록, 표출 관리 : 관제 대상 시설물 등록/수정/삭제, CCTV 영상 수신 및 표출, CCTV 회전 컨트롤 기능 지원



영상 스트리밍 및 신규 이벤트 생성 UX

- 운영센터 관제 요원에 의해 이벤트가 생성될 경우, 해당 플랫폼 내부 이벤트로 1차 생성되며 이후 암호화된 접근코드는 서비스 연계구축 시 112 긴급출동 지원서비스 시스템에서 제공되는 지자체별 고유코드로 강제 지정하며, 이는 플랫폼에서 112 다매체 신고접수 한 사건 목록을 수집 한 사건 목록의 상태 값을 갱신하기 위한 용도로 사용됨
- 다 매체 접수정보 수집 콜백 연계항목 (setReceptPrcsOk.json)

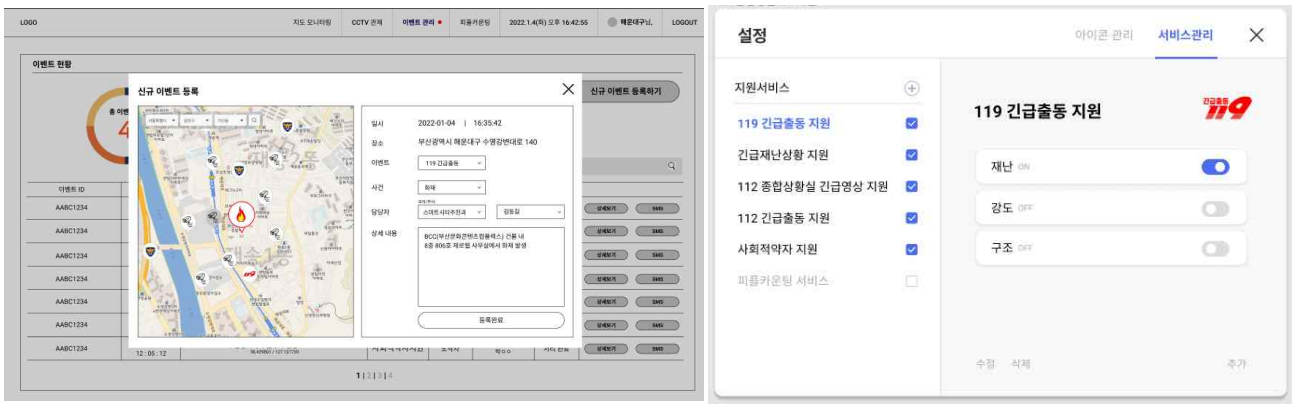
인터페이스 ID	IF-112-002			
Method 명	setReceptPrcsOk.json			
순서	파라미터(영문)	파라미터	길이	비고
1	uid	암호화 된 접근코드	-	b2xxxxxx
2	retYmdHms	접수처리일시	14	년월일시분초(yyyyMMddHHmmss)



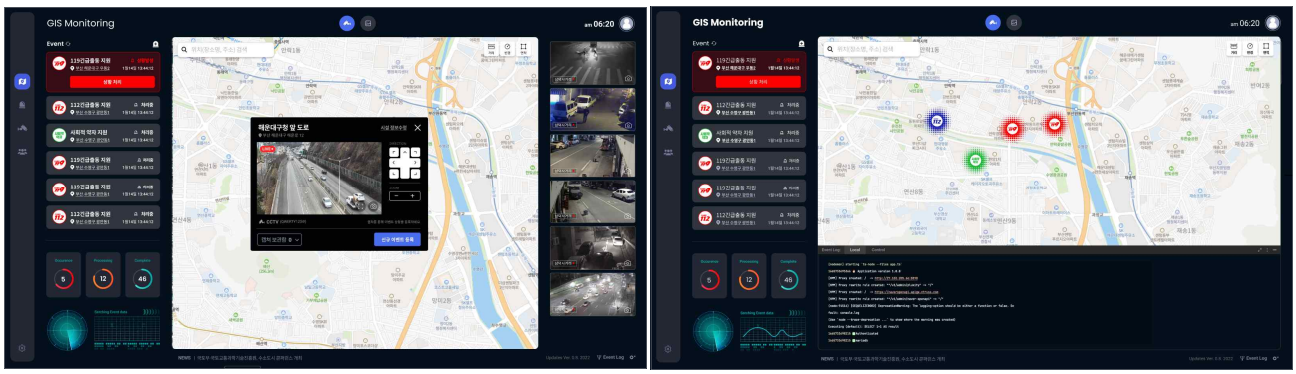
- 외부 시스템과 플랫폼간 데이터 교환을 위한 연계프로토콜을 개발함 (표준 정의 有)
- 모든 통신은 TCP/IP 방식으로 구현되었으며, 연계인터페이스 목록은 위상기 표와 같음
- 또한 본 표준은 플랫폼 서버와 연계서비스 서버간의 통신이기 때문에 인터페이스 항목을 암호화하지 않음

- 서비스 발생 시나리오에서 이벤트 발생 시 해당 지원서비스 시스템이 플랫폼으로 송신하는 단계에 패당하며, Web service, Socket을 통한 전송으로 Socket 은 반드시 지원해야함

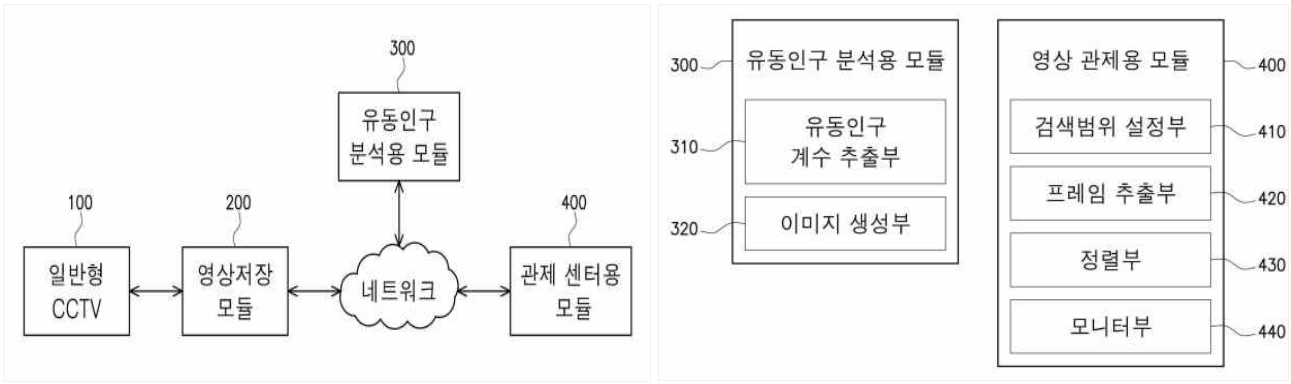
- 운영센터 관제 요원에 의해 이벤트가 생성될 경우, 해당 플랫폼 내부 이벤트로 1차 생성되며 이후 암호화된 접근코드는 서비스 연계구축 시 112 긴급출동 지원서비스 시스템에서 제공되는 지자체별 고유코드로 강제 지정하며, 이는 플랫폼에서 112 다매체 신고접수 한 사건 목록을 수집 한 사건 목록의 상태 값을 갱신하기 위한 용도로 사용됨



이벤트 등록, 생성 부분



상황 발생 이벤트 생성 화면



관제 영상 내 유동인구 분석 모듈 도식도

- CCTV 영상을 동시에 관제할 수 있도록 동시 클릭하여 관제 가능하며, 해당 영상 내 실시간 유동인구 정보를 입력하여 콜백 메시지로 동시에 송신할수 있게 하였음
- 또한 영상 관제 시스템으로도 정의 가능한 본 플랫폼에 CCTV 영상 프레임 별 유동인구 계수값을 획득하는 유동인구 분석용 소프트웨어를 기술적으로 탑재하여 서비스를 고도화하였음
- 본 단계에서의 **Camera(RTSP 통신) 파트 연구 개발 성과물(이미지 프로세싱 알고리즘)을 적용**하여 영상 프레임 별 **유동인구 계수 정보** (유동인구 값, 성별, 연령대 정보)에 따라 관제센터에서 해당 값을 **필터링하여 검색할 수 있는 기능**을 발명함 (*10-2022-0077403, 객체 추적이 용이한 영상 관제 시스템)

(3) 유동인구 데이터 연계 서비스 개발

○ **스마트시티 플랫폼 ↔ 유동인구 데이터 연계 서비스 개발**

- **(목적)** 스마트시티표준화 포럼의 시험규격 v1.0에 명시된 플랫폼 기능 중, '계측센서 활용 서비스(교통, 환경 등)' 을 추가적으로 구현하기 위해 자사 보유 기술인 유동인구 측정 센서 및 데이터 분석 기술을 융합하여 추가 서비스 개발 & 제공 (단, 전체 사용자를 위해 제공되는 것이 아닌 자사 계측 센서를 활용하는 경우에 제공됨)
- 센서 데이터를 플랫폼 화면에 대시보드 형태로 제공하여 실시간으로 데이터를 확인할 수 있도록 하며, 단순히 센서에서 감지되는 1차원적 데이터를 제공하는 것이 아니라 설치 위치 표시, 공간 상태(ex. 건물 코드 번호, 점검일, 화재·재난상황 발생 여부 등 공공데이터 API 활용)와 같이 제공하여 이용자로 하여금 서비스 지속(사용)성 유치
- **(제공 모습)** 센서 설치 위치를 나타내는 GIS 화면, 센서 설치 리스트와 제공되는 서비스를 사용자가 가장 잘 확인할 수 있는 시각화 모습인 설치 공간의 전체적인 3D 화면(제어 가능 도면)으로 개발

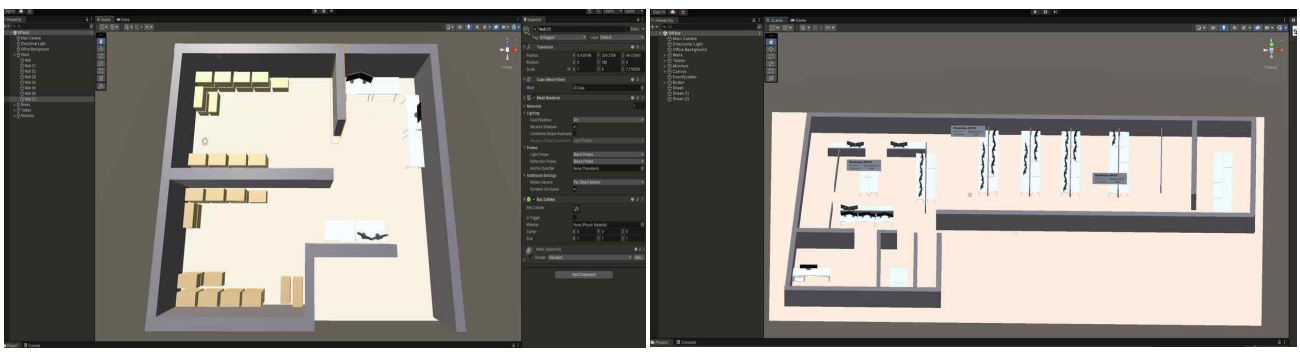
구분	개발 스택
언어	① Unity (C# script) ▶ Unity는 원래 2D혹은 3D 비디오 게임의 개발 환경을 제공하는 엔진이지만, 최근 3D 애니메이션 및 시각화, 가상현실 등 상화작용적인 컨텐츠의 전반적인 제작을 위한 통합 개발도구로서 활용됨 → 이에 따라, Unity 엔진을 활용하여 3D화된 설치 공간 내부 모습과 계측 데이터를 화면에 표출 ② React & Node.js ▶ 데이터 API 및 기타 WEB 대시보드 기능 구현을 위한 React 활용

[GIS]
- 센서 마커(핀) 표시
- 기타 레이어 및 제어 기능 추가 X
- 마우스 휠 : 줌인&아웃

[센서 리스트]
- 리스트업(설치일 기중(기준 변경 가능)
- 기본 데이터 : 센서명, 설치 건물&주소명, 건물 정보 API

연계 서비스 화면 모습 & 주요 기능

- 자체 테스트용 센서가 설치된 자사 사무실을 기준으로 3D 도면을 제작하였으며, 사무실 내부 책상, 모니터, 벽면, 서버렉 등의 환경 요소들을 화면에 추가하기 위해 모든 실내 객체에 대한 디자인을 위해 Open Asset Object를 활용하여 구성



사무실 3D 도면(안)

- **(도면 개발)** 디자인한 3D 건물 도면 위에 센서 데이터를 나타내기 위해 Unity 엔진 상 API WebRequest 진행 → 통신 방법 : HTTP GET

- 센서 데이터 Django Rest API 제작 후 불러올 데이터 선정 : Current & Hourly count data

- Current Count Data : 최근 1분간의 측정 데이터를 계산 → 집계함수{count}와 조건{case}를 사용하여 센서의 계측 데이터 계산

- Hourly Coun Data : 1시간 동안의 전체 IN/OUT 데이터를 계산하여 합계 산출 → 기간별로 데이터를 설정할 수 있어 원하는 시간 범위 설정 가능

Unity용 Rest API 개발

- using UnityEngine.Networking; 선언을 통해 유니티 엔진간 Web 서버간의 네트워크 통신 연결 후, IEnumerator UnityWebRequestGET(); 함수 선언 → var todayDate는 API 주소의 현재 일자에 맞춰 데이터가 달라지도록 하기 위한 작업이며, Get(URL);을 통해 API 서버 데이터를 불러온 후 Debug.Log를 통해 정상 여부 확인

▲ 정상호출됨

Unity WebRequest & API Request 디버그 모습

- 사용성 및 활용도를 위한 추가 기능 개발

구분	기능 세부 내용
화면 제어	- 도면 위 센서 객체를 설정하여 사용자가 화면을 상하좌우 방향으로 조작하여도 해당 방향에 맞게 계측 데이터가 표시되도록 함
UI 팝업 데이터 창	- 화면에 나타나는 분석 데이터와 더불어 추가 제공 가능한 센서 데이터에 대해 사용자가 센서를 선택하여 확인할 수 있는 클릭식 팝업 화면 구성
UI 드롭박스 기능	- 공간에 설치된 다수의 센서 중 사용자가 원하는 데이터만을 선택하여 분석할 수 있음 - 객체 정렬 필터를 적용하여 화면 내부 Object만을 선택 확인 가능
Webview	- 해당 도면에 표시되지 못하는 데이터와 다른 대시보드에 포함되어 있는 데이터를 동시 비교하기 위한 기능으로, 웹사이트 화면 자체를 script해와 같은 도면위에 표시할 수 있음

- 해당 서비스(기능)을 활용하여 데이터를 시각적으로 제공함으로써 대상 구분 없이 다양한 상황에서 쉽게 활용할 수 있는 플랫폼으로서 작용할 것으로 기대됨

7) 사업화 요소 추출 및 검증 : 센서 활용 사업화 방안

(1) 스마트시티 통합 플랫폼 사업화 대상 및 서비스 활용방안

- **(사업화 대상)** ① 공공 및 지자체, ② 유동인구 관련 데이터에 수요가 높은 업종 및 산업 분야(건설시공사,###) ③중소상공인 및 개인

대 상	서비스 활용방안
B2G	- 표준 스마트시티통합플랫폼 납품, 기 개발된 플랫폼 유지보수 용역, 스마트시티통합플랫폼 S - 서비스로 피플카운팅 서비스 융합 공급
B2B	- SI업체에 솔루션 판매/납품, 디지털트윈기업 유동인구 API 개발 제공 등
B2C	- 중소상공인 개별 매장 대상으로 인근 상권 분석 솔루션 판매 등

스마트시티 통합 플랫폼 사업화 대상 및 내용

- 계측되는 유동인구 데이터가 파편적으로 흩어지는 것이 아닌 표준화된 플랫폼에 모이도록 유동인구를 집계하는 센서의 아키텍처, API 사양, 보안을 'OneM2M 표준' 으로 국제적으로 호환할 수 있게 만들어 국내/국제적으로 어떠한 스마트시티 플랫폼이나 디지털트윈 플랫폼에서든 유동인구 계측 센서가 융합되기 용이하도록 개발 및 활용함

구 분	주요 내용
서비스 주요 방향	- **(B2G)** 재난·안전 분야 등 스마트시티 관련 사업에 스마트시티 IoT 디바이스 및 유동인구 플랫폼 분야로 지원함으로써 기술 고도화 - **(B2B)** 건설, 시공사 등에 유동인구 계측 센서 및 플랫폼을 도입하여 사업화 연계 및 중소상공인 개별 매장에도 적용하여 방문 고객에 대한 유동인구와 인근 상권 분석 동시 진행 - **(B2C)** 민간 사업화를 통한 민간판매로 병원, 응급안전케어센터, 개인소매, 요양관리사 등 피보호자의 원격 케어가 필요한 대상에 응용하여 활용. 또한 개인 헬스케어에 관심이 많은 시니어 스스로가 앱을 통해 재실모니터링 및 일상수행활동 분석 등으로 활용 - **(비즈니스 모델 확보)** 리빙랩 및 고도화 작업을 기반으로 적용 수요처와 서비스 대상자를 확장하고, 조달청 우수 조달 물품 등록 및 국외 시장 진출을 위한 표준화·인증 진행을 통해 비즈니스 모델 확보

스마트시티 통합 플랫폼 실용화 주요 방향

- 상황별/공간별 유동인구 계측 데이터를 재난방재, 보안방재, 시설관리, 재실분석, 홀몸노인 관리, IoT, 화재에방, 상권분석, 질병확산 방지 등 다양한 분야에 연계 활용

서비스 예시 화면 (디지털트윈 - 유동인구 API 공급)

2) 센서 활용 사업화 방안

(2) 단일 Radar 센서 / Radar + 다중 IoT 디바이스 - 사업화 가능성 비교 · 분석

○ Radar 센서 사업화 요소 분석

수집 데이터	HW 안전성	단가	Business Positioning	개발리소스
움직임 여부, 호흡, 맥박, 재실 감지	높음	낮음	피플카운팅, 시니어 영역	높음

- **(적용 대상)** 초고령 사회 진입으로 케어가 필요한 고령인구가 급속히 증가됨에 따라 보다 높은 정확도와 정밀한 측정 가능한 센서 통해 거주지 내 대상자 상태를 지속적으로 살피고 응급상황을 신속/정확하게 인지하여 즉각적인 대응이 필요한 시니어로 대상을 특정함
- **(사업화 내용 정의)** 대상자의 움직임과 활동량 그리고 호흡/맥박을 정밀하게 측정하는데 사용되는 Radar 센서를 실시간으로 케어가 필요한 시니어 거주공간 또는 주 활동공간에 설치하여 보호자(가족, 복지사, 공공기관 등)로 하여금 상태를 원격으로 확인할 수 있는 스마트 케어 서비스로, oneM2M 표준 센서/데이터/플랫폼 설계를 통한 5대 데이터 연계 가능하도록 설계함
- 본 단계에서 Radar 센서 연구개발에 따르면 연구원 거주공간, 실제 시니어 거주지, 사내 회의실 등에 단일 Radar 센서 설치를 통한 사업화 가능성 검증 결과. **단순 움직임 감지 및 호흡/맥박 측정 데이터만으로는 시니어의 상황과 장소에 맞는 재실감지, 불규칙한 생활패턴, 건강악화 등 다양한 활동/생활로그를 측정하는데 한계가 존재**하였음
- 따라서, 사업화 대상인 시니어뿐만 아니라 지자체와 민간 차원에서의 개개인 활동 분석 및 원격 케어 시스템 구축 수요에 대응하기 위해서는 **추가적인 IoT 디바이스 활용이 필요**하며 아래의 기준에 따라 센서를 선정하였음
- **(추가 IoT 디바이스 선정 요건)** ① 언택트 기반의 무선 센서, ② 레이더센서 알고리즘이 제대로 동작하지 않을 경우를 대비해서 유사한 기능(재실감지)의 보조수단 센서, ③ 시니어 거주공간 같은 경우 관제센터에서 케어하기가 어려워 실내에서의 응급상황 발생 시 선제적으로 대응이 가능한 센서

구분	주요기능 및 Radar 센서와 활용 방안
온습도 화재 감지 센서	- **(기능)** 거주공간 내 실시간 온도 및 습도 확인 / **(활용방안)** Radar센서 + 온습도센서 - (Radar) 특정공간 활동량 및 움직임 감지 / (온습도) 비정상적으로 높은 온도 발생 시 화재상황으로 인식하고 신속한 대피 알림
	- **(기능)** 연기감지를 통해 화재발생 시 알림 제공 / **(활용방안)** Radar센서 + 화재감지센서
	→ 생활공간 화재 발생 시 시니어 특성상 노화현상에 따라 신체기능과 인지능력이 쇠퇴되어 대응능력이 떨어지기 때문에 큰 피해를 사전에 방지하기 위해 화재상황을 감지할 수 있는 센서를 도입함
입출입 센서	- **(기능)** 거주자 입출입 구분을 통한 재실유무 확인 / **(활용방안)** Radar센서 + 입출입센서 - (Radar) 외출 상황시 움직임 및 활동량 감지 / (입출입) 외출상황 출입 감지 시 무단 침입자 발생으로 판단하여 신속한 대응 조치 진행
	→ 홀몸노인 가구가 급증함에 따라 발생 할 수 있는 주거/무단침입 등의 범죄상황을 예방할 수 있는 안심홈 관련 디바이스를 적용하게 되었음
응급벨	- **(기능)** 비상상황 발생 시 위급상황 전파 및 알림 / **(활용방안)** Radar센서 + 응급벨 - (Radar) 장시간 움직임 및 활동량 미 감지 시 응급벨이 동작으로 응급상황으로 판단하여 신속한 선제 대응 조치 진행
	→ 시니어의 경우 낙상 사고 발생 시 골절이나 뇌진탕 등 큰 부상으로 이어지게 되어 적절한 조치와 신속한 구조를 위해 긴급 대응 버튼 디바이스를 활용하였음

- 기존 **단일 레이더 센서에 상기 센서들을 추가로 활용**함으로써 상황과 장소에 맞는 재실감지, 생활습관, 건강상태 등의 다양한 데이터를 기반으로 시니어의 활동로그를 클러스터링하고 개별 빅데이터를 정제 · 가공 · 시각화하여 시니어 개인별 맞춤 케어에 활용 가능

- **(수집 데이터 활용)** 시니어 행동 패턴별 무선 신호(Rader 센서, 온습도센서, 화재감지센서, 응급벨, 입출입센서 등)) 수집(위치, 거주지 체류시간, 움직임/활동량, 온도/습도, 연기, 호흡/맥박, 입출입 시간, 실내 온습도 등)

○ **시니어 라이프 케어 시스템 사업화 (Radar 센서 + 다중 IoT 센서 활용)**

- **(사업화 대상)** 피보호자(시니어), 보호자(가족, 복지사 등), 공공기관 및 지자체로 특정함

대 상	서비스 활용방안
피보호자	- 심리적 안정감 제공, 응급상황 대처, 컨시어지 서비스, 자기데이터분석
보호자	- 애플리케이션으로 제공되는 케어보고서를 통한 원격 모니터링의 심리적 안정감과 행복감, 응급상황에 대처할 수 있는 기술 지원
공공기관 및 지자체	- 관제 시스템을 통한 24시간 365일 사각지대 없는 실내외 원격 케어 및 관리할 수 있는 복지관/기관/지자체용 대시보드 모니터링 서비스 제공

- 능동적이고 예방적인 라이프케어 시스템으로 응급상황과 고독사를 방지하는 스마트케어 안전망 구축

구 분	주요 내용
서비스 주요 방향	- 신체 움직임 감지를 통한 실시간 데이터를 제공하며 데이터 마이닝 통한 일상생활패턴을 분석 및 시각화하여 통계 분석 자료 제공 - 시니어의 실시간 위치 및 재실여부와 자주 방문하는 장소를 등록하여 방문빈도 등 연계 빅데이터 제공 - 주의/경보/비상 단계별로 발생하는 신호는 보호자(가족, 공공기간 등)에게 실시간 알림 - 실내 공간의 다양한 생활 공간 정보를 파악하고 적합한 생활 환경을 유지할 수 있도록 추천 및 제안 - 스마트시티 표준화 포럼에 명시되어 있는 플랫폼 소프트웨어 기능 규격을 기반으로, 실내외측위 서비스와 융합하여 국내외 확장을 위한 플랫폼 개발

- **(긴급 대응 체계 구축)** 시니어의 일상 활동 데이터에 근거한 활동로그와 비상 상황 시 사용하는 긴급대응 버튼 등을 통해 이상 징후 탐지 및 즉각 긴급 대응이 가능한 프로세스 가동으로 이상 상황 처리 시간 및 피해 규모를 최소화할 것으로 기대함

긴급 대응 체계 프로세스(안)

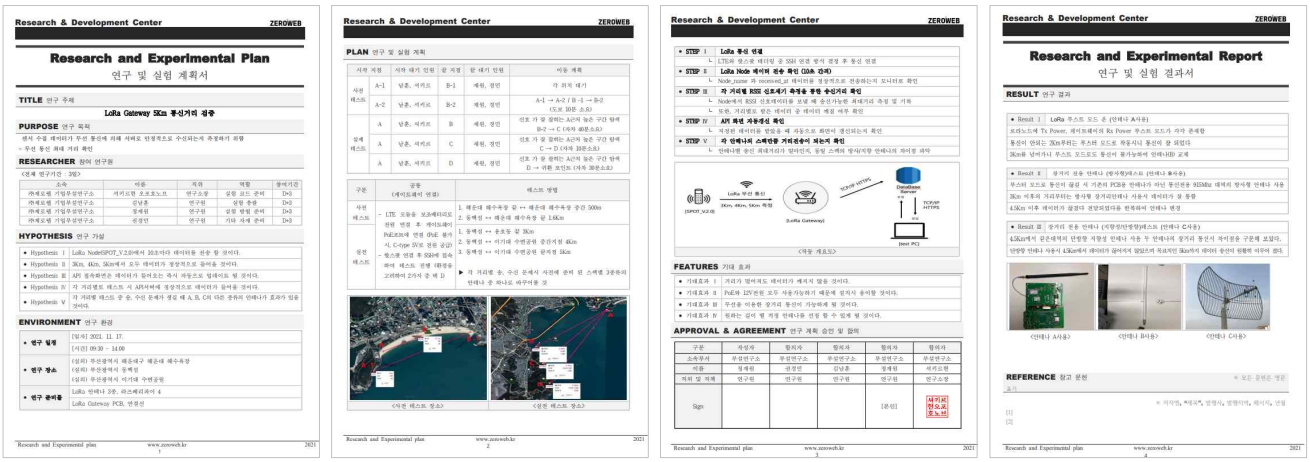
2. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과

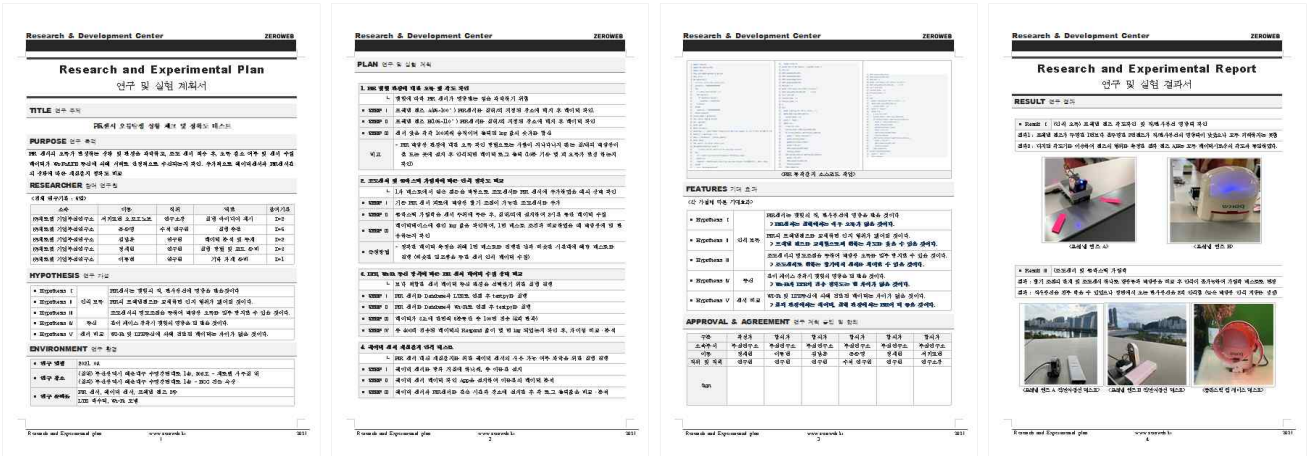
(1) 정성적 연구개발성과

○ **주요 연구개발 실험결과서**

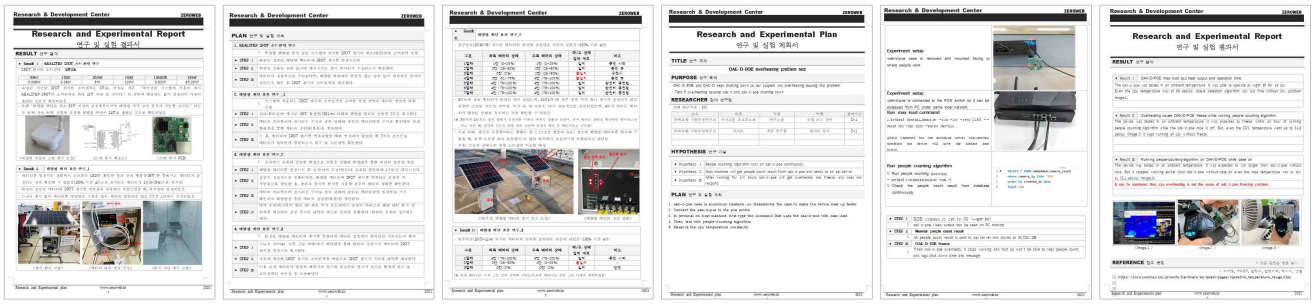
1차년도	2차년도
- (실험 주제1) LoRa Gateway 5KM 통신거리 검증 - (실험 주제2) PIR센서 오류발생 및 정확도 테스트 - (실험 주제3) 독립형 태양광 자가 충전 시스템 - (실험 주제4) 3D AI VISION overheating problem - (실험 주제5) 3D AI VISION freeze problem work - (실험 주제6) 3D_Ai_Vision_Run_multiple_OAK_on_RPi	- (실험 주제7) Camera 객체인식 알고리즘 테스트 - (실험 주제8) Fingerbot 절전제어 연구 - (실험 주제9) LoRa Repeater test - (실험 주제10) PIR 센서 인식률 테스트 - (실험 주제11) Radar 센서 상황별 인식률 테스트



LoRa Gateway 5KM 통신거리 검증



PIR센서 오류발생 상황 체크 및 정확도 테스트

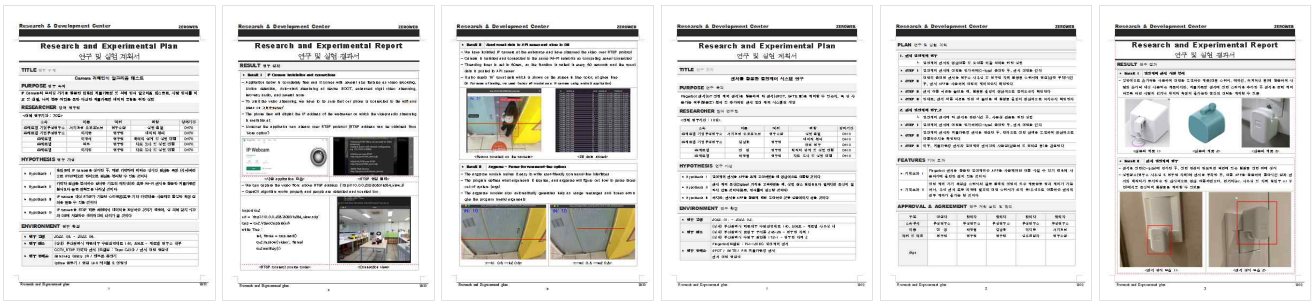


독립형 태양광 자가 충전 시스템

3D AI VISION overheating problem

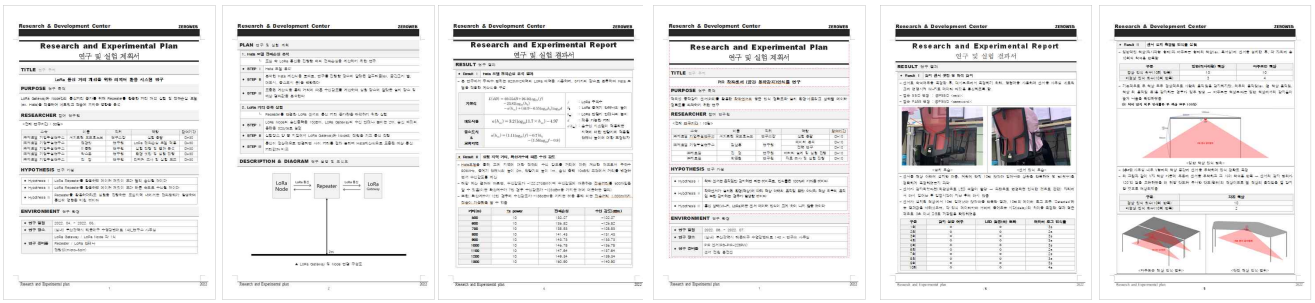
3D AI VISION freeze problem workaround

3D_Ai_Vision_Run_multiple_OAK_on_RPi



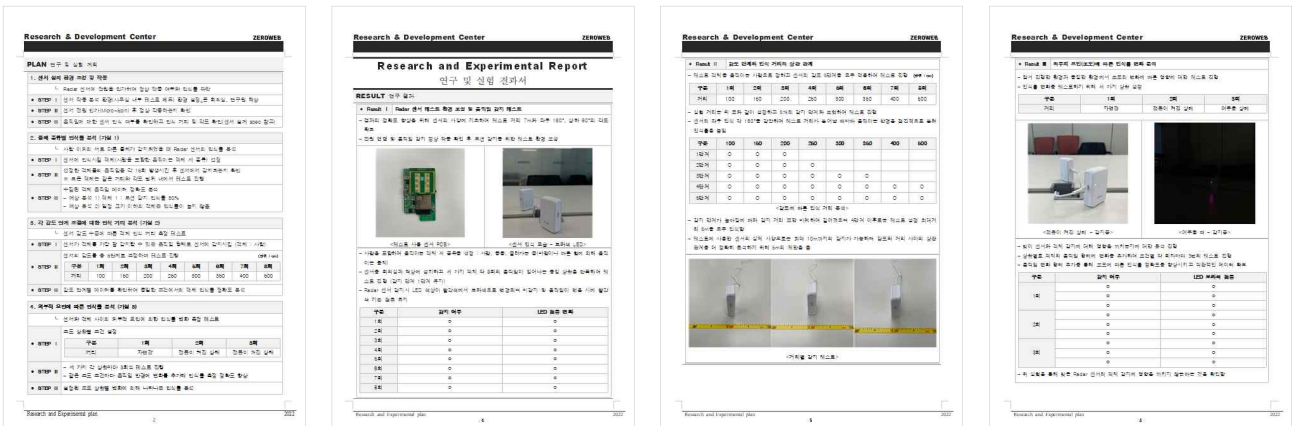
Camera 객체인식 알고리즘 테스트

Fingerbot 절전제어 연구



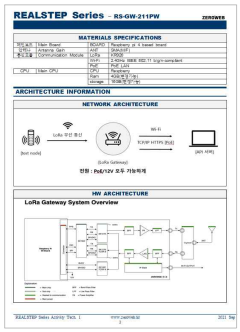
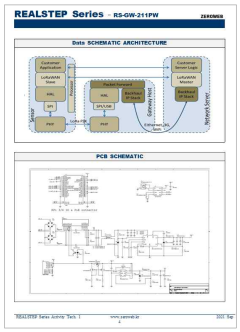
LoRa Repeater test

PIR 센서 인식률 테스트

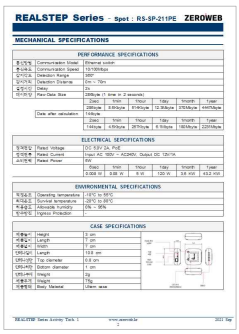
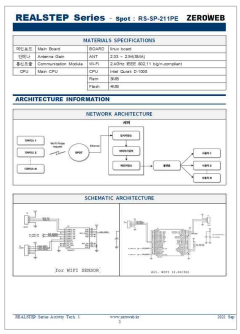
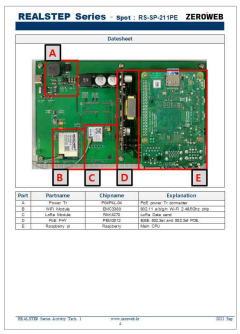


Radar 센서 상황별 인식률 테스트

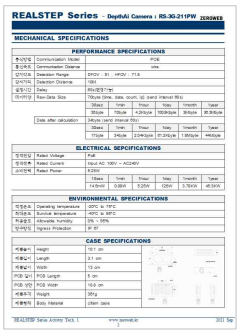
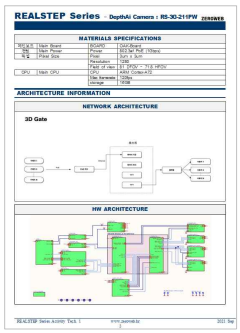
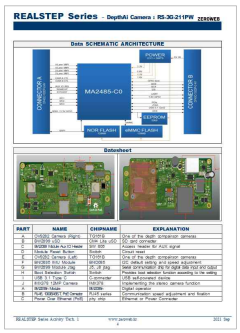
○ 제품설명서

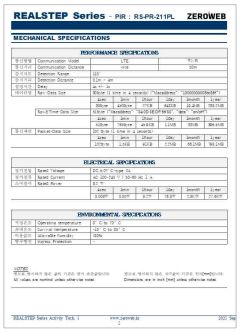
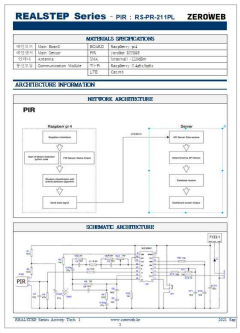
RS-SP-211PL

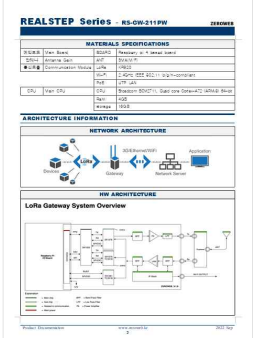
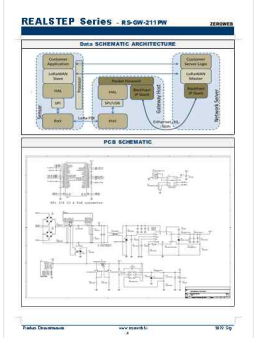
RS-SP-211PE_SPOT 2세대

RS-3G-211PW_3D AI VISION

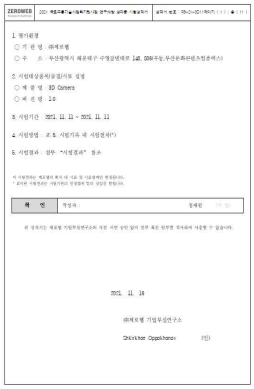
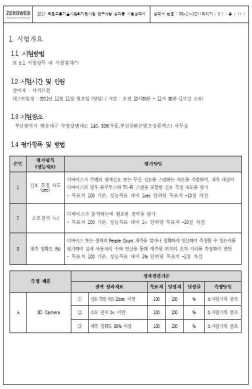
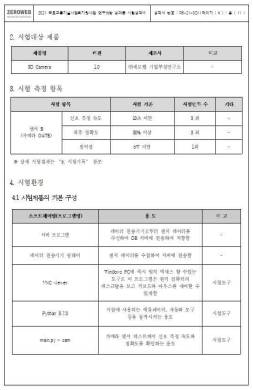



RS_PR_211PL PIR

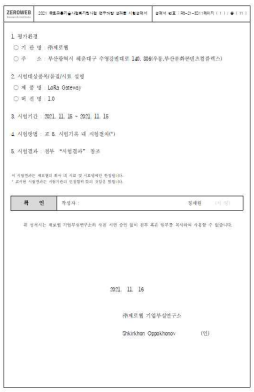



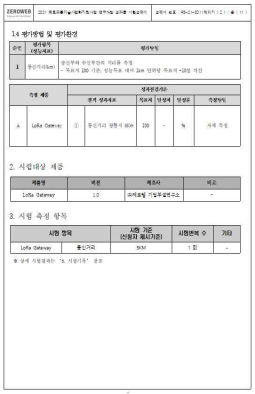
RS-GW-211PW_LoRa_Gateway

○ 시험성적서

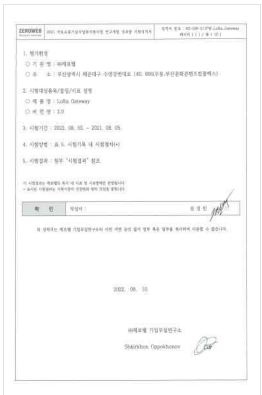
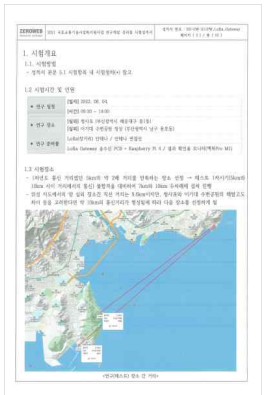




3D AI VISION 시험성적서 일부 (별도 첨부)

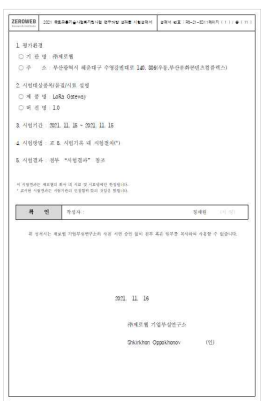


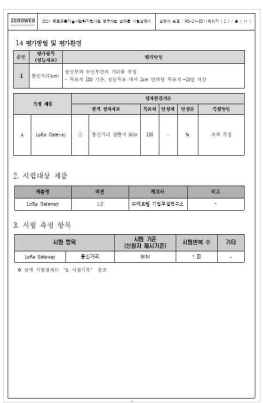


LoRA Gateway 통신 거리 검증 시험성적서 일부 (별도 첨부)

LoRA Gateway 통신 거리 검증 시험성적서 일부 (별도 첨부)



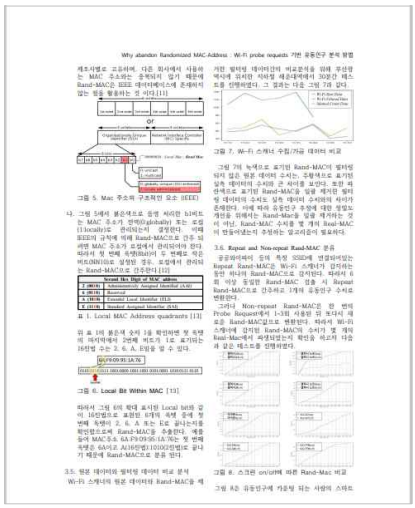


LoRA Gateway 통신 거리 검증 시험성적서 일부 (별도 첨부)

(2) 정량적 연구개발성과

○ KIICE 한국정보통신학회 논문 등록

- **(비SCI)** Wi-Fi 기반 유동인구 데이터 분석 방법 및 알고리즘에 대한 내용 논문 등록



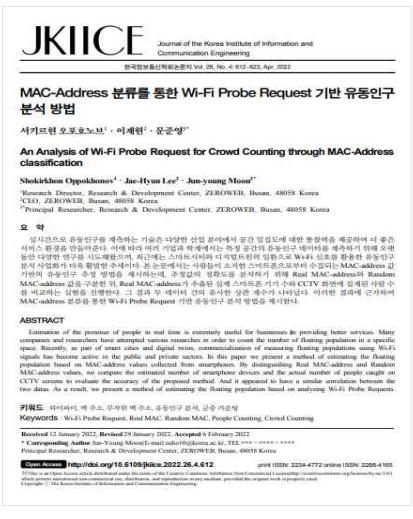
논문 내용

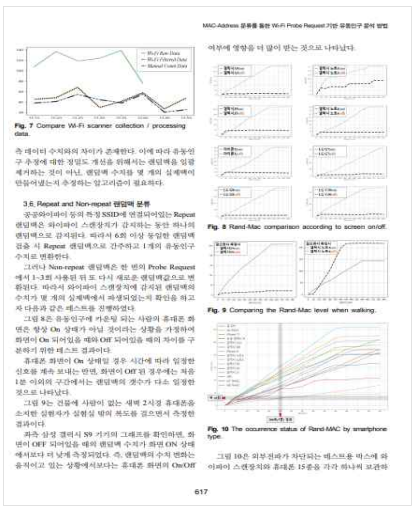
- **(우수논문상)** 한국정보통신학회 추계학술대회 발표 진행 및 우수논문상 수상

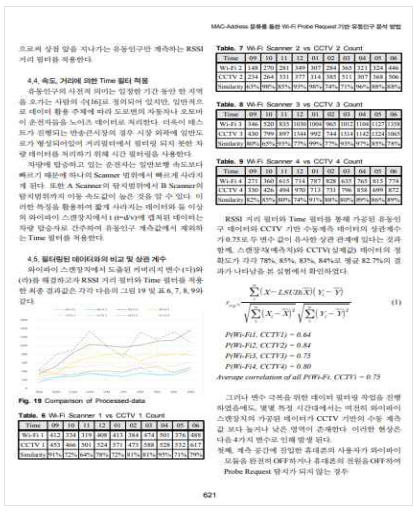
▶ **(Abstract 발췌)** 실시간으로 유동인구를 계측하는 기술은 다양한 산업 분야에서 공간 밀집도에 대한 통찰력을 제공하여 더 좋은 서비스 환경을 만들어준다. 이에 따라 여러 기업과 학계에서는 특정 공간의 유동인구 데이터를 계측하기 위해 오랫동안 다양한 연구를 시도해왔으며, 최근에는 스마트시티와 디지털트윈의 일환으로 Wi-Fi 신호를 활용한 유동인구 분석 사업화가 더욱 활발한 추세이다.

우수논문상 및 초록

- **(KCI 등재)** MAC-Address 분류를 통한 Wi-Fi Probe Request 기반 유동인구분석 방법



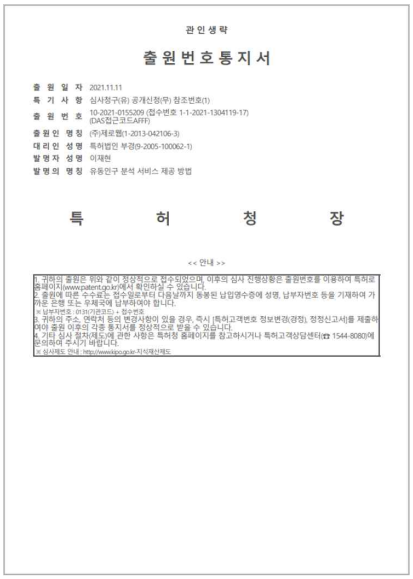




논문 내용

○ **지식재산권**

- **(특허 출원)** 일반인이 어플리케이션을 통해 직접 유동인구 센서를 등록하고 어플리케이션상의 다른 사람들과 유동인구 데이터를 공유할 수 있는 시스템 (발명의 명칭) 유동인구 분석 서비스 제공 방법 (10-2021-0155209)


관인생략

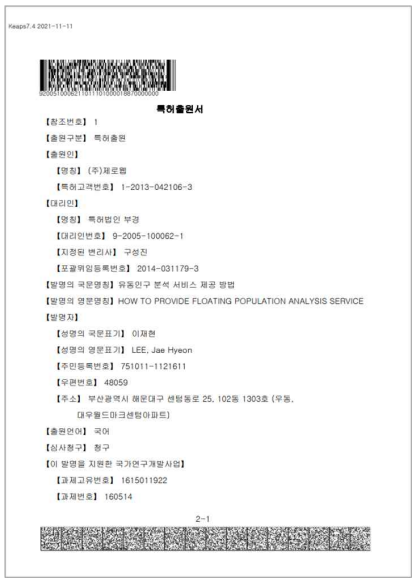
출원번호통지서

출 원 일 자 2021.11.11
특 기 사 항 심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(1)
출 원 번 호 10-2021-0155209 (접수번호 1-1-2021-1304119-17)
(DAS접근코드:AFFF)
출원인 명칭 (주)제로웹(1-2013-042106-3)
대리인 성명 특허법인 부경(9-2005-100062-1)
발명자 성명 이재현
발명의 명칭 유동인구 분석 서비스 제공 방법

특 허 청 장

<< 안내 >>

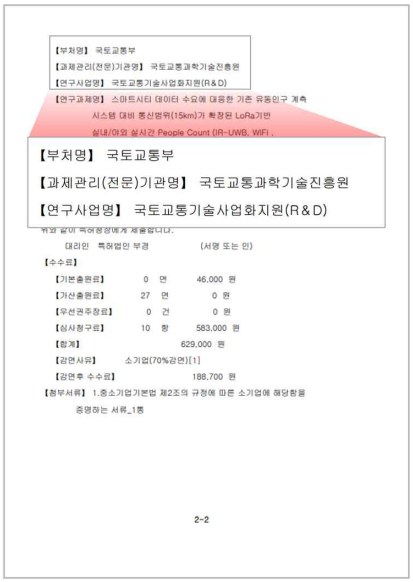
1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 이용하여 특허로(www.patent.go.kr)에서 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 은행 또는 우체국에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131기존코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
4. 기타 심사 절차(재도에 관한 사항은 특허청 홈페이지를 참고하시거나 특허고객상담센터(☎ 1544-8080)에 문의하여 주시기 바랍니다.
※ 심사제도 안내 : http://www.kipo.go.kr/지식재산제도


Keaps7.4 2021-11-11

특허출원서

【참조번호】 1
【출원구분】 특허출원
【출원인】
【명칭】 (주)제로웹
【특허고객번호】 1-2013-042106-3
【대리인】
【명칭】 특허법인 부경
【대리인번호】 9-2005-100062-1
【지정된 변리사】 구성진
【포괄위임등록번호】 2014-031179-3
【발명의 국문명칭】 유동인구 분석 서비스 제공 방법
【발명의 영문명칭】 HOW TO PROVIDE FLOATING POPULATION ANALYSIS SERVICE
【발명자】
【성명의 국문표기】 이재현
【성명의 영문표기】 LEE, Jae Hyeon
【주민등록번호】 751011-1121611
【우편번호】 48059
【주소】 부산광역시 해운대구 센텀동로 25, 102동 1303호 (우동, 대우월드마크센텀아파트)
【출원언어】 국어
【심사청구】 청구
【이 발명을 지원한 국가연구개발사업】
【과제고유번호】 1615011922
【과제번호】 160514

2-1


【부처명】 국토교통부
【과제관리(전문)기관명】 국토교통과학기술진흥원
【연구사업명】 국토교통기술사업화지원(R&D)
【연구과제명】 스마트시티 데이터 수요에 대응한 기존 유동인구 계측 시스템 대비 통신범위(15km)가 확장된 LoRa기반 실내/야외 실시간 People Count (IR-UWB, WiFi ,

【부처명】 국토교통부
【과제관리(전문)기관명】 국토교통과학기술진흥원
【연구사업명】 국토교통기술사업화지원(R&D)

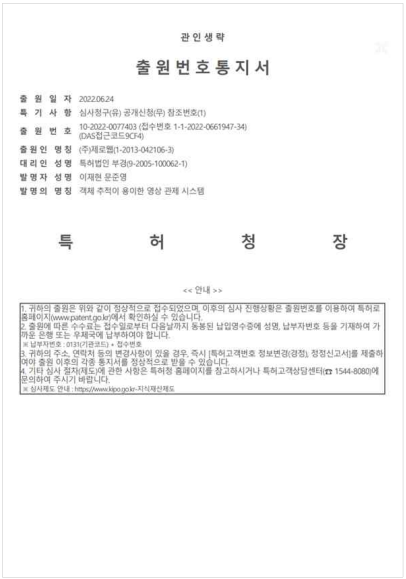
대리인 특허법인 부경 (서명 또는 인)
【수수료】
【기본출원료】 0 면 46,000 원
【가산출원료】 27 면 0 원
【우선권주장료】 0 건 0 원
【심사청구료】 10 항 583,000 원
【합계】 629,000 원
【감면사유】 소기업(70%감면)[1]
【감면후 수수료】 188,700 원
【첨부서류】 1.중소기업기본법 제2조의 규정에 따른 소기업에 해당함을 증명하는 서류_1통

2-2

출원번호통지서

구 분	10-2021-0155209
대표 청구항 1	공유서비스 시스템에서 구매한 유동인구 수집 센서를 유동인구 데이터 정보가 필요한 장소에 설치하고, 사용자 단말기에서 서버로 접속하여 상기 유동인구 수집 센서의 센서 고유 아이디를 전달시키는 센서 고유 아이디 전달 단계; 상기 서버에서 센서 고유 아이디의 유효성을 판단하고, 상기 센서 고유 아이디의 유효성이 입증되면, 유동인구 수집 센서의 맥어드레스를 저장 및 등록시키는 센서 고유 아이디 등록 단계; GPS 인식 기능으로 위도 경도 값이 포함된 유동인구 수집 센서의 위치 및 주소를 획득하여 출력시키며, GIS 지도에 위치 등록용 마커를 생성시키는 센서 위치 인식 단계; 상기 서버에서 사용자에게 유동인구 수집 센서의 설치 주소 확인 및 설치 장소의 이름을 기재 안내하는 안내창을 출력시키는 센서 위치 입력 단계; 사용자가 상기 안내창에 주소 및 이름을 입력시키면 등록 완료를 안내시키는 센서 위치 등록 단계; 상기 유동인구 수집 센서에서 센싱 범위 내의 유동 인구를 감지하여 서버로 전송시키는 센서 유동인구 감지 단계; 상기 서버에서 센서의 입력 데이터를 연산하여 유동인구 데이터 정보를 생성 하고 사용자 접근화면에 출력시키는 정보 출력 단계;를 포함하여 사용자가 쉽게 유동인구 데이터를 확보할 수 있게 안내하는 것을 특징으로 하는 유동인구 분석 서비스 제공 방법.
청구항 2	제 1항에 있어서, 상기 정보 출력 단계 이후에는 센서 위치 공유 여부 안내하는 안내창을 출력하는 공유 안내 단계; 공유 승인을 전달받으면, GPS 기반 인근 서버 사용자, 서버 내 모든 사용자, 사용자가 등록한 센서 위치 중 적어도 한 가지를 설정하는 공유 대상 지정 단계;

- **(특허 출원)** 본 발명은 객체 추적이 용이한 영상 관제 시스템에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 CCTV 영상에서의 유동인구 계수값에 따라 영상 프레임을 발췌 및 조회하기 위한 객체 추적이 용이한 영상 관제 시스템에 관한 방법



관인생략

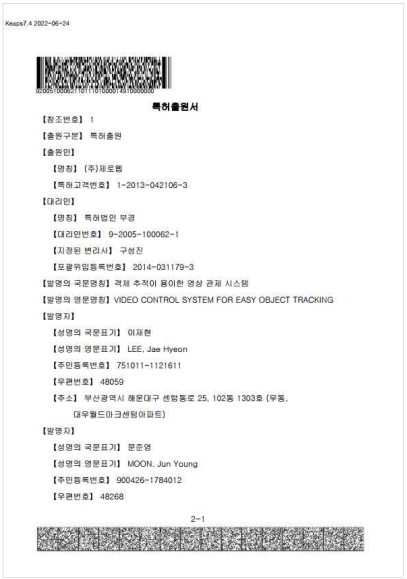
출원번호통지서

출 원 일 자 2022.06.24
특 기 사 항 심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(1)
출 원 번 호 10-2022-0077403 (접수번호 1-1-2022-0661947-34)
(DAS접근코드:9CF4)
출원인 명칭 (주)제로웹(1-2013-042106-3)
대리인 성명 특허법인 부경(9-2005-100062-1)
발명자 성명 이재현 문준영
발명의 명칭 객체 추적이 용이한 영상 관제 시스템

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 이용하여 특허로 홈페이지(www.patent.go.kr)에서 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 은행 또는 우체국에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 013(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
4. 기타 상세 절차(제도)에 관한 사항은 특허청 홈페이지를 참고하시거나 특허고객상담센터(☎ 1544-8080)에 문의하여 주시기 바랍니다.
※ 상세제도 안내 : http://www.kipo.go.kr-지식재산제도

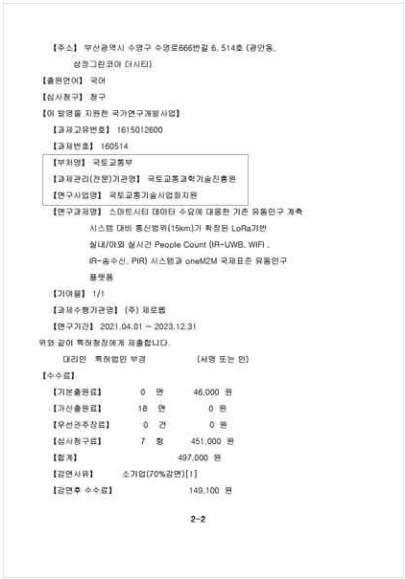


Keaps7.4 2022-06-24

특허출원서

【참조번호】 1
【출원구분】 특허출원
【출원인】
【명칭】 (주)제로웹
【특허고객번호】 1-2013-042106-3
【대리인】
【명칭】 특허법인 부경
【대리인번호】 9-2005-100062-1
【지정된 변리사】 구성진
【포괄위임등록번호】 2014-031179-3
【발명의 국문명칭】 객체 추적이 용이한 영상 관제 시스템
【발명의 영문명칭】 VIDEO CONTROL SYSTEM FOR EASY OBJECT TRACKING
【발명자】
【성명의 국문표기】 이재현
【성명의 영문표기】 LEE, Jae Hyeon
【주민등록번호】 751011-1121611
【우편번호】 48059
【주소】 부산광역시 해운대구 센텀동로 25, 102동 1303호 (우동, 대우월드마크센텀아파트)
【발명자】
【성명의 국문표기】 문준영
【성명의 영문표기】 MOON, Jun Young
【주민등록번호】 900426-1784012
【우편번호】 48268

2-1



【주소】 부산광역시 수영구 수영로566번길 6, 514호 (광안동, 삼정그린코아 더시티)
【출원언어】 국어
【심사청구】 청구
【이 발명을 지원한 국가연구개발사업】
【과제고유번호】 1615012600
【과제번호】 160514
【부처명】 국토교통부
【과제관리(전문)기관명】 국토교통과학기술진흥원
【연구사업명】 국토교통기술사업화지원
【연구과제명】 스마트시티 데이터 수집에 대응한 거존 유동인구 계측 시스템 (최대 통신범위(15km)가 확장된 LoRa기반 실내/야외 실시간 People Count (IR-UWB, WIFI , IR-송수신, PIR) 시스템과 oneM2M 국제표준 유동인구 플랫폼
【기여율】 1/1
【과제수행기관명】 (주) 제로웹
【연구기간】 2021.04.01 ~ 2023.12.31
위와 같이 특허청장에게 제출합니다.
대리인 특허법인 부경 (서명 또는 인)
【수수료】
【기본출원료】 0 면 46,000 원
【가산출원료】 18 면 0 원
【우선권주장료】 0 건 0 원
【심사청구료】 7 항 451,000 원
【합계】 497,000 원
【감면사유】 소기업(70%감면)[1]
【감면후 수수료】 149,100 원

2-2

출원번호통지서

구 분	10-2022-0077403
대표 청구항 1	구역 내 영상 감시를 목적으로 설치된 CCTV로 CCTV 영상을 획득하고 영상저장모듈에 저장하는 CCTV 시스템; 상기 CCTV 시스템m(m은 자연수)개와 네트워크로 연결되어, 영상저장모듈에 저장된 CCTV 영상을 수신하고, 인공지능을 통해 상기 CCTV 영상의 프레임별 유동인구 계수값을 획득하는 유동인구 분석용 모듈; 및 상기 유동인구 분석용 모듈에서 상기 프레임별 유동인구 계수값을 수신하여 상기 유동인구 계수값에 따라 상기 프레임을 정렬 검색할 수 있는 관제 센터용 모듈;을 포함하여 구성되어 유동인구 계수값에 따라 전체 CCTV 영상에서 영상 프레임을 발췌 조회할 수 있는 것을 특징으로 하는 객체 추적이 용이한 영상 관제 시스템.
청구항 2	제1항에 있어서, 상기 유동인구 분석용 모듈은 상기 인공지능의 이미지 프로세싱(Image Processing)을 이용하여 각 프레임을 해석함으로써, 프레임에 대응되는 유동인구 계수값을 생성하는 유동인구 계수 추출부; CCTV영상에서 연속 프레임에서 동일 유동인구 계수값을 가지는 n개(n은 자연수)의 프레임은 1개의 대표 프레임을 선정하여 저장하는 프레임 이미지 생성부; 를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 객체 추적이 용이한 영상 관제 시스템.

○ **홍보(전시)**

- **(① 보도 자료)** KAIA 사업 추진 내용, 주관부처, 연구개발사업 성과물, 연구 방향성 등의 내용이 포함된 보도 자료 배포 (2021-04-06 머니투데이)

- https://news.naver.com/main/read.naver?mode=LSD&mid=sec&sid1=102&oid=008&aid=0004568905

MT 머니투데이

제로웹, 2021년 국토교통기술사업화 지원사업 최종 선정

기사입력 2021-04-06 19:57

[머니투데이 대학경제 임홍조 기자] 제로웹은 최근 '2021년도 국토교통기술사업화지원사업'에 최종 선정됐다고 6일 밝혔다.

올해 국토교통기술사업화 지원사업은 국토교통부가 주관하며, 중소기업이 보유한 시장성 높은 기술의 사업화 촉진을 위해 마련됐다.

제로웹은 이번 사업을 통해 오는 2023년까지 정부 출연금을 포함해 총 34억 원의 연구자금을 지원받는다. 이를 활용해 '장소 맞춤형 유동인구 계측 센서와 표준 통합 플랫폼'을 개발할 계획이다.

특히 이번 R&D를 통해 자체 유동인구 분석 기술인 '리얼스텝'을 고도화해 사람의 움직임을 정밀하게 분석하고, 실내·외 공간적 특성을 고려한 △와이파이(Wi-Fi) △IR(Infrared) △UWB(Ultra-wideband) 등 다양한 계측 기술을 융합해 장소 맞춤형 센서를 개발한다.

또 LoRa 통신과 저전력 배터리 기반의 무선형 제품으로 구축 환경에 대한 제약(전기, 통신 공사 수반 등)을 최소화해 전문가 없이도 쉽게 설치할 수 있도록 할 계획이다. 해당 제품은 누구나 직접 구입할 수 있도록 오픈마켓에 등록한다.

제로웹의 유동인구 데이터는 통합 위치정보(GIS) 플랫폼으로 개발된다. 국내외 ICT 융합 서비스와의 효율적 연동을 위해 아키텍처, API 사양, 보안 등을 스마트시티 국제 표준인 OneM2M를 기반으로 한다. 이 플랫폼은 오픈마켓을 통해 제품을 구입하는 일반인도 활용할 수 있다.

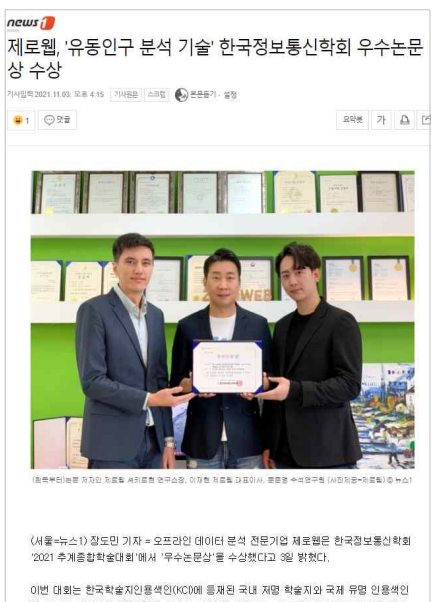
이번 R&D를 통해 개발되는 제품은 기존 제로웹 '리얼스텝'이 설치된 공공시설과 중소상공인 사업장에 우선 적용한다. 이로써 실시간으로 수집되는 유동인구 데이터를 활용해 △축제 △관광 △코로나19대비 상권 활성화 분석은 물론 디지털 트윈, 도시재생, 스마트시티 5대 안전망(112, 119긴급출동, 사회적 약자 지원 등)과 연계한 새로운 융복합 서비스를 창출할 계획이다.

제로웹 기업부설연구소 문준영 수석연구원은 "스마트시티의 핵심 주체는 사람인 반면 민간에서 유동인구 데이터를 활용하려면 막대한 비용과 시간이 필요했다"며 "이번 R&D를 통해 유동인구 데이터의 진입장벽을 낮추고 범용성 높은 플랫폼으로 시민참여형 D.N.A 생태계(Data, Network, AI)를 조성할 것"이라고 설명했다.

머니투데이 보도자료 발췌

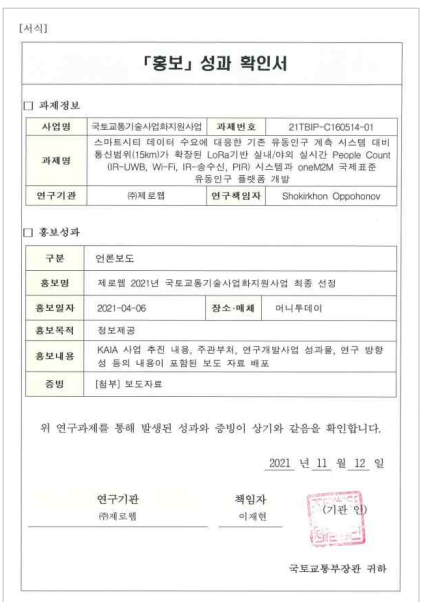
- **(② 보도 자료)** 한국정보통신학회 우수논문상 수상, 국가연구개발지원사업 수행 기업 중 기업 단독 연구성과 (2021-11-03 뉴스1, 부산일보 온라인/지면, 데이터넷, 부산제일경제)

- https://news.naver.com/main/read.naver?mode=LSD&mid=sec&sid1=101&oid=421&aid=0005700434
- https://news.naver.com/main/read.naver?mode=LSD&mid=sec&sid1=102&oid=082&aid=0001126118
- http://www.datanet.co.kr/news/articleView.html?idxno=166096
- http://www.busaneconomy.com/news/articleView.html?idxno=262927



news1

제로웹, '유동인구 분석 기술' 한국정보통신학회 우수논문상 수상



[서식]

「홍보」 성과 확인서

□ 과제정보

사업명	국토교통기술사업화지원사업	과제번호	21TBIP-C160514-01
과제명	스마트시티 데이터 수요에 대응한 기존 유동인구 계측 시스템 대비 통신범위(15km)가 확장된 LoRa기반 실내/야외 실시간 People Count (IR-UWB, Wi-Fi, IR-송수신, PIR) 시스템과 oneM2M 국제표준 유동인구 플랫폼 개발		
연구기관	㈜제로웹	연구책임자	Shokirkhon Oppohonov

□ 홍보성과

구분	언론보도		
홍보명	제로웹 2021년 국토교통기술사업화지원사업 최종 선정		
홍보일자	2021-04-06	장소·매체	머니투데이
홍보목적	정보제공		
홍보내용	KAIA 사업 추진 내용, 주관부처, 연구개발사업 성과물, 연구 방향성 등의 내용이 포함된 보도 자료 배포		
증빙	[첨부] 보도자료		

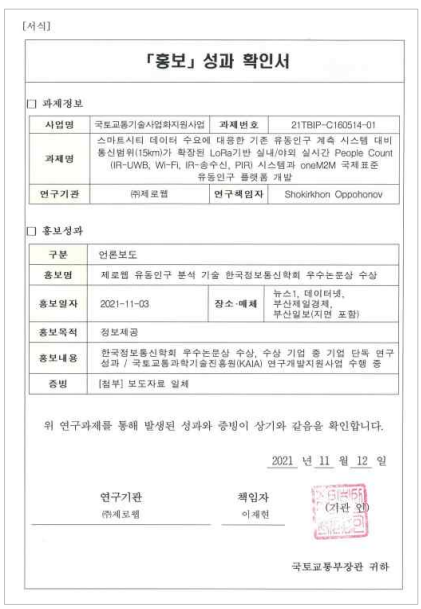
위 연구과제를 통해 발생된 성과와 증빙이 상기와 같음을 확인합니다.

2021 년 11 월 12 일

연구기관 ㈜제로웹 (기관 인)

책임자 이제헌 (인)

국토교통부장관 귀하



[서식]

「홍보」 성과 확인서

□ 과제정보

사업명	국토교통기술사업화지원사업	과제번호	21TBIP-C160514-01
과제명	스마트시티 데이터 수요에 대응한 기존 유동인구 계측 시스템 대비 통신범위(15km)가 확장된 LoRa기반 실내/야외 실시간 People Count (IR-UWB, Wi-Fi, IR-송수신, PIR) 시스템과 oneM2M 국제표준 유동인구 플랫폼 개발		
연구기관	㈜제로웹	연구책임자	Shokirkhon Oppohonov

□ 홍보성과

구분	언론보도		
홍보명	제로웹 유동인구 분석 기술 한국정보통신학회 우수논문상 수상		
홍보일자	2021-11-03	장소·매체	뉴스1, 데이터넷, 부산제일경제, 부산일보(지면 포함)
홍보목적	정보제공		
홍보내용	한국정보통신학회 우수논문상 수상, 수상 기업 중 기업 단독 연구성과 / 국토교통과학기술진흥원(KAIA) 연구개발지원사업 수행 중		
증빙	[첨부] 보도자료 일체		

위 연구과제를 통해 발생된 성과와 증빙이 상기와 같음을 확인합니다.

2021 년 11 월 12 일

연구기관 ㈜제로웹 (기관 인)

책임자 이제헌 (인)

국토교통부장관 귀하

뉴스1 보도자료 발췌 / 홍보성과 확인서

○ **현장적용 성과**

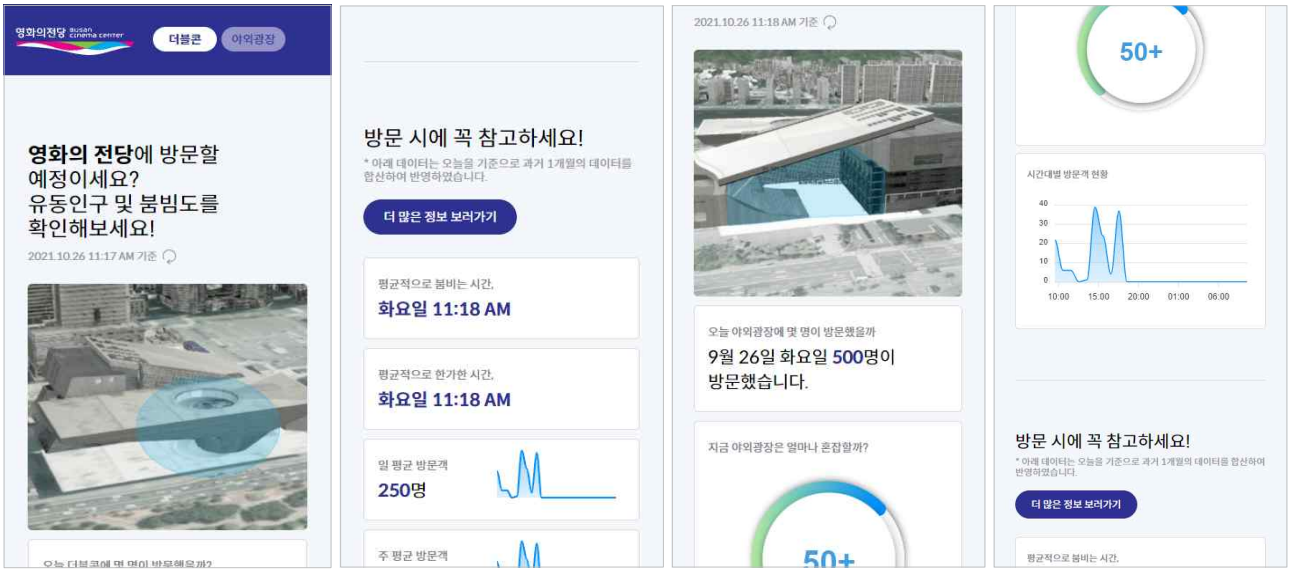
- **(① 부산국제영화제 영화의 전당 '야외홀' 야외 피플카운팅 센서 구축)** Wi-Fi Proberequest 센서를 설치하여 야외 광장에 오는 사람들의 인원수를 계측함(Software 현장 적용). 센서 특성상 사람들이 소지한 스마트 디바이스의 mac address를 수집하기 때문에 정확한 카운트보다는 밀집도 추이로 데이터를 제공하며, 다양한 형태로 나타나는 random mac address에 대한 업데이트된 알고리즘을 지속적으로 모니터링하여 설치 장소 특성별 정확도를 개선할 계획임
- 본 현장은 센서가 구축되어 있는 장소 바로 앞쪽으로 차도가 있어 신호 대기 중인 차량이 많고, 이 때문에 probe 요청에 의해 순간적으로 감지되는 mac address의 빈도가 높은 편임. 따라서 '유동인구'라고 정의 가능한 mac address 가 나타나는 시간의 차이를 최소한으로 설정하기 위한 알고리즘 테스트를 지속적으로 진행하고 있음(초단위)

야외 피플카운팅 센서 구축 반경 및 설치 사진

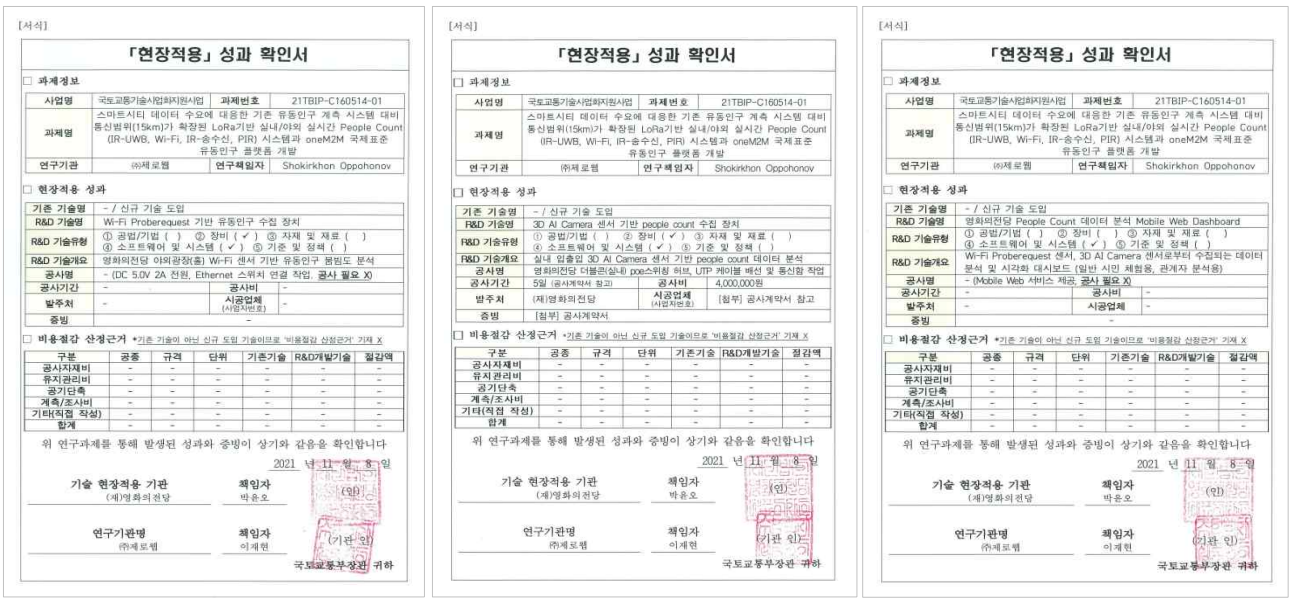
- **(② 부산국제영화제 영화의전당 '더블콘' 실내 피플카운팅 센서 구축)** 실내 공간에 대한 방문 인원 카운팅을 위해 3D AI Depth를 구축함. 센서 카메라 앵글에 나타나는 분석 범위, 장애물 위치 등을 고려하여 와이드뷰앵글, 기본앵글, 피쉬아이앵글 등으로 조절하였으며, 센서에서 수집되는 데이터와 실제 현장에서 실측한 데이터 간 유사도(precision) 및 정확도를 비교하며 본 장소에서 오차율이 가장 낮은 알고리즘을 채택함
- 영상을 순간적으로 이미지 처리하여 그 이미지 속에 라벨링된 사람 수를 카운팅하는 방식 특성상 방문객 한 명이 중복해서 나타날 경우, 한 사람의 방문객임에도 불구하고 중복 카운팅되어 전체 카운트 수에 오차를 발생시킬 수 있음 → 이미지프로세싱 처리 단계에서 동일 객체(특정 유사도)임을 지정한 후, distinct 할 수 있도록 알고리즘 버전 업그레이드 계획 (**2차년도 진행**) (머신러닝 학습)

실내 피플카운팅 구축 센서 (영화의 전당 더블콘)

- **(③ 부산국제영화제 영화의전당 유동인구 분석 ‘모바일 웹’)** 본 장소는 부산을 대표하는 핵심 문화·관광 시설이자 국제적인 행사(부산국제영화제(BIFF))가 개최되는 곳으로 다수의 시민들이 스마트시티 서비스를 체험하기에 적합하며, 본 과제의 연구개발 성과물인 스마트시티 관련 서비스 프로토타입을 시민에게 우선적으로 제공하여 검증한다는 점이 장소 선정 이유임 (스마트시티 시민체감형 서비스)
- 서비스 수요기관인 영화의전당 측면에서는 큰 규모의 문화시설의 체계적인 운영·관리 시스템 마련을 통해 방문자 및 시간대별 유동인구 파악이 용이하며, 누적 데이터를 기반으로 적절한 시간, 장소를 선정하여 이벤트를 유치하는 등 높은 활용도로 업무 효율 증대를 야기함
- 영화의전당에 구축된 유동인구 센서로부터 수집되는 데이터를 가공 및 시각화하여 방문한 이용객에 대한 통계(실시간,일별,월별 등)를 제공하는 모바일 웹 서비스 개발, 현장 적용함

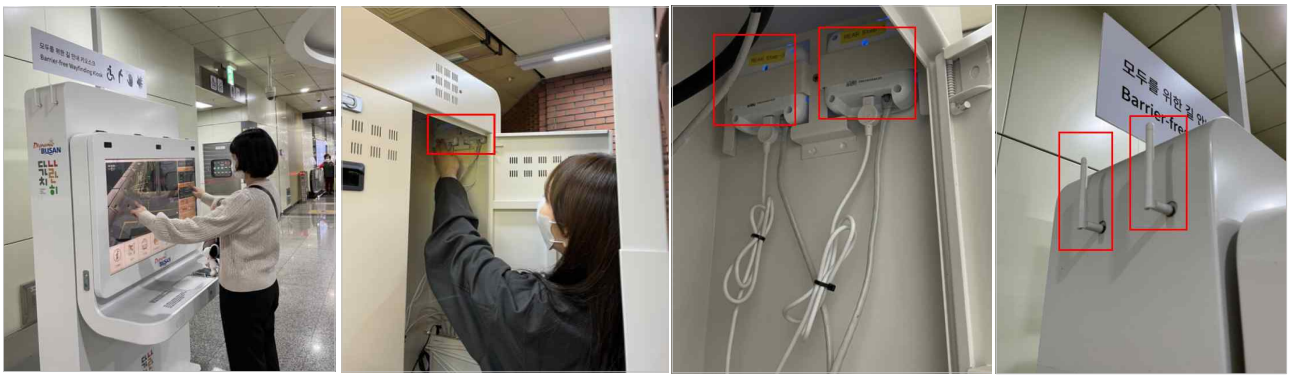


시민 체감형 유동인구 서비스 모바일 웹 화면



현장적용 성과 확인서

- **(④ 부산역 1호선 키오스크 야외/실내 Wi-Fi Proberequest 센서 설치)** 기존 야외에 구축되던 센서를 스마트폰 소지자가 가장 많이 이동하는 지하철 실내에 구축하여 데이터를 분석함. 펌웨어업데이트를 통한 개선된 알고리즘 동작을 모니터링함. 지하철이라는 공간 특성상 다양한 Wi-Fi 채널 대역이 존재하기 때문에 2개 센서를 설치하여 서로 채널 대역을 다르게 분석함. 키오스크 내부에 설치하였지만, 안테나를 별도로 바깥을 향하게 함으로써 공간 제약에 대한 최소화하여 진행함



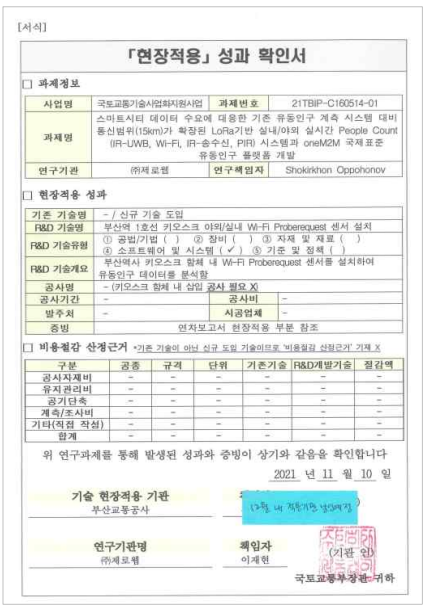
Wi-Fi Proberequest 센서 현장 적용 사진

- 장소 특성상 W-Fi 기반의 가장 큰 이슈인 랜덤맥어드레스 소지자의 비율, 랜덤맥 추출 알고리즘을 주로 테스트하였으며, 1일 평균 4만건 이상의 로우데이터를 실시간으로 모니터링하여 정확도를 개선하고 있음

- **(⑤ 부산광역시 지하철 역사 키오스크 함체 내 다목적 피플카운팅 센서 구축)** 2차년도 또한, 1차년도와 동일하게 부산 1호선 서면역 내부 키오스크에 SPOT 센서를 구축한 후 역사 유동인구 계측
- 기존의 Wi-Fi ProbeRequest와 당해연도 신규 고도화한 SPOT BLE 알고리즘을 동시 적용하여 기존의 센서보다 높은 정확도를 추출할 수 있을것으로 예상됨
- (장소 특화 Algorithm 적용) Probe Request된 모든 Mac 주소를 시간별로 cache → devide_mac이 night_hour(공간이 닫힌/폐쇄된 시간)에 포착되면 해당 공간에 상시 존재하는 기기로 분류하여 전체 Request 개수 도출

```python
def get_key(date, collector_mac):
    open_time = 8
    closed_time = 21
    after_closed = list(range(closed_time, 24))
    if date.hour in after_closed:
        key = collector_mac + '-' + date.strftime('%Y-%m-%d')
    else:
        key = collector_mac + '-' + \
            (date-timedelta(days=1)).strftime('%Y-%m-%d')
    return key
```

```python
def analyze(scan_data, data, spot_mac, Signal_type, rssi_thres, station_macs):
    open_time = 8
    closed_time = 21
    closed_hours = list(range(0, open_time-1)) + list(range(closed_time, 24))

    for line in data:
        if len(line) != 6:
            continue
        collector_mac, device_mac, scanned_at, rssi, signal_type = line[0].upper(
        ), line[2], int(line[3]), abs(int(line[4])), line[5]
        date = datetime.fromtimestamp(scanned_at)
        if collector_mac != spot_mac:
            continue
        if signal_type != Signal_type or rssi > rssi_thres:
            continue
        # filter based on stationed_device macs
        # key = get_key(date, collector_mac)
        # if date.hour in closed_hours:
        #     station_macs[key].add(device_mac)
        # if device_mac in station_macs[key]:
        #     print(date, key, device_mac)
        #     # print(date, device_mac)
        #     continue

        scan_data[str(round_mnt(date))][device_mac]['time_stamps'].append(date)
        scan_data[str(round_mnt(date))][device_mac]['rssis'].append(rssi)
    return scan_data, station_macs
```



[서식]

「현장적용」 성과 확인서

☐ 과제정보

사업명	국토교통기술사업화지원사업	과제번호	21TBIP-C160514-01
과제명	스마트시티 데이터 수요에 대응한 기존 유동인구 계측 시스템 대비 통신범위(15km)가 확장된 LoRa기반 실내/야외 실시간 People Count (IR-UWB, Wi-Fi, IR-송수신, PIR) 시스템과 oneM2M 국제표준 유동인구 플랫폼 개발		
연구기관	㈜제로웹	연구책임자	Shokirkhon Oppohonov

☐ 현장적용 성과

기존 기술명	- / 신규 기술 도입
R&D 기술명	부산역 1호선 키오스크 야외/실내 Wi-Fi Proberequest 센서 설치
R&D 기술유형	① 공법/기법 ( ) ② 장비 ( ) ③ 자재 및 재료 ( ) ④ 소프트웨어 및 시스템 (✓) ⑤ 기준 및 정책 ( )
R&D 기술개요	부산역사 키오스크 함체 내 Wi-Fi Proberequest 센서를 설치하여 유동인구 데이터를 분석함
공사명	- (키오스크 함체 내 삽입 공사 필요 X)
공사기간	- 공사비 -
발주처	- 시공업체 -
증빙	인차보고서 현장적용 부분 참조

☐ 비용절감 산정근거 *기존 기술이 아닌 신규 도입 기술이므로 '비용절감 산정근거' 기재 X

구분	공종	규격	단위	기존기술	R&D개발기술	절감액
공사자재비	-	-	-	-	-	-
유지관리비	-	-	-	-	-	-
공기단축	-	-	-	-	-	-
계측/조사비	-	-	-	-	-	-
기타(직접 작성)	-	-	-	-	-	-
합계	-	-	-	-	-	-

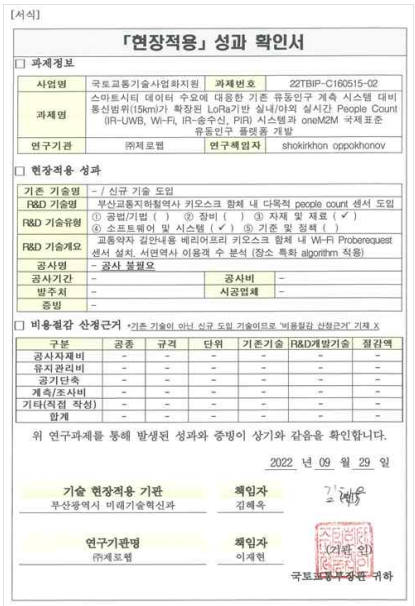
위 연구과제를 통해 발생된 성과와 증빙이 상기와 같음을 확인합니다

2021 년 11 월 10 일

기술 현장적용 기관 부산교통공사 (기관 인)

연구기관명 ㈜제로웹 책임자 이제현 (기관 인)

국토교통부장관 귀하



[서식]

「현장적용」 성과 확인서

☐ 과제정보

사업명	국토교통기술사업화지원	과제번호	22TBIP-C160515-02
과제명	스마트시티 데이터 수요에 대응한 기존 유동인구 계측 시스템 대비 통신범위(15km)가 확장된 LoRa기반 실내/야외 실시간 People Count (IR-UWB, Wi-Fi, IR-송수신, PIR) 시스템과 oneM2M 국제표준 유동인구 플랫폼 개발		
연구기관	㈜제로웹	연구책임자	shokirkhon oppokhonov

☐ 현장적용 성과

기존 기술명	- / 신규 기술 도입
R&D 기술명	부산교통지하철역사 키오스크 함체 내 다목적 people count 센서 도입
R&D 기술유형	① 공법/기법 ( ) ② 장비 ( ) ③ 자재 및 재료 (✓) ④ 소프트웨어 및 시스템 (✓) ⑤ 기준 및 정책 ( )
R&D 기술개요	교통약자 길안내용 베리어프리 키오스크 함체 내 Wi-Fi Proberequest 센서 설치, 서면역사 이용객 수 분석 (장소 특화 algorithm 적용)
공사명	- 공사 불필요
공사기간	- 공사비 -
발주처	- 시공업체 -
증빙	-

☐ 비용절감 산정근거 *기존 기술이 아닌 신규 도입 기술이므로 '비용절감 산정근거' 기재 X

구분	공종	규격	단위	기존기술	R&D개발기술	절감액
공사자재비	-	-	-	-	-	-
유지관리비	-	-	-	-	-	-
공기단축	-	-	-	-	-	-
계측/조사비	-	-	-	-	-	-
기타(직접 작성)	-	-	-	-	-	-
합계	-	-	-	-	-	-

위 연구과제를 통해 발생된 성과와 증빙이 상기와 같음을 확인합니다.

2022 년 09 월 29 일

기술 현장적용 기관 부산광역시 미래기술혁신과 책임자 김혜옥

연구기관명 ㈜제로웹 책임자 이제현 (기관 인)

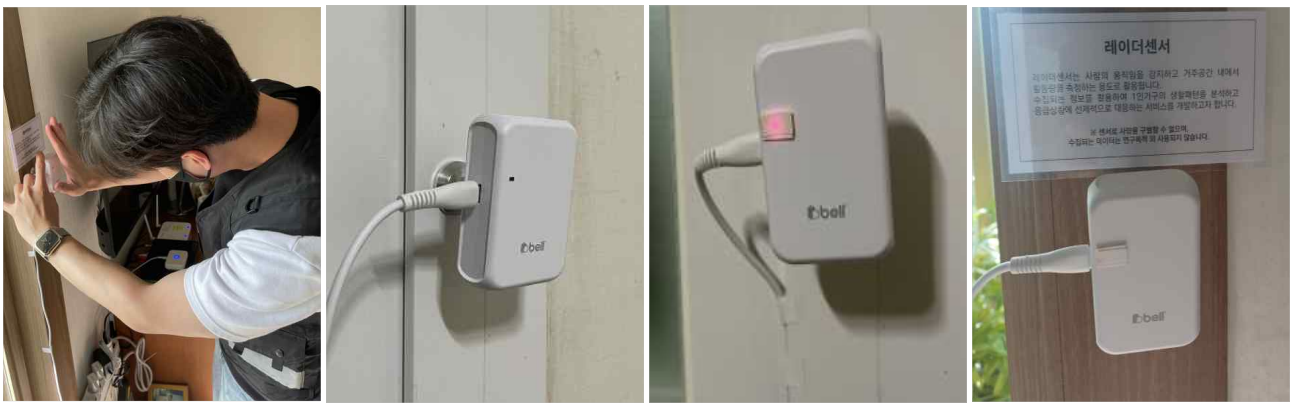
국토교통부장관 귀하

Mac 필터링 알고리즘 / 현장적용확인서

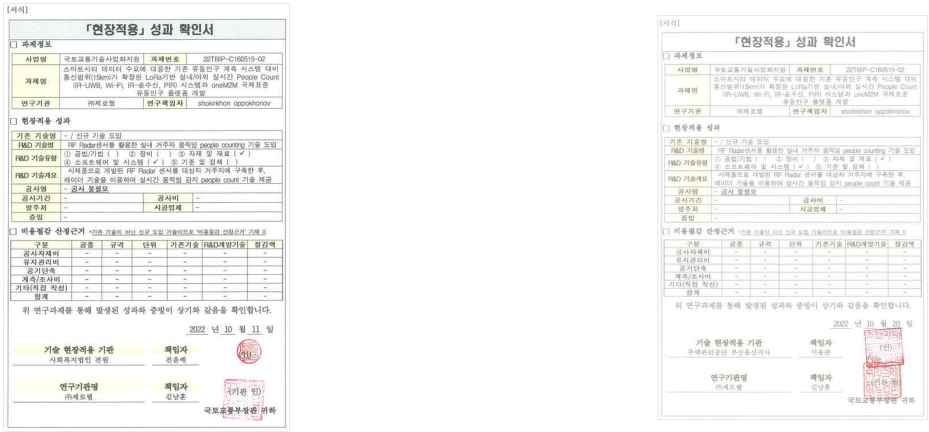
- **(⑥ <사회복지법인 전원> RF Radar 센서를 활용한 실내 거주자 움직임 피플카운팅 기술 도입)** 시제품으로 개발한 Radar 센서를 실제 사람이 거주하고 있는 주거 공간에 구축한 후 Radar 기술을 이용하여 실시간으로 움직임 감지 및 피플카운팅 데이터를 분석
- 사전 실사를 통해 각 설치 공간별 특성을 파악하고 설치 위치와 센서 개수, 구조에 따른 변수 등을 미리 고려하여 설치 방식을 정함

Radar 센서 구축 및 현장 적용 모습

- 추후 레이더 센서 외 화재감지센서, 도어센서, 비상SOS벨, 온습도센서 등을 추가로 구축하여 단일 실내 움직임 감지 데이터뿐만 아니라 융복합적 실내 인빌딩 데이터를 수요처에게 제공할 예정
- **(⑦ <주택관리공단 부산울산지사> RF Radar 센서를 활용한 실내 거주자 움직임 피플카운팅 기술 도입)** 시제품으로 개발한 Radar 센서를 실제 사람이 거주하고 있는 주거 공간에 구축한 후 Radar 기술을 이용하여 실시간으로 움직임 감지 및 피플카운팅 데이터를 분석함. 실증 대상자들의 움직임과 재실 감지 데이터를 모니터링하여 수집 데이터를 통해 피플카운팅 알고리즘 개선



Radar 센서 구축 및 현장 적용 모습

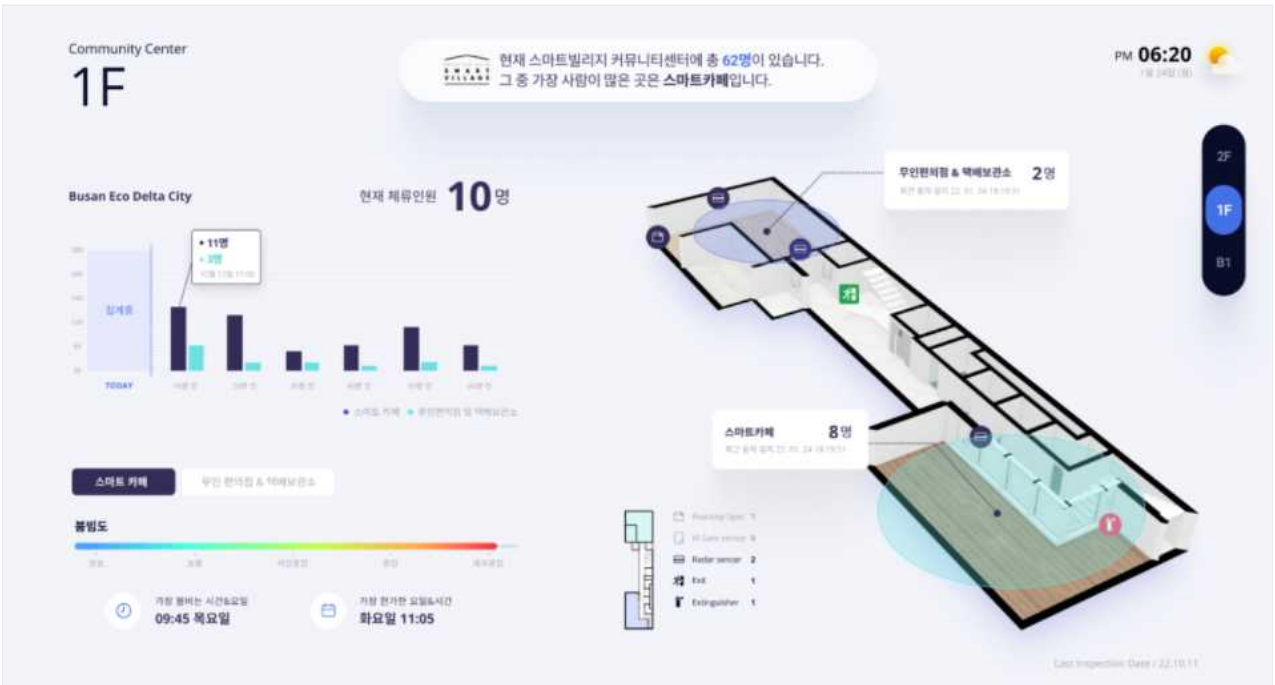

「현장적용」 성과 확인서

현장적용 성과 확인서 (별도 첨부)

- **(⑧ 부산 에코델타시티 실내 다목적 people count & 사용자 서비스)** 해당 공간은 부산 강서구에 위치한 미래 지향적인 수변도시로, 부산신항만, 국제공항 등 우수한 광역 교통체계와 위치를 활용한 복합도시이며 그 내부에 위치한 커뮤니티 센터에 해당 RF Radar 센서를 설치하여 실시간 움직임 감지 및 방문객 수 분석
- 주거 · 상업 · 문화가 어우러지는 커뮤니티센터는 에코델타시티 내부에서도 다수의 시민들이 이용하는 대표 장소로, 이용객들로 하여금 데이터 호기심 유치 등 서비스를 체험하기에 적합한 공간으로 판단
→ 현재 RF Radar센서 데이터를 수집 및 제공하고 있으며, 추후 자사의 유동인구 계측 기술 센서인 SPOT(Wi-Fi&BLE)와 IR IN/OUT & 3D AI Camera를 추가 구축후 복합적 people count 데이터를 제공할 예정

Wi-Fi Proberequest 센서 현장 적용 사진 / 현장적용확인서

- 시민체감형 서비스를 제고하기 위해 자체적으로 웹/앱 대시보드를 개발하였으며, 이용객 & 방문객에 대한 통계(실시간,일별,월별 등)를 제공
- 수요기관인 한국수자원공사의 요구에 맞춰 센서 및 데이터 대시보드 뿐만 아니라 수집된 로우 데이터를 수요처가 직접 가공 · 활용 가능하도록 API화 하여 제공할 예정



시민 체감형 데이터 대시보드 화면

(3) 세부 정량적 연구개발성과 (해당되는 항목만 선택하여 작성하되, 증빙자료를 별도 첨부해야 합니다)

[과학적 성과]

□ 논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	Why abandon Randomized MAC-Address , Wi-Fi Probe Request 기반 유동인구 분석 방법	한국정보통신학회 학술대회 논문집	Shokirkhon oppohonov	-	대한민국	한국정보통신학회	비SCIE	2021. 10.03	2234-4772	100%

□ 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	제 50회 추계학술대회	Shorkirkhon Oppokhonov	2021.10.29	군산대학교	대한민국

[기술적 성과]

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

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원			등록			기여율	활용 여부
			출원인	출원일	출원 번호	등록인	등록일	등록번호		
1	일반사용자에의한 유동인구서비스제공방법	KR	제로웹	21.11.11	10-2021-0155209	-	-	-	100%	-
2	객체추적이용이한 영상관제시스템	KR	제로웹	22.06.24	10-2022-0077403	-	-	-	100%	-

○ 지식재산권 활용 유형

※ 활용의 경우 현재 활용 유형에 √ 표시, 미활용의 경우 향후 활용 예정 유형에 √ 표시합니다(최대 3개 중복선택 가능).

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	기타
1	√	√								
2	√	√								

□ 기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증 기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증 번호		
1	KC인증	국립전파연구원	전자파적합성	KR22-SEK0613	22.05.18	KR

[경제적 성과]

□ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작업체명	설치 장소	이용 분야	사업화소요기간	인증기관	인증일
1	Radar	22.09.30	㈜제로웹	부산에코델타시티(EDC)	시니어 헬스케어서비스, 스마트시티 디지털트윈	22. 10 ~	국립전파연구원	22.05.18

□ 현장적용

번호	적용기술명	적용일	발주기관명	적용 연구개발기관명	적용현장명(장소)
1	야외/실내 Wi-Fi 유동인구 센서	2021.11.19	(재)영화의전당	㈜제로웹	영화의전당
2	실내 입출입 분석 3D AI 센서	2021.11.19	(재)영화의전당	㈜제로웹	영화의전당

3	유동인구 분석 모바일 웹	2021.11.19	(재)영화의전당	㈜제로웹	영화의전당
4	야외/실내 Wi-Fi 유동인구 센서	2021.11.10	부산교통공사	㈜제로웹	부산역 1호선
5	야외/실내 Wi-Fi 유동인구 센서	2022.09.21	부산교통공사	㈜제로웹	서면역 1호선
6	움직임 감지 Radar 센서	2022.10.11	사회복지법인 전원	㈜제로웹	사회복지법인전원
7	움직임 감지 Radar 센서	2022.08.11	주택관리공단	㈜제로웹	1인가구 집
8	움직임 감지 Radar 센서	2022년 11월 中	한국수자원공사	㈜제로웹	에코델타시티

□ 매출 실적(누적)

사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
		국내(천원)	국외(달러)		
people count 분석 기술	2021	20,000	-	20,000	부산정보산업진흥원 지원사업
합계		20,000	-	20,000	-

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)		합계
			2021년	2022년	
1	-	㈜제로웹	3	5	8
합계			3	5	8

□ 고용 효과

구분			고용 효과(명)
고용 효과	개발 전	연구인력	12
		생산인력	8
	개발 후	연구인력	18
		생산인력	8

[사회적 성과]

□ 다른 국가연구개발사업에의 활용

번호	중앙행정기관명	사업명	연구개발과제명	연구책임자	연구개발비(천원)
1	과학기술정보통신부	2022년 공공조달 연계 R&D 실증사업화 지원사업	다중 도플러 신호와 IoT 디바이스 기반의 홀몸노인과 1인가구 라이프로그/일상수행능력(ADL) 분석 및 인공지능 원격 케어 시스템 개발	이재현	480,000

□ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	언론 보도	머니투데이	제로웹, 2021년 국토교통기술사업화지원사업 최종선정	2021.04.06
2	언론 보도	뉴스1, 데이터넷, 부산제일경제, 부산일보 온라인 부산일보 지면	제로웹 유동인구 분석 기술 한국정보통신학회 우수논문상 수상	2021.11.03

□ 포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관
1	2021 추계종합학술대회 우수논문	우수논문상	2021년 추계종합학술대회 우수논문으로 선정되어 이 상을 수여함	논문	2021.10.29	한국정보통신학회

(4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항(해당 시 작성)

○ KCI(Korea Citation Index) 논문 등재

- 논문 제목 : MAC-Address 분류를 통한 Wi-Fi Probe Request 기반 유동인구 분석 방법 (An Analysis of Wi-Fi Probe Request for Crowd Counting through MAC-Address classification)
- 저자 : 셔키르현 오포호노브 · 이재현 · 문준영3
- 등재일 : 2022년 4월
- pISSN : 2234-4772
- 발행기관 : 한국정보통신학회(KIICE)

2) 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도
■ 장거리 LoRa 통신 시스템 개발	▸ (LoRa) RS-GW-211PW 개발 완료	100%
■ 배터리, 태양광 자가충전 개발	▸ (태양광) RS-SB-211BL 개발 완료	100%
■ 저전력 절전모드 및 활동감지 개발	▸ (PIR) RS-PR-211PL 개발 완료	100%
■ People Count 입출입 계측요소 추출	▸ [3D AI] RS-3G-211PE 개발 완료	100%
■ 좌석형 공간 인원 계측	▸ [Wi-Fi] RS-SP-211PE 개발 완료	100%
■ 1인당 보유 Real Mac 분석	▸ Random Mac-address 추출법 개발 완료	100%
■ 표준 계측 플랫폼의 요소 추출	▸ RealSTEP Platform DB 표준화 API 개발 완료	100%
■ 장소별 특성 고려한 센서개발	▸ 센서 시제품 개발(보조 브라켓/마운트 동시 제작)	100%
■ 야외 부착용 방수방진 설계	▸ 방수방진 IP54 설계	100%
■ 리피터 성능 개선	▸ LoRa 통신 리피터 기능 추가 적용 연구	100%
■ 원거리 호흡,맥박 측정 재실감지	▸ 원거리 호흡,맥박 계측 IR-UWB, Wi-Fi CSI 연구	100%
	▸ [Radar] 레이더 센서 개발 완료	100%
■ 좌석형 공간 인원 계측	▸ PIR 착좌 센서 연구	100%
■ 야외/실내 특정기기 LBS 계측	▸ SPOT BLE 측정 기술(SW 알고리즘) 개발	100%
■ 스마트시티 통합플랫폼 개발	▸ 스마트시티 관제(112/119/CCTV) 상호 연동 표준 인터페이스 SW 개발	100%
■ 유동인구 연계 서비스 개발	▸ 유동인구 연계 서비스 개발	100%

3. 목표 미달 시 원인분석

1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

○ **(1차년도) IR T/Rx 방식의 실내 입출입 계측 기술**

- 실내 입출입 인원 계측을 위한 무선형 IR T/RX 방식의 특성상 일 50회 count 기준 6개월 동안 배터리가 지속되는데, 설치 장소에 방문객이 많은 경우, 배터리 교체 주기가 더 짧아지는 비효율적인 상황이 발생함
- 이 외에도 본 센서는 한 쌍의 센서를 서로 마주보게 설치해야 하는데, 출입구가 존재하여도 미닫이 문이 철, 두꺼운 나무 등의 재질일시 설치의 제약이 생기며 IR T/Rx의 설치 적정 너비인 3.5M에 가까워 노이즈 신호가 함께 전송되어 오류 발생 가능성이 높아짐
- 따라서, 궁극적 목표인 **입출입 인원 계측을 위한 기술로 IR T/Rx 방식이 아닌 카메라 기반 영상 카운팅 방식으로 개발 방향을 우회**함

○ **(1차년도) 태양광 충전형 배터리 설계_센서 무선화**

- 실내/야외 people count 센서의 효율적인 구축을 위해 태양광 패널 기반 충전형 배터리 개발하여 무선형 센서 개발 계획을 세웠으나, 실제 연구개발 결과는 people counting용 Wi-Fi 센서의 무선화가 적합하지 않은 것으로 나타남. 또한, Wi-Fi 센서에 태양광 패널을 연결하였을 때, 실외의 경우에는 센서가 일주일 이상 작동하였으나, 실내에서는 일주일도 채 안되서 전원 동작이 멈춤 →이로 인해, Wi-Fi 센서의 전력량뿐만 아니라 센서 특성상 통신패킷도 많은 실험 결과로 보아 무선형으로의 전환이 실제로는 효율적이지 않음을 판단함
- 이에 따라 Wi-Fi 센서를 비롯한 people counting 용 센서는 **무선이 아닌 PoE를 사용한 방식이 보다 안정적이고 실용적이라는 판단하에 개발 방향을 변경**하였음

○ **(2차년도) LoRa 리피터**

- LoRa에 리피터 전송거리 증폭 실험 결과, 특정 상황에서 약 2km 정도의 전송 거리 개선이라는 결과값이 도출됨 → LoRa Gateway와 Node간 송수신 테스트를 진행하였을 때, 최대 15km통신이 가능한 LoRa망인 점을 고려하였을 때 리피터의 추가 전송거리(약 2km)는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 분석됨
- 또한, 리피터가 개발한 Gateway 및 Node PCB에 같이 적용된 형태가 아닌 개별 제품을 유선(C-type)으로 연결한 후 통신 작업을 진행한 것이기 때문에 통신 불안정 상태 및 연결 되지 않는 경우가 연구 중 다수 발생 → 해당 리피터 기술을 적용한 LoRa 통신이 아닌 자체적 통신 거리를 개선(PCB 부품 수정, 안테나 변경 등)하는 방향으로 목표가 변경되었음

2) 자체 보완활동

○ **(1차년도) 실내 입출입 People Count 계측 기술**

- 설치 장소의 제약이 많았던 기존의 IR T/Rx 센서를 와이드뷰, 오버헤드카운팅 등 여러 설치 방식 및 측정 방식이 가능한 카메라 센서로 교체함으로 인하여 설치 장소의 제약을 최소화함 / 사람으로 추정되는 사람 한명당 랜더링을 하나씩 하여 각각의 고유 ID를 부여함, 이로 인하여 다수를 카운팅할 때 오차가 없어짐
- 다수의 인원을 측정하기 위하여 카메라 센서를 이용하였으며, 머신러닝을 통하여 화면에 보이는 유동인구를 모두 계측하기 때문에 실내 입출입 계측 편의성이 높음 / 사람과 사물을 구분하기 힘들었던 기존의 IR T/Rx 센서의 단점은 카메라의 학습 모델을 통하여 목 라인, 머리, 몸통 등의 기준이 있을 시 사람으로 인식하게 하여 센서가 사물과 사람을 구분하게 함

- 주기적으로 배터리를 갈아야하고 배터리가 떨어질 시 제품이 꺼지는 위험부담을 피하기 위하여 유선 PoE를 통하여 안정적은 전력을 공급함
- 출입문이 넓은 상황에서는 카메라의 화면상 가상의 선을 길게 그려 그 선을 지나가는 사람들을 모두 카운팅하게 보완함, 전력부족으로 인한 신호 감소는 PoE를 통하여 해결함 / PoE를 통하여 안정적으로 전력을 공급하며, PoE전력공급의 특성상 전력의 부족함이나 과부화를 방지
- 무선 통신의 데이터손실의 단점을 보완하기 위하여 전기/통신이 한번에 해결되는 PoE방식으로 통신을 변경하였으며, 게이트웨이의 한계를 없애기위하여 한 대의 호스팅 컴퓨터에 연결되는 방식을 적용함

3) 연구개발 과정의 성실성

○ 연구개발 목표에 대한 성실성

- 기존 연구개발 목표였던 실내 입출입 People Count와 호흡, 맥박 측정 기술에 대한 연구를 진행하는 과정에서 발생한 오류와 연구 목표 미달성에 대한 대체안을 마련하여(ex. 카메라 3D AI people count 기술, radar 기술 등) 목표 달성
- 목표에 대한 대체 기술의 연구진행 중 상용화 가능한 시제품을 개발하였으며 이에 대한 전자파 적합성 검사(KC인증)을 자체적으로 취득하여 연구개발 기술에 대한 안정성·정확성을 인정받음
- 추가적으로, 목표성과가 아닌 LoRa Gateway에 대한 방수방진 케이스 및 시험 인증 진행

○ 연구개발 내용의 대외 활동

- 수행한 연구과정에 대한 비SCI 논문을 게재하였으며, 해당 논문은 한국정보통신학회에서 주관하는 2021년 추계종합학술대회에서 우수논문상을 수상 → 홍보(언론 보도) 성과 달성
- 해당 논문은 2022년 4월 'MAC-Address분류를 통한 Wi-Fi Probe Request 기반 유동인구 분석 방법' 제목으로 KCI에 등재됨

○ 사업화 방향 고도화

- 연구개발 항목을 활용하여 현장적용한 공간(ex. 영화의전당, 에코델타시티 등)에 대해 관리자와 일반 사용자들이 쉽게 설치 센서 데이터를 확인할 수 있도록 데이터 대시보드 자체 개발 및 배포 → 구축한 DB서버를 활용한 설치 위치 기반 데이터 측정 Tool
- 추후 스마트시티 통합플랫폼에 해당 대시보드를 연계하여, 계측되는 데이터가 파편적으로 흩어지는 것이 아닌 표준화된 플랫폼에 모이도록 설계 → 스마트시티 플랫폼이자 자체 센서 데이터 대시보드로서 각 지자체 혹은 공공기관에게 단일화된 기능의 플랫폼을 넘어선 융복합 데이터 플랫폼을 제공하는 방향으로써 사업화 고도화 예정

○ 연구과정·결과물 기록 활동

- 온라인 연구 기록물 : confluence 협업툴 / 블록체인기반 전자연구노트(구노) / 오프라인 연구기록
- 연구 실물 결과물 : 센서 거버파일 / 회로도 / 소스코드 / 센서, 대시보드 사용자 매뉴얼 / 공인시험 성적서 / 특허등록증 등 주요 성과 항목 보유
- (연구개발 수행에 대한 기록 보존) 연구개발 성과물이 실패인 경우에도 성실한 연구 수행을 위해 기록, 보존하였고, 과제 사전 계획에 따라 연구를 수행하고 결과를 검증한 뒤, 결과가 나오지 않는 경우에는 해당 원인을 파악하여 재차 연구를 반복 진행함(연구노트의 충실한 작성 및 보존 상시 진행)

4. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

○ **연구개발 성과와 정부 정책과의 부합성 및 기여도**

- **(데이터 구축 · 개방 · 활용)** 유동인구 데이터 분석 수요에 의해 사용자 스스로 피플카운팅 센서를 **구축**하고, 이를 스마트시티 플랫폼에 **개방**하여 다양한 사람들이 **활용**할 수 있도록 하는 일련의 주기는, 스마트시티에서 일반 시민을 포함한 누구나 자체적으로 D.N.A 생태계를 조성하도록 하는 것에 기여함
- **(감염병 안심 비대면 인프라) 감염병** 예방 및 **안심** 차원에서, 실시간으로 사용자 주변에 얼마나 많은 사람들이 모여있는지, 가면 안되는 곳은 어디인지 등(유동인구 붐빔도) 유동인구 데이터를 기반으로 자체 분석 가능한 실시간 **비대면 인프라** 서비스 제공
- **(공공시설 제로에너지 전환) 공공시설**, 일반 가정 등 주요 출입문에 설치된 피플 카운팅 센서를 통해 현재 공간 재실 인원이 몇 명인지 분석할 뿐만 아니라, 재실 인원이 0명일 경우 전기, 수도 등의 전원을 지능형으로 제어함으로써 기존 낭비되던 에너지량을 **제로에너지**로 **전환**하여 에너지 절약에 기여함 - 기존 IoT 센서 제어와 연계
- **(시니어 활동케어 지원)** 독거노인을 포함한 케어가 필요한 사람의 가정 내 설치된 움직임 감지 센서는 대상자의 움직임을 감지하고, 복지관 · 지자체 등 보호자는 관제 시스템을 통해 실시간으로 모니터링함 → 화장실에서 오랫동안 나오지 않거나, 방 안에만 오래 있는 경우 등 이상 움직임이 감지될 시 **긴급 112 · 119 출동 시스템을 지원**

5. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

- 연구개발 성과인 유동인구 계측 시스템에서의 People Count 데이터를 **스마트시티, 디지털트윈, 재난안전, 시설관리, 인체반응형 IoT시장에 국내 도입 및 해외 수출**
- 상황별, 공간별 유동인구 계측 데이터를 재난방재, 보안방재, 시설관리, 재실분석, 홀몸노인 관리, IoT, 에너지절약, 화재예방, 상권분석, 질병확산 방지 등 다양한 분야에 연계 활용