

17CTAP-
C117268
-02

보행자/운전
자/작업자
안전을
위한 IoT,
Wearable
자발광이
융합된
교통안전
디바이스
및 솔루션
개발

최
종
보
고
서

2018

국
토
교
통
부
국토교통과학기술진흥원

Construction & Transportation
Technology Advancement R&D

보안 과제(), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개()

국토교통기술촉진연구사업 최종보고서

R&D / 17CTAP-C117268-02

보행자/운전자/작업자 안전을 위한 IoT, Wearable 자발광이 융합된 교통안전 디바이스 및 솔루션 개발 최종보고서

2018. 8. 1

주관연구기관 / (주)유엔비테크
공동연구기관 / (주)한국건설관리공사
(주)지투이정보기술

국
토
교
통
부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

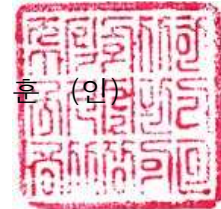
‘보행자/운전자/작업자 안전을 위한 IoT, Wearable 자발광이 융합된 교통안전 디바이스 및 솔루션 개발’(연구개발 기간 : 2016. 6. 28 ~ 2018. 6. 27) 과제의 최종보고서 9부를 제출합니다.

2018 . 8. 1.

주관연구기관명 : (주)유엔비테크 (대표자) 김 윤 철



공동연구기관명 : (주)한국건설관리공사 (대표자) 이 명 훈



공동연구기관명 : (주)지투이정보기술 (대표자) 정 창 범



주관연구기관책임자 : 김 윤 철

공동연구기관책임자 : 전 호 동

공동연구기관책임자 : 정 창 범

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

과제 고유 번호	17CTAP-C11726 8-02	해당 단계 연구 기간	2017.06.28~ 2018.06.28	단계구분	2/2
연구사업명	중사업명	국토교통기술촉진 연구사업			
	세부사업명				
연구과제명	대과제명	보행자/운전자/작업자 안전을 위한 IoT, Wearable 자발광이 융합된 교통안전 디바이스 및 솔루션 개발			
	세부과제명				
연구책임자	김윤철	해당단계 참여 연구원 수	총: 12명 내부: 12명 외부: 명	해당단계 연구개발비	정부: 280,000천원 기업: 141,000천원 정부 외: 천원 계: 421,000천원
		총 연구기간 참여 연구원 수	총: 2명 내부: 12명 외부: 명	총 연구개발비	정부: 560,000천원 기업: 282,000천원 정부 외: 천원 계: 842,000천원
연구기관명 및 소속 부서명	(주)유엔비테크 (주)한국건설관리공사 (주)지투이정보기술			참여기업명	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	
▪ 사업화 근거 확보를 위한 지식재산권 획득 : 특허출원 3건, 실용신안 2건, 소프트웨어 등록 5건 ▪ 사업화 제품에 대한 공인기관으로부터의 성능 객관성 확보 : 공인시험성적서 2건 ▪ 개발 기술의 제품 구현 가능성 판단 근거 : 시제품 11건 ▪ 기술의 진보성에 대한 하계로 부터의 객관적 인정 : 학술발표논문 2건 ▪ 성과홍보를 위한 전시회 출전 : 해외전시회 출전 1건 ▪ 신규 일자리 창출 : 신규직원 2인 채용 ▪ 현장 적용에 따른 초도 매출액 : 1,100 만원				보고서 면수 : 123면	

<국문 요약문>

연구의 목적 및 내용	1.연구목적 도로공사 중 발생하는 작업자 및 운전자의 안전사고를 최소화하기 위한 IoT 자발광 광섬유LED가 포함된 교통안전 디바이스 및 솔루션 개발					
	2.연구내용 ◦ BLE Beacon이 부착된 IoT형 자발광 광섬유LED 안전표지 개발 ◦ Bluetooth통신을 하는 아두이노와 스피커가 내장된 Wearable 자발광 조끼, 안전밴드 개발 ◦ BLE Beacon 통신 및 메시지 송출을 위한 스마트폰 어플리케이션과 IoT서버 개발 ◦ 자발광 광섬유 LED표지판 유형별 탈부착 시설 디자인 및 시제품 개발					
연구개발성과	도로공사 안전 분야에 최초로 적용되는 자발광 광섬유 LED와 IoT기술이 접목된 융합 솔루션 개발					
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	도로공사 현장에 도입하여 운전자에게는 경각심을 고취시키고 공사현장에서는 안전사고를 최소화 하는데 기여함					
핵심어 (5개 이내)	공사중 교통안전표지	사물인터넷	탈부착	응급신호	작업자안전	

< SUMMARY >

Purpose & Contents	1.Purpose Development of IoT with minimizing safty accident during roadwork and traffic safety device and solution with selfluminous fiber optic LED included. 2.Contents ◦ Optical fiber LED device and safety signals with BLE Beacon equipped ◦ Development of arduino board equipped safety band and safety uest ◦ Communication module, smartphone apps and server program connecting hardware ◦ Unifing each element with fuesd IoT solution				
Results	First graft of Self-luminous fiber optic LED with IoT developed as a solution in the field of road work safety				
Expected Contribution	Arouse attention to drivers by adopting to roadwork site and contribute to minimize safety accident around constructing site				
Keywords	Traffic Safety Mark	IoT	Self-luminousFi ber optic LED	Wearable	Emergency Signal

< Contents >

ch.1 Introduction of R&D Project	12
ch.2 Status of domestic and overseas technology development	17
ch.3 Research content and achievements	22
ch.4 Achievement of goal and contribution to related field	106
ch.5. Plan to utilize R&D achievements	112
ch.6. Information on overseas technology obtained in the period or research	116
ch.7 Security rating of R&D achievement	117
ch.8 Status of research facilities and equipments registered in the National science and technology comprehensive information system	118
ch.9 Implementation of safety measures in laboratories based on R&D tasks	119
ch.10 Representative research achievements of R&D project	120
ch.11 Others	121
ch.12 Reference	122

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요	12
2. 국내외 기술 개발 현황	17
3. 연구 수행 내용 및 성과	22
4. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	106
5. 연구개발성과의 활용 계획	112
6. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보	116
7. 연구개발성과의 보안등급	117
8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황	118
9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적	119
10. 연구개발과제의 대표적 연구 실적	120
11. 기타 사항	121
12. 참고 문헌	122

〈 표 목 차 〉

<표 1.1> 최근5년간(2011~2015년도)공사종류별 사고사례현황	13
<표 1.2> IT기술의 오감적용 예시	14
<표 2.1> 안전산업분야 국내외 시장현황	17
<표 2.2> LED부문별 규모(국내)	18
<표 2.3> 자발광 광섬유LED부문별 안전시장 규모(국외)	19
<표 2.4> 국내 국가연구개발사업 유사연구 사례	20
<표 2.5> 본 과제와 조사된 국가연구개발사업과의 비교1	20
<표 2.6> 본 과제와 조사된 국가연구개발사업과의 비교2	21
<표 3.1> 센서 및 통신 모듈 주요부품	32
<표 3.2> 게이트웨이 모듈 주요 부품	33
<표 3.3> 광휘도 측정 기준	39
<표 3.4> 광휘도 측정 결과	40
<표 3.5> AHP평가항목의 상대적 중요도	47
<표 3.6> 기본디자인	48
<표 3.7> 제작된 시제품	50
<표 3.8> 탈부착시설물 중량측정 결과	66
<표 3.9> 탈부착시설물 설치·해체시간 및 난이도 측정결과	67
<표 3.10> 탈부착시설물별 풍하중 지지력 간이테스트 결과	67
<표 3.11> REST API 메소드	73
<표 3.12> REST API의 특징	74
<표 3.13> 관리자 API	75
<표 3.14> 사용자 API	76
<표 3.15> 게이트웨이용 API	76
<표 3.16> 관리자 앱 개발 환경	82
<표 3.17> 관리자앱 기능정의	82
<표 3.18> 관리자 앱의 주요 API	83
<표 3.19> 스마트폰 앱 개발 환경	90
<표 3.20> 사용자 앱의 주요 기능	90
<표 3.21> 통합테스트 소프트웨어 및 하드웨어 환경	94
<표 3.22> 소프트웨어 및 하드웨어 환경	100
<표 3.23> 시험결과	102
<표 5.1> 사업화 대상 기술의 현장 적용분야	111
<표 5.2> 생산계획	112
<표 5.3> 기대효과(기술적 측면)	113
<표 5.4> 공사종류별 사고사례현황	114

〈 그림 목 차 〉

<그림 1.1> 도로공사 현장에서의 변화	14
<그림 1.2> BLE Beacon을 이용한 IoT	15
<그림 1.3> 저전력 블루투스(BLE) 사용분야	15
<그림 2.1> 사물인터넷 연결 사물수 추이 및 국내외시장규모 전망	19
<그림 3.1> 시스템 개념도	22
<그림 3.2> 시스템 구성도	23
<그림 3.3> 시스템 통합 흐름도	24
<그림 3.4> 시스템 세부 구성도	25
<그림 3.5> 안전표지판 구성도	26
<그림 3.6> 안전표지판의 동작	27
<그림 3.7> 안전표지판의 실제모습	28
<그림 3.8> 태양광 표지판 기본 디자인	28
<그림 3.9> 배터리 및 태양광 컨트롤러 모듈	29
<그림 3.10> 태양광 안전 표지판 구성도	29
<그림 3.11> 태양광 표지판(가로) 설치도	30
<그림 3.12> 태양광 표지판(세로) 설치도	30
<그림 3.13> 센서 및 통신 모듈 합체 설계	31
<그림 3.14> 센서 및 통신 모듈 합체	31
<그림 3.15> 게이트웨이 합체 설계	32
<그림 3.16> 안전표지판 PCB	34
<그림 3.17> Lidar 모듈	35
<그림 3.18> PIR 센서	35
<그림 3.19> 경광등	36
<그림 3.20> 안전표지판(게이트웨이) 설정	37
<그림 3.21> 경광등이 부착된 안전표지판	37
<그림 3.22> 안전표지판의 실제 설치사진 I	38
<그림 3.23> 안전표지판의 실제 설치사진 II	38
<그림 3.24> 광휘도 측정 포인트(한 글자당 4포인트)	39
<그림 3.25> 야간 시인성 시험 사진(셔터 스피드 : 1/60, 조리개:F4.5, ISO :400)	40
<그림 3.26> 광휘도 측정 시험성적서	40
<그림 3.27> LED안전조끼	41
<그림 3.28> 스마트 안전띠	42
<그림 3.29> 시제품 개발 Flow	43
<그림 3.30> 광섬유 제품 적용 예	44
<그림 3.31> 공사중 교통안전표지(한국도로공사)	45
<그림 3.32> 공사중 교통안전표지(국토교통부)	45
<그림 3.33> 도로공사장 교통관리구간	45
<그림 3.34> 표지지주 예	46
<그림 3.35> 표지판에 작용하는 설계풍하중 산정Flow	50
<그림 3.36> 풍하중 간이테스트 사진	65
<그림 3.37> 탈부착시설물 중량측정 사진	66
<그림 3.38> 탈부착시설물 설치·해체시간 및 난이도 테스트 사진	66
<그림 3.39> 탈부착시설물별 풍하중 지지력 간이테스트 사진	67

<그림 3.40> 서버 구성도	68
<그림 3.41> 메뉴구조도	69
<그림 3.42> FCM 작동방법	72
<그림 3.43> curl을 이용한 메시지 전달	72
<그림 3.44> 관리자용 API 주요코드	75
<그림 3.45> 게이트웨이 API 주요 코드	77
<그림 3.46> Dashboard 화면	77
<그림 3.47> 공사현장 리스트	78
<그림 3.48> 센서감지 정보	78
<그림 3.49> 공사현장 별 표지판 정보	79
<그림 3.50> 사용자 정보	79
<그림 3.51> 센서 감지 정보 리스트	80
<그림 3.52> 알람 메시지 통계 정보	80
<그림 3.53> 표지판 상태 통계 정보	81
<그림 3.54> 관리자앱 서비스 흐름도	83
<그림 3.55> 관리자앱 화면설계(가입/로그인/메인/전체알람)	84
<그림 3.56> 관리자앱 화면설계(차트/설정/공사현장정보)	84
<그림 3.57> 회원가입 및 로그인	85
<그림 3.58> 메인화면	85
<그림 3.59> 공사현장 정보	86
<그림 3.60> 통계정보	87
<그림 3.61> 알람정보	87
<그림 3.62> 공지사항 전달 및 설정	88
<그림 3.63> 안드로이드 - 로그인/회원가입/환경설정	88
<그림 3.64> 안드로이드 - 공사현장정보/표지판정보/알람정보	89
<그림 3.65> 서비스 흐름도	91
<그림 3.66> 알람내역	92
<그림 3.67> 공사장 지도 정보	92
<그림 3.68> 설정정보	93
<그림 3.69> 안드로이드 앱 화면	93
<그림 3.70> 통합테스트를 위한 시제품 설치계획도	95
<그림 3.71> 통합테스트를 위한 시제품 설치사진	96
<그림 3.72> 경광등 설치	97
<그림 3.73> 사용자 앱이 설치된 스마트폰(차량 내부)	97
<그림 3.74> 차내 스마트폰 장착 및 주행 사진	98
<그림 3.75> 연동테스트 구성도	99
<그림 3.76> 테스트용 안전 표지판 설치	101
<그림 3.77> 작업자용 스마트폰과 운전자용 스마트폰 장착 및 주행 모습	102
<그림 3.78> 메시지 도달 시험 성적서	105
<그림 5.1> 적용분야	112
<그림 5.2> 미국 산업용 보호용품 시장현황	113

제1장. 연구개발과제의 개요

1. 연구개발 목적

가. 연구개발의 배경 ^{1,11)}

- 경찰청 교통사고 통계자료(2014)에 의하면 2000년 이후 전체 교통사고는 감소 추세인 반면, 도로 공사장 등 열악한 도로환경에서의 교통사고는 2003년부터 2012년까지 6배 이상 증가한 것으로 나타남.(국토연구원, 도로정책Brief, 2015. 11, NO. 97호)
- 이는 전체 교통사고와 비교했을 때 도로 보수나 공사 시에 투입되는 도로작업자의 교통사고 발생률은 오히려 증가하고 있다는 것을 보여준다. 도로작업자는 차량이 실제 주행중인 도로에 항상 노출되어 있으므로 교통안전의 고 위험군으로 분류할 수 있기 때문에 이를 보호하기 위한 장비 또는 기술에 대한 개발이 시급한 실정임.
- 이러한 사회적 상황과 안전관리 문제를 처리하기 위해 최근 급속히 발전하고 있는 휴대단말기 (PDA, 태블릿, 스마트폰), USN(RFID, Bluetooth, Zigbee, Ethernet), 다양한 센서, 데이터베이스를 활용한 서버 등의 ICT기술을 활용하여 새로운 산업안전관리방법을 도입하기 위해 장기적이고 체계적인 기반 기술 구축이 필요함.^{12,13)}
- 특히 4차 산업혁명이 도래하며 다양한 산업에서 정보통신기술(ICT)과의 융합을 연구 및 적용하고 있다. 특히 글로벌 정보통신기술의 핵심 사상인 ‘연결’의 중심에 사물인터넷(Internet of Things)이 자리 잡으며 사물인터넷은 다양한 분야에서 폭넓게 활용되고 생산성 향상, 비용절감, 편의성 증대 등 물질적, 경제적 측면에서 엄청난 효과를 창출하고 있다.¹⁴⁾
- 도로작업자 교통사고 현황
최근 10년 간(2003~2012) 국내 일반국도 도로작업자 교통안전사고 발생건수는 총 114건, 사상자수는 152명(사망 10명, 부상 142명)이다. 이는 도로작업자의 평균 근속년수(20년 이상)를 고려해 볼 때, 10년간 사고노출률이 약 25%로 4명 중 1명이 사고를 경험한 것으로 추산된다. 2012년에 일반국도의 유지보수 업무를 담당하는 국토관리사무소 관내 도로작업자는 총 583명이고 사상자는 27명으로 조사되어 도로작업자의 약 5%가 사망하거나 부상을 당하는 것으로 나타났다. 이는 고 위험군으로 분류되는 소방공무원 직종의 사상자 비율(0.97%)보다 월등히 높은 수준임.

<표 1.1> 최근5년간(2011~2015년도)공사종류별 사고사태현황*

공사종류		발생건수	피해내용			안전관리계획서		사고조사방법			
			사망자	부상자	피해금액	대상	비대상	직접조사	사고조사 위원회	노동부 합동조사	기타
					(백만원)						
합계		202	166	215	2,156,357	96	106	185	3	0	14
건 축 공 사	공동주택	24	20	7	3,800	13	11	21	0	0	3
	문화 및 집회시설	6	6	20	0	0	6	5	0	0	1
	판매시설	4	4	14	0	2	2	3	1	0	0
	의료시설	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0
	교육연구시설	9	10	12	0	2	7	9	0	0	0
	업무시설	17	10	39	0	7	10	16	0	0	1
	숙박시설	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0
	공장	8	9	10	0	3	5	7	0	0	1
	기타공사	15	11	20	1,936,000	5	10	14	1	0	0
	소계	85	72	123	1,939,800	32	53	77	2	0	6
토 목 공 사	도로교량	27	21	38	0	23	4	25	1	0	1
	철도교량	6	4	1	5,957	4	2	6	0	0	0
	도로터널	13	10	9	0	9	4	13	0	0	0
	철도터널	8	9	4	46,000	5	3	8	0	0	0
	외곽시설(항만, 감문·방파제·호안)	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1
	댐	1	2	2	0	0	1	1	0	0	0
	하구둑	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0
	수문 및 부속시설 (통문, 호안 포함)	3	7	5	0	1	2	3	0	0	0
	제방	4	2	2	0	3	1	4	0	0	0
	보	2	0	2	0	2	0	0	0	0	2
	상수도	3	5	0	0	0	3	3	0	0	0
	하수도	12	11	6	0	1	11	9	0	0	3
	옹벽 및 절토사면	8	4	7	56,600	5	3	7	0	0	1
	복개구조물	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0
	기타공사	27	16	16	108,000	11	16	27	0	0	0
	소계	117	94	92	216,557	64	53	108	1	0	8

나. 연구개발의 목적

- BLE Beacon이 부착된 IoT형 자발광 광섬유LED 안전표지 개발
- Bluetooth통신을 하는 아두이노와 스피커가 내장된 Wearable 자발광 조끼, 안전밴드 개발
- BLE Beacon 통신 및 메시지 송출을 위한 스마트폰 어플리케이션과 IoT서버 개발
- 자발광 광섬유 LED표지판 유형별 탈부착 시설 디자인 및 시제품 개발 : 운전자 및 보행자가 쉽게 인지할 수 있는 광섬유 LED표지판을 개발하여, 이를 공사구간에 설치할 수 있는 탈부착시설물을 디자인하고 시제품을 제작

* 국토교통부 건설안전정보시스템(COSMIS) 참조

2. 연구개발의 필요성

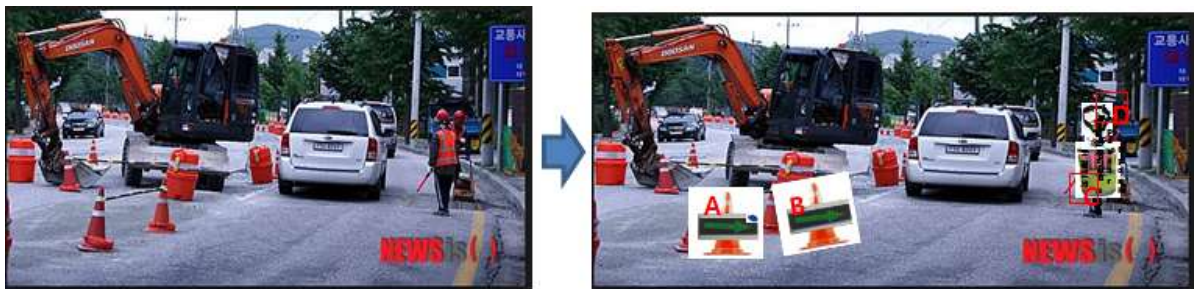
- 미국의 경우 “National Work Zone Awareness Week(NWZAW)” 프로그램을 통해 매년 도로공사장(Work Zone) 안전에 관한 연구를 지속적으로 수행하고 있다. NWZAW에서는 2시간에 한명 꼴로 도로 공사장에서 사망자가 발생하는 것으로 조사되어, 공사장에서의 교통안전에 대한 인식이 세계적으로도 중요한 이슈로 부각 됨.
- 기존의 도로 공사 중에 표시되는 안전표시판만으로는 보행자/운전자/작업자에게 충분한 정보를 제공 할 수 없다. 이에 기존의 안전표시판과 더불어 **새로운 IT기술이 접목** 되어야만 안전 정보를 충분히 제공 할 수 있어 사고의 위험을 줄일 수 있다고 판단됨.
- 도로공사 현장에서 신규 IT기술을 접목한 표시판 표시 방법 및 **오감 자극**을 통한 안전 정보를 전달하여 사고 발생 빈도를 줄이는 것이 필요함.

<표 1.2> IT기술의 오감적용 예시

IT 기술	오감	비고
자발광 광섬유LED	시각	높은 시인성
사물인터넷 (IoT)	시각/청각/촉각	BLE Beacon 사용

가. 제안 시스템

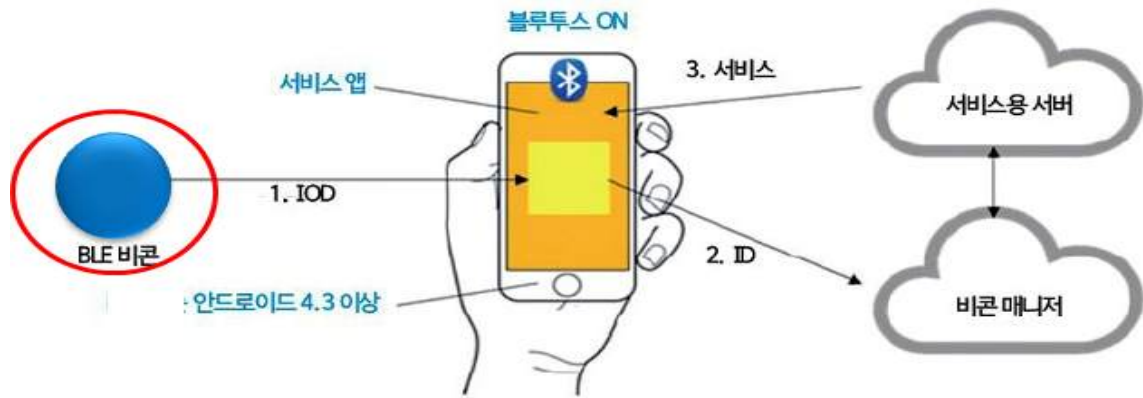
- (1) 도로공사 현장에서의 변화 (BLE Beacon이 내장된 착탈식 자발광 광섬유 LED 표지와 안전밴드/안전조끼 사용)



<그림 1.1> 도로공사 현장에서의 변화

- (2) 보행자/운전자/작업자의 변화 (IoT:사물인터넷)

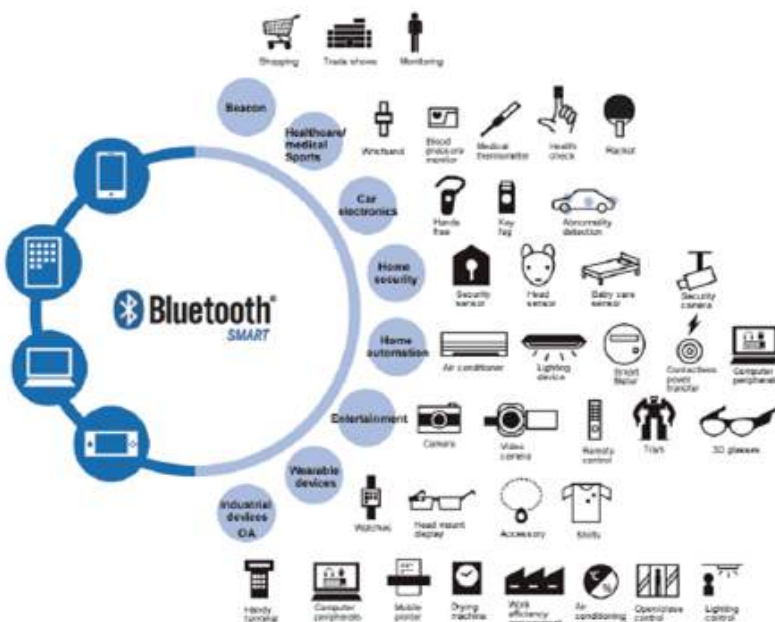
- (가) 스마트폰 블루투스통신을 이용하여 스마트폰에서 문자/알람/진동을 통한 안전정보 획득 및 경고를 인지함.
- (나) 이 중 작업자는 광섬유LED **아두이노 밴드와 조끼**를 착용, 스마트폰의 Bluetooth통신을 이용하여 밴드와 조끼에 부착 된 스피커로 경고음을 작업자에게 전달하여 주의를 환기하고 사고 위험 부담을 최소화.



<그림 1.2> BLE Beacon을 이용한 IoT

c.f) BLE 기술현황 및 전망 ⁹⁾

- BLE : Bluetooth Low Energy, Bluetooth 4.0 표준에 포함(2010년 6월 채택)
- 삼성 갤럭시 S3부터 BLE수신칩 내장
- 제4차 산업혁명의 핵심 기술 중 하나인 IoT(Internet of Things)는 기존의 PC, 노트북, 스마트폰뿐만 아니라 다양한 소물(小物) 기기들에게 통신 기능을 부여하여 센서 데이터 수집과 원격 제어를 가능하게 하여 새로운 부가가치를 창출시키는 새로운 패러다임 제공
- 최근 BLE, Zigbee, Z-wave와 같은 저전력 통신 기술들은 배터리 전원을 기반으로 적은 양의 데이터 전송과 낮은 사용 빈도의 특징을 가진 소물 IoT 기기들에 적합한 통신 기술로 주목 받고 있음.
- 특히 BLE는 범용 기기인 스마트폰, 태블릿, 노트북에 이미 내장된 통신 기술로 다른 저전력 기술들과 달리 쉽게 스마트폰과 태블릿과 연결이 가능하고, 이들 기기들을 게이트웨이로 활용하여 쉽게 클라우드와 연결 가능한 장점이 있음.



<그림 1.3> 저전력 블루투스(BLE) 사용분야

- BLE는 저전력 기능과 쉬운 상호 연결성을 모두 가진 통신 기술로써 스마트 워치, 스마트 안경, 스마트 신발, 스마트 가방 등 여러 소물 기기들에 이미 적용되고 있으며, 다양한 분야에서 활용 가능.
- (BLE 시장 전망) 앞서 설명한 BLE 기술의 장점 때문에 헬스케어 및 운동/건강 시장을 중심으로 BLE 시장이 성장해 왔고, 최근 2~3년 동안은 비콘(Beacon) 시장이 폭발적으로 성장하고 있음.
- (BLE 탑재 기기수 전망) BLE 기능을 탑재한 기기의 수는 2014년 약 18억 대에서 2020년 약 84억 대로 연 평균 29% 급성장 전망

3. 연구개발 범위

본 연구개발은 참여기관별로 아래와 같은 연구범위를 설정하여 연구를 수행하였음.

참여기관	세부 연구범위	연구개발 수행 내용
공통	자료조사 및 계획수립	◦ 관련자료조사 ◦ 과제 계획 수립
	기능 설계 및 도면작성	◦ 목적물별 기능설계 ◦ 세부도면 작성
	통합시제품 디자인구성도 작성	◦ 통합 시제품 시스템계획
주관연구기관 (유엔비테크)	IoT 서버용 솔루션 설계 및 개발	◦ 분석 및 ERD 작성,개발완료 ◦ 단위 테스트
	관리자용 서버 솔루션 설계 및 개발	◦ 분석 및 설계 ◦ 개발 완료
	자발광 광섬유LED BLE Beacon 안전표지 개발	◦ 교통안전표지 디자인 ◦ 시제품 개발
	자발광 광섬유LED 밴드 개발	◦ 설계 및 디자인 ◦ 시제품 개발
	자발광 광섬유LED 조끼개발	◦ 설계 및 디자인 ◦ 시제품 개발
	특허	◦ 특허출원
	소프트웨어 등록	◦ 소프트웨어등록
공동연구기관 (한국건설관리 공사)	공사중 시설물별 탈부착시설물 제작	◦ 공사중 시설물별 부착형태에 따른 탈부착시설물 디자인 및 시제품 제작
	자체Test항목선정	◦ 단위Test 및 통합Test항목 검토 및 선정
	Test환경구현	◦ 단위Test 및 통합Test 구축환경 검토 및 구현
	Test 수행	◦ 단위Test 및 통합Test 수행
공동연구기관 (지투이정보기 술)	사용자APP설계 및 개발	◦ 분석 및 설계 ◦ 앱 개발 및 연동 테스트
	관리자용 앱 개발	◦ 분석 및 설계 ◦ 앱 개발 및 연동 테스트

제2장. 국내외 기술 개발 현황

1. 분야별 국내외 시장현황

가. 안전산업분야 시장현황

안전산업은 “다양한 안전(Safety & Security) 수요에 대해 유·무형의 재화 생산과 서비스 제공을 동반하는 산업”으로 정의할 수 있다. 최근 일본산 방사능 폐기물 유입, 에볼라 창궐, 세월호 사고 등 각종 자연재해와 인재의 피해가 확산되면서 세계적으로 안전에 대한 수요가 높아지고 있는 실정이다. 그러나 안전산업은 민간보다는 공공을 중심으로 수요가 형성되고, 시장의 공급도 공공부문의 수요와 규제에 의존하는 측면이 크다. 따라서 현재 시장은 전반적으로 수요에 비해 과소 생산되고 있다고 볼 수 있다. 안전시장은 매우 협소한 의미에서 **안전장비**와 **안전서비스** 시장으로 분류할 수 있으며, 이를 종합한 세계시장 규모는 2011년에는 2,530억 달러이다. **2021년까지 4,940억 달러** 규모까지 성장할 것으로 예상된다. 이렇게 커지는 시장에 대응하여 선진국에서는 이미 장비와 서비스를 망라한 기업이 다양한 분야에서 통합 솔루션을 제공하고 있다. 국가별 투자 측면에서 상대적으로 후발주자인 중국마저도 안전산업 성장을 위한 장단기 목표를 분명히 하고 실행 중인 상황임.

<표 2.1> 안전산업분야 국내외 시장현황* (단위 : 억달러)

	안전 장비				안전 서비스			
	2011	2016	2021	연평균 증감률 (2011-2021)	2011	2016	2021	연평균 증감률 (2011-2021)
세계	829	1,163	1,570	6.6	1,708	2,435	3,370	7.0
미국	132	181	237	6.0	497	645	810	5.0
서유럽	274	418	607	8.3	393	473	563	3.7
중국	139	228	351	9.7	49	99	180	13.9
일본	54	68	83	4.4	97	123	148	4.3
한국	15	21	27	6.1	35	54	79	8.5

특히 안전 인프라 구축에 적극적인 중동의 안전시장은 연 10% 이상 성장할 것으로 예상되는 등 유망산업으로 부상하고 있음. 최근에는 정보통신기술(ICT) 등 첨단기술과 참신한 아이디어가 접목된 다양한 제품 및 서비스가 등장해 활기를 띄고 있음.

안전저널(2016.1.7.)에 따르면 국내에서는 산업안전보건시장의 규모는 공급 보다는 수요시장이 더 큰 것으로 조사됐다. 공급시장이 1조639억원, 수요시장은 2조9745억원으로 1조9106억원의 잠재적인 수요가 있다.

* The Freedonia Group(2014)참조

이와 더불어 전년 상황에 비해 올해 안전에 대한 요구가 더욱 증가할 것으로 기대된다. 왜냐하면 문재인대통령이 후보 시절 공약으로 강력한 재난 대응시스템 구축 및 위기관리 시스템 구축을 전면에 내세웠기 때문이다. 따라서 이번 정부에서는 안전에 관련한 이슈가 더욱 부각되고 있으며, 위험 관련 위험 직군에 대한 투자 및 안전관리 시스템에 대한 투자가 더욱 증가할 것으로 기대되고 있다. 이와 함께 안전에 대한 공공수요와 민간수요도 함께 증가할 것으로 예상된다.

나. 자발광 광섬유LED부문별 시장현황 ²⁾

다음 표는 LED제품에 대한 국내 시장규모를 보여준다. 꾸준히 시장을 확장하고 있으며 앞으로 안전표지판 개발을 통해 안전관리 시장으로도 확장이 가능할 것으로 기대됨.

<표 2.2> LED부문별 규모(국내)* (단위 :억원)

구 분	2008	2010	2012	2015	2018	CAGR(%)
LED 사인조명	490	787	1,379	2,405	444	22.0
LED Task Light(장식)	61	92	168	303	666	35.1
LED Display	1,115	2,100	3,357	5,000	6,400	19.1
총계	1,666	2,979	4,904	7,708	7,510	25.4

이탈리아 Luminex SPA社는 스스로 빛을 내는 신소재 ‘루미넥스’를 개발하였음. 빛을 전달하는 광섬유와 달리 배터리를 통해 빛을 내며, 보통 옷감처럼 자유롭게 재단·세탁이 가능하며 의류, 가방, 홈인테리어 등의 제품에 활용이 됨.

미국 Marmot社는 스포츠 재킷으로 박막의 EL 패널이 후드, 어깨, 양쪽 소매 부위에 각각 부착되어 있어 야간활동에 필요한 안전장비로 개발. 부착된 EL램프는 야간에 지도를 읽을 수 있을 정도의 조명이 가능하고 구조작업에 적합하며 어깨와 후드의 빛은 멀리 떨어진 곳에서도 잘 보이도록 설계되었으므로 사용자가 위기 상황에 처했을 시 신호를 보낼 수 있도록 되어 있음.

Philips社의 형광섬유 Luma-live는 LED Chip을 섬유기반 직물에 직접적으로 연결하여 인테리어 및 의류와 같은 섬유 제품에 시인성을 줌으로 발광 Display가 가능한 섬유 상품을 개발하고 있으며, 이러한 섬유제품은 각종 행사 및 퀄리티 높은 인테리어 소재로 활용되고 있음.

유럽은 Smart-Its 프로젝트에서 저전력, 초소형의 절전 상황인지 스마트 센서를 연구하여 상용화를 앞두고 있으며, Philips, OSRAM 등 LED소자 제조업체들은 시스템 LED조명을 경쟁적으로 개발

일본은 NEC, NEC Design과 SGI Japan은 LED와 음성인식, 무선통신기술을 결합하여 사용자의 목소리 톤에서 정서를 감지하여 LED의 색상을 변화시키는 LED조명기기 KOTOHANA를 개발 또한 국가주도로 전기 및 신호를 전달하는 전도성 섬유 등 융합기술개발과 공정상의 IT융합을 추진 중이며, 특히 IT산업용 부품소재 부분에서 세계최고의 기술 보유하고 있음

* 「친환경·에너지절감형 LED 조명기술 연구 기획」(한국광기술원) 참조

중국은 LED를 사용하여 “빛의 올림픽”을 개최, 올림픽 경기장을 LED를 이용 건축하여 일약 세계적인 명소로 부각되었으나, 중국의 LED 조명 관련 제품은 아직 성능 면에서 국산 제품에 비해 다소 떨어지나, 많은 수의 기업들이 LED 조명제품을 생산을 하고 있고 미국, 대만계 회사와 합자를 도모하고 있어 국내 업체와의 기술격차가 급격히 줄어들 것으로 예상됨

<표 2.3> 자발광 광섬유LED부분별 안전시장 규모(국외)* (단위 :억원)

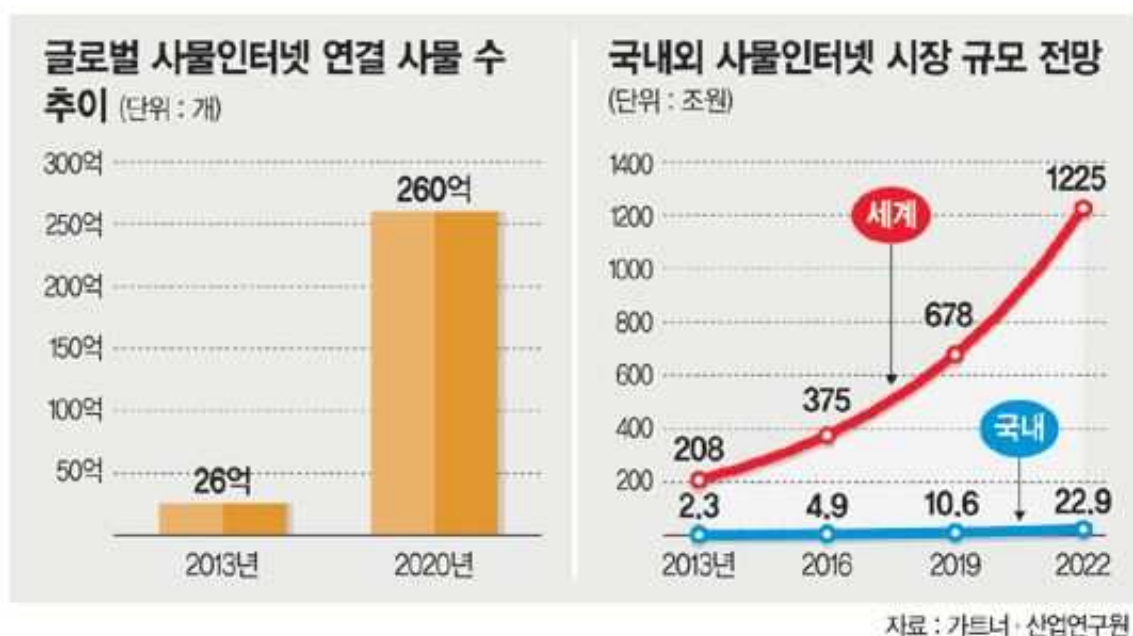
구 분	2008	2010	2012	2015	2018	CAGR(%)
LED 사인조명	7.5	11.5	16.5	26.9	46.4	20.0
LED Task Light(장식)	0.61	4.5	9.0	15	21	42.5
LED Display	26.7	36.7	44	55	64	10.9
총계	34.8	52.7	69.5	96.9	131.4	24.5

상기 국내외 기술 현황을 살펴본 바 거의 전부가 웨어러블, 즉 옷이나 가방등에 그 적용 기술이 집중되어 있음.

따라서 본 연구의 IoT형 광섬유 안전표지를 통해 광섬유 LED의 활용분야를 넓히는 계기가 될 것으로 기대됨.

다. 사물인터넷(IoT) 분야

전세계적으로 정보통신분야의 급속한 발전으로 사물인터넷에 연결가능한 사물 수는 '13년 26억개에서 '20년 260억개로 약 10배 이상 증가할 것으로 예측되며, 이에 따른 시장규모는 글로벌 시장규모는 '16년 375조원에서 '22년 1,225조로 약 3배 이상 증가할 것으로 예측되며, 국내 시장 규모는 '16년 약5조원 수준이며, '22년에는 약 5배 이상 증가한 23조원 규모로 성장할 것으로 예측됨.



<그림 2.1> 사물인터넷 연결 사물수 추이 및 국내외시장규모 전망

* 「친환경·에너지절감형 LED 조명기술 연구 기획」(한국광기술원) 참조

2. 국내외 기술 개발 현황

가. 국가연구개발사업 유사연구 검토

현재까지 완료된 또는 진행중인 국가연구개발사업을 국토교통과학기술진흥원 국가연구개발과제현황 자료에서 조사한 결과, <표 2.4>와 같이 2건의 유사 연구사례를 발견하였다.

<표 2.4> 국내 국가연구개발사업 유사연구 사례

과제명	주관연구기관	총연구기간	연구비(원)	비고
건설현장 안전관리를 위한 위험요소 감지 및 작업자 무선측위시스템 개발	(주)페타리	2016.04.27 ~ 2017.12.31 (1년7개월)	461,700,000	완료
도로변 수직구조물 충돌사고 및 도로작업자 위험도 경감기술 개발	한국건설기술연구원	2015.05.29 ~ 2019.05.28 (4년)	2,528,000,000	진행중

우리기술과 두 유사연구 사례의 가장 큰 차이점은 상호연동성에 있다. 두 연구사례는 하드웨어에 의존하는 연구인데 반해 우리 기술은 하드웨어와 소프트웨어의 연동을 통하여 위험을 감소시키거나 예방하는데 중점을 두고 있다. 우리 기술의 경우 안전표지판이라는 하드웨어와 스마트폰 앱, 서버 프로그램이 상호작용하도록 구성하고 있으며, 축적된 자료를 빅데이터로 활용가능할 수 있는 장점을 가지고 있다. 각 사례에 대한 자세한 차별점은 다음 표로 정리하였다.

<표 2.5> 본 과제와 조사된 국가연구개발사업과의 비교1

연구과제명	건설현장 안전관리를 위한 위험요소 감지 및 작업자 무선측위시스템 개발
주관연구기관	(주)페타리
연구내용	건설현장의 안전관리를 자동화할 수 있도록 작업자의 위치를 50cm 수준의 위치정확도로 실시간 측정할 수 있는 무선측위시스템의 개발과 작업장의 위험요소를 자동으로 감지하고 분류하여 등록 관리할 수 있는 화상처리/객체처리가 가능한 현장 모니터링 시스템 개발
본 과제와의 차별성	위 시스템의 경우 내부적인 위험요소를 알려주는 데 한정되어 있다. 내부적인 위험요소를 관리하고 이를 모니터링한다. 이와 달리 본 연구에서 개발한 시스템은 외부적 위험요소를 확인하고 모니터링하며, 위험요소에 대해 관리자와 작업자에 알려주어 위험에 대비하도록 한다. 이와 함께 외부인인 운전자에게도 공사정보를 알려주도록 하여 외부인에게도 위험요인을 알려주고 대비하도록 하였다.

<표 2.6> 본 과제와 조사된 국가연구개발사업과의 비교2

연구과제명	도로변 수직구조물 충돌사고 및 도로작업자 위험도 경감기술 개발
주관연구기관	한국건설기술연구원
연구내용	도로 작업자 보호용 이동식 방호울타리 및 도로 작업자 회피 시스템 개발의 경우 도로에서 작업 중인 작업자를 보호하는 시설로, 도로 작업장용 이동식 방호울타리와 도로작업장에 차량이 진입할 때 작업자들에게 경고를 보내 회피할 수 있도록 하는 시스템을 개발하고자 함. 도로작업자 보호용 이동식 방호울타리의 경우 대안 설계를 수행 후 수요기관 의견을 청취하고, 대안에 구조 해석 및 컴퓨터 시뮬레이션 수행, 실내외 실험을 통한 부재 실험, 시제품 제작 및 실물차량 충돌실험을 수행하고자 함. 이동식 방호울타리의 경우 개발 범위는 고속도로 등 간선도로에서 활용 가능한 대형 이동식 방호울타리와 도심지에서 활용할 수 있는 소형 이동식 방호울타리를 개발하고자 함 도로작업자 회피/경보 시스템의 경우 시스템 구성 및 설계, 센서 선정 등 하드웨어 부분과 도로위험구간 인지를 위한 검지 알고리즘 등 소프트웨어 부분으로 구성하고자 하며, 개발된 시제품에 대해 실제 공사장에 적용함으로써 보완을 수행하고자 함. 또 연구를 통해 개발한 장비에 대해 실용화 전략 마련 및 도로 공사장 교통관리 지침 개정(안) 마련을 최종단계에서 수행
본 과제와의 차별성	위 시스템의 경우 공사중 차량이 진입하는 위험에 대해 작업자에게 경고를 보내 회피할 수 있는 것에 한정하고 있다. 이와 달리 본 연구에서 개발한 시스템은 외부적 위험요소를 확인하고 모니터링하며, 위험요소에 대해 관리자와 작업자에 알려주어 위험에 대비하도록 할 뿐 아니라 외부인인 운전자에게도 공사 정보를 알려주도록 하여 외부인에게도 위험요인을 알려주고 대비하도록 하였다. 또한 위 시스템이 하드웨어 구현에 중점을 두고 있는 반면, 본 시스템은 안전표지판, 클라우드 서버, 운전자, 작업자들이 상호 작용할 수 있는 소프트웨어에 중점을 두고 개발하였다.

나. 국내 유사 신기술 검토

현재 국내에서 건설신기술 및 교통신기술로 등록된 현황을 조사하였으나, 본 연구와 유사한 신기술 및 중복기술은 없는 것으로 파악되었음.(한국건설교통신기술협회 신기술 지정현황 참고)

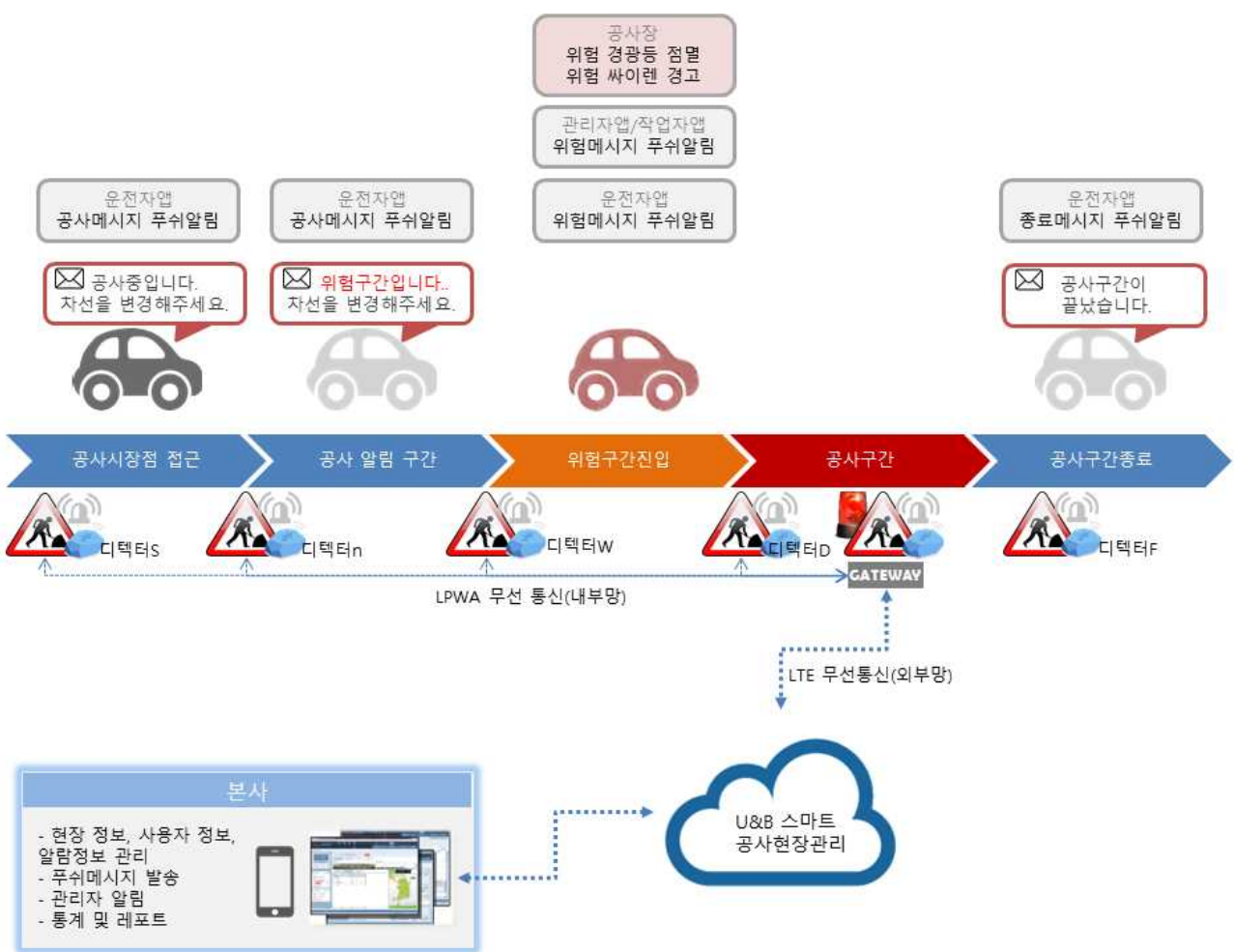
제3장. 연구 수행 내용 및 성과

1. 시스템 설계

가. 전체 시스템

(1) 최종 목표

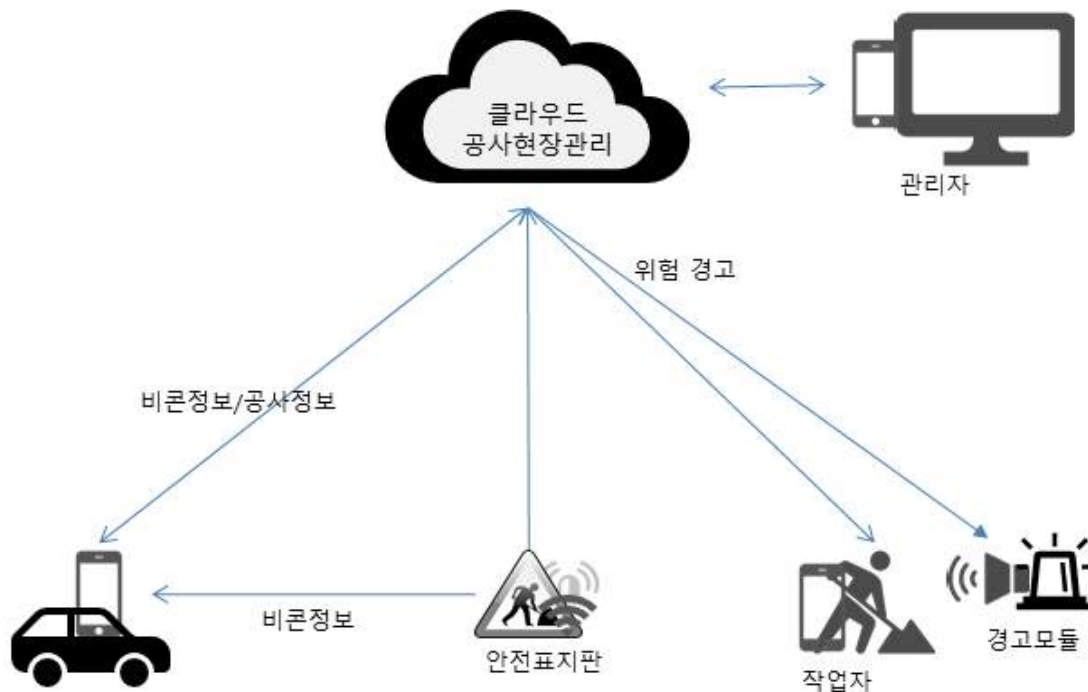
도로공사 안전표지/안전밴드/안전조끼를 자발광 광섬유 LED BLE Beacon으로 개발한 후 IoT기술을 접목, 오감(시각,청각,촉각)을 자극하여 도로 공사 현장의 안전을 향상 시키는 것을 목표로 한다. 다음 그림은 최종 개발 내용을 개념화 그림이다.



<그림 3.1> 시스템 개념도

(2) 시스템 구성 및 흐름

본 연구개발을 통해 구현한 시스템 구성도는 다음 그림과 같으며 도로공사현장에 설치할 비콘과 센서를 탑재한 스마트 안전표지판과 운전자/작업자의 스마트폰에 설치한 앱과 클라우드 안전관리 시스템을 연계하여 동작하도록 구성하였다.⁷⁾



<그림 3.2> 시스템 구성도

- 스마트 안전표지판** : 도로공사 현장과 공사현장 전방에 설치한다. 비콘과 센서를 이용하여 위험정보를 운전자 앱과 클라우드 서버에 전송한다. 자체 통신모듈을 추가하여 앱이 설치되지 않은 차량이 접근할 경우에도 라이더 센서를 이용하여 거리를 감지하고, 위험구간에 접근한 경우 클라우드 서버에 위험을 전송할 수 있도록 기능을 개선하였다.
- 운전자용 앱** : 스마트 안전표지판의 비콘을 인식하고 서버에 비콘 정보를 전달한다. 서버에서는 비콘 정보와 차량의 속도, 센서와의 거리를 바탕으로 운전자에게 맞춤형 메시지를 전달하여 차선변경, 저속주행 등의 안전 운전을 유도하도록 설계하였다. 또한 주변의 공사현장 정보를 지도형태로 확인할 수 있도록 구성하였다.
- 작업자용 앱** : 작업자의 위치를 서버에 전송하고, 위험 구간에 차량이 접근할 경우 작업자에게 해당 정보를 전송하여 안전구역으로 대피할 수 있도록 구성하였다. 서버와 통신에는 REST API를 이용하며, PUSH 메시지를 이용하여 작업자에 위험상황을 전달한다. 스피커가 연결된 안전띠와 안전조끼 등의 웨어러블 장비와 연결이 가능하도록 개발하였다. 운전자용 앱과 작업자용 앱은 기능적으로 중복되는 기능을 수행하기 때문에 두 개의 앱을 통합하여 개발하였으며, 운전자 모드와 작업자 모드를 선택하여 실행되도록 개발하였다.
- 클라우드 서버** : 클라우드 서버는 운전자와 작업자에 정보를 전달하는 푸시서버, 비콘 정보와 센서정보를 전달받아 저장할 수 있는 데이터 수집 모듈, 관리자가 스마트표지판의 설정값을 설정할 수 있도록 하는 설정모듈과 전체시스템을 확인하고 관리할 수 있는 관리 모듈, 데이터를 분석하고 시각화할 수 있는 통계분석 모듈로 분리 설계하여 시스템의 확장성을 높일 수 있도록 하였다.

스마트 안전표지판의 라이더 센서가 차량을 감지하면 거리를 확인하여 위험구간에 접근한 경우 클라우드 서버에 해당 정보를 전송하여, 공사장내 설치되어 있는 경고 모듈과 작업자

스마트폰과 웨어러블 디바이스를 통해 작업자에 위험 정보를 전달할 수 있도록 하였다. 관리자는 스마트폰이나 웹기반 관리모듈을 통해 위험구간의 거리, 차량과의 거리, 센서 정보의 전송 주기 등을 설정할 수 있으며, 통행량, 시간대별 차량흐름 등의 통계 및 차트를 확인할 수 있어 안전 공사시간을 결정하는 자료로 활용할 수 있도록 개발하였다.

각 장치들을 통합 흐름도는 다음 그림과 같다. 안전표지판을 구분하기 위해 안전표지판의 위치에 따라 시작점에 놓이는 안전표지판을 디텍터S, 위험구간 시작점에 놓이는 안전표지판을 디텍터W, 위험구간 끝에 설치하는 안전표지판을 디텍터D로 구분하였다. 또한 작업장에 설치되는 안전표지판을 GATEWAY로 표시하고 그 외에 디텍터W와 디텍터S 사이에 설치되는 안전표지판 들을 디텍터n으로 표기하였다.

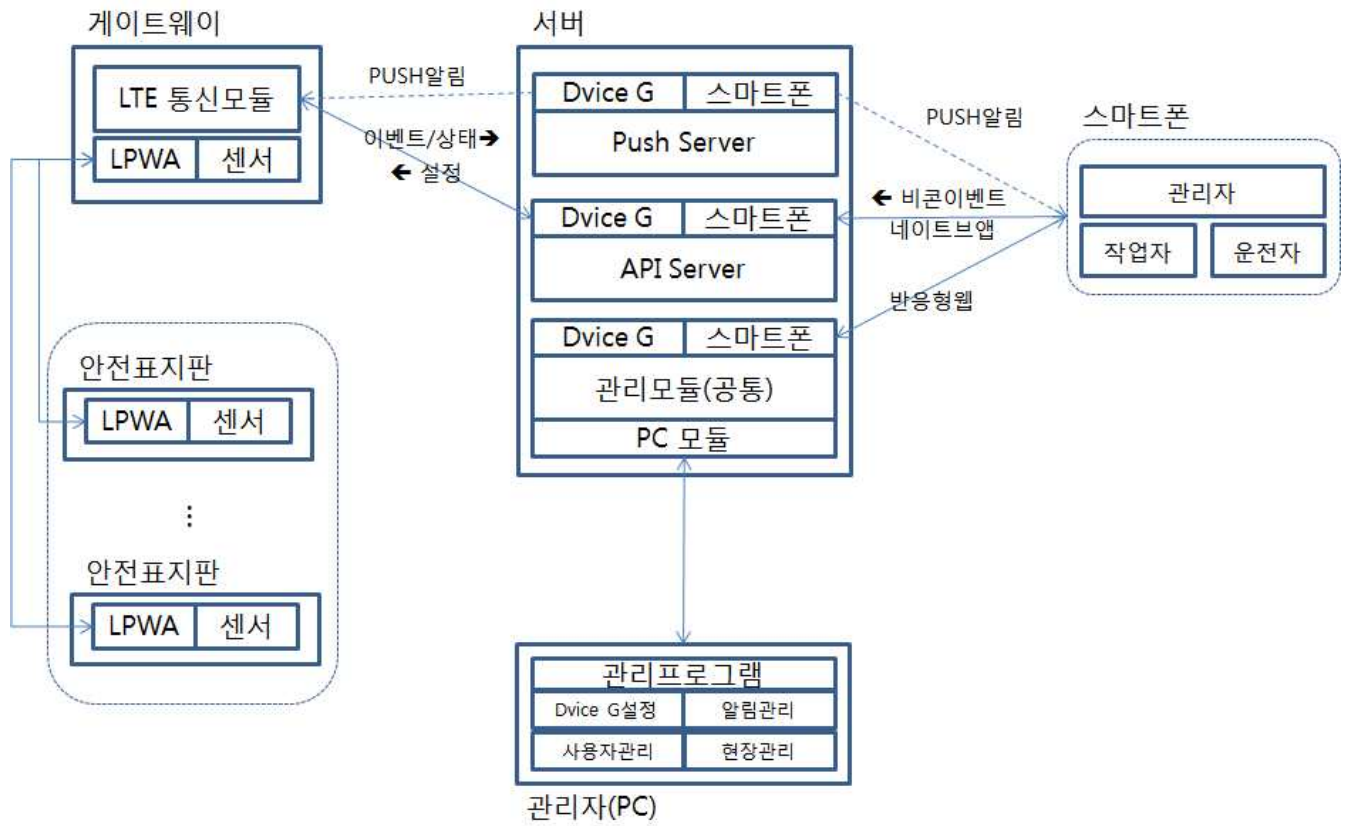


<그림 3.3> 시스템 통합 흐름도

차량이 디텍터 S에 진입할 경우 운전자에게 알림메시지를 전달하여 안전운전 및 차선 변경을 유도하도록 한다. 디텍터 n을 거치는 동안 계속해서 공사구간을 알려주고 차선 변경을 유도하도록 하였다. 디텍터W에 도달할 경우 운전자에게 적극적인 알림을 알려주는 한편, 공사장에 있는 게이트웨이에 위험차량의 진입을 알려주어 경광등을 점멸하고, 싸이렌같은 음향 효과를 주도록 하였다. 이를 통해 작업자들이 상황을 인지하고 대피할 수 있도록 한다. 이와 함께 작업자 스마트폰도 위험을 알려주어 게이트웨이의 사각지대에서 작업하는 작업자들도 위험을 인지하고 대피할 수 있도록 하였다. 또한 스마트폰과 연계된 안전모와 안전조끼 등의 웨어러블 장비들을 통해 위험을 알려주도록 하여 작업자들이 위험을 인지할 수 있는 가능성을 극대화 하였다.

(3) 시스템 구성도

본 시스템은 안전표지판, 클라우드 서버, 스마트폰, 웨어러블 장비 등으로 구성되어진다. 안전표지판의 경우 공사장에 설치되는 장비와 공사정보를 운전자에게 알려주기 위한 표지판으로 분리되며, 공사장내부에 설치되는 안전표지판에는 경광등과 LTE통신 모듈이 추가되어 있다. 스마트폰 앱의 경우 관리자용과 사용자용으로 구분된다. 사용자용 앱은 내부적으로 운전자모드와 작업자모드를 설정할 수 있다. 작업자의 경우 블루투스를 통해 안전모, 안전조끼등의 웨어러블 장비와 연결이 가능하다. 다음은 각 구성요소에 대해 세부적인 모듈을 보여준다.



<그림 3.4> 시스템 세부 구성도

2. IoT센서를 이용한 안전표지판 개발

가. 개요 및 동작 방법

안전표지판은 LPWA통신과 광섬유 LED, 비콘을 통합하여 개발하였다. 주행중인 차량이 공사현장에 접근할 경우 LED를 이용하여 시각적으로 운전자에 공사중임을 알려주고, 앱이 설치된 경우 공사에 대한 정보를 알려주도록 하였다. 또한 안전표지판의 센서를 이용하여 주행중인 차량을 인식하고 위험구간에 도달했을 경우 공사현장에 설치한 위험 안내표지판에 정보를 전송하도록 하였다.⁸⁾

안전 표지판의 구성은 다음 그림과 같다.



<그림 3.5> 안전표지판 구성도

그림에서 확인할 수 있는 것처럼 안전 표지판은 표지판D, 표지판 S, 안전표지판 W의 세가지 형태로 개발하였다.

-**표지판 S** : 공사현장을 알리는 표지판으로 도로 공사현장 전방에서 500m 이상 떨어진 위치에 설치하며, 차량을 감지하기 위한 라이다(Lidar) 센서와 감지된 정보를 표지판D로 전송할 수 있는 LPWA통신모듈로 구성된다. 이와 별도로 현재 기온 등 환경 정보를 수집할 수 있는 센서와 운전자에게 시각적 정보를 전달하기 위한 광섬유 LED와 함께 운전자 스마트폰에 정보를 메시지로 보내주기 위한 비콘을 장착하였다.

-**표지판 W** : 공사현장의 위험구간에 설치하는 표지판으로 차량이 위험구간에 진입할 경우 Ridar센서가 이를 감지하고 이벤트 처리기에서 거리를 확인하여 위험 거리인 경우 위험정보를 표지판D에 LPWA통신모듈을 통해 위험정보를 알려줄 수 있도록 구성하였다.

-**표지판 D** : 공사현장 내부에 설치되는 모델로 광섬유LED와 LPWA, 스피커, 경광등으로 구성된다. 모델 W에서 차량을 감지하면, 해당 정보를 통신모듈을 통해 전달받게 되고 이벤트 처리기에서 스피커와 경광등을 작동시켜 현장 작업자들에게 위험을 알려 대피할 수 있도록 하였다.

도로공사 현장의 특성상 세 모델의 거리가 원거리에 위치할 수 있다. 따라서 세 개의 모델은 공통적으로 원거리 통신이 가능한 LPWA통신 모듈을 탑재하였으며, 센서에서 감지한 정보를 상호 전달할 수 있는 프로토콜을 개발하였다. LPWA모듈은 별도의 설정과정이 필요 없이 버튼을 눌러 페어링 과정만 거치면 서로 연동되도록 하여, IT장비에 익숙하지 않은 현장 작업자들도 쉽게 사용할 수 있도록 하였다. 전력 소모가 적은 LPWA모듈과 함께 기존 LED보다 적은 전력으로 구동할 수 있는 광섬유 LED를 사용하여 무선환경에서 배터리 소모를

최소화 하도록 구성하였다. 이와 함께 낮 시간에 태양광을 이용하여 배터리를 충전할 수 있는 태양전지판을 탈부착할 수 있도록 하여 공사기간이 길어지더라도 배터리의 교체없이 표지판이 동작할 수 있도록 하였다.

다음 그림은 안전표지판의 동작방법을 보여준다. 차량이 표지판 S를 지날 경우 공사 중이라는 표지판과 함께 비콘을 통해 운전자 스마트폰에 전방에 공사현장이 있음을 알려주고 안전운전과 차선변경을 유도하도록 하였다. 야간에도 표지판을 인식할 수 있도록 광섬유LED를 사용하였다. 특히 광섬유 LED는 일반 LED보다 전력을 적게 소모하면서도 야간운전에서도 충분히 인지할 수 있음을 실험을 통해 확인하였다.



<그림 3.6> 안전표지판의 동작

표지판n은 표지판 S와 동일 모델로 운전자의 시각과 스마트폰 앱을 통해 전방에 공사현장이 있다는 정보를 반복해서 알려주어 안전운전 및 차선변경을 유도할 수 있도록 구간에 반복 설치할 수 있다.

차량이 차선을 변경하지 않고 위험구간에 접근할 경우 표지판 W가 이를 인지하여 LPWA 통신을 이용하여 즉시 표지판D에 전달한다. 표지판 D는 위험정보를 전달받은 경우 경광등과 스피커를 통해 위험상황을 작업자에게 전달하고 작업자가 능동적으로 위험상황에 대처하거나 대피할 수 있도록 유도한다.

안전 표지판의 실제 모습은 그림과 같다. 상단에 태양광전지판이 부착되어 있고, 그 아래 ‘공사중’이라는 글씨의 광섬유LED를 부착하여 야간에도 표지판을 식별할 수 있도록 하였다. 아래 부분에는 센서와 통신모듈을 설치하였다.



<그림 3.7> 안전표지판의 실제모습

나. 개발 내용

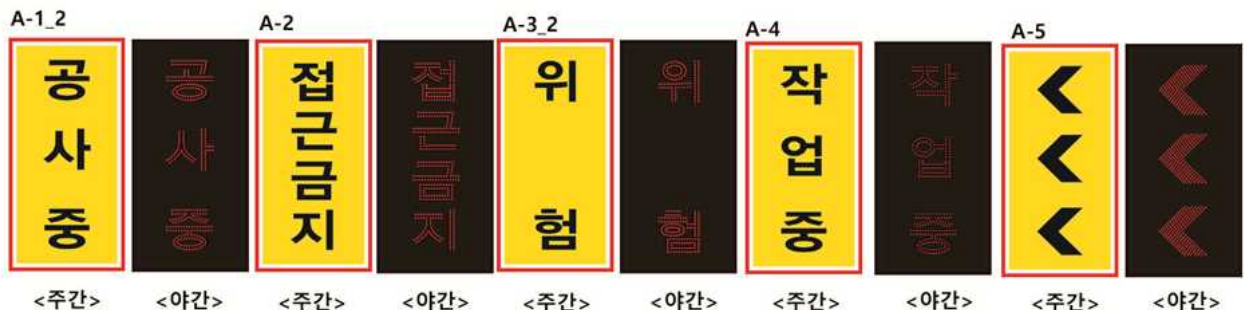
(1) 태양광 표지판

태양광 표지판의 기본 디자인은 다음 그림과 같다. 가로와 세로 형태의 2가지 형태로 개발하였다. 이는 도로공사의 특성 상 중앙에 설치할 경우와 도로 밖에 설치하는 경우를 모두 고려하여 2가지 형태로 설계하였으며, 구체적인 크기와 내용은 그림과 같다.

규격 : 600mm×300mm



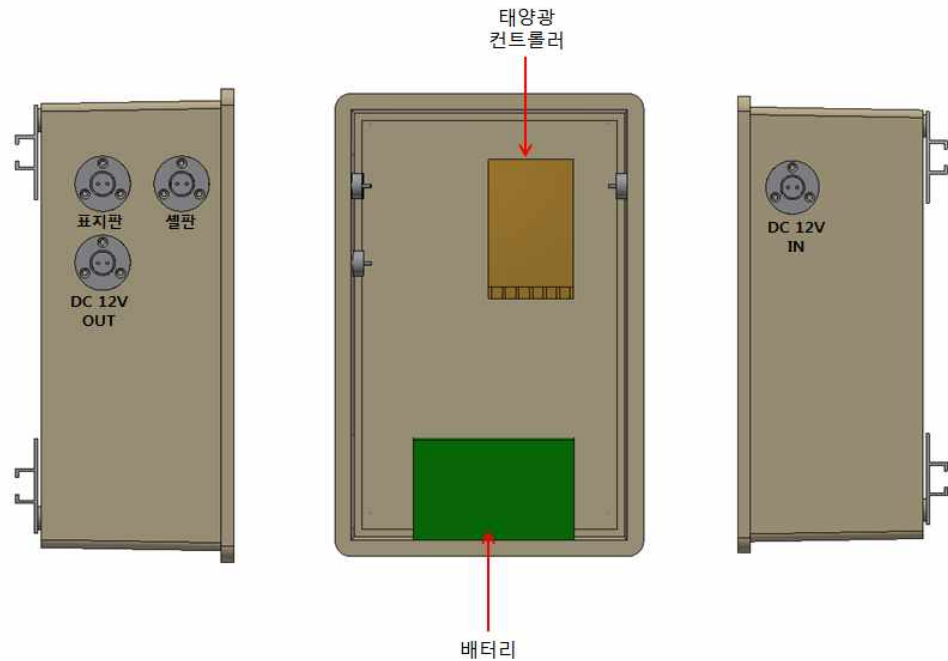
규격 : 300mm×600mm



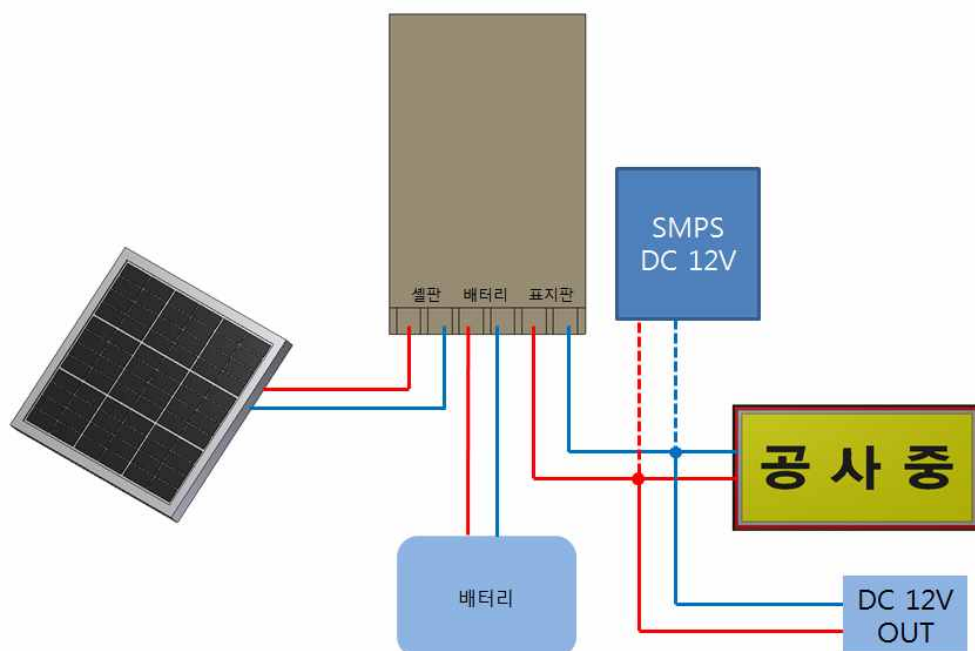
<그림 3.8> 태양광 표지판 기본 디자인

노란바탕에 검정글씨로 되어 주간에 시인성을 충분히 확보할 수 있으며, 야간의 경우에는 광섬유 LED를 사용하여 적은 전력소모에서도 충분한 시인성이 확보됨을 시인성 테스트 실험을 통해 확인하였다. 태양광을 사용하기 때문에 배터리를 주간에 충전하고 야간에 사용할 수 있어 공사기간 내에 배터리 교체없이 사용할 수 있도록 하였다.

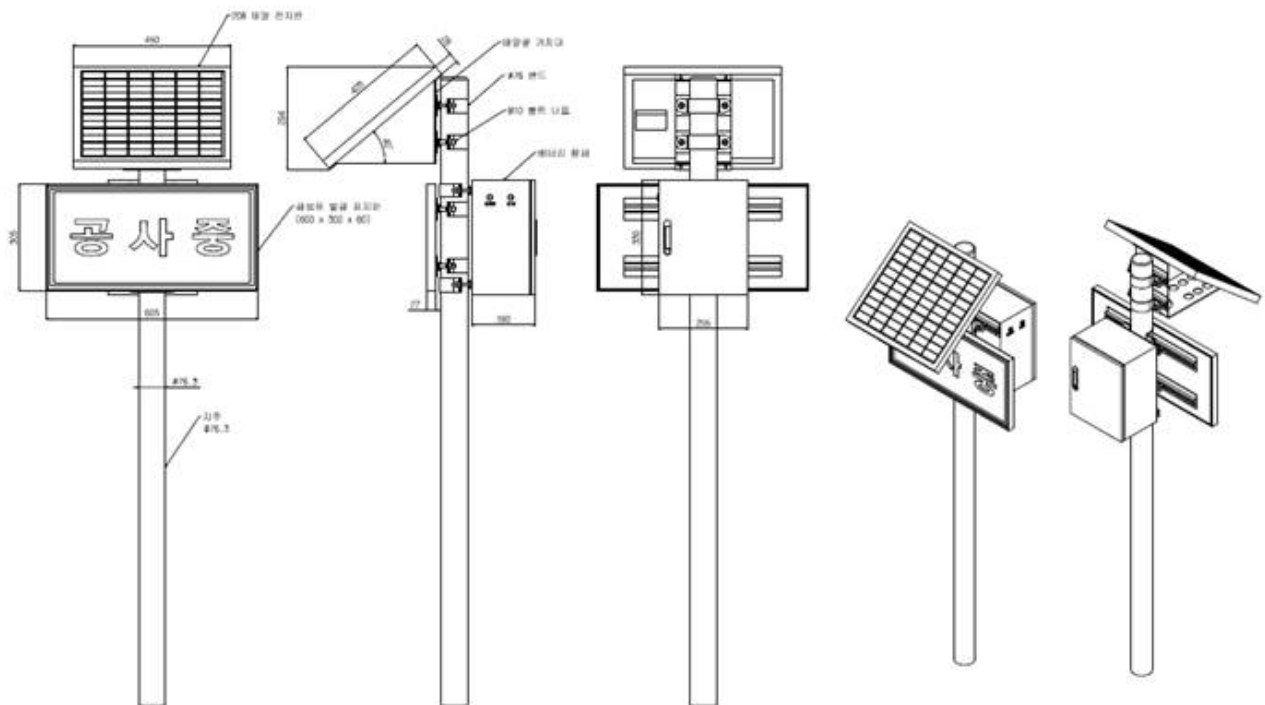
배터리와 태양광 컨트롤러를 하나의 합체로 개발하였다. 공사장의 특성상 외부에 노출되어 있는 경우가 많기 때문에 배터리 모듈과 컨트롤러 모듈을 방수합체에 넣어 설계하였다. 다음 그림은 합체에 대한 기본 설계구조 이다.



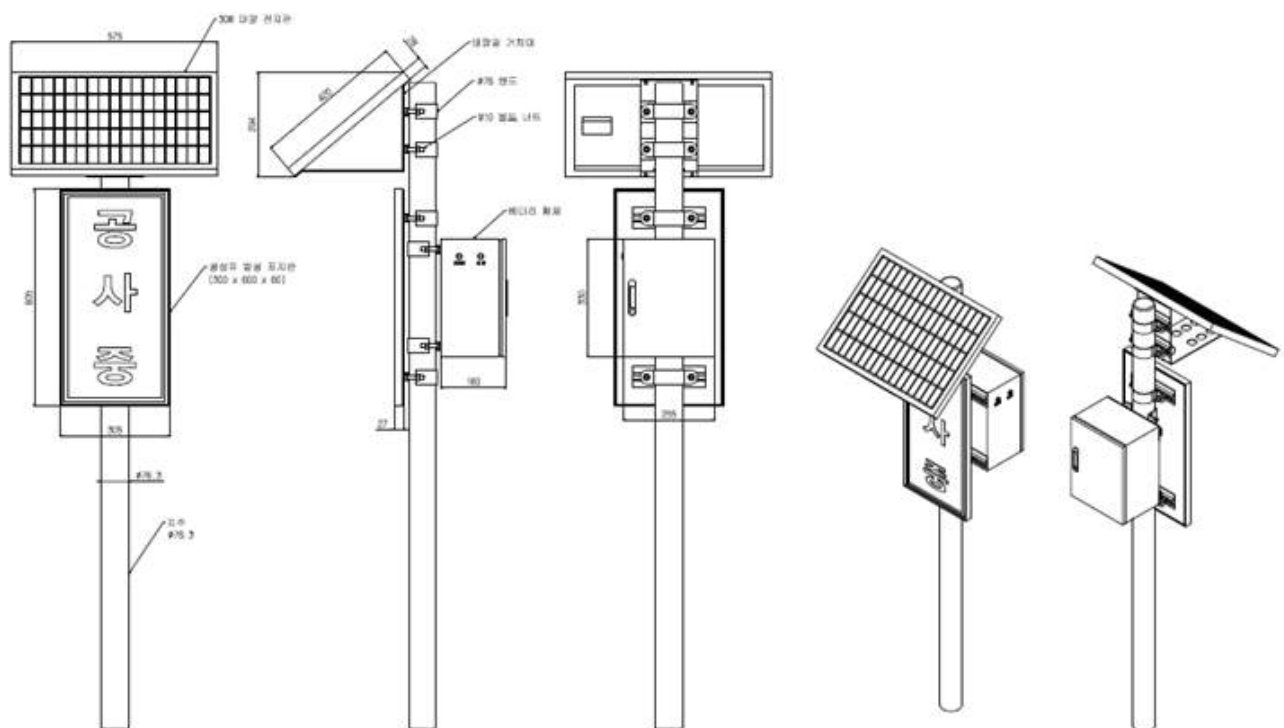
<그림 3.9> 배터리 및 태양광 컨트롤러 모듈



<그림 3.10> 태양광 안전 표지판 구성도



<그림 3.11> 태양광 표지판(가로) 설치도



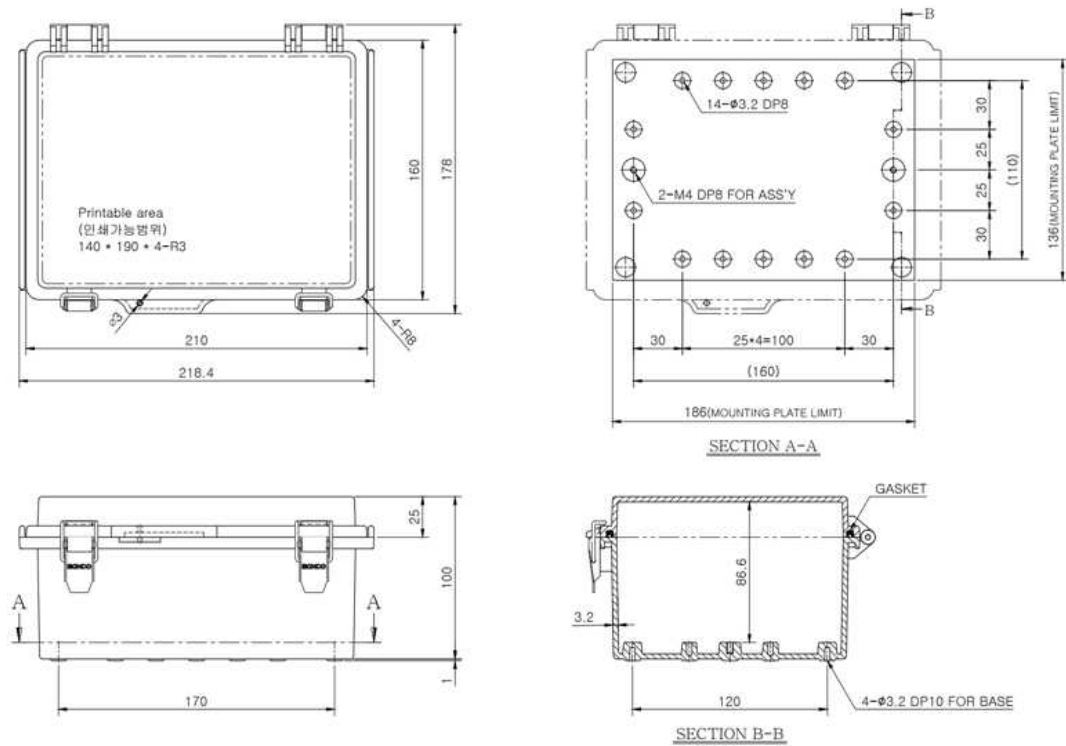
<그림 3.12> 태양광 표지판(세로) 설치도

(2) 안전표지판 센서 및 통신모듈

(가)함체설계

센서 및 통신 PCB기판을 넣은 함체의 기본 설계는 다음 그림과 같다. 태양광 모듈과 마

찬가지로 외부 작업에 대비하여 방수기능과 함께 내부에 민감한 센서 모듈을 탑재하여 온도를 유지할 수 있도록 환기구를 설치하였다. 또한 표지판과 같이 배터리를 공유하여 사용하기 위해 해당 배터리부와 연결할 수 있는 연결부를 장착하였다.

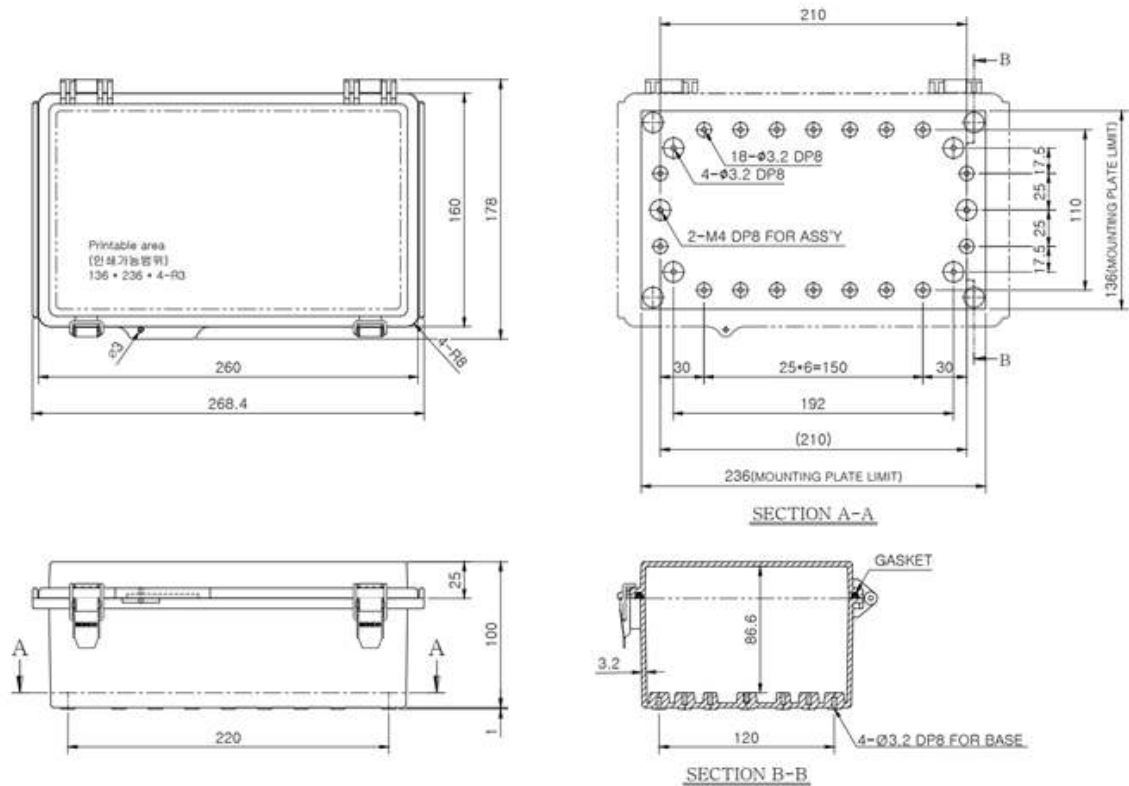


<그림 3.13> 센서 및 통신 모듈 합체 설계



<그림 3.14> 센서 및 통신 모듈 합체

게이트웨이의 경우 일반 LPWA통신 모듈외에 LTE망을 통해 외부에 있는 서버와 통신을 할 수 있어야 한다. 따라서 PCB기판의 크기와 모양이 달라 게이트웨이에 대한 함체 설계부분을 따로 하였다.



<그림 3.15> 게이트웨이 함체 설계

(나)주요 부품

- 센서 및 통신 모듈

<표 3.1> 센서 및 통신 모듈 주요부품

Device	Function	Spec
MCU	System 제어	■Core: ARM 32-Bit Cortex-M3 ■Performance: 72MHz 1.25 DMIPS/MHz ■Memory: - Flash memory 64Kbytes - SRAM 64Kbyte
LIDAR	차량이 동시차량과 LIDAR설치장소 간의 거리를 0.02초마다 측정하여 차량이 위험지역으로 들어왔는지를 감지한다.	■Range:0~40mLaserEmitter ■Accuracy:+/-2.5cmatdistancesgreaterthan1m ■RepRate:1 - 500Hz ■BeamDivergence:4mRadianx2mRadian
LPWA Module	GateWay와통신을통해 차량 감지 데이터를 발신하고 설정과 관련된 정보를 수신한다.	■통신거리:5Km ■통신주파수:424~447MHz ■RFRXSensitivity: Up to -124dBm ■1:NStart-Network

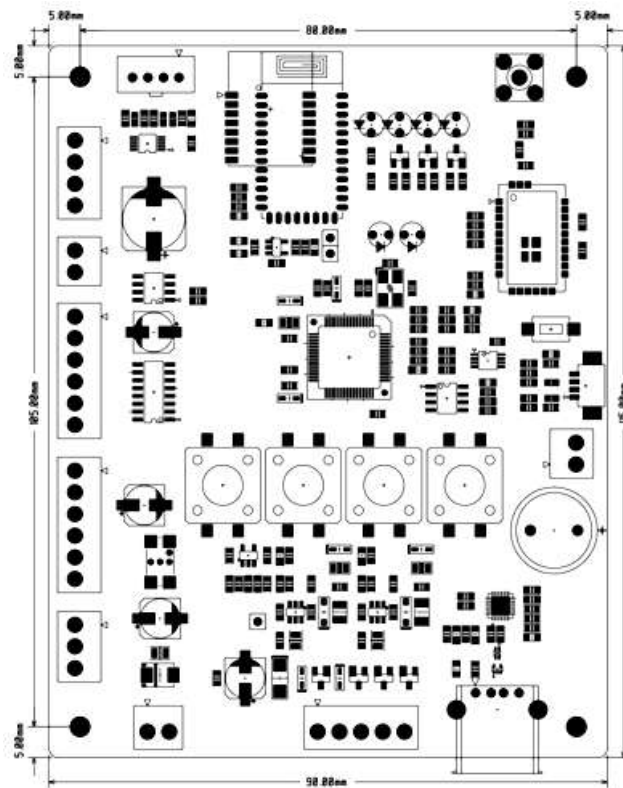
BLE Module	BLE를 통해 iBeacon을 구현하고 운전자의 휴대폰으로 경보를보냄	■Bluetoothversion4.0 ■BLERFpower:-23dbm,-6dbm,0dbm,6dbm
USB to UART Bridge	시스템 유지 보수를 위한 Port	■USBSpecification2.0compliant;full-speed ■Baudrates:2400bpsto921600bps
FET	System을열폭주로부터보호하기위한 FANON/OFF제어	■50A,60V ■rDS(ON)=0.022Ω
Temperature Sensor	System의 온도를 감지하여 과열시 FAN을 제어하여 온도를 줄이기 위 한 센서	■Accuracy : ± 0.25 (typical) (maximum) from -40°C to +125°C ■OperatingCurrent:200μA(typical)

- 게이트웨이 모듈

<표 3.2> 게이트웨이 모듈 주요 부품

Device	Function	Spec
CPU	System 제어	■Core: ARM 32-Bit Cortex-M3 ■Performance: 72MHz 1.25 DMIPS/MHz ■Memory: - Flash memory 64Kbytes - SRAM 64Kbyte
LPWA Module	차량을감지하는 DetectorNode들 로부터 차량감지데이터를수신	■통신거리:5Km ■통신주파수:424~447MHz ■RFRXSensitivity: Up to -124dBm ■1:NStart-Network
BLE Module	BLE를통해iBeacon을구현하고 현장작업자의휴대폰으로경보를 보냄	■Bluetoothversion4.0 ■BLERFpower:-23dbm,-6dbm,0dbm,6dbm
USB to UART Bridge	DetectorNode의 정보를전달하기위한통신	■USBSpecification2.0compliant;full-speed ■Baudrates:2400bpsto921600bps

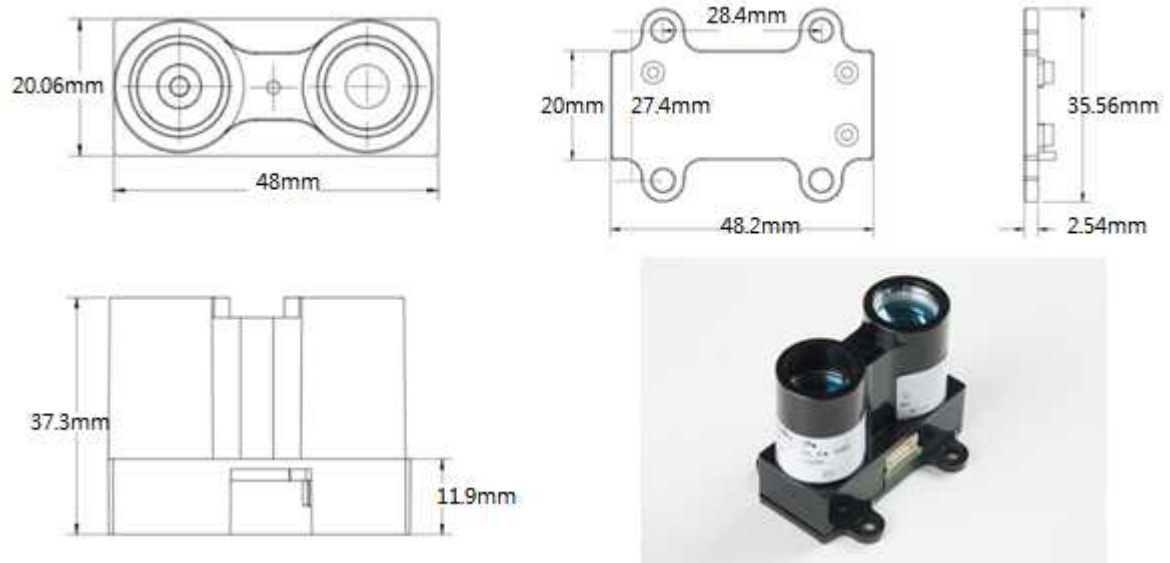
Audio Amplifier	차량으로 인해 작업자의 안전에 위협이 발생될 시 강력한 경고음을 발생하기 위한 AMP	■ 160-W+160-W output power ■ Gain 23.8dB, 29.8dB, 33.3dB and 35.8dB
High Side Driver	경광등 제어	■ Voltage Range: 6 to 36V ■ Driver Current: 6A ■ ON Rds: 60m Ω
FET	System을 열폭주로부터 보호하기 위한 FANON/OFF 제어	■ 50A, 60V ■ rDS(ON)=0.022 Ω
Temperature Sensor	System의 온도를 감지하여 과열시 FAN을 제어하여 온도를 줄이기 위한 센서	■ Accuracy $\pm$ 0.25 (typical) (maximum) from -40°C to +125°C ■ Operating Current: 200 μ A (typical)



<그림 3.16> 안전표지판 PCB

- Lidar모듈

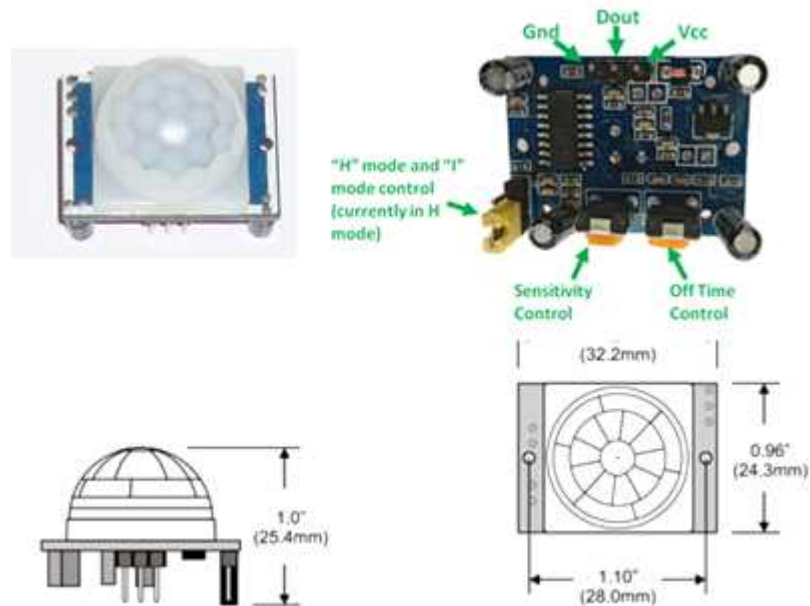
차량과의 거리를 측정하기 위해 Lidar모듈을 사용하였다. Lidar모듈은 차량간의 거리를 측정하여 차선변경정보를 운전자에게 보내주거나, 작업장에 위험정보를 보내줄 수 있다.



<그림 3.17> Lidar 모듈

- PIR 센서

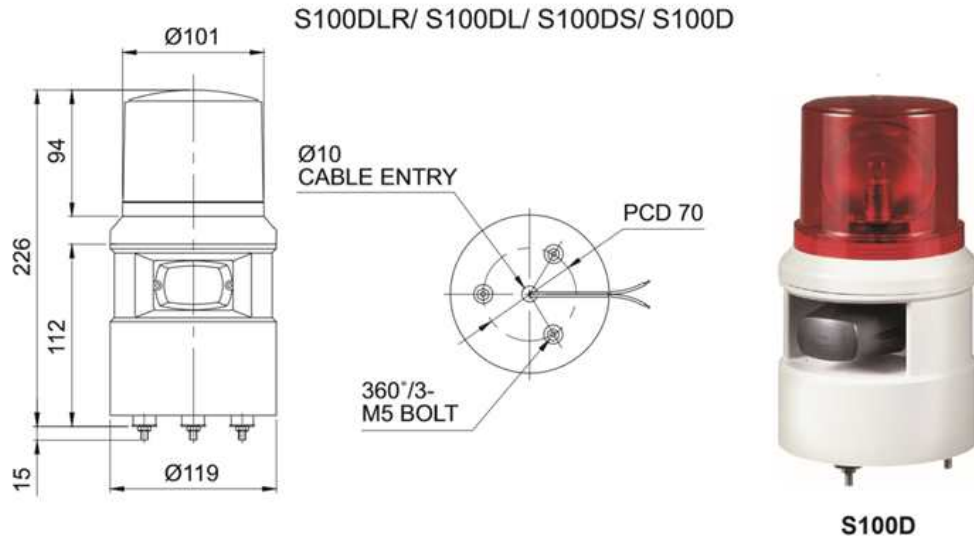
거리 측정을 위한 Lidar센서외에 작업자나 보행자를 감지하기 위한 PIR센서를 장착하였다. PIR센서의 사양은 다음과 같다.



<그림 3.18> PIR 센서

- 경광등

위험구간에 차량이 접근할 경우 센서가 감지하고 이를 게이트웨이로 전달한다. 게이트웨이는 해당 정보를 서버에 전송하고 동시에 경광등을 동작하도록 하였다. 경광등에 대한 사양은 다음과 같다.



<그림 3.19> 경광등

- BLE 비콘 모듈

BLE통신을 이용하여 스마트폰과 통신하도록 개발하였다. 안전표지판을 차량이 통과할 때 안전표지판의 BLE 비콘을 스마트폰이 인식하고 이를 서버에 전달할 수 있도록 하였다.

과거부터 기기들간의 무선 연결은 주로 Bluetooth라는 기술을 이용했는데, 이들은 기기간에 마스터, 슬레이브 관계를 형성하여 통신하는 Bluetooth Classic이라는 방식을 이용했다. 사람들이 이러한 기기들을 이용하면서 많이 염려했던 것은 ‘Bluetooth를 연결하면 배터리가 빨리 소모된다’, ‘사용하지 않을 때는 Bluetooth 꺼놓아야지’ 등과 같은 배터리 관련된 문제들이었다. 사실이었다. Bluetooth Classic은 다른 디바이스를 무선으로 연결을 하여 사용할 수 있는 편리함을 주었지만, 연결이 되는 동안에는 배터리를 빠르게 소모시켰기 때문에 사용하는 데에 많은 불편함이 있었다.

2010년, 새로운 Bluetooth 표준으로 Bluetooth 4.0 이 채택이 된다. 기존의 Bluetooth Classic과의 가장 큰 차이는 훨씬 적은 전력을 사용하여 Classic과 비슷한 수준의 무선 통신을 할 수 있다는 점이었다. 이는 당시 Bluetooth의 최대 단점이었던 과도한 배터리를 소모 문제를 해결하는 기술이었기 때문에, Bluetooth 관련 업계에 큰 반향을 일으켰다. 이렇게 저전력을 이용하여 무선통신을 하는 특징을 Bluetooth Low Energy (이하 BLE) 라고 부르는데, Bluetooth 4.0 이후의 버전들은 이 용어로 대체되면서 불리기도 한다. 최근 출시되고 있는 스마트 밴드, 워치, 글래스 등의 웨어러블 무선통신 기기들의 대부분은 이 BLE 방식을 이용하여 무선 통신을 한다.

안전표지판에도 BLE 비콘을 이용하여 저전력으로 통신할 수 있도록 개발하였다. 특히 BLE 통신방법 중 Advertise Mode로 동작한다. 즉 Advertising packet을 지속적으로 전송하고, 이를 스마트폰에서 감지하고 감지한 값에 해당하는 서비스를 수행하도록 동작한다. 이러한 방법을 통해 pairing절차를 거치지 않아 전력손실을 줄이면서도 출력범위 안에 자신의 위치를 알려줄 수 있도록 하였다.

(다) 설정 프로그램

게이트웨이 모듈에 탑재되는 소프트웨어로 센서및통신 모듈과 게이트웨이를 통합하거나 표지판의 센서에 값을 설정하는 기능을 담당한다.

- 메인화면

안전표지판에 대한 기본적인 정보가 출력된다. 디바이스 정보, 센서 정보 등을 확인 할 수 있으며, 현재 설정값도 확인 가능하다. 메인화면에 들어가기전에 먼저 로그인을 수행하여야 한다. 로그인에는 비밀번호를 넣어야 하며 초기 값은 0000으로 설정값에서 수정할 수 있다.

The screenshot displays three screens of the '안전표지판(게이트웨이) 설정' (Safety Sign (Gateway) Settings) application.

- 메인화면 (Main Screen):** Shows device status including Device Id (1), Pairing Id (1), Location, PIR sensor status (1), LIDAR sensor status (1), Detection distance (23cm), Internal temperature (25°C), Battery level, Error (1), Latitude (123.23), and Longitude (21.21). A '설정' (Settings) button is at the bottom.
- 설정화면 (Settings Screen):** Allows configuration of Device Id (1), Detection distance (30 cm), Name (1), and Transmission interval (1 sec). Each field has a '설정' (Settings) button.
- 공사현장 등록 (Construction Site Registration):** A form to register construction sites. It includes fields for '사업자 번호' (Business Number: 123123123), '공사현장 이름' (Construction Site Name: 공사장1), and '공사현장 주소' (Construction Site Address: 서울 어느곳). A second entry for '공사장2' (Construction Site 2) is also visible with address '제주 어느곳'.

<그림 3.20> 안전표지판(게이트웨이) 설정

- 설정

안전표지판의 감지거리, 전송주기, 이름 등을 설정할 수 있다.

- 공사현장 등록

안내표지판을 처음 설치할 경우 공사장을 등록한다. 공사장 정보는 서버에 등록되어 있어야 하며 서버에 등록된 공사장을 선택하면 감지된 센서 정보를 서버로 전송하기 시작한다.

(3) 안전표지판 설치

다음은 실제 개발하여 설치한 다양한 안전표지판의 모습이다.



<그림 3.21> 경광등이 부착된 안전표지판



<그림 3.22> 안전표지판의 실제 설치사진 I



<그림 3.23> 안전표지판의 실제 설치사진 II

다. 시인성 테스트

(1)일반사항

제품 및 모델 : 안전표지판

시험기간 : 2017년 6월 8일

시험환경 : 22.5 ± 0.2 °C 습도 : 48 ± 2 % R.H

(2)시험 장비

장비명 : Luminance meter

제조회사 및 형식 : Konica Minolta / CA-2500

장비명 : Laser distance meter

제조회사 및 형식 : BOSCH / GLM50

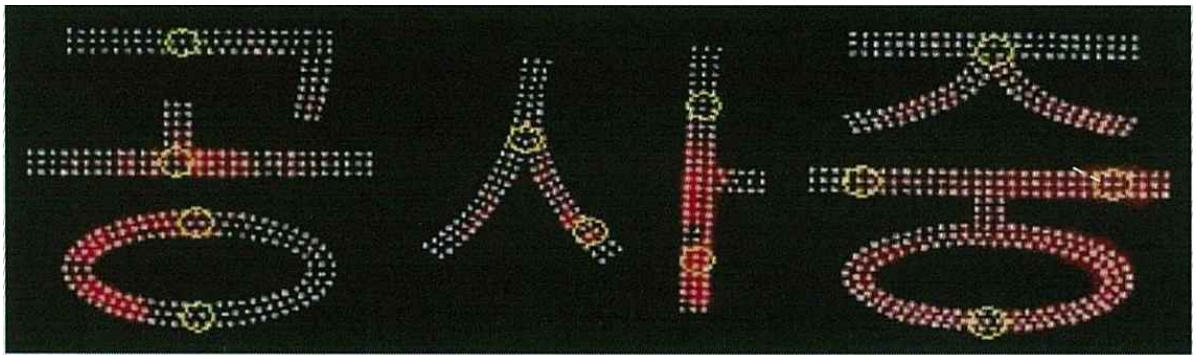
(3)시험 방법

(가)광휘도 측정

① 시험품과 기준장비를 0.5m의 거리에서 광측정렬을 실시한다.

② 시험품을 점등시켜 측정위치의 광휘도를 측정하여 4포인트 지점의 평균값을 계산한다.

(이때 측정 포인트 한점의 직격은 약 10mm이다)



<그림 3.24> 광휘도 측정 포인트(한 글자당 4포인트)

<표 3.3> 광휘도 측정 기준

렌즈종류	Std
시험품과 기준장비 사이 거리	0.5m
노출 설정	1/16ND 100%

(나)야간 시인성 측정

시험품을 관측지점으로부터 약 100m의 거리에 설치하고 안전표지판을 점등시켰을 때의 시인성을 관찰한다.(주위에 불빛이 없고 평지인 야외 장소를 선정)

(4) 시험결과

(가) 광휘도 측정시험 결과

<표 3.4> 광휘도 측정 결과

글자모양	공	사	중
평균 광휘도값(cd/m2)	11.9	11.3	2.8

(나) 야간 시인성 시험결과



<그림 3.25> 야간 시인성 시험 사진(셔터 스피드 : 1/60, 조리개:F4.5, ISO :400)

(다) 시험결과서

시험 성적서
(TEST REPORT)

ktl 한국산업기술시험원 Korea Testing Laboratory	보고서 번호 : 17-029215-01-1 Report No. 페이지 { 1 } / { 총 4 } Page of Page	ktl Korea Testing Laboratory
--	--	--

1. 의뢰자 (Client)
 기 관 명 (Name) : (주)유엔비테크
 주 소 (Address) : 서울특별시 구로구 디지털로36길 111 케이뱅크디지털타워 1210호 (구로동)
 취회일자 (Date of Receipt) : 2017. 05. 15.

2. 시험성적서의 용도 (Use of Report) : 기판 제출용

3. 시험대상물품/물품/시험품 (Test Sample)
 제품명 (Description) : 안전 표지판의 광휘도 측정 시험
 제작회사 (Manufacturer) : (주)유엔비테크
 모델명 (Model Name) : 안전 표지판
 제조번호 (Serial Number) : None
 기 타 (Remark) :

4. 시험기간 (Date of Test) : 2017년 06월 08일 ~ 2017년 06월 08일

5. 시험규격/방법 (Test Standard/Method) : 의뢰자 제시 시험방법 참조

6. 시험환경 (Testing Environment)
 온도 (Temperature) : (22.5 ± 0.2) °C, 습도 (Humidity) : (48 ± 2) % RH.

7. 시험결과 (Test Results) : 시험결과 참조

비고(Notes) : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제출한 시료에 대한 시험결과입니다.
 (The test results mentioned apply only to the test sample(s) supplied by the client.)
 2. 우리 시험실의 일이 본당자의 책임 하에 이루어지므로, 본당자의 책임 하에 있습니다.
 (This test room's work is conducted on full or in part without approval of the KTL, so advance.)

확인 Affirmation	작성자 (Tested by) 성명 (Name): 송명진 (Song Myeong-jin)	기술책임자 (Technical Manager) 성명 (Name): 문광수 (Moon Kwang-soo)
-------------------	---	--

2017. 06. 08.

한국산업기술시험원장

봉기길, 봉안길, 봉안로 723-723, Haeinsa-ro, Sangju-gu, Jeonbuk-do, 55752A | Tel. 051-820-0227 Fax. 051-820-0228

FP204-01-03

<그림 3.26> 광휘도 측정 시험성적서

3. 웨어러블 디바이스(조끼, 안전띠)

작업자들의 안전을 위해 LED안전 조끼와 안전띠 등의 웨어러블 디바이스를 같이 개발하였다. 안전조끼는 야간 작업에서도 식별이 가능하도록 광섬유 LED를 이용하였으며, 소형 배터리로 작동이 가능하다. 안전띠는 안전표지판의 알림음을 알아들을 수 없는 환경에서 안전띠에 부착된 스피커를 통해 작업자에게 바로 위험을 알려줄 수 있도록 하였다. 따라서 안전모에 띠를 착용할 경우 사각지대에서도 위험에 대처할 수 있도록 하였다.

주요성과품

작업중표지



번호	품명	제 작업체	비고
1	표지부 패드	LG화학	파나플렉스(롤 절단 재단)
2	발광표지부	엔라이트	광섬유 0.25적용
3	작업복		시중품구매
4	건전지케이스	엔라이트	AA 2EA

<그림 3.27> LED안전조끼

주요성과품

작업모용 안전표지



LED발광부 : 1EA

번호	품명	제작업체	비고
1	발광표지부	엔라이트	광섬유 0.25적용
2	건전지케이스	엔프로토	AAA 2EA
3	블루투스스피커	엔프로토	
4			

<그림 3.28> 스마트 안전띠

안전조끼는 LED모듈이 탑재되어 야간 작업의 경우 작업자를 식별할 수 있도록 개발되었다. 전력소모를 최소화할 수 있는 광섬유 LED를 이용하여 작은 배터리만으로도 충전없이 야간작업 동안 사용이 가능하다.

안전띠는 광섬유 LED를 탑재하여 야간 작업에서 작업자의 식별이 가능하며 별도로 블루투스 스피커를 부착하여 작업자에 위험을 직접 알릴 수 있도록 하였다. 특히 경광등과 경고모듈이 부착된 안전표지판과 떨어져 작업하는 경우 안전띠에 부착된 스피커를 통해 작업자에게 위험을 알릴 수 있다. 블루투스를 통한 통신 외에 유선도 함께 부착하여 스마트폰과 유선으로 직접연결할 수 있어 블루투스를 사용하지 않는 작업자도 사용할 수 있도록 하였다.

다만, 탑재된 LED모듈은 안전표지판에 사용된 모듈과 유사하고 블루투스 스피커도 유선연결이 가능하여 별도의 테스트는 진행하지 않고, 통합 테스트를 통해 웨어러블 모듈이 정확히 작동함을 확인하였다.

4. 공사중 교통안전표지 탈부착시설물의 디자인 및 시제품 개발^{3,4)}

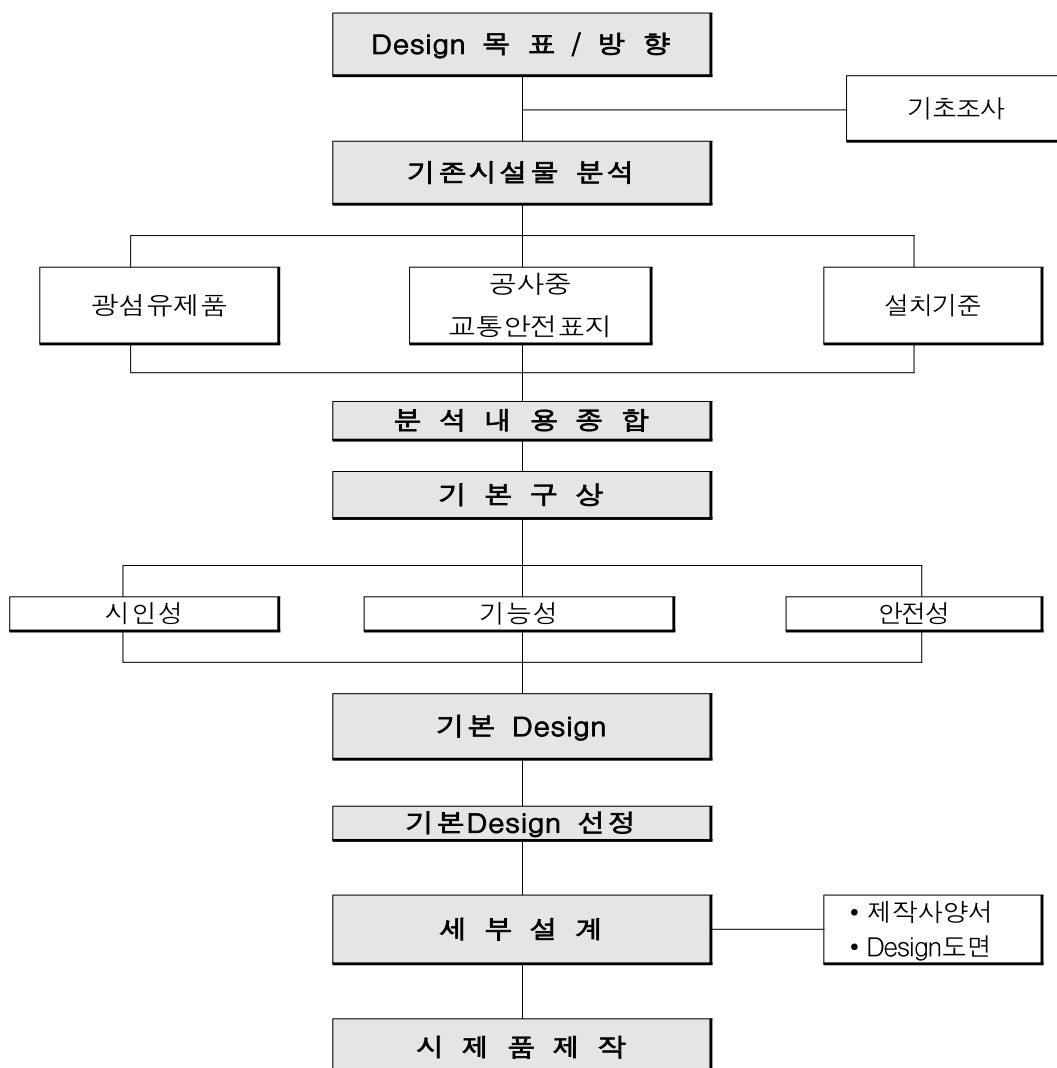
가. 공사중 교통안전표지 탈부착시설물의 개발 필요성

건설공사중 발생할 수 있는 보행자/운전자/작업자의 사고를 예방하기위하여 기존의 공사중 교통안전표지와 더불어 보행자/운전자/작업자에게 공사에 관한 정보의 전달이 쉽고, 용이하도록하며, IoT환경구축을 위한 시설물 제공공간에 대한 필요성 제기됨.

또한, 기존의 공사중 교통안전표지에 관한 기준은 도로의 종류 및 공사의 발주기관별로 마련되어 있으나, 제시된 교통안전표지외의 기타 안전표지들은 종류,규격,재질 등이 상이하여 운전자의 혼란을 야기하는 경우가 발생함. 또한, 공사중 교통안전시설물은 도로의 공용기간동안 사용하는 반영구적인 시설물이 아니므로, 단기공사의 경우 작업자가 시설물에 대한 설치 및 이동이 쉽지 않을 뿐더러 작업시간도 많이 소요되고 있는 실정임.

따라서, 보행자/운전자/작업자로 하여금 쉽게 인지가능하며, 작업자로 하여금 설치 및 해체가 용이하며, 이동하기 쉽도록 새로운 형태의 교통안전표지를 개발할 필요가 있음. 또한, 보행자/운전자/작업자로 하여금 공사구간에 대한 정보를 전달하고, 사고의 위험상황을 전달할 수 있는 IoT환경을 구축하기 위한 장치의 제공공간을 마련할 필요가 있음.

나. 시제품 개발과정



<그림 3.29> 시제품 개발 Flow

(1) 디자인 목표 및 방향

보행자/운전자/작업자로 하여금 쉽게 인지가능하도록 하며, 작업자로 하여금 설치 및 해체가 용이하며, 이동하기 쉽도록 하고, 보행자/운전자/작업자에게 공사구간에 대한 정보를 전달하고, 사고의 위험상황을 전달할 수 있는 IoT환경을 구축하기 위한 장치의 제공공간을 마련하기 위한 시설물의 Deign을 실시하여 시제품을 생산하는 데 그 목적이 있음

(2) 기존시설물 분석

(가) 광섬유 제품

현재 국내에서 개발되어 생산되고 있는 광섬유 제품으로는 교통표지판, 간판조명, 경관조명, 의류 등에 적용되고 있으며, 광섬유 발광의 필요전력은 소규모 전력으로도 가능하며, 전력원은 보통 태양광 및 일반전원을 사용하고 있음

▶ 교통표지판



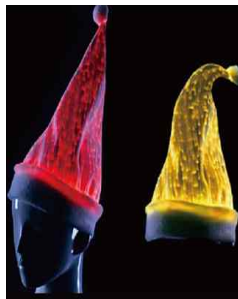
▶ 간판조명



▶ 경관조명



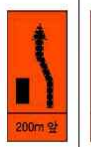
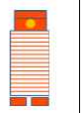
▶ 의류



<그림 3.30> 광섬유 제품 적용 예

(나) 공사중 교통안전표지

국내에서 도로공사구간에 적용되고 있는 교통안전표지는 공사발주 기관별로 미미하게 차이가 있으나, 유사한 기준을 적용하고 있음.

교통 안전 표지					
	최고속도제한	최저속도제한	추월금지	도로공사중	제한속도해제
도로 공사장 전용 주의 표지					
	1차로 차단	1.2차로 차단	200m 앞	200m 앞	200m 앞
도로 공사장 전용 주의 표지					
	200m 앞	200m 앞	200m 앞	200m 앞	공사장 종점
지시 표지			기타 시설		
	싸인보드	화살표표지		로봇신호수	작업차량
기타 시설					
	라바콘	PE 드림	조명	수직패널	PC방호울타리

도로 공사장 전용 주의 표지 (예시)					
	차로 차단	차로 변경(1)	차로 변경(2)	차로 복귀	교대통행
					
	통행차로 지정	단차구간 주의	우회도로 안내	우회도로 종점	공사장 종점
도로 공사장 전용 주의 표지 (예시)					
	통행차로 지정	단차구간 주의	우회도로 안내	우회도로 종점	공사장 종점
주의 표지					
규제 표지					
지시 표지					
보조 표지					

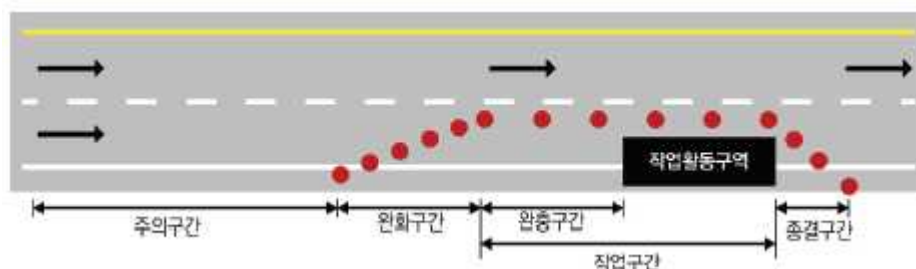
<그림 3.31> 공사중 교통안전표지(한국도로공사)

<그림 3.32> 공사중 교통안전표지(국토교통부)

(다) 설치기준

국내에서 적용하는 도로공사장은 <그림3.33>과 같이 교통관리구간을 설정하여 적용하고 있으며, 공사중 교통안전표지의 지주는 다음3가지 요건을 갖추어야 함.,

- ① 차량과 충돌시 차량의 피해를 최소화
- ② 이동성 용이
- ③ 강풍에 전도되지 않는 구조



<그림 3.33> 도로공사장 교통관리구간



<그림 3.34> 표지지주 예

(3) 기본구상

공사중 교통안전표지 탈부착시설물에 대한 아래와 같은 기능을 가질 수 있도록 디자인 하였으며, 탈부착 시설을 설치할 수 있는 대상 시설물은 국내 도로공사장에서 주로 사용되고 있는 시설물을 그 대상으로 하였다.

(가) 공사중 교통안전표지 탈부착시설물의 기능

- ① 통신이 가능한 컨트롤박스 및 전원박스를 부착할 수 있는 교통안전표지 지지대
- ② 탈부착이 간편하고, 운반이 용이한 탈부착시설물
- ③ 공사중 시설물이 서로 결합이 가능한 탈부착 시설물

(나) 탈부착시설이 설치되는 시설물

- ① 콘크리트 중앙분리대(H=0.87m, H=1.27m)
- ② 가드레일(양면, 단면)
- ③ PE드럼
- ④ 방호벽(PE제품, PC제품)
- ⑤ 라바콘
- ⑥ 독립지지용(신규)

(4) 기본디자인 선정

(가) AHP평가기법 적용을 통한 기본디자인 선정

- ① 브레인스토밍(Brainstorming)

공사중 교통안전표지 탈부착시설물이 갖추어야할 필요한 요소들을 아래와 같이 도출하였음.

- 경제성, 탈부착편의성, 안전성, 내구성, 부착강결성, 이동성

- ② 계층구조의 설정

- 평가목적 : 탈부착시설물 디자인 평가를 통한 최적디자인 선정
- 평가대상 : 탈부착시설물 6종

- ③ 상대적 중요도의 결정

- 본 과제의 목적을 상당히 인지하고 있고, 과제를 수행해온 참여연구원인 5인의 의견을 종합하여 평가항목 중 상대적 중요도를 다음과 같이 도출하였음.

<표 3.5> AHP평가항목의 상대적 중요도

평가항목	A.경제성	B.탈부착 편의성	C.안전성	D.내구성	E.부착강 결성	F.이동성	점수	가중치
A.경제성	1	BB 3	CC 3	D 2	E 2	A/F 1	1	0.0294
B.탈부착 편의성		1	B/C 1	B 2	B 2	BB 3	11	0.3235
C.안전성			1	C 2	C 2	CC 3	11	0.3235
D.내구성	A / B	1 동등		1	E 2	D 2	4	0.1176
E.부착강 결성	A	2 중요			1	E 2	6	0.1765
F.이동성	AA	3 매우중요				1	1	0.0294
합계							34	1.0000

- 상대적 중요도

탈부착편의성 = 안전성 > 부착강결성 > 내구성 > 경제성 = 이동성

④ 논리적 객관성의 유지

- 보다 객관적인 판단을 위하여 도로공사의 공사관련 경력이나 도로설계의 경력이 있는 전문가 23명의 설문조사를 실시하였음.
- 설문조사의 방식은 각 시설물 별로 2가지 모델을 제시하여, 상기 6가지 평가항목에 대하여 2가지 모델 중 우수할 것을 생각되는 모델을 선택토록(복수선택 가능) 하였음. 도출된 결과를 이용하여, 모델별 선택자수를 등급기준(매우우수, 우수, 보통, 열등, 매우열등)으로 분류하여 기 수립된 평가항목에 가중치를 곱하여 합산한 점수 중 높은 모델을 기본디자인으로 선정하였음.

※ 등급기준(R1)

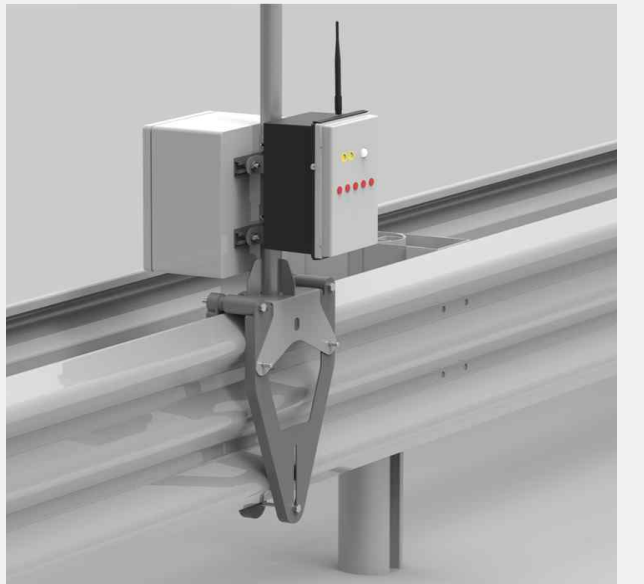
* 설문조사 응답자수 : 23명

등급점수	매우우수(5)	우수(4)	보통(3)	열등(2)	매우열등(1)
선택자수	18이상	14이상	10이상	5이상	5이하

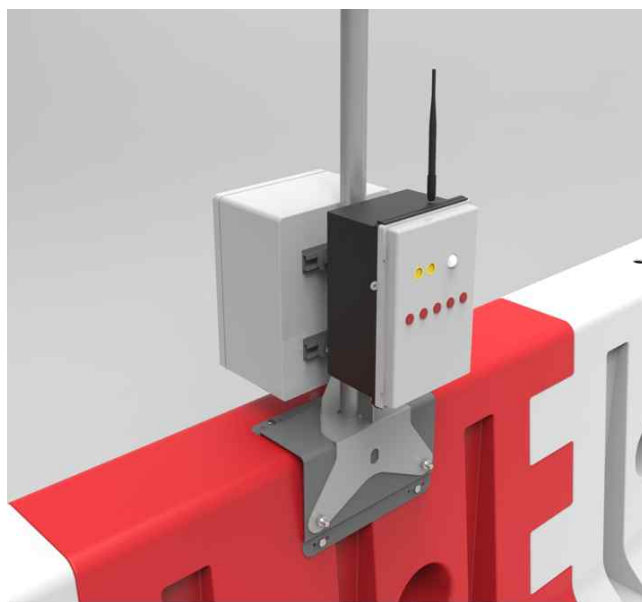
(나) 선정결과

AHP평가기법을 적용하여 선정된 기본디자인은 아래와 같다.

<표 3.6> 기본디자인

콘크리트 중분대용		
가드레일용		
PE드럼용		

PE방호벽용



라바콘용



독립지지용



(5) 세부설계

상기에서 선정된 3D모델링 기반의 기본 디자인을 기초로 하여 상세설계를 실시하여, 시제품을 생산할 수 있도록 도면화하였으며, 이 단계에서 시제품의 제작사양서를 작성하였음.

(6) 시제품 제작

세부설계시 작성된 도면으로, 각 부품별로 제작공장에서 정밀한 가공을 통하여 시제품을 생산하였음.

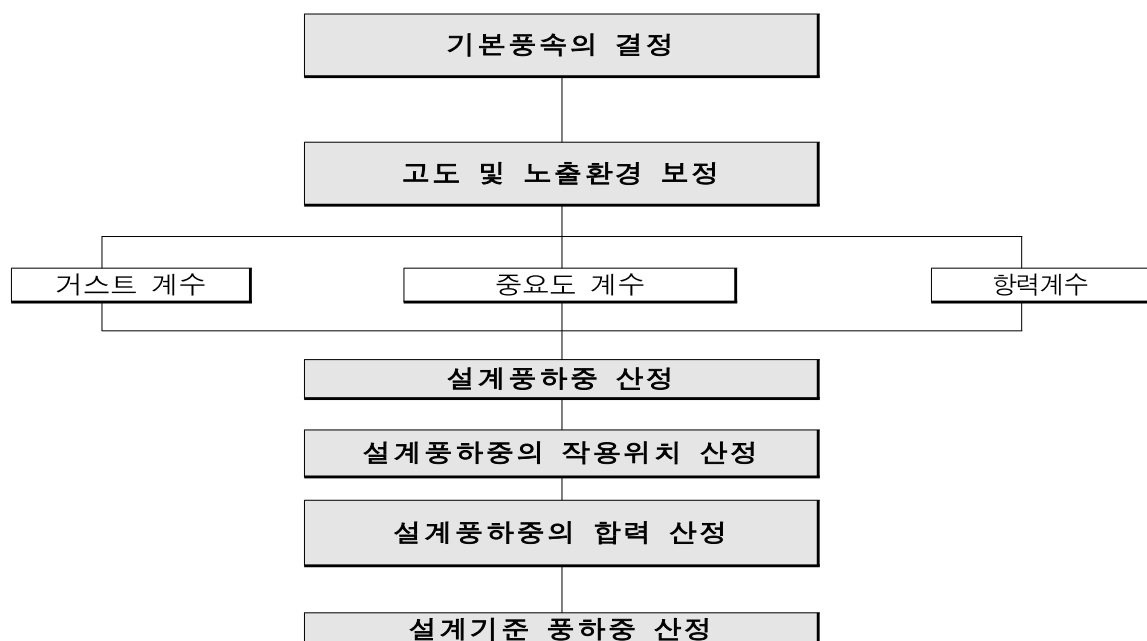
<표 3.7> 제작된 시제품



5. 교통안전표지 간이풍하중 테스트 방법론 개발^{5,6)}

가. 간이풍하중 테스트 개요

현재 국내에서의 교통안전표지에 작용하는 풍하중은 표지판에 작용하는 설계풍하중을 산정하여 지주의 제작시 허용응력이상의 재료를 사용하도록 규정하고 있으며, 제작된 표지판의 지주에 대한 풍하중 지지력 테스트는 국내에서 몇 안되는 고가의 풍동시험장에서나 가능한 실정임. 본 연구에서도 새로운형태의 표지판 및 지주를 개발함에 따라, 설계풍하중의 만족여부를 판단하고자 풍동시험장에서의 테스트를 진행하려고 하였으나, 국내에 몇 개 없을뿐더러, 테스트 비용도 짧은 시간에 큰 비용을 지불해야하기 때문에 간이풍하중 테스트 방법을 개발하였음.



<그림 3.35> 표지판에 작용하는 설계풍하중 산정Flow

나. 공사중 교통안전표지 설계풍하중 산정

아래에서 산정한 설계풍하중은 가로형 교통안전표지만을 예시하였으며, 세로형 교통안전표지의 설계풍하중은 보고서 지면의 제약으로 별도로 산정하였음.

I. 설계조건

도로표지 설계에 사용하는 외력으로는 사하중과 풍하중이 있으며, 적설지역에서는 설하중을 추가하는 경우도 있다. 또한 특수한 경우로써 고가도로에 설치할 때에는 통과차량의 진동에 따른 영향을 고려하는 경우도 있으며, 설치장소를 될 수 있는 대로 교각에 가까운 곳에 정함으로써 사전에 진동의 영향을 줄이는 것이 중요하다. 한편 조명기구 등을 부착할 경우에는 별도로 하중을 고려하여야 한다.

1. 사하중

표지판 단위면적당 중량은 알루미늄판을 사용하는 것으로 가정하고 부속자재를 포함하여 20kg/m^2 로 한다.

2. 풍하중

도로표지의 설계 풍하중(W)은 식 (1-1)에 따라 산정한

$$W = p A \quad \text{식 (1-1)}$$

여기서, p : 설계 속도압(kgf/m^2), A : 유효 수압면적(m^2)

또한 설계 속도압 즉, 단위면적당 작용하는 풍하중 $p(\text{kgf/m}^2)$ 는 식 (1-2)에 의해 산정한다.

$$p = \frac{1}{2} \rho V_d^2 G C I \quad \text{식 (1-2)}$$

여기서, ρ : 공기밀도($\text{kg} \cdot \text{s}^2/\text{m}^4$), V_o : 기본풍속(m/s)

G : 거스트 영향 계수, C : 항력계수, I : 중요도 계수

가. 공기밀도

공기밀도는 식 (1-3)에 따라 산정하며, 고온계에서는 $0.1195(\text{kg} \cdot \text{s}^2/\text{m}^4)$, 저온계에서는 $0.131(\text{kg} \cdot \text{s}^2/\text{m}^4)$ 을 표준으로 한다. 단 울릉도는 $0.115(\text{kg} \cdot \text{s}^2/\text{m}^4)$ 를 표준으로 한다.

$$\rho = \frac{1.293 \times 273}{T + 273} \frac{H}{760} \frac{1}{9.8} \quad \text{식 (1-3)}$$

여기서, T : 기온($^{\circ}\text{C}$), H : 기압(mmHg)

나. 설계풍속

도로표지의 설계에 적용되는 설계풍속은 식 (1-4)와 같이 기본풍속에 대해 고도 및 노출환경에 따른 영향을 보정하여 산정한다.

$$V_d = K_z V_o \quad \text{식 (1-4)}$$

여기서, V_o : 기본풍속(m/s), K_z : 고도 및 노출환경계수

(1) 기본풍속의 결정

기본풍속이란 재현기간 100년에 대한 최대풍속의 비초과확률 60%에 해당하는 개활지에서의 지상 10m의 10분간 평균풍속을 말하며, 가설지점의 지역별로 <표 1-1>에 주어진 지역별 기본풍속에 따라 정한다. 이 지역별 기본풍속은 각 지역별 측후소의 장기풍속기록과 지역적 위치를 동시에 고려하여 Type I 분포로부터 추정된 재현기간 100년에 대한 값이다. 다만, 가설지점 부근의 유효한 관측자료가 있는 경우 이에 따라 설정할 수 있다.

<표 1-1> 지역별 기본풍속

구분		지역	지명	기본풍속
Ⅰ	내륙	서울 경기	서울, 인천, 김포, 부천, 부평, 구리, 오산, 송탄, 평택, 시흥, 과천, 안양, 수원, 안산, 군포, 의왕, 안성, 강화, 양평, 성남, 하남, 용인, 의정부, 동두천, 포천, 파주, 광주, 기흥, 미금, 여주, 이천, 신갈, 장호원	30m/s
		강원	춘천, 화천, 양구, 철원, 김화, 인제, 영월, 정선, 태백, 원주, 평창, 홍천	
		충청	대전, 당진, 합덕, 성환, 진천, 증평, 온양, 음성, 청양, 금산, 영동, 공주, 논산, 제천, 충주, 부여, 보은, 단양, 괴산, 옥천	
		경상	건천, 가야, 삼랑진, 영덕, 사천, 대구, 영주, 구미, 김천, 영천, 안동, 봉화, 풍기, 예천, 청송, 영양, 하양, 경산, 청도, 남지, 의령, 추풍령, 상주, 선산, 군위, 의성, 문경, 점촌, 함창, 진주, 거창, 함양, 산청, 고령, 창녕, 함천, 밀양	
		전라	광주, 나주, 화순, 영암, 일노, 강진, 장흥, 보성, 벌교, 순천, 광양, 무안, 함평, 영광, 전주, 함열, 진안, 무주, 삼례, 담양, 부안, 남원, 순창, 구례, 고창, 정주, 장수, 승주, 임실, 태안	
Ⅱ	해안	강원	거진, 간성, 동해, 삼척, 원덕	35m/s
		충청	장항, 태안, 서산, 청주, 대천, 서천, 안면도, 조치원, 천안, 홍성, 광천, 아산	
		경상	울산, 통영, 거제, 고성, 진해, 김해, 마산, 창원, 양산, 진영, 울산, 평해, 안강, 경주, 남해, 삼천포	
		전라	목포, 여수, 완도, 진도, 옥구, 노화, 익산, 금일, 해남, 관산, 대덕, 도양, 고흥	
Ⅲ	특수	강원	속초, 강릉, 양양, 주문진	40m/s
		경상	포항, 구룡포, 오천, 홍해, 감포, 부산, 기장, 장안, 연일, 외동, 가덕도	
		전라	군산, 미성	
		제주	전지역	
Ⅳ	울릉도	전지역	45m/s	

(2) 고도 및 노출환경 보정

① 기본풍속은 고도 및 노출환경의 영향 등을 고려하기 위하여 식 (1-5)를 통해 보정한다.

$$K_z = 1.925 \left[\frac{z}{z_G} \right]^a, \quad z \geq z_b \quad \text{식 (1-5a)}$$

$$K_z = 1.925 \left[\frac{z_b}{z_G} \right]^a, \quad z < z_b \quad \text{식 (1-5b)}$$

② z_G , z_b , a 등은 가설지점 주변지역에서 지표면의 거친 정도, 즉 지표조도에 따라 달라지며 <표 1-2>에 따라 결정한다. 일반적 경우는 지표조도 II를 적용하고, 특수한 경우에는 지표조도 I을 별도로 적용하여 검토한다.

<표 1-2> 지표조도구분에 의한 α , Z_G , Z_b 의 값

지표조도구분	α	$Z_G(m)$	$Z_b(m)$
I	0.12	500	5
II	0.16	600	10

다. 거스트 계수

구조물에는 평균풍속에 의한 항력 외에도 변동풍속에 의한 변동적인 항력이 작용한다. 이와 같은 변동적인 항력에 의한 구조물의 변형과 진동 효과를 고려하기 위해 거스트 계수 1.9를 적용한다.

라. 중요도 계수

중요도 계수는 건축물의 용도, 사회성, 경제성 및 중요도를 고려한 설계목표수명에 따라 결정되며, 단주식 도로표지와 복주식 도로표지는 설계목표수명 10년, 편지식 도로표지, 현수식 도로표지, 문형식 도로표지는 설계목표수명 50년을 갖도록 각 도로표지의 형식별로 <표 1-3>에 따라 중요도 계수를 적용한다.

<표 1-3> 중요도 계수

도로표지의 구분	중요도 계수
단주식	0.66
복주식	
편지식	0.90
현수식	
문형식	

마. 항력계수

(1) 표지판의 항력계수

표지판의 항력계수는 1.2로 한다.

(2) 지주의 항력계수

도로표지 지주의 풍력계수는 <표 1-4>에 따라 정한다.

<표 1-4> 지주의 항력계수

구분 기준	원형		사각형
	$d\sqrt{p'} > 1.7$	$d\sqrt{p'} \leq 1.7$	
$h_c/d = 1$	0.5	0.7	1.3
$h_c/d = 7$	0.6	0.8	1.4
$h_c/d = 25$	0.7	1.2	2.0

주) d : 원형단면의 지름 또는 사각, 육각, 혹은 팔각형 단면 치수(m)

h_c : 지주 높이(m), I : 중요도 계수

p' : 거스트 계수와 항력계수를 고려하지 않은 설계속도압 $\frac{p}{GC}$ (kg/m^2)

II. 설계방법

본 설계방법에서 고려되는 거스트 계수, 고도 및 환경계수, 중요도 계수 등은 적용 풍속 및 도로표지 형식에 따라 각 계수들은 <표 2-1>과 같이 적용하였다.

<표 2-1> 도로표지 형식에 따른 설계풍하중 산정 관련 변수의 비교

구 분		단주식		복주식 Type 1		복주식 Type 2		편지식(현수식)		문형식	
		현행	개선안	현행	개선안	현행	개선안	현행	개선안	현행	개선안
도로표지 형식특성	기본풍속	40m/s	40m/s	40m/s	40m/s	40m/s	40m/s	50m/s	40m/s	50m/s	40m/s
	가설위치	-	특수 지역	-	특수 지역	-	특수 지역	-	특수 지역	-	특수 지역
	거스트 계수	-	1.9	-	1.9	-	1.9	-	1.9	-	1.9
	목표수명	-	10	-	10	-	10	-	50	-	50
	중요도 계수	-	0.66	-	0.66	-	0.66	-	0.90	-	0.90
도로표지 제원	높이	3.0m		2.7m		3.7m		7.2m		6.9m	
	고도 및 환경계수	-	1.0	-	1.0	-	1.0	-	1.0	-	1.0
	항력계수	표지판 1.2 지주 0.7	제원에 따라 결정	표지판 1.2 지주 0.7	제원에 따라 결정	표지판 1.2 지주 0.7	제원에 따라 결정	표지판 1.2 지주 0.7	제원에 따라 결정	표지판 1.2 지주 0.7	제원에 따라 결정

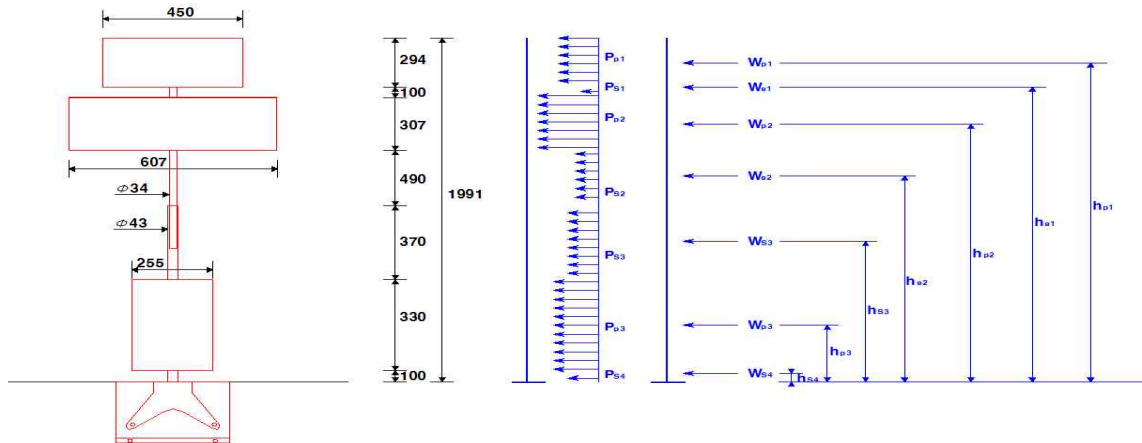
1. 교통안전표지 가로형 설치시

1.1 콘크리트 중앙분리대

① H=810mm

가. 설계조건

(1) 개요도



(2) 기본 조건

구 분	내 용	비 고
표지 형식	단주식	설계목표수명 및 중요도 계수의 근거
기본 풍속	40m/s	거스트 계수의 적용 근거
표지 높이	2.801m	고도 및 노출환경계수의 근거
표지판 규격	60.7cm×30.7cm	표지판 항력계수의 근거
지주 규격	φ34~43mm×t3.5mm	지주 항력계수의 근거

(3) 변수 결정

구 분	산출값	산출 근거
설계풍속	40m/s	$V_d = V_o K_z = 40m/s \times 1.925 \left[\frac{10}{600} \right]^{0.16} = 40m/s$
거스트 계수	1.90	거스트 계수 1.90 적용
중요도 계수	0.66	단주식 도로표지의 중요도 계수
지주의 항력계수	C_{S1}	0.73
	$d \sqrt{p} = 0.034 \times \sqrt{\frac{1}{2} \times 0.1195 \times 40^2 \times 0.66} = 0.27 < 1.7$ $\frac{h_c}{d} = \frac{0.100}{0.034} = 2.941 \quad (\frac{h_c}{d} = 1.0 \sim 7.0 \text{ 보간})$	
	C_{S2}	0.96
	$d \sqrt{p} = 0.034 \times \sqrt{\frac{1}{2} \times 0.1195 \times 40^2 \times 0.66} = 0.27 < 1.7$ $\frac{h_c}{d} = \frac{0.490}{0.034} = 14.412 \quad (\frac{h_c}{d} = 7.0 \sim 25.0 \text{ 보간})$	
표지판의 항력계수	C_{S3}	0.94
	$d \sqrt{p} = 0.043 \times \sqrt{\frac{1}{2} \times 0.1195 \times 40^2 \times 0.66} = 0.34 < 1.7$ $\frac{h_c}{d} = \frac{0.370}{0.043} = 8.6 \quad (\frac{h_c}{d} = 7.0 \sim 25.0 \text{ 보간})$	
	C_{S4}	0.72
	$d \sqrt{p} = 0.043 \times \sqrt{\frac{1}{2} \times 0.1195 \times 40^2 \times 0.66} = 0.34 < 1.7$ $\frac{h_c}{d} = \frac{0.100}{0.043} = 2.3 \quad (\frac{h_c}{d} = 1.0 \sim 7.0 \text{ 보간})$	
표지판의 항력계수	C_{P1}	1.2
	$\frac{m}{n} = \frac{450}{294} = 1.53 < 6$	
	C_{P2}	1.2
	$\frac{m}{n} = \frac{607}{307} = 1.98 < 6$	
	C_{P3}	1.2
	$\frac{m}{n} = \frac{255}{330} = 0.77 < 6$	

나. 설계 풍하중의 산정

(1) 설계 풍속압 산정

구 분		설계풍속압 (kgf/m ²)	산출 근거
지 주	S1	87.51	$P_{S1} = \frac{1}{2} \rho V_d^2 G C_{S1} I = \frac{1}{2} \cdot 0.1195 \cdot 40^2 \cdot 1.9 \cdot 0.73 \cdot 0.66 = 87.51$
	S2	115.09	$P_{S2} = \frac{1}{2} \rho V_d^2 G C_{S2} I = \frac{1}{2} \cdot 0.1195 \cdot 40^2 \cdot 1.9 \cdot 0.96 \cdot 0.66 = 115.09$
	S3	112.69	$P_{S3} = \frac{1}{2} \rho V_d^2 G C_{S3} I = \frac{1}{2} \cdot 0.1195 \cdot 40^2 \cdot 1.9 \cdot 0.94 \cdot 0.66 = 112.69$
	S4	86.32	$P_{S4} = \frac{1}{2} \rho V_d^2 G C_{S3} I = \frac{1}{2} \cdot 0.1195 \cdot 40^2 \cdot 1.9 \cdot 0.72 \cdot 0.66 = 86.32$
표지판	P1	143.86	$P_{p1} = \frac{1}{2} \rho V_d^2 G C_{p1} I = \frac{1}{2} \cdot 0.1195 \cdot 40^2 \cdot 1.9 \cdot 1.2 \cdot 0.66 = 143.86$
	P2	143.86	$P_{p2} = \frac{1}{2} \rho V_d^2 G C_{p1} I = \frac{1}{2} \cdot 0.1195 \cdot 40^2 \cdot 1.9 \cdot 1.2 \cdot 0.66 = 143.86$
	P3	143.86	$P_{p3} = \frac{1}{2} \rho V_d^2 G C_{p1} I = \frac{1}{2} \cdot 0.1195 \cdot 40^2 \cdot 1.9 \cdot 1.2 \cdot 0.66 = 143.86$

(2) 설계 풍하중 산정

구 분		설계풍하중 (kgf)	산출 근거
지 주	S1	0.30	$W_{S1} = P_{S1} A_{S1} = 87.51 \times (0.034 \times 0.100) = 0.30$
	S2	1.92	$W_{S2} = P_{S2} A_{S2} = 115.09 \times (0.034 \times 0.49) = 1.92$
	S3	1.79	$W_{S3} = P_{S3} A_{S3} = 112.69 \times (0.043 \times 0.370) = 1.79$
	S4	0.37	$W_{S4} = P_{S4} A_{S4} = 86.32 \times (0.043 \times 0.100) = 0.37$
표지판	P1	19.03	$W_{p1} = P_{p1} A_{p1} = 143.859 \times (0.45 \times 0.294) = 19.03$
	P2	26.81	$W_{p2} = P_{p2} A_{p2} = 143.859 \times (0.607 \times 0.307) = 26.81$
	P3	12.11	$W_{p3} = P_{p3} A_{p3} = 143.859 \times (0.255 \times 0.330) = 12.11$

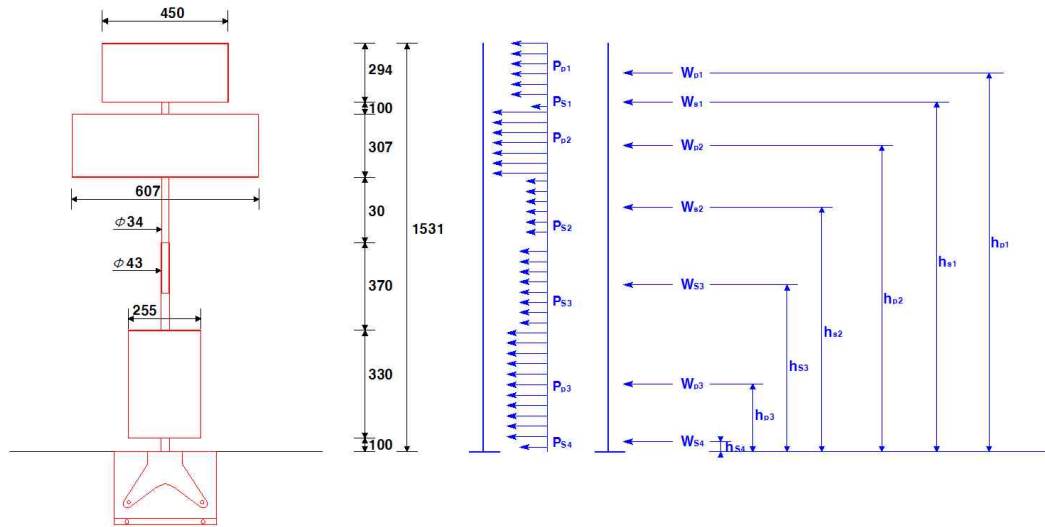
다. 설계풍하중의 작용 위치(기준점 표지지주 하단)

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{(W_{S1} \times h_{S1}) + (W_{S2} \times h_{S2}) + (W_{S3} \times h_{S3}) + (W_{S4} \times h_{S4}) + (W_{p1} \times h_{p1}) + (W_{p2} \times h_{p2}) + (W_{p3} \times h_{p3})}{W_{S1} + W_{S2} + W_{S3} + W_{S4} + W_{p1} + W_{p2} + W_{p3}} \\
 &= \frac{(0.30 \times 1.647) + (1.92 \times 1.045) + (1.79 \times 0.615) + (0.37 \times 0.05) + (19.03 \times 1.844) + (26.81 \times 1.444) + (12.11 \times 0.265)}{0.30 + 1.92 + 1.79 + 0.37 + 19.03 + 26.81 + 12.11} \\
 &= 1.29m
 \end{aligned}$$

라. 설계풍하중의 합력(설계풍하중의 작용위치)

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{(W_{S1} \times h_{S1}) + (W_{S2} \times h_{S2}) + (W_{S3} \times h_{S3}) + (W_{S4} \times h_{S4}) + (W_{p1} \times h_{p1}) + (W_{p2} \times h_{p2}) + (W_{p3} \times h_{p3})}{H} \\
 &= \frac{(0.30 \times 1.647) + (1.92 \times 1.045) + (1.79 \times 0.615) + (0.37 \times 0.05) + (19.03 \times 1.844) + (26.81 \times 1.444) + (12.11 \times 0.265)}{1.29} \\
 &= 62.33kg
 \end{aligned}$$

(1) 개요도



구 분	내 용	비 고
표지 형식	단주식	설계목록수명 및 중요도 계수의 근거
기본 풍속	40m/s	거스트 계수의 적용 근거
표지 높이	2.801m	고도 및 노출환경계수의 근거
표지판 규격	60.7cm×30.7cm	표지판 항력계수의 근거
지주 규격	φ34~43mm×t3.5mm	지주 항력계수의 근거

구 분	산출값	산출 근거
설계풍속	40m/s	$V_d = V_o K_z = 40m/s \times 1.925 \left[\frac{10}{600} \right]^{0.16} = 40m/s$
거스트 계수	1.90	거스트 계수 1.90 적용
중요도 계수	0.66	단주식 도로표지의 중요도 계수
지주의 항력계수	C_{S1}	0.73 $d \sqrt{p} = 0.034 \times \sqrt{\frac{1}{2} \times 0.1195 \times 40^2 \times 0.66} = 0.27 < 1.7$ $\frac{h_c}{d} = \frac{0.100}{0.034} = 2.941 \quad (\frac{h_c}{d} = 1.0 \sim 7.0 \text{ 보간})$
	C_{S2}	0.70 $d \sqrt{p} = 0.034 \times \sqrt{\frac{1}{2} \times 0.1195 \times 40^2 \times 0.66} = 0.27 < 1.7$ $\frac{h_c}{d} = \frac{0.030}{0.034} = 0.882$
	C_{S3}	0.94 $d \sqrt{p} = 0.043 \times \sqrt{\frac{1}{2} \times 0.1195 \times 40^2 \times 0.66} = 0.34 < 1.7$ $\frac{h_c}{d} = \frac{0.370}{0.043} = 8.6 \quad (\frac{h_c}{d} = 7.0 \sim 25.0 \text{ 보간})$
	C_{S4}	0.72 $d \sqrt{p} = 0.043 \times \sqrt{\frac{1}{2} \times 0.1195 \times 40^2 \times 0.66} = 0.34 < 1.7$ $\frac{h_c}{d} = \frac{0.100}{0.043} = 2.3 \quad (\frac{h_c}{d} = 1.0 \sim 7.0 \text{ 보간})$
표지판의 항력계수	C_{P1}	1.2 $\frac{m}{n} = \frac{450}{294} = 1.53 < 6$
	C_{P2}	1.2 $\frac{m}{n} = \frac{607}{307} = 1.98 < 6$
	C_{P3}	1.2 $\frac{m}{n} = \frac{255}{330} = 0.77 < 6$

나. 설계 풍하중의 산정

(1) 설계 풍속압 산정

구 분		설계풍속압 (kgf/m ²)	산출 근거
지 주	S1	87.51	$P_{S1} = \frac{1}{2} \rho V_d^2 G C_{S1} I = \frac{1}{2} \cdot 0.1195 \cdot 40^2 \cdot 1.9 \cdot 0.73 \cdot 0.66 = 87.51$
	S2	83.92	$P_{S2} = \frac{1}{2} \rho V_d^2 G C_{S2} I = \frac{1}{2} \cdot 0.1195 \cdot 40^2 \cdot 1.9 \cdot 0.70 \cdot 0.66 = 83.92$
	S3	112.69	$P_{S3} = \frac{1}{2} \rho V_d^2 G C_{S3} I = \frac{1}{2} \cdot 0.1195 \cdot 40^2 \cdot 1.9 \cdot 0.94 \cdot 0.66 = 112.69$
	S4	86.32	$P_{S4} = \frac{1}{2} \rho V_d^2 G C_{S3} I = \frac{1}{2} \cdot 0.1195 \cdot 40^2 \cdot 1.9 \cdot 0.72 \cdot 0.66 = 86.32$
표지판	P1	143.86	$P_{p1} = \frac{1}{2} \rho V_d^2 G C_{p1} I = \frac{1}{2} \cdot 0.1195 \cdot 40^2 \cdot 1.9 \cdot 1.2 \cdot 0.66 = 143.86$
	P2	143.86	$P_{p2} = \frac{1}{2} \rho V_d^2 G C_{p1} I = \frac{1}{2} \cdot 0.1195 \cdot 40^2 \cdot 1.9 \cdot 1.2 \cdot 0.66 = 143.86$
	P3	143.86	$P_{p3} = \frac{1}{2} \rho V_d^2 G C_{p1} I = \frac{1}{2} \cdot 0.1195 \cdot 40^2 \cdot 1.9 \cdot 1.2 \cdot 0.66 = 143.86$

(2) 설계 풍하중 산정

구 분		설계풍하중 (kgf)	산출 근거
지 주	S1	0.30	$W_{S1} = P_{S1} A_{S1} = 87.51 \times (0.034 \times 0.100) = 0.30$
	S2	0.09	$W_{S2} = P_{S2} A_{S2} = 83.92 \times (0.034 \times 0.49) = 0.09$
	S3	1.79	$W_{S3} = P_{S3} A_{S3} = 112.69 \times (0.043 \times 0.370) = 1.79$
	S4	0.37	$W_{S4} = P_{S4} A_{S4} = 86.32 \times (0.043 \times 0.100) = 0.37$
표지판	P1	19.03	$W_{p1} = P_{p1} A_{p1} = 143.859 \times (0.45 \times 0.294) = 19.03$
	P2	26.81	$W_{p2} = P_{p2} A_{p2} = 143.859 \times (0.607 \times 0.307) = 26.81$
	P3	12.11	$W_{p3} = P_{p3} A_{p3} = 143.859 \times (0.255 \times 0.330) = 12.11$

다. 설계풍하중의 작용 위치(기준점 표지지주 하단)

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{(W_{S1} \times h_{S1}) + (W_{S2} \times h_{S2}) + (W_{S3} \times h_{S3}) + (W_{S4} \times h_{S4}) + (W_{p1} \times h_{p1}) + (W_{p2} \times h_{p2}) + (W_{p3} \times h_{p3})}{W_{S1} + W_{S2} + W_{S3} + W_{S4} + W_{p1} + W_{p2} + W_{p3}} \\
 &= \frac{(0.30 \times 1.187) + (0.09 \times 0.815) + (1.79 \times 0.615) + (0.37 \times 0.05) + (19.03 \times 1.384) + (26.81 \times 0.984) + (12.11 \times 0.265)}{0.30 + 0.09 + 1.79 + 0.37 + 19.03 + 26.81 + 12.11} \\
 &= 0.95m
 \end{aligned}$$

라. 설계풍하중의 합력(설계풍하중의 작용위치)

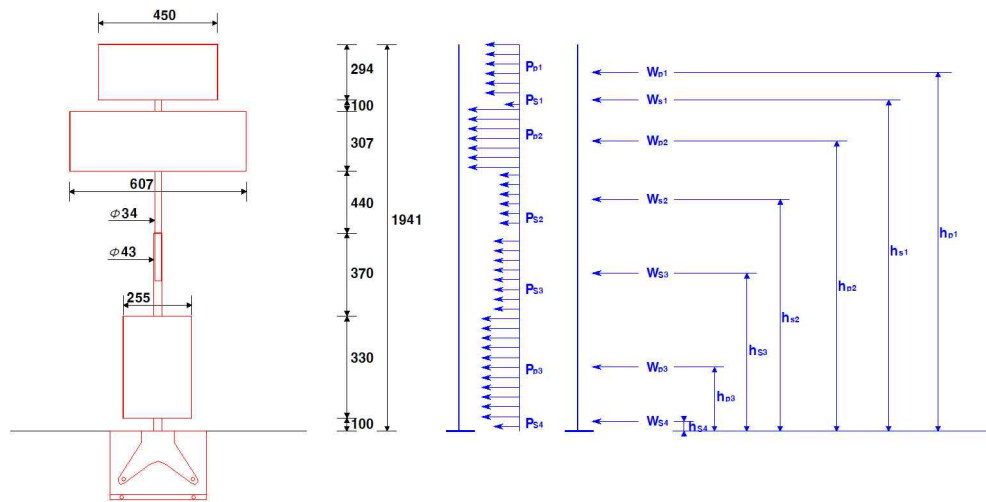
$$\begin{aligned}
 H &= \frac{(W_{S1} \times h_{S1}) + (W_{S2} \times h_{S2}) + (W_{S3} \times h_{S3}) + (W_{S4} \times h_{S4}) + (W_{p1} \times h_{p1}) + (W_{p2} \times h_{p2}) + (W_{p3} \times h_{p3})}{H} \\
 &= \frac{(0.30 \times 1.187) + (0.09 \times 0.815) + (1.79 \times 0.615) + (0.37 \times 0.05) + (19.03 \times 1.384) + (26.81 \times 0.984) + (12.11 \times 0.265)}{0.95} \\
 &= 60.5kg
 \end{aligned}$$

1.2 가드레일

① 중분대용(H=860mm)

가. 설계조건

(1) 개요도



(2) 기본 조건

구 분	내 용	비 고
표지 형식	단주식	설계목표수명 및 중요도 계수의 근거
기본 풍속	40m/s	거스트 계수의 적용 근거
표지 높이	2.801m	고도 및 노출환경계수의 근거
표지판 규격	60.7cm×30.7cm	표지판 항력계수의 근거
지주 규격	φ34~43mm×t3.5mm	지주 항력계수의 근거

(3) 변수 결정

구 분	산출값	산출 근거
설계풍속	40m/s	$V_d = V_o K_z = 40m/s \times 1.925 \left[\frac{10}{600} \right]^{0.16} = 40m/s$
거스트 계수	1.90	거스트 계수 1.90 적용
중요도 계수	0.66	단주식 도로표지의 중요도 계수
지주의 항력계수	C_{S1} 0.73	$d \sqrt{p} = 0.034 \times \sqrt{\frac{1}{2} \times 0.1195 \times 40^2 \times 0.66} = 0.27 < 1.7$ $\frac{h_c}{d} = \frac{0.100}{0.034} = 2.941 \quad (\frac{h_c}{d} = 1.0 \sim 7.0 \text{ 보간})$
	C_{S2} 0.93	$d \sqrt{p} = 0.034 \times \sqrt{\frac{1}{2} \times 0.1195 \times 40^2 \times 0.66} = 0.27 < 1.7$ $\frac{h_c}{d} = \frac{0.440}{0.034} = 12.941 \quad (\frac{h_c}{d} = 7.0 \sim 25.0 \text{ 보간})$
	C_{S3} 0.94	$d \sqrt{p} = 0.043 \times \sqrt{\frac{1}{2} \times 0.1195 \times 40^2 \times 0.66} = 0.34 < 1.7$ $\frac{h_c}{d} = \frac{0.370}{0.043} = 8.6 \quad (\frac{h_c}{d} = 7.0 \sim 25.0 \text{ 보간})$
	C_{S4} 0.72	$d \sqrt{p} = 0.043 \times \sqrt{\frac{1}{2} \times 0.1195 \times 40^2 \times 0.66} = 0.34 < 1.7$ $\frac{h_c}{d} = \frac{0.100}{0.043} = 2.3 \quad (\frac{h_c}{d} = 1.0 \sim 7.0 \text{ 보간})$
표지판의 항력계수	C_{P1} 1.2	$\frac{m}{n} = \frac{450}{294} = 1.53 < 6$
	C_{P2} 1.2	$\frac{m}{n} = \frac{607}{307} = 1.98 < 6$
	C_{P3} 1.2	$\frac{m}{n} = \frac{255}{330} = 0.77 < 6$

나. 설계 풍하중의 산정

(1) 설계 풍속압 산정

구 분		설계풍속압 (kgf/m ²)	산출 근거
지 주	S1	87.51	$P_{S1} = \frac{1}{2} \rho V_d^2 G C_{S1} I = \frac{1}{2} \cdot 0.1195 \cdot 40^2 \cdot 1.9 \cdot 0.73 \cdot 0.66 = 87.51$
	S2	111.49	$P_{S2} = \frac{1}{2} \rho V_d^2 G C_{S2} I = \frac{1}{2} \cdot 0.1195 \cdot 40^2 \cdot 1.9 \cdot 0.93 \cdot 0.66 = 111.49$
	S3	112.69	$P_{S3} = \frac{1}{2} \rho V_d^2 G C_{S3} I = \frac{1}{2} \cdot 0.1195 \cdot 40^2 \cdot 1.9 \cdot 0.94 \cdot 0.66 = 112.69$
	S4	86.32	$P_{S4} = \frac{1}{2} \rho V_d^2 G C_{S3} I = \frac{1}{2} \cdot 0.1195 \cdot 40^2 \cdot 1.9 \cdot 0.72 \cdot 0.66 = 86.32$
표지판	P1	143.86	$P_{p1} = \frac{1}{2} \rho V_d^2 G C_{p1} I = \frac{1}{2} \cdot 0.1195 \cdot 40^2 \cdot 1.9 \cdot 1.2 \cdot 0.66 = 143.86$
	P2	143.86	$P_{p2} = \frac{1}{2} \rho V_d^2 G C_{p1} I = \frac{1}{2} \cdot 0.1195 \cdot 40^2 \cdot 1.9 \cdot 1.2 \cdot 0.66 = 143.86$
	P3	143.86	$P_{p3} = \frac{1}{2} \rho V_d^2 G C_{p1} I = \frac{1}{2} \cdot 0.1195 \cdot 40^2 \cdot 1.9 \cdot 1.2 \cdot 0.66 = 143.86$

(2) 설계 풍하중 산정

구 분		설계풍하중 (kgf)	산출 근거
지 주	S1	0.30	$W_{S1} = P_{S1} A_{S1} = 87.51 \times (0.034 \times 0.100) = 0.30$
	S2	1.67	$W_{S2} = P_{S2} A_{S2} = 115.09 \times (0.034 \times 0.44) = 1.67$
	S3	1.79	$W_{S3} = P_{S3} A_{S3} = 112.69 \times (0.043 \times 0.370) = 1.79$
	S4	0.37	$W_{S4} = P_{S4} A_{S4} = 86.32 \times (0.043 \times 0.100) = 0.37$
표지판	P1	19.03	$W_{p1} = P_{p1} A_{p1} = 143.859 \times (0.45 \times 0.294) = 19.03$
	P2	26.81	$W_{p2} = P_{p2} A_{p2} = 143.859 \times (0.607 \times 0.307) = 26.81$
	P3	12.11	$W_{p3} = P_{p3} A_{p3} = 143.859 \times (0.255 \times 0.330) = 12.11$

다. 설계풍하중의 작용 위치(기준점 표지지주 하단)

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{(W_{S1} \times h_{S1}) + (W_{S2} \times h_{S2}) + (W_{S3} \times h_{S3}) + (W_{S4} \times h_{S4}) + (W_{p1} \times h_{p1}) + (W_{p2} \times h_{p2}) + (W_{p3} \times h_{p3})}{W_{S1} + W_{S2} + W_{S3} + W_{S4} + W_{p1} + W_{p2} + W_{p3}} \\
 &= \frac{(0.30 \times 1.597) + (1.67 \times 1.020) + (1.79 \times 0.615) + (0.37 \times 0.05) + (19.03 \times 1.794) + (26.81 \times 1.394) + (12.11 \times 0.265)}{0.30 + 1.67 + 1.79 + 0.37 + 19.03 + 26.81 + 12.11} \\
 &= 1.26m
 \end{aligned}$$

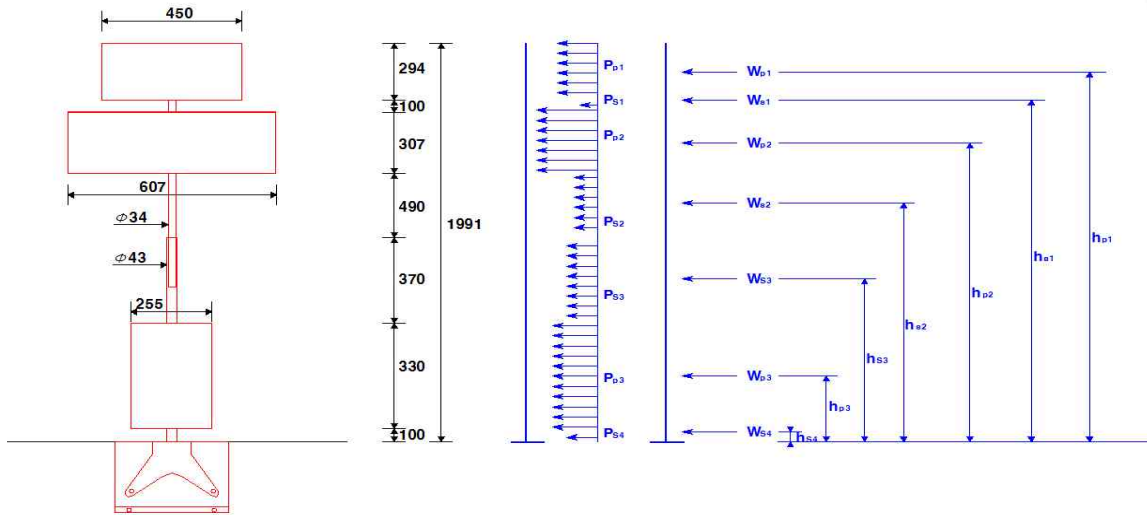
라. 설계풍하중의 합력(설계풍하중의 작용위치)

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{(W_{S1} \times h_{S1}) + (W_{S2} \times h_{S2}) + (W_{S3} \times h_{S3}) + (W_{S4} \times h_{S4}) + (W_{p1} \times h_{p1}) + (W_{p2} \times h_{p2}) + (W_{p3} \times h_{p3})}{H} \\
 &= \frac{(0.30 \times 1.597) + (1.67 \times 1.020) + (1.79 \times 0.615) + (0.37 \times 0.05) + (19.03 \times 1.794) + (26.81 \times 1.394) + (12.11 \times 0.265)}{1.26} \\
 &= 62.08kg
 \end{aligned}$$

② 길어깨용(H=810mm)

가. 설계조건

(1) 개요도



(2) 기본 조건

구 분	내 용	비 고
표지 형식	단주식	설계목표수명 및 중요도 계수의 근거
기본 풍속	40m/s	거스트 계수의 적용 근거
표지 높이	2.801m	고도 및 노출환경계수의 근거
표지판 규격	60.7cm×30.7cm	표지판 항력계수의 근거
지주 규격	φ34~43mm×t3.5mm	지주 항력계수의 근거

(3) 변수 결정

구 분	산출값	산출 근거
설계풍속	40m/s	$V_d = V_o K_z = 40m/s \times 1.925 \left[\frac{10}{600} \right]^{0.16} = 40m/s$
거스트 계수	1.90	거스트 계수 1.90 적용
중요도 계수	0.66	단주식 도로표지의 중요도 계수
지주의 항력계수	C_{S1} 0.73	$d \sqrt{p} = 0.034 \times \sqrt{\frac{1}{2} \times 0.1195 \times 40^2 \times 0.66} = 0.27 < 1.7$ $\frac{h_c}{d} = \frac{0.100}{0.034} = 2.941 \quad (\frac{h_c}{d} = 1.0 \sim 7.0 \text{ 보간})$
	C_{S2} 0.96	$d \sqrt{p} = 0.034 \times \sqrt{\frac{1}{2} \times 0.1195 \times 40^2 \times 0.66} = 0.27 < 1.7$ $\frac{h_c}{d} = \frac{0.490}{0.034} = 14.412 \quad (\frac{h_c}{d} = 7.0 \sim 25.0 \text{ 보간})$
	C_{S3} 0.94	$d \sqrt{p} = 0.043 \times \sqrt{\frac{1}{2} \times 0.1195 \times 40^2 \times 0.66} = 0.34 < 1.7$ $\frac{h_c}{d} = \frac{0.370}{0.043} = 8.6 \quad (\frac{h_c}{d} = 7.0 \sim 25.0 \text{ 보간})$
	C_{S4} 0.72	$d \sqrt{p} = 0.043 \times \sqrt{\frac{1}{2} \times 0.1195 \times 40^2 \times 0.66} = 0.34 < 1.7$ $\frac{h_c}{d} = \frac{0.100}{0.043} = 2.3 \quad (\frac{h_c}{d} = 1.0 \sim 7.0 \text{ 보간})$
표지판의 항력계수	C_{P1} 1.2	$\frac{m}{n} = \frac{450}{294} = 1.53 < 6$
	C_{P2} 1.2	$\frac{m}{n} = \frac{607}{307} = 1.98 < 6$
	C_{P3} 1.2	$\frac{m}{n} = \frac{255}{330} = 0.77 < 6$

나. 설계 풍하중의 산정

(1) 설계 풍속압 산정

구 분		설계풍속압 (kgf/m ²)	산출 근거
지 주	S1	87.51	$P_{S1} = \frac{1}{2} \rho V_d^2 G C_{S1} I = \frac{1}{2} \cdot 0.1195 \cdot 40^2 \cdot 1.9 \cdot 0.73 \cdot 0.66 = 87.51$
	S2	115.09	$P_{S2} = \frac{1}{2} \rho V_d^2 G C_{S2} I = \frac{1}{2} \cdot 0.1195 \cdot 40^2 \cdot 1.9 \cdot 0.96 \cdot 0.66 = 115.09$
	S3	112.69	$P_{S3} = \frac{1}{2} \rho V_d^2 G C_{S3} I = \frac{1}{2} \cdot 0.1195 \cdot 40^2 \cdot 1.9 \cdot 0.94 \cdot 0.66 = 112.69$
	S4	86.32	$P_{S4} = \frac{1}{2} \rho V_d^2 G C_{S3} I = \frac{1}{2} \cdot 0.1195 \cdot 40^2 \cdot 1.9 \cdot 0.72 \cdot 0.66 = 86.32$
표지판	P1	143.86	$P_{p1} = \frac{1}{2} \rho V_d^2 G C_{p1} I = \frac{1}{2} \cdot 0.1195 \cdot 40^2 \cdot 1.9 \cdot 1.2 \cdot 0.66 = 143.86$
	P2	143.86	$P_{p2} = \frac{1}{2} \rho V_d^2 G C_{p1} I = \frac{1}{2} \cdot 0.1195 \cdot 40^2 \cdot 1.9 \cdot 1.2 \cdot 0.66 = 143.86$
	P3	143.86	$P_{p3} = \frac{1}{2} \rho V_d^2 G C_{p1} I = \frac{1}{2} \cdot 0.1195 \cdot 40^2 \cdot 1.9 \cdot 1.2 \cdot 0.66 = 143.86$

(2) 설계 풍하중 산정

구 분		설계풍하중 (kgf)	산출 근거
지 주	S1	0.30	$W_{S1} = P_{S1} A_{S1} = 87.51 \times (0.034 \times 0.100) = 0.30$
	S2	1.92	$W_{S2} = P_{S2} A_{S2} = 115.09 \times (0.034 \times 0.49) = 1.92$
	S3	1.79	$W_{S3} = P_{S3} A_{S3} = 112.69 \times (0.043 \times 0.370) = 1.79$
	S4	0.37	$W_{S4} = P_{S4} A_{S4} = 86.32 \times (0.043 \times 0.100) = 0.37$
표지판	P1	19.03	$W_{p1} = P_{p1} A_{p1} = 143.859 \times (0.45 \times 0.294) = 19.03$
	P2	26.81	$W_{p2} = P_{p2} A_{p2} = 143.859 \times (0.607 \times 0.307) = 26.81$
	P3	12.11	$W_{p3} = P_{p3} A_{p3} = 143.859 \times (0.255 \times 0.330) = 12.11$

다. 설계풍하중의 작용 위치(기준점 표지지주 하단)

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{(W_{S1} \times h_{S1}) + (W_{S2} \times h_{S2}) + (W_{S3} \times h_{S3}) + (W_{S4} \times h_{S4}) + (W_{p1} \times h_{p1}) + (W_{p2} \times h_{p2}) + (W_{p3} \times h_{p3})}{W_{S1} + W_{S2} + W_{S3} + W_{S4} + W_{p1} + W_{p2} + W_{p3}} \\
 &= \frac{(0.30 \times 1.647) + (1.92 \times 1.045) + (1.79 \times 0.615) + (0.37 \times 0.05) + (19.03 \times 1.844) + (26.81 \times 1.444) + (12.11 \times 0.265)}{0.30 + 1.92 + 1.79 + 0.37 + 19.03 + 26.81 + 12.11} \\
 &= 1.29m
 \end{aligned}$$

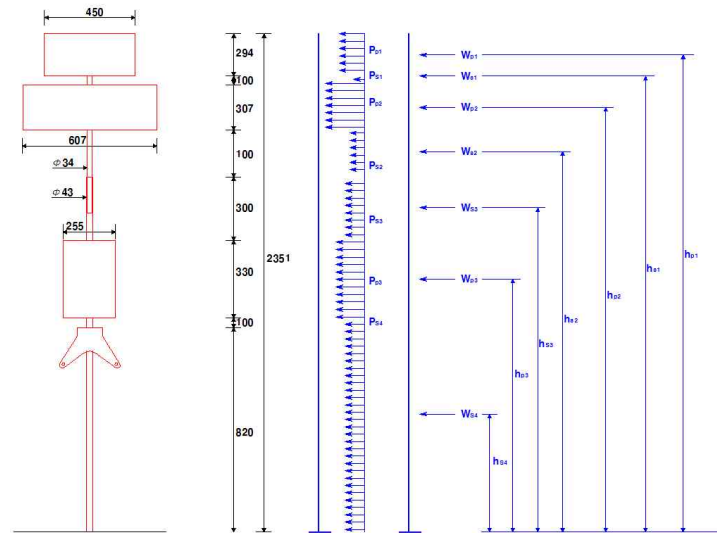
라. 설계풍하중의 합력(설계풍하중의 작용위치)

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{(W_{S1} \times h_{S1}) + (W_{S2} \times h_{S2}) + (W_{S3} \times h_{S3}) + (W_{S4} \times h_{S4}) + (W_{p1} \times h_{p1}) + (W_{p2} \times h_{p2}) + (W_{p3} \times h_{p3})}{H} \\
 &= \frac{(0.30 \times 1.647) + (1.92 \times 1.045) + (1.79 \times 0.615) + (0.37 \times 0.05) + (19.03 \times 1.844) + (26.81 \times 1.444) + (12.11 \times 0.265)}{1.29} \\
 &= 62.33kg
 \end{aligned}$$

1.3 독립지지용

가. 설계조건

(1) 개요도



(2) 기본 조건

구 분	내 용	비 고
표지 형식	단주식	설계목표수명 및 중요도 계수의 근거
기본 풍속	40m/s	거스트 계수의 적용 근거
표지 높이	2.351m	고도 및 노출환경계수의 근거
표지판 규격	60.7cm×30.7cm	표지판 항력계수의 근거
지주 규격	φ34~43mm×t3.5mm	지주 항력계수의 근거

(3) 변수 결정

구 분	산출값	산출 근거
설계풍속	40m/s	$V_d = V_o K_z = 40m/s \times 1.925 \left[\frac{10}{600} \right]^{0.16} = 40m/s$
거스트 계수	1.90	거스트 계수 1.90 적용
중요도 계수	0.66	단주식 도로표지의 중요도 계수
지주의 항력계수	C_{S1}	0.73
	C_{S2}	0.73
	C_{S3}	0.80
	C_{S4}	1.12
표지판의 항력계수	C_{P1}	1.2
	C_{P2}	1.2
	C_{P3}	1.2

나. 설계 풍하중의 산정

(1) 설계 풍속압 산정

구 분		설계풍속압 (kgf/m ²)	산출 근거
지 주	S1	87.51	$P_{S1} = \frac{1}{2} \rho V_d^2 G C_{S1} I = \frac{1}{2} \cdot 0.1195 \cdot 40^2 \cdot 1.9 \cdot 0.73 \cdot 0.66 = 87.51$
	S2	87.51	$P_{S2} = \frac{1}{2} \rho V_d^2 G C_{S2} I = \frac{1}{2} \cdot 0.1195 \cdot 40^2 \cdot 1.9 \cdot 0.73 \cdot 0.66 = 87.51$
	S3	95.91	$P_{S3} = \frac{1}{2} \rho V_d^2 G C_{S3} I = \frac{1}{2} \cdot 0.1195 \cdot 40^2 \cdot 1.9 \cdot 0.80 \cdot 0.66 = 95.91$
	S4	134.27	$P_{S4} = \frac{1}{2} \rho V_d^2 G C_{S3} I = \frac{1}{2} \cdot 0.1195 \cdot 40^2 \cdot 1.9 \cdot 1.12 \cdot 0.66 = 134.27$
표지판	P1	143.86	$P_{p1} = \frac{1}{2} \rho V_d^2 G C_{p1} I = \frac{1}{2} \cdot 0.1195 \cdot 40^2 \cdot 1.9 \cdot 1.2 \cdot 0.66 = 143.86$
	P2	143.86	$P_{p2} = \frac{1}{2} \rho V_d^2 G C_{p1} I = \frac{1}{2} \cdot 0.1195 \cdot 40^2 \cdot 1.9 \cdot 1.2 \cdot 0.66 = 143.86$
	P3	143.86	$P_{p3} = \frac{1}{2} \rho V_d^2 G C_{p1} I = \frac{1}{2} \cdot 0.1195 \cdot 40^2 \cdot 1.9 \cdot 1.2 \cdot 0.66 = 143.86$

(2) 설계 풍하중 산정

구 분		설계풍하중 (kgf)	산출 근거
지 주	S1	0.30	$W_{S1} = P_{S1} A_{S1} = 87.51 \times (0.034 \times 0.100) = 0.30$
	S2	0.30	$W_{S2} = P_{S2} A_{S2} = 87.51 \times (0.034 \times 0.100) = 0.30$
	S3	1.24	$W_{S3} = P_{S3} A_{S3} = 95.91 \times (0.043 \times 0.300) = 1.24$
	S4	5.31	$W_{S4} = P_{S4} A_{S4} = 134.27 \times (0.043 \times 0.92) = 5.31$
표지판	P1	19.03	$W_{p1} = P_{p1} A_{p1} = 143.859 \times (0.45 \times 0.294) = 19.03$
	P2	26.81	$W_{p2} = P_{p2} A_{p2} = 143.859 \times (0.607 \times 0.307) = 26.81$
	P3	12.11	$W_{p3} = P_{p3} A_{p3} = 143.859 \times (0.255 \times 0.330) = 12.11$

다. 설계풍하중의 작용 위치(기준점 표지지주 하단)

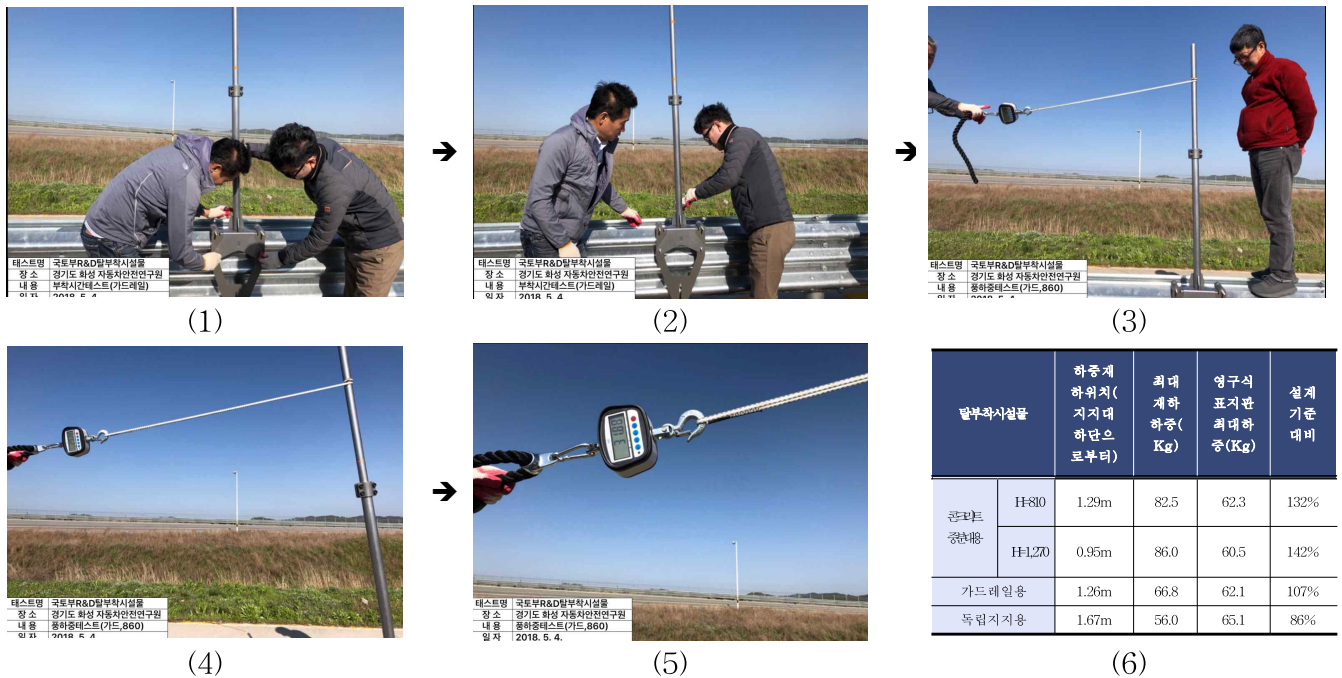
$$\begin{aligned}
 H &= \frac{(W_{S1} \times h_{S1}) + (W_{S2} \times h_{S2}) + (W_{S3} \times h_{S3}) + (W_{S4} \times h_{S4}) + (W_{p1} \times h_{p1}) + (W_{p2} \times h_{p2}) + (W_{p3} \times h_{p3})}{W_{S1} + W_{S2} + W_{S3} + W_{S4} + W_{p1} + W_{p2} + W_{p3}} \\
 &= \frac{(0.30 \times 2.107) + (0.30 \times 1.600) + (1.24 \times 1.40) + (5.31 \times 0.46) + (19.03 \times 2.204) + (26.81 \times 1.804) + (12.11 \times 1.085)}{0.30 + 0.30 + 1.24 + 5.31 + 19.03 + 26.81 + 12.11} \\
 &= 1.67m
 \end{aligned}$$

라. 설계풍하중의 합력(설계풍하중의 작용위치)

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{(W_{S1} \times h_{S1}) + (W_{S2} \times h_{S2}) + (W_{S3} \times h_{S3}) + (W_{S4} \times h_{S4}) + (W_{p1} \times h_{p1}) + (W_{p2} \times h_{p2}) + (W_{p3} \times h_{p3})}{H} \\
 &= \frac{(0.30 \times 2.107) + (0.30 \times 1.600) + (1.24 \times 1.40) + (5.31 \times 0.46) + (19.03 \times 2.204) + (26.81 \times 1.804) + (12.11 \times 1.085)}{1.67} \\
 &= 65.1kg
 \end{aligned}$$

다. 풍하중 간이테스트 방법

- (1) 교통안전표지 탈부착시설물을 시설물에 설치한다.
- (2) 상기 과정에서 교통안전표지 및 부착시설물 종류별로 산정된 설계풍하중의 작용 위치(표지 지주 하단 기준)를 설치된 시설물의 지주에 종이테이프로 감아 표시해 둔다.
- (3) 재하하중이 디지털로 표시되는 용수철 저울을 종이테이프로 감아 표시된 지주의 위치에 고정시킨다.
- (4) 표시된 지주의 위치에 직각으로 인력 또는 차량을 이용하여 하중을 재하시킨다
- (5) 설치된 지주가 파괴(굴절 또는 탈착)되기 직전의 용수철 저울의 하중을 측정한다.
- (6) 상기 과정에서 산정된 설계풍하중과 비교하여 설계기준의 만족여부를 측정한다.



<그림 3.36> 풍하중 간이테스트 사진

6. 공사중 교통안전표지 탈부착시설물의 단위테스트 실시

가. 단위Test개요

(1) 목적

공사중 교통안전표지로서의 기능을 충족하고, 기능을 유지하기 위하여 갖추어야 할 요소를 평가하기 위함

(2) 일시 및 장소

- 일 시 : 2018. 5. 4 (금) 14:00 ~ 18:00
- 장 소 : 한국교통안전공단 자동차안전연구원(경기도 화성시 송산면 삼존로200)

(3) 단위Test 항목

- (가) 시설물별 중량측정
- (나) 시설물별 설치·해체시간 및 난이도 측정
- (다) 시설물별 풍하중 지지력 간이 Test

나. 탈부착 시설물별 중량 측정

(1) 측정방법

교통안전표지, 태양전지판, 컨트롤박스, 전원함을 제외한 탈부착시설물의 중량을 측정하였음.



<그림 3.37> 탈부착시설물 중량측정 사진

(2) 측정결과

<표 3.8> 탈부착시설물 중량측정 결과

탈부착시설물	중량(Kg)	비고
콘크리트 중분대용	8.56kg	지지대:6.73kg, 브라켓:1.83kg
가드레일용	12.55kg	
PE방호벽용	8.56kg	
PE드럼용	9.33kg	
라바콘용	8.5kg	
독립지지용	13.86kg	

다. 탈부착 시설물별 설치·해체 시간 및 난이도 측정

(1) 측정방법

교통안전표지, 태양전지판, 컨트롤박스, 전원함 설치를 제외한 탈부착시설물의 설치시간 및 해체시간, 설치난이도를 공사장 숙련노동자가 아닌 일반인이 테스트 하였음.



<그림 3.38> 탈부착시설물 설치·해체시간 및 난이도 테스트 사진

(2) 측정결과

<표 3.9> 탈부착시설물 설치·해체시간 및 난이도 측정결과

탈부착시설물	설치시간 (분·초)	해체시간 (분·초)	설치·해체 난이도				
			매우 쉬움	쉬움	보통	어려움	매우 어려움
콘크리트 중분대용	4'44"	1'48"		✓			
가드레일용	3'49"	1'23"	✓				
PE방호벽용	9'10"	4'20"			✓		
PE드럼용	5'45"	1'30"			✓		
라바콘용	5'30"	2'00"		✓			
독립지지용	9'00"	1'00"		✓			

라. 탈부착 시설물별 풍하중 지지력 간이테스트

(1) 측정방법

교통안전표지, 태양전지판, 컨트롤박스, 전원함, 탈부착시설물이 통합설치되었을때의 설계풍하중을 집중하중으로 산정하여, 풍하중 지지력에 대한 테스트를 실시하였음.



<그림 3.39> 탈부착시설물별 풍하중 지지력 간이테스트 사진

(2) 측정결과

<표 3.10> 탈부착시설물별 풍하중 지지력 간이테스트 결과

탈부착시설물		하중재하위치(지지대 하단으로부터)	최대재하하중 (Kg)	영구식표지판 최대하중(Kg)	설계기준대비
콘크리트 중분대용	H=810	1.29m	82.5	62.3	132%
	H=1,270	0.95m	86.0	60.5	142%
가드레일용		1.26m	66.8	62.1	107%
독립지지용		1.67m	56.0	65.1	86%

7. 안전관리 시스템 관리 서버 개발

가. 개요

(1) 목적

공사현장을 관리하고, 관리현장에 대한 정보 및 알림현황 등과 안전요소들을 관리하고 확인할 수 있도록 한다. 공사현장별로 관련 정보들을 저장하고 해당 내용들을 쉽게 파악하고 각 안전현황을 차트를 통해 분석할 수 있도록 한다. 공사현장의 알림정보를 구글의 FCM이나 애플을 APN을 통해 푸시메시지로 사용자와 관리자에 전달한다. 관리자의 경우 다양한 정보를 확인할 수 있도록 윈도우 운영체제에서 사용할 수 있는 관리 프로그램을 사용할 수 있으며, 스마트폰을 통해 언제 어디서든 정보를 확인할 수 있는 관리자용 스마트폰 앱을 활용할 수 있도록 한다.

(2) 개발방법

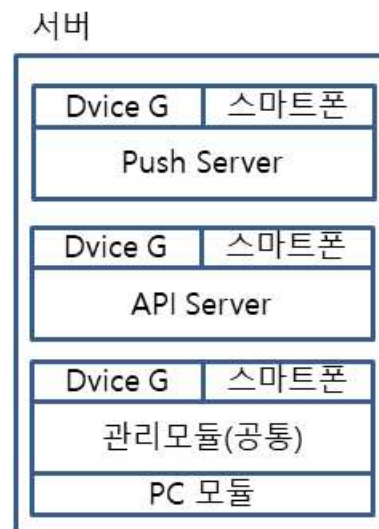
다양한 디바이스에서 정보를 활용할 수 있도록 웹으로 서버 API를 구축한다. 서버 API는 다양한 디바이스에서 쉽게 접근할 수 있고 범용으로 사용 가능하며, 이미 많은 검증이 이루어져 있는 RESTful API를 사용하기로 한다. REST방식의 경우 Open API를 제공하기 용이하며, 멀티플랫폼 지원 및 연동이 편리하다. XML, JSON, RSS등 다양한 형태의 데이터 타입을 지원할 수 있으며, 기존 웹 인프라를 그대로 사용할 수 있는 장점을 가지고 있어 본 개발 환경에 적합하다. 특히 데이터 전달에는 현재 가장 많이 사용하는 형태인 JSON방식을 사용하여 데이터의 구성을 쉽게 확인하고 확장할 수 있도록 하였다.

알림정보 등은 안드로이드의 경우 FCM서버와 연동하여 공사현장의 사용자들과 관리자에게 전달할 수 있도록 한다. 데이터베이스는 MySQL을 사용하여 공사장의 알림이나 공사현장 정보, 사용자 등을 저장할 수 있도록 하고 다양한 정보를 저장하여 분석자료로 사용할 수 있도록 한다

운영체제	윈도우즈
웹서버	아파치
개발언어	PHP(Slim Framework)
데이터베이스	MySQL

(3) 시스템 구성도

서버 모듈의 구성은 다음 그림과 같다.



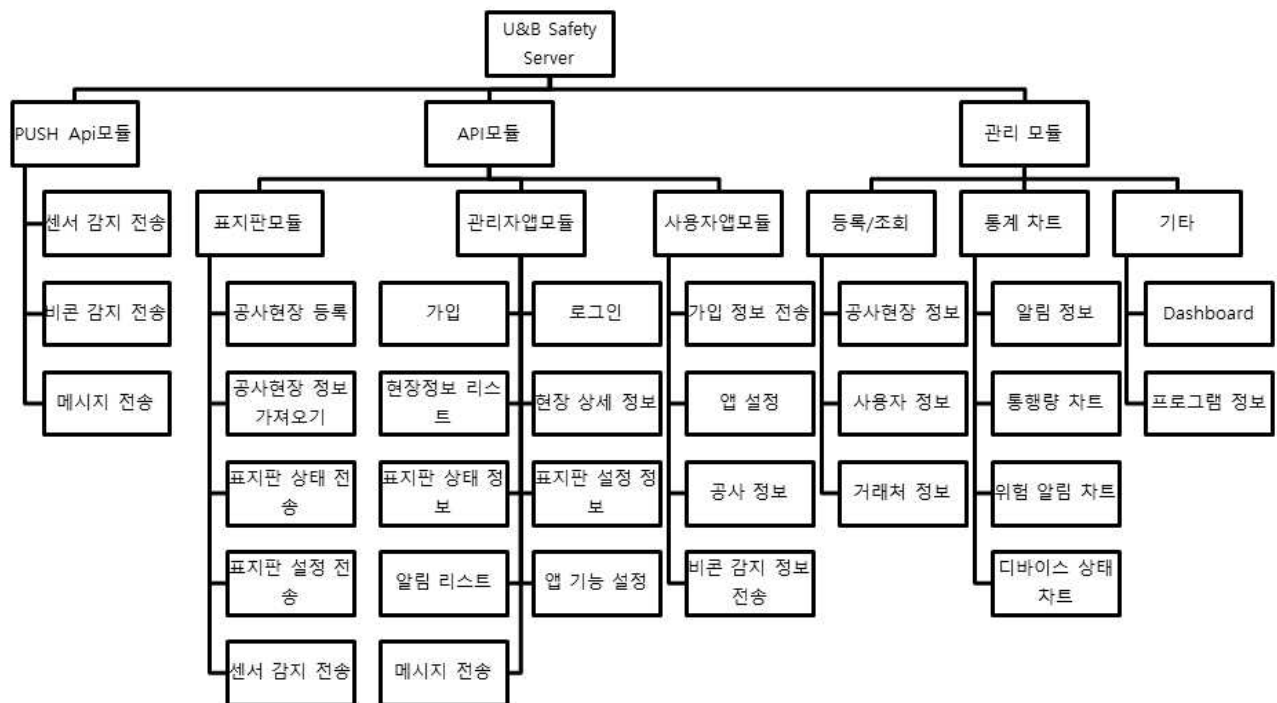
<그림 3.40> 서버 구성도

- PUSH 서버 : 구글의 FCM과 애플의 APNs을 이용하여 알림 정보를 관리자와 운전자, 작업자에 전달한다.
- API 서버 : 윈도우 응용프로그램, 스마트폰 앱에서 공사현황 정보를 설정하거나 정보를 읽어올 수 있는 API를 제공한다. RESTful API로 구현하였으며, JSON 형태로 데이터를 주고 받을 수 있다.
- 관리 모듈 : 관리자가 공사현장 정보를 확인할 수 있도록 관리 정보를 제공한다. 윈도우 응용프로그램으로 구성하였으며, 데이터베이스에 직접 접속하여 다양한 정보를 확인하고 설정할 수 있도록 구성하였다.

나. 설계

(1) 메뉴 구조도

서버 프로그램은 PUSH API모듈, Web API모듈, 관리모듈 등 3개의 모듈로 구성된다. PUSH API모듈은 Google FCM을 통해 안드로이드폰과 아이폰에 메시지를 전송을 처리하고, Web API모듈은 안드로이드 앱이나 아이폰 앱과의 통신을 처리한다. 관리 모듈은 윈도우에서 공사현장이나 사용자 정보를 등록하거나 수정할 수 있으며, 통계정보 등을 확인하는 기능을 처리한다.



<그림 3.41> 메뉴구조도

(2) 주요 테이블 구조

- site : 현장정보등록

순번	항목명	필드명	필드타입	NULL	Primary	기본값
1	현장ID	site_id	int	No	Yes	자동증가
2	업체ID	company_id	int			
3	현장이름	site_name	varchar(50)			
4	현장정보	info	varchar(50)			
5	현장주소	address	varchar(50)			
6	GPS	GPS	varchar(50)			
7	위도	latitude	decimal(11.8)			
8	경도	longitude	decimal(11.8)			
9	GPS	GPS	varchar(50)			
10	업체키	company_key	varchar(50)			

- company : 업체정보 등록 테이블

순번	항목명	필드명	필드타입	NULL	Primary	기본값
1	업체ID	company_id	int	No	Yes	자동증가
2	업체명	company_name	varchar(50)			
3	담당자	contact_name	varchar(50)			
4	담당자연락처	phone	varchar(50)			
5	회사주소	address	varchar(50)			
6	사업자번호	business_number	varchar(50)			
7	업체키	company_key	varchar(50)			

- user : 사용자 정보

순번	항목명	필드명	필드타입	NULL	Primary	기본값
1	사용자ID	user_id	varchar(50)	No	Yes	
2	이름	name	varchar(50)			
3	핸드폰번호	phone	varchar(50)			
4	작업자여부	is_worker	char(1)			
5	운전자여부	is_driver	char(1)			
6	관리자여부	is_manager	char(1)			
7	부서	depart	varchar(50)			
8	인증여부	auth	char(1)			
9	메시지	message	varchar(200)			
10	회사코드	company_id	int			
11	알림시작시간	start_hour	int			
12	알림종료시간	end_hour	int			
13	토큰	token	varchar(255)			

- detector : 표지판 정보

순번	항목명	필드명	필드타입	NULL	Primary	기본값
1	디텍터ID	detector_id	int	No	Yes	
2	제품번호	detector_product_no	varchar(50)			
3	현장ID	site_id	int			
4	인덱스	detector_index	int			
5	비콘UUID	beacon_uuid	varchar(50)			
6	비콘Major	beacon_major	varchar(50)			
7	비콘Minor	beacon_minor	varchar(50)			
8	게이트웨이여부	is_gateway	char(1)			
9	게이트웨이토큰	token	varchar(255)			

- detector_status : 표지판 상태

순번	항목명	필드명	필드타입	NULL	Primary	기본값
1	디텍터ID	detector_id	int	No	Yes	
2	디텍터Index	detector_index	int			
3	온도	temperature	int			
4	배터리	battery	int			
5	감지거리	sensing_distance	int			
6	송신주기	trans_period	int			
7	작동여부	is_on	char(1)			
8	통신상태	is_comm	char(1)			
9	에러상태	is_error	char(1)			
10	팬상태	is_fan_on	char(1)			
11	게이트웨이 UUID	gateway_uuid	varchar(50)			
12	시간	datetime	datetime			

- detector_log : 표지판 로그 정보

순번	항목명	필드명	필드타입	NULL	Primary	기본값
1	시간	datetime	datetime	No	Yes	
2	디텍터ID	detector_id	int	No	Yes	
3	디텍터Index	detector_index	int			
4	온도	temperature	int			
5	배터리	battery	int			
6	감지거리	sensing_distance	int			
7	송신주기	trans_period	int			
8	작동여부	is_on	char(1)			
9	통신상태	is_comm	char(1)			
10	에러상태	is_error	char(1)			
11	팬상태	is_fan_on	char(1)			
12	게이트웨이 UUID	gateway_uuid	varchar(50)			

다. 개발 결과

(1) PUSH 메시지 모듈

안전표지판에 차량이 접근할 경우 운전자 스마트폰으로 알림 메시지를 전송한다. 알림 메시지는 애플의 아이폰과 구글의 안드로이드 폰에 모두 PUSH 메시지를 전송할 수 있는 구글의 FCM을 이용하여 개발하였다.

FCM을 사용할 경우 애플에 PUSH 메시지를 전달하기 위해 별도의 서버 모듈을 만들지 않아도 다음 그림처럼 FCM 모듈에서 애플 서버에 메시지와 토큰을 전달하여 아이폰에 PUSH 메시지를 전송할 수 있다.



<그림 3.42> FCM 작동방법

구글의 FCM서버로 메시지를 전달에는 curl을 사용하였으며 데이터는 json형태의 데이터로 전달하도록 하였다. 다음 그림은 curl을 이용하여 메시지를 구글 FCM서버에 전달하는 과정을 보여준다.

```
34
35
36 $url = 'https://fcm.googleapis.com/fcm/send';
37
38 $headers = array(
39     'Authorization:key = ' . $server key,
40     'Content-Type: application/json'
41 );
42
43 $sch = curl_init();
44
45 curl_setopt($sch, CURLOPT_URL, $url);
46 curl_setopt($sch, CURLOPT_POST, true);
47 curl_setopt($sch, CURLOPT_HTTPHEADER, $headers);
48 curl_setopt($sch, CURLOPT_RETURNTRANSFER, true);
49 curl_setopt($sch, CURLOPT_SSL_VERIFYHOST, 0);
50 curl_setopt($sch, CURLOPT_SSL_VERIFYPEER, false);
51 curl_setopt($sch, CURLOPT_POSTFIELDS, json_encode($jsonMessage));
52
53 $result = curl_exec($sch);
54 if ($result === FALSE) {
55     die('Curl failed: ' . curl_error($sch));
56 }
57
58 curl_close($sch);
```

<그림 3.43> curl을 이용한 메시지 전달

(2) Api모듈

윈도우 응용 프로그램, 웹브라우저, 안드로이드 앱, 아이폰 앱 등은 모두 서버와 통신이 이루어진다. 운전자 앱의 경우 안전표지판을 인지한 경우 서버에 안전표지판 정보를 전달한다. 작업자의 경우에도 안전표지판 정보를 계속 서버에 전송한다. 윈도우 관리자 응용프로그램에서는 서버에 정보들을 계속 요청하고 해당 정보를 화면에 보여주도록 개발되었다.

따라서 각 디바이스에서 유사한 모듈을 개발해야 한다. 안전관리 솔루션 개발에는 이러한 중복 개발을 최소화하기 위해 WebApi형태로 서버에서 개발하였다. HTTP프로토콜을 이용하여 데이터를 주고 받도록 하여 다양한 디바이스를 지원할 수 있도록 하였다.

각 디바이스 환경에서 공통적으로 사용하는 기능을 하나로 묶어서 서버에서 구현하였으며, 이를 RESTful API형태로 제공하도록 하였다.

(가) 개발환경

- RESTful API

REST(Representational State Transfer)는 월드 와이드 웹과 같은 분산 하이퍼미디어 시스템을 위한 소프트웨어 아키텍처의 한 형식이다. 이 용어는 로이 필딩(Roy Fielding)의 2000년 박사학위 논문에서 소개되었다. 필딩은 HTTP의 주요 저자 중 한 사람이다. [참고문헌10\)](#)

엄격한 의미로 REST는 네트워크 아키텍처 원리의 모음이다. 여기서 '네트워크 아키텍처 원리'란 자원을 정의하고 자원에 대한 주소를 지정하는 방법 전반을 일컫는다. 간단한 의미로는, 웹 상의 자료를 HTTP위에서 SOAP이나 쿠키를 통한 세션 트래킹 같은 별도의 전송 계층 없이 전송하기 위한 아주 간단한 인터페이스를 말한다. 이 두 가지의 의미는 겹치는 부분과 충돌되는 부분이 있다. 필딩의 REST 아키텍처 형식을 따르면 HTTP나 WWW이 아닌 아주 커다란 소프트웨어 시스템을 설계하는 것도 가능하다. 또한, 리모트 프로시저 콜 대신에 간단한 XML과 HTTP 인터페이스를 이용해 설계하는 것도 가능하다.

REST는 요소로는 크게 리소스, 메서드, 메세지 3가지 요소로 구성되며 다음 표와 같이 4개의 메소드를 지원한다.

<표 3.11> REST API 메소드

특징	설명
POST	리소스 생성 - 해당 컬렉션에 속하는 새로운 자원들을 생성 - 해당 자원에 귀속되는 새로운 자원 생성
GET	리소스를 조회 - 컬렉션에 속한 자원들의 상세사항의 목록을 보여준다. - 요청한 자원의 정보를 반환한다. GET : /users/1 1번 사용자의 정보 요청
PUT	리소스 수정 - 전체 컬렉션을 다른 컬렉션으로 교체 - 해당 자원을 수정
DELETE	리소스 삭제 - 전체 컬렉션 삭제 - 해당 자원 삭제

이외에도 patch라는 메소드가 있다. put이 해당 자원의 전체를 교체하는 의미를 지니지만, patch는 일부를 변경한다는 의미를 지니기 때문에 업데이트 이벤트에서 put보다 더 의미적으로 적합하다.

다음 표는 REST API의 특징을 보여준다.

<표 3.12> REST API의 특징

특징	설명
Uniform interface	URI로 지정한 리소스에 대한 조작을 통일되고 한정적인 인터페이스로 수행하는 아키텍처 스타일
Stateless	- 작업을 위한 상태정보를 따로 저장하고 관리하지 않는다. - 세션 정보나 쿠키정보를 별도로 저장하고 관리하지 않기 때문에 API 서버는 들어오는 요청만을 단순히 처리 - 서비스의 자유도가 높아지고 서버에서 구현이 단순함
Cacheable	- HTTP라는 기존 웹표준을 그대로 사용하기 때문에 HTTP가 가진 캐싱 기능이 적용 가능 - HTTP 프로토콜 표준에서 사용하는 Last-Modified태그나 E-Tag를 이용하면 캐싱 구현이 가능
self-descriptiveness	REST API 메시지만 보고도 이를 쉽게 이해 할 수 있는 자체 표현 구조
Client - Server 구조	- 역할구분 서버는 API 제공, 클라이언트는 사용자 인증이나 컨텍스트 등 관리 클라이언트와 서버에서 개발해야 할 내용이 명확해지고 의존성이 적다.
Layered system	서버를 다중 계층으로 구성될 수 있으며 보안, 로드 밸런싱, 암호화 계층을 추가해 구조상의 유연성을 둘 수 있다. 네트워크 기반의 중간매체PROXY, 게이트웨이)를 사용할 수 있다.

- SLIM프레임워크

SLIM은 PHP의 마이크로 프레임워크이다. 설치가 편리하고 작은 용량으로 쉽게 사용할 수 있다. 특히 RESTful API개발에 적합하여 서버 API를 구현하는데 SLIM 프레임워크를 사용하였다.

설치는 Composer를 사용하여 설치한다. Composer를 설치하고 다음 명령어를 입력하며 자동으로 SLIM프레임워크가 설치된다.

composer require slim/slim "^3.0"

설치가 완료되면 index.php에 다음 코드를 입력하여 프로젝트를 시작할 수 있다.

```
<?php
$app = new \Slim\WSlim();
$app->get('/hello/:name', function ($name) {
    echo "Hello, $name";
});
$app->run();
```

SLIM프로임워크의 경우 객체지향 프로그램으로 구성되어있어 개체지향을 지원하는 PHP 버전을 사용하도록 한다.

(나)개발 API

API는 게이트웨이, 관리자 앱, 사용자 앱 등으로 구분하여 작성하였으며 다양한 디바이스에서 접근할 수 있도록 HTTP프로토콜을 사용하여 JSON형태의 데이터로 서비스하였다.

관리자용 API

<표 3.13> 관리자 API

기능	API	입력	출력
공사현장 리스트	GET:/manager/sites/{user_id}		공사현장리스트 : 공사현장ID ,공사현장이름, GPS좌표
공사현장 정보	GET:/manager/site/{site_id}	공사현장ID	공사현장정보(현장정보,위치 업체명,공사현장이름,주소,GPS좌표
표지판 상태정보	GET:/manager/detectors/{site_id}	공사현장ID	표지판설정정보(디텍터설정정보) 표지판정보리스트 : 내부온도,배터리상태,감지상태, 통신상태,에러상태,송신주기,이름,인 텍스,팬상태
표지판 설정값	GET:/manager/detector/{detector_i d}	공사현장ID	표지판설정정보(게이트웨이) 송신주기,감지거리
알림정보 리스트	GET: /manager/notifications/{site_id, sdate, edate, page}	공사현장ID, 기간, 페이지	알림리스트 : 시간,현장이름,위치,디텍터인텍스 기간,페이지번호

다음 그림은 관리자용 API의 주요 모듈을 보여준다.

```

158 //GET: /manager/sites/{site_id}
159 $app->get('/manager/site/{site_id}', function($request, $response) {
160     $mapper = new ManagerMapper($this->db);
161     $site_id = $request->getAttribute('site_id');
162     $result = $mapper->getSite($site_id);
163     $response->getBody()->write($result);
164     return $response;
165 });
166 //GET:/manager/detectors/{site_id}
167 $app->get('/manager/detectors/{site_id}', function($request, $response) {
168     $mapper = new ManagerMapper($this->db);
169     $site_id = $request->getAttribute('site_id');
170     $result = $mapper->getDetectors($site_id);
171     $response->getBody()->write($result);
172     return $response;
173 });
174
175 //GET:/manager/detector/{detector_id}
176 $app->get('/manager/detector/{detector_id}', function($request, $response) {
177     $mapper = new ManagerMapper($this->db);
178     $detector_id = $request->getAttribute('detector_id');
179     $result = $mapper->getDetector($detector_id);
180     $response->getBody()->write($result);
181     return $response;
182 });

```

<그림 3.44> 관리자용 API 주요코드

- 사용자용 API

사용자용 앱 가입정보, 앱설정, 공사정보, 비콘 감지 등의 기능을 수행한다. 따라서 해당 기능을 수행할 수 있는 API를 개발하였다.

<표 3.14> 사용자 API

기능	API	입력	출력
가입정보	POST: /user/users	이름, 전화번호, 시간, 토큰	
앱설정	PUT: /user/app/{user_id}	운전모드 작업모드 메시지받을시간	
공사정보	GET: /user/maps/{gps}	GPS정보	공사GPS리스트
비콘감지	POST: /user/sensing/{user_id}	비콘정보	

- 게이트웨이 API

게이트웨이 API는 안전표지판의 게이트웨이 모듈에서 사용할 모듈이다. 따라서 게이트웨이가 담당할 기능인 센서정보를 서버에 전송하는 작업, 현재 표지판의 상태 정보, 공사장을 설정하거나 로그인 하는 정보등을 처리할 수 있는 API를 개발하였다.

<표 3.15> 게이트웨이용 API

기능	API	입력	출력
로그인	GET: /manager/login/{user_id}	사용자 ID	
공사현장리스트 가져오기	GET: /manager/sites/{user_id}		공사현장리스트
공사현장정보 가져오기	GET: /manager/site/{site_id}	공사현장ID	공사현장정보 : 현장정보, 위치 업체명, 공사현장이름, 주소, GPS 좌표
표지판상태 정보 가져오기	GET: /manager/detectors/{site_id}	공상현장ID	표지판설정정보 표지판정보리스트(내부온도, 배 터리상태, 감지상태, 통신상태, 에 러상태, 송신주기, 이름, 인텍스, 팬 상태)
표지판설정 값 가져오기	GET: /manager/detector/{detector_id}	공사현장ID	표지판설정정보(게이트웨이) 송신주기, 감지거리

```

290 $app->put('/tablet/detector/{tablet_id}', function($request, $response) {
291     $tablet_id = $request->getAttribute('tablet_id');
292     $json = $request->getBody();
293     $status = json_decode($json, true) ;
294     if($status) {
295         $mapper = new TabletMapper($this->db);
296         $result = $mapper->updateStatus($tablet_id, $status);
297     } else {
298         $result = make_error_json($json, 1001) ;
299     }
300     $response->getBody()->write($result);
301     return $response;
302 });
303
304 $app->post('/tablet/sensing/{tablet_id}', function($request, $response) {
305     $tablet_id = $request->getAttribute('tablet_id');
306     $json = $request->getBody();
307     $info = json_decode($json, true) ;
308     if($info) {
309         $mapper = new TabletMapper($this->db);
310         $result = $mapper->insertDetectorSensing($tablet_id, $info);
311     } else {
312         $result = make_error_json("json", 1001) ;
313     }
314     $response->getBody()->write($result);
315     return $response;
316 });
317 });

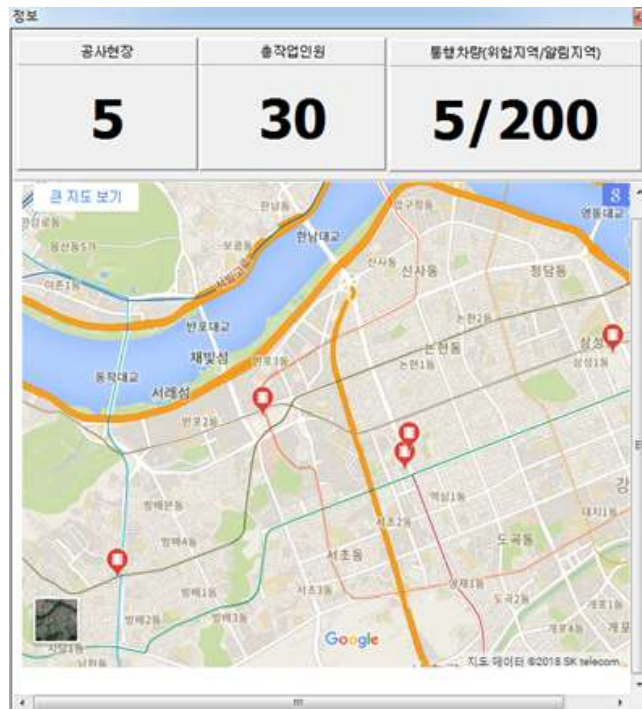
```

<그림 3.45> 게이트웨이 API 주요 코드

(3) 관리자 프로그램

(가) Dashboard

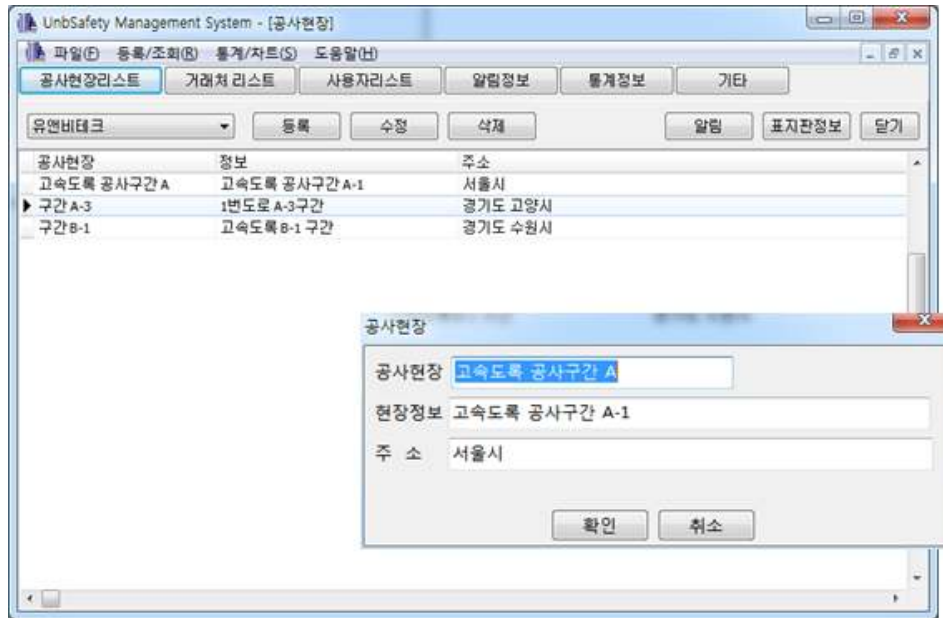
등록된 공사현장의 전체적인 정보를 한눈에 확인할 수 있도록 구성하였다. 등록된 공사현장 수, 총작업 인원, 차량 통행 정보 등을 확인할 수 있으며, 지도로 공사장 위치를 파악할 수 있다.



<그림 3.46> Dashboard 화면

(나) 공사현장 리스트

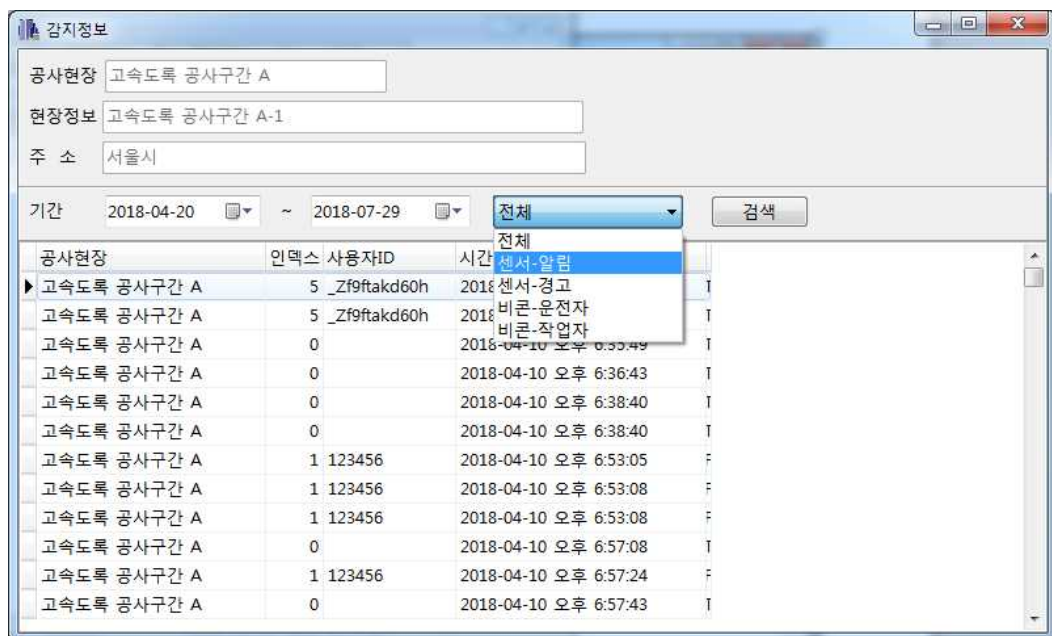
등록된 공사현장을 리스트로 보여준다. 공사현장 명, 정보, 주소 등의 정보를 확인할 수 있으며, 새로운 공사현장을 등록하거나, 수정, 삭제가 가능하다. 알림 버튼을 누를 경우 선택한 공사현장의 알림정보를 리스트로 보여준다. 표지판 정보를 클릭할 경우 선택한 공사현장의 표지판 정보를 확인할 수 있다.



<그림 3.47> 공사현장 리스트

(다) 공사현장 별 알림 정보 리스트

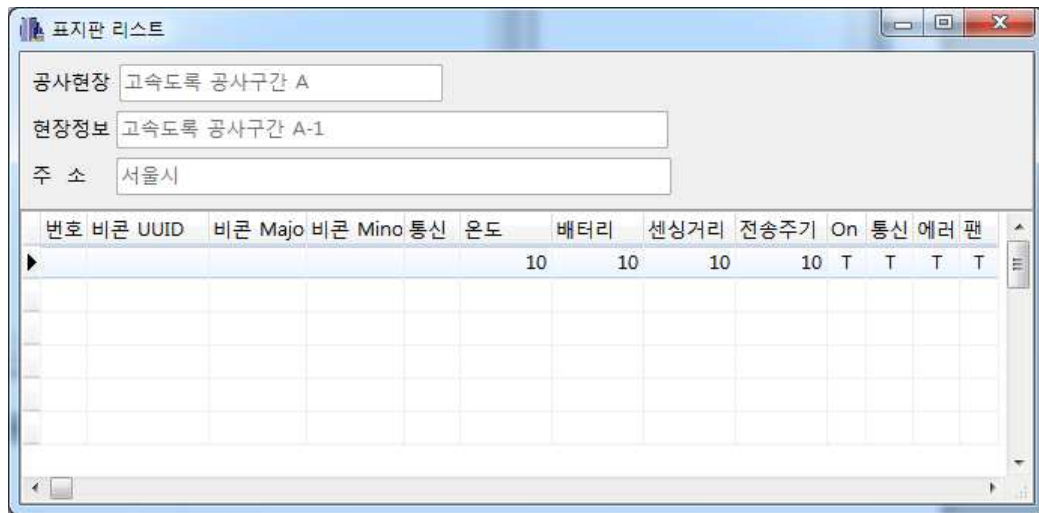
센서에서 감지한 정보를 리스트로 보여준다. 해당 공사현장에 대한 정보만 리스트되며 기간을 설정하여 확인할 수 있다. 기간내의 모든 센서감지 정보를 확인할 수 있을 뿐 아니라 표지판의 종류에 따른 센서정보를 분류해서 확인이 가능하며, 비콘과 센서 감지 두 가지를 분리해서 확인할 수 있도록 개발하였다.



<그림 3.48> 센서감지 정보

(라) 공사현장 별 표지판 리스트

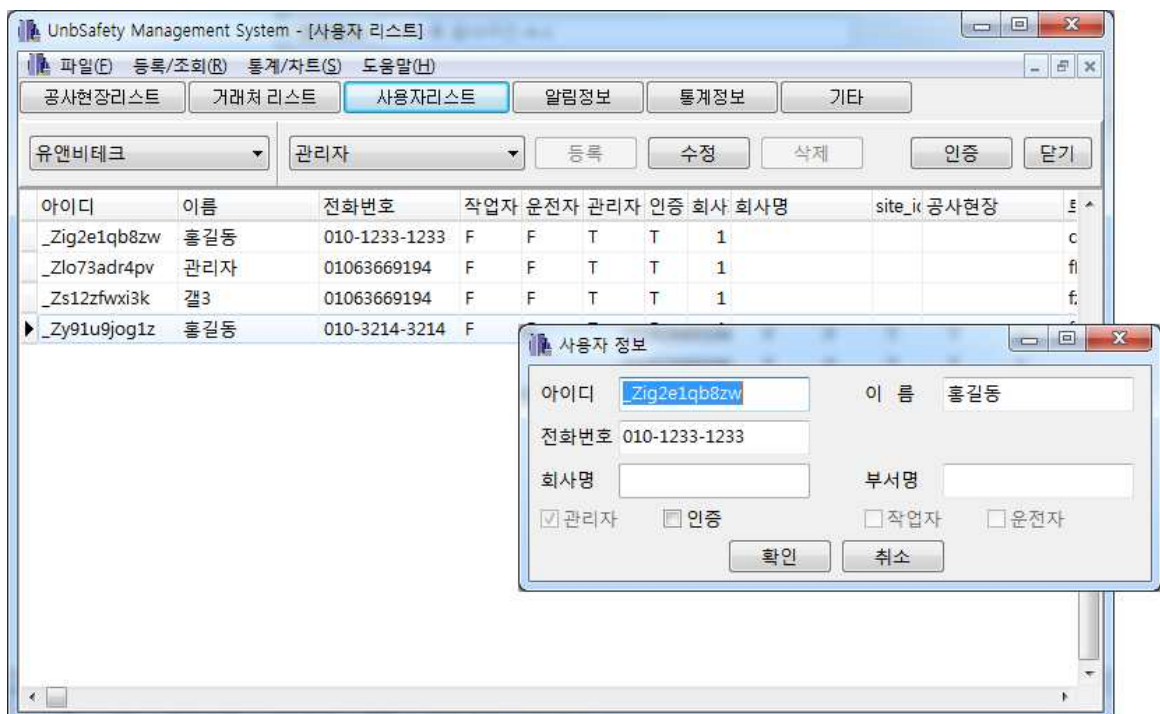
공사현장에 설치된 표지판의 정보를 확인할 수 있다. 공사현장 별로 3~6개의 표지판을 설치할 수 있으며 설치된 안전표지판의 수량과 현재 상태를 확인할 수 있다. 확인할 수 있는 정보로는 온도, 배터리 상태, 센싱거리, 전송주기등과 함께 현재 통신상태, 에러 상태, 팬 상태를 확인할 수 있다.



<그림 3.49> 공사현장 별 표지판 정보

(마) 사용자 정보

등록된 사용자를 확인할 수 있으며 사용자를 승인하거나 사용자 정보를 수정할 수 있다. 사용자의 등록은 앱을 통해서 가능하지만 필요한 경우 관리자 메뉴에서 직접 입력할 수 있도록 하였다.



<그림 3.50> 사용자 정보

앱으로 가입한 사용자의 자동으로 사용자로 등록된다. 하지만 관리자의 경우 관리자 프로그램에서 직접 인증을 해주어야 관리자앱을 사용할 수 있도록 하였다. 사용자 정보는 이름, 전화번호, 회사명, 부서명 등을 등록할 수 있으며, 관리자의 경우 필수항목이지만, 작업자나

운전자는 등록하지 않아도 앱을 사용할 수 있도록 하였다. 이는 불필요한 개인정보를 최소화 하여 개인정보가 유출되는 일이 없도록 하기 위한 조치이다.

(바) 센서감지 정보리스트

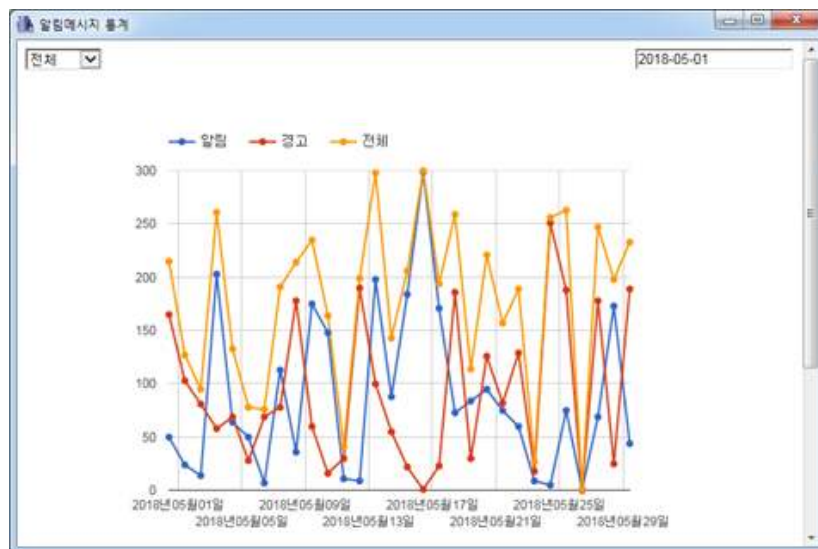
공사장별 감지정보와 달리 모든 공사장에 대한 센서감지 정보를 확인할 수 있다. 기간을 선택하면 해당 기간의 감지정보를 확인할 수 있으며, 표지판 종류별, 운전자나 작업자를 구분 하여 선택할 수 있다.

공사현장	인덱스	사용자ID	시간	
고속도로 공사구간	4		2018-07-12 오후 4:18:09	T
고속도로 공사구간	4		2018-07-12 오후 4:18:09	T
고속도로 공사구간	4		2018-07-12 오후 4:18:09	T
고속도로 공사구간	2	_Z431u6s5buo	2018-07-12 오후 4:18:10	F
고속도로 공사구간	2	_Z431u6s5buo	2018-07-12 오후 4:18:57	F
고속도로 공사구간	2	_Z431u6s5buo	2018-07-12 오후 4:19:03	F
고속도로 공사구간	4	_Z431u6s5buo	2018-07-12 오후 4:19:10	F
고속도로 공사구간	4	_Z431u6s5buo	2018-07-12 오후 4:19:12	F
고속도로 공사구간	4	_Z431u6s5buo	2018-07-12 오후 4:19:25	F
고속도로 공사구간	4	_Z431u6s5buo	2018-07-12 오후 4:19:47	F
고속도로 공사구간	4	_Z431u6s5buo	2018-07-12 오후 4:20:02	F
고속도로 공사구간	2	_Z431u6s5buo	2018-07-12 오후 4:20:06	F
고속도로 공사구간	2	_Z431u6s5buo	2018-07-12 오후 4:20:56	F
고속도로 공사구간	2	_Z431u6s5buo	2018-07-12 오후 4:21:22	F
고속도로 공사구간	4	_Z431u6s5buo	2018-07-12 오후 4:29:42	F
고속도로 공사구간	4		2018-07-12 오후 4:31:31	T
고속도로 공사구간	4		2018-07-12 오후 4:31:35	T

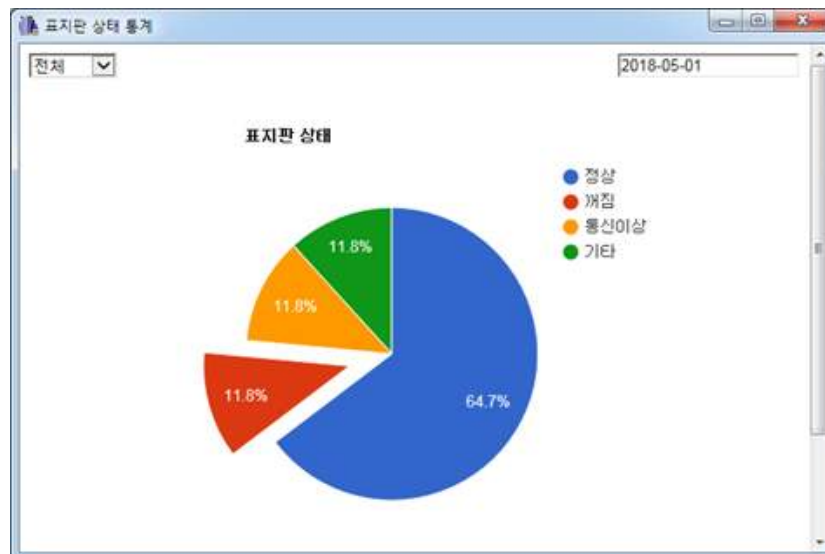
<그림 3.51> 센서 감지 정보 리스트

(사) 통계 및 차트

공사현장별 디바이스 상태를 확인할 수 있는 통계 정보, 일자별 알림이나 위험 감지 현황, 시간별 알림 감지 현황 등을 확인할 수 있는 차트를 제공한다. 추후 요구사항들을 반영하여 다양한 통계 및 차트를 지원할 예정이다.



<그림 3.52> 알림 메시지 통계 정보



<그림 3.53> 표지판 상태 통계 정보

8. 관리자 앱

가. 개요

관리자가 장소에 상관없이 공사현장에 대한 정보를 확인할 수 있도록 스마트폰 앱을 개발하였다. 관리자 앱은 안드로이드와 iOS에서 각각 사용할 수 있도록 안드로이드용 앱과 iOS 앱 2개를 개발하였다.

관리자용 앱에서는 공사현장 정보, 안전표지판 정보, 알림 정보 등을 바로 확인할 수 있으며, 위험구간에 차량이 접근할 경우 서버에서 관리자에게 위험정보를 푸시메시지로 전달하여 바로 확인하고 조치를 취할 수 있도록 하였다.

관리자 앱의 개발 환경과 실행환경은 다음과 같다.

<표 3.16> 관리자 앱 개발 환경

구분	안드로이드 앱	iOS 앱
개발환경	PC / Windows	맥 / OS X
개발툴	안드로이드 스튜디오	XCode
개발언어	자바	스위프트
실행환경	안드로이드	iOS

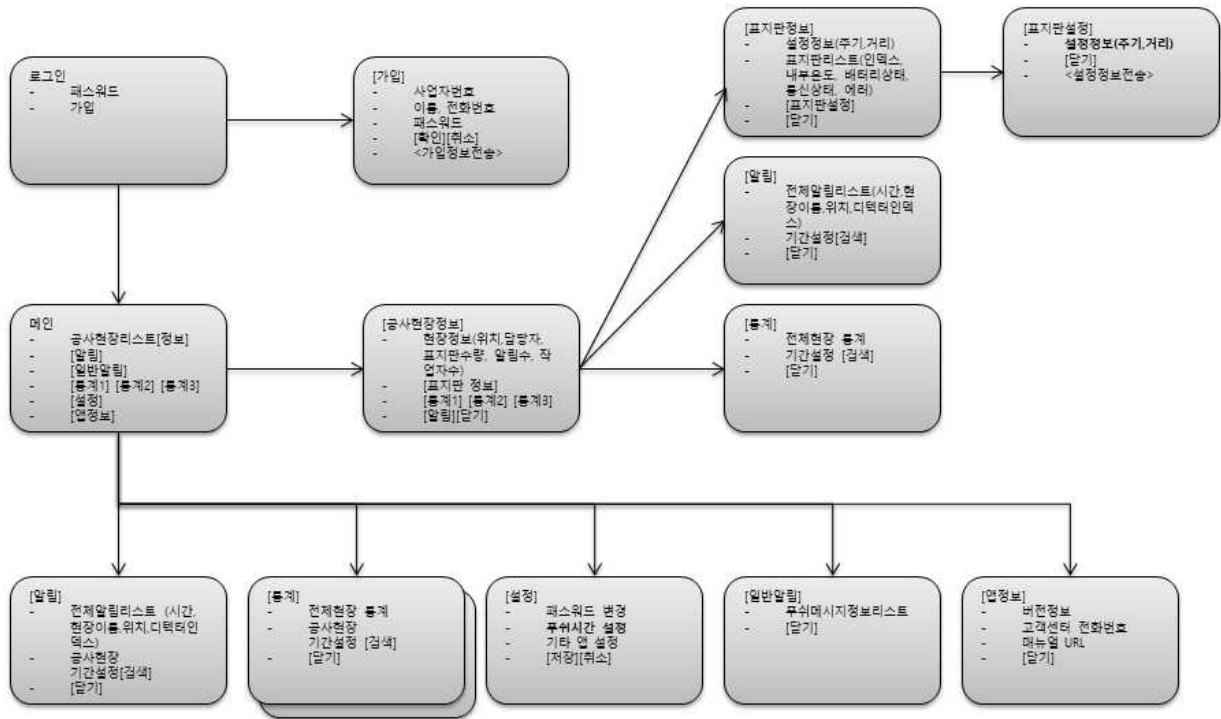
나. 설계

(1) 기능 정의

<표 3.17> 관리자앱 기능정의

메뉴	입력	결과
가입	사업자번호 ,이름 ,전화번호	성공 /실패
로그인	인증토큰	
메인		공사현장리스트 (공사현장 ID ,공사현장이름 , GPS 좌표)
공사현장정보	공사현장 ID	공사현장정보 (현장정보 ,위치 ,디텍터수 ,알림수 , 작업자수) 업체명 ,공사현장이름 ,주소 ,GPS 좌표, 표지판수
표지판 정보	공사현장 ID	표지판설정정보 표지판정보리스트 (내부온도 , 배터리상태 , 감지상태 , 통신상태 , 에러상태 , 송신주기 , 이름 ,인덱스 ,팬상태)
표지판 정보	공사현장 ID	표지판설정정보 (게이트웨이) 송신주기 ,감지거리
표지판 설정	표지판설정정보 (감지거리 ,송신주기)	성공 /실패
알림 리스트	공사현장 ID, 기간 ,페이지	알림리스트 : 시간 ,현장이름 ,위치 ,디텍터인덱스 기간 , 페이지번호
설정	푸쉬시간 (시작시간 ,끝시간)	성공 /실패
통계	공사현장 ID, 기간, 통계유형	데이터

(2) 서비스 흐름도



<그림 3.54> 관리자앱 서비스 흐름도

(3) 주요 API 구성

관리자 앱은 서버와 통신을 통해 정보를 주고 받도록 개발하였다. 다음 표는 서버와 통신에 사용되는 주요 Web API를 보여준다.

<표 3.18> 관리자 앱의 주요 API

기능	API	입력	출력
공사현장 리스트	GET:/manager/sites/{user_id}		공사현장리스트 : 공사현장ID ,공사현장이름, GPS좌표
공사현장 정보	GET:/manager/site/{site_id}	공사현장ID	공사현장정보(현장정보,위치 업체명,공사현장이름,주소,GPS좌 표
표지판 상태 정보	GET:/manager/detectors/{site_id}	공사현장ID	표지판설정정보(디텍터설정정보) 표지판정보리스트 : 내부온도,배터리상태,감지상태, 통신상태,에러상태,송신주기,이름, 인덱스,팬상태
표지판 설정 값	GET:/manager/detector/{detector_id}	공사현장ID	표지판설정정보(게이트웨이) 송신주기,감지거리
알림정보 리스트	GET: /manager/notifications/{site_id, sdate, edate, page}	공사현장 ID, 기간, 페이지	알림리스트 : 시간,현장이름,위치,디텍터인덱스 기간,페이지번호

(4) 화면 설계서

기능 정의 및 흐름도를 바탕으로 개발전에 화면설계서를 작성하였다. 기능에 정의된 화면들을 하나씩 설계하였으며, 각 필요한 요소들을 화면에 배치하였다. 다음 그림은 화면설계서 중 주요한 내용을 보여준다.

The figure shows four mobile app screens. The '가입' (Sign Up) screen has fields for '사업자번호' (Business Number), '이름' (Name), '전화번호' (Phone Number), '아이디' (ID), and '패스워드' (Password), with a '확인' (Confirm) button at the bottom. The '로그인' (Login) screen has fields for '아이디' (ID) and '비밀번호' (Password), with a '로그인' (Login) button. The '메인' (Main) screen displays a '공사현장 리스트' (Construction Site List) with items like 'A1 공사장' and 'B3 공사장', and a '기타설정' (Other Settings) menu. The '전체알림' (All Notifications) screen shows a list of notifications like 'A1 공사장 1KM 접근' and a '기간 설정' (Period Setting) section with date pickers and a '확인' (Confirm) button.

<그림 3.55> 관리자앱 화면설계(가입/로그인/메인/전체알림)

The figure shows three mobile app screens. The '접근 데이터' (Access Data) screen features a bar chart titled '접근 데이터' showing access counts for different areas, with a legend for '공사지역' (Construction Area). The '설정' (Settings) screen includes sections for '비밀번호 설정' (Password Setting), '푸시시간 설정' (Push Time Setting), and '시간설정' (Time Setting). The '공사현장정보' (Construction Site Information) screen displays '현장정보' (Site Information) for 'A1 공사장', including GPS coordinates and a list of '기타 정보' (Other Information) like '게이트웨이 정보' (Gateway Information) and '현재 표지판 개수' (Current Signage Count).

<그림 3.56> 관리자앱 화면설계(차트/설정/공사현장정보)

다. 개발 결과

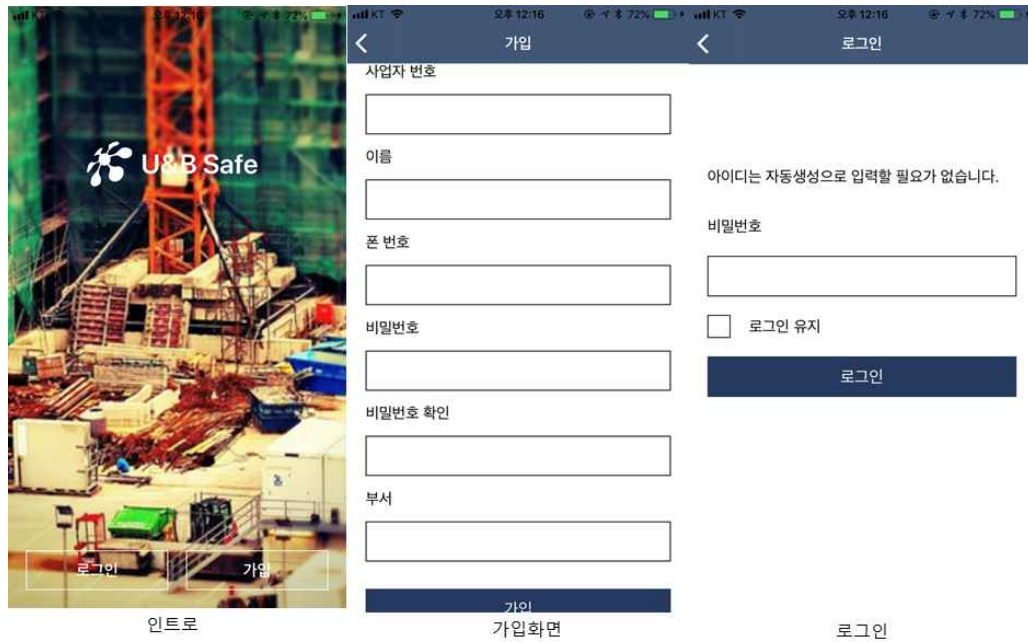
관리자용 스마트폰 앱은 iOS용과 Android용으로 분리하여 개발하였다.

(1) U&B Safety for Manager(iOS)

(가) 회원가입 및 로그인

관리자 앱은 회원가입이 완료되어야 사용할 수 있다. 따라서 회원가입 절차를 진행하며, 관리 프로그래머에서 회원가입 승인이 먼저 이루어져야 한다. 앱이 실행되면 처음에 인트로 화면과 함께 가입이나 로그인을 선택할 수 있으며, 해당 버튼을 누르면 다음으로 진행된다. 인트

로화면, 가입화면과 로그인화면은 다음과 같다.



<그림 3.57> 회원가입 및 로그인

(나) 메인화면



<그림 3.58> 메인화면

메인화면에서는 공사현장 정보를 리스트 형태로 보여 주도록 구성했으며, 알림정보로 이동하거나 통계, 설정 등으로 이동할 수 있는 버튼으로 구성하였다.

① 공사현장을 리스트로 보여주어 관리하고 있는 공사현장이 몇 군데인지 바로 확인할 수 있으며, 공사현상을 누르면 선택한 해당 공사현장의 상세한 내역창으로 이동하도록 구성.

② 알림관련을 선택하면 모든 알림리스트와 일반 알림 목록 메뉴로 이동한다.

③ 통계정보페이지나 앱정보 페이지로 이동

(다) 공사현장 정보

공사 현장정보 화면에서는 주소, 설명, 표지판 수량 등 공사현장에 대한 세부 정보를 화면에 보여준다. 안전표지판의 상세 정보를 알기 위해서는 디텍터 정보를 터치한다. 디텍터 정보에서는 배터리 상태, 에러여부, 센싱거리 등의 공사현장의 안전표지판에 대한 상세 정보를 확인할 수 있어, 문제가 발생한 경우 쉽게 확인하고 조치를 취할 수 있도록 하였다.

이 밖에도 다음 그림처럼 통계정보 페이지나 알림 정보 페이지로 이동할 수 있도록 UI를 구성하였다.

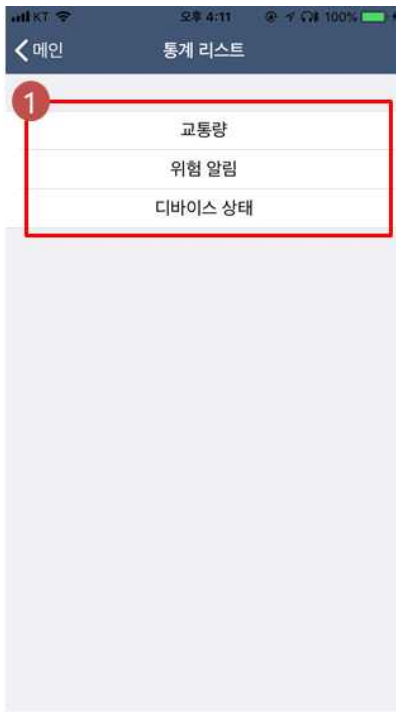


<그림 3.59> 공사현장 정보

(라) 통계 정보

통계 정보 페이지에서는 공사현장에 대한 통계 정보를 확인할 수 있다. 통계 정보에는 교통량 정보, 위험 알림 정보, 디바이스 상태 정보 등을 쉽게 확인할 수 있도록 차트로 구성하였다. 교통량 정보 페이지에서는 공사장 별로 안전표지판에 접근한 차량을 일 별로 확인할 수 있으며, 알림 정보도 일별로 확인할 수 있다. 또한 전체 공사현장에 대해서도 확인할 수 있도록 하였다.

그림처럼 통계 정보 선택 화면에서는 3가지 통계 정보 중 하나를 선택하여 통계페이지로 이동할 수 있다. 통계 페이지는 통계 차트가 보여지고, 공사장이나 기간 등을 선택할 수 있다.



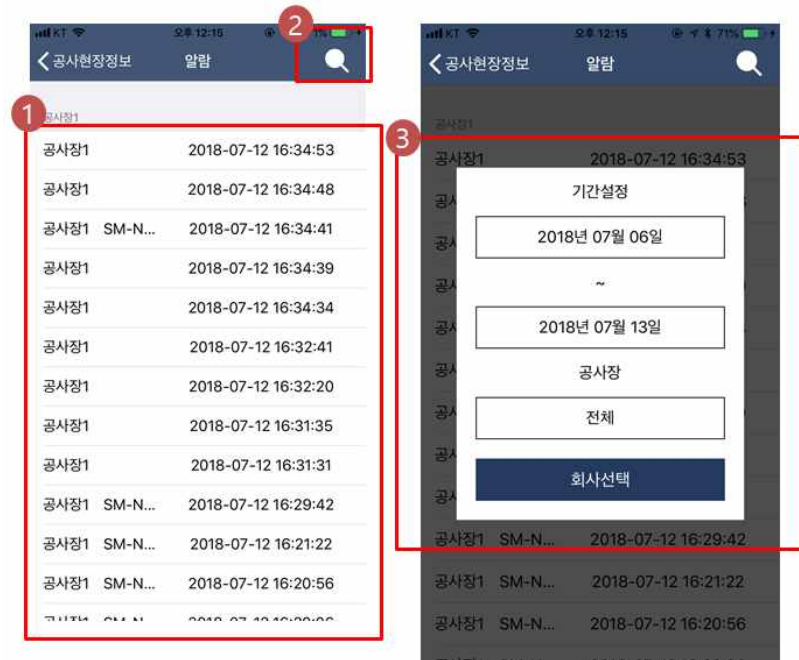
통계정보 선택



통계 정보

<그림 3.60> 통계정보

(마) 알림 정보



<그림 3.61> 알림정보

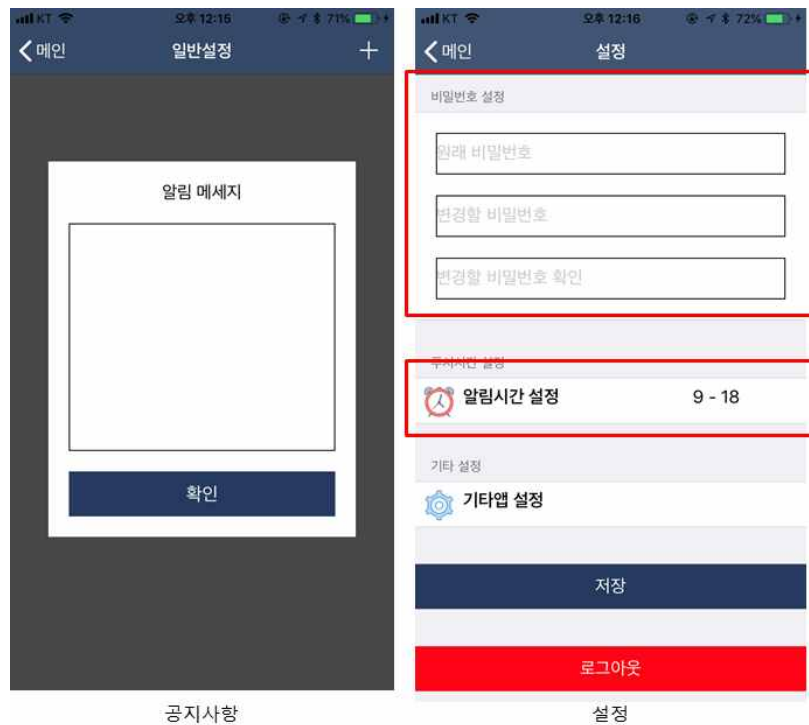
(바) 공지사향 전달

공지사항 전달 기능은 관리자가 작업자에게 알려야 할 메시지가 있을 경우, 직접 입력하여 해당 작업장에서 일하는 모든 작업장에게 공지사항을 전달할 수 있도록 하였다. 이밖에도 앱을 설정할 수 있는 설정 기능을 추가하였다. 설정 기능에서는 앱을 실행할 때 사용할 비밀번호를 설정할 수 있으며, 알림을 받을 시간대를 설정할 수 있다.

- ① 통계 정보를 선택한다.
- ② 공사 현장이나 기간을 선택하여 차트를 변경할 수 있다.
- ③ 선택한 공사현장과 기간에 대한 차트를 보여준다.

관리자가 받은 알림 정보를 확인할 수 있는 페이지로 서버에 저장되어 있는 알림정보를 모두 확인할 수 있도록 개발하였다.

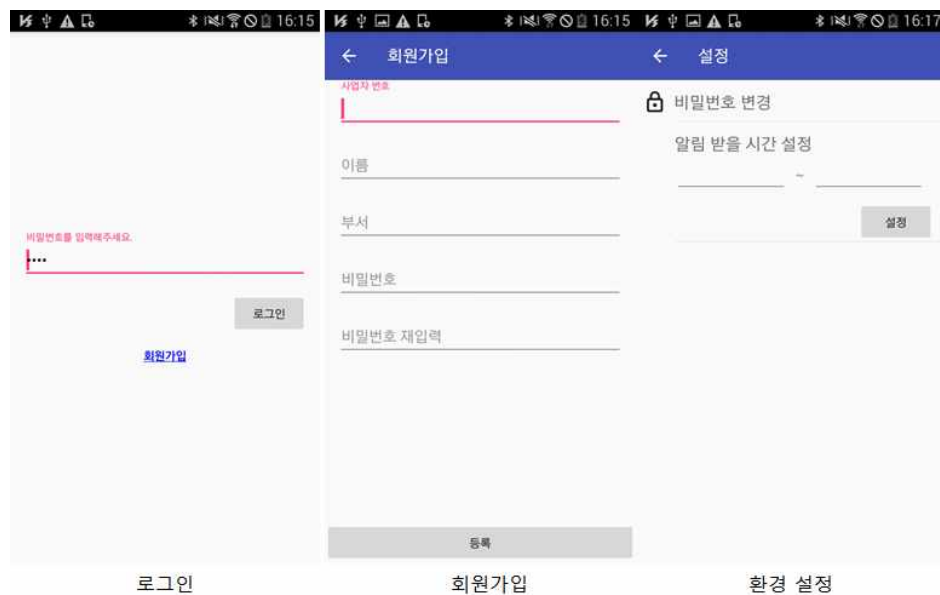
- ① 알림 정보를 리스트 형태로 보여준다.
- ② 찾기를 누를 경우 기간이나 공사장을 선택할 수 있다.
- ③ 기간 설정이나 공사장 선택 화면



<그림 3.62> 공지사항 전달 및 설정

(2) U&B Safety for Manager(Android)

안드로이드 앱에서도 iOS 앱과 동일한 기능을 구현하였다. UI형태를 iOS앱과 달리 안드로이드 OS의 특성에 맞는 형태로 개발하였다. 이는 두 OS에 동일한 UI를 적용하는 것보다 각 OS의 특성을 살려 개발하는 것이 시간이 더 오래 걸리지만, 앱을 사용하는 사용자 입장에서 익숙한 UI를 사용하는 것이 사용자 경험의 만족도가 높일 수 있을 것으로 판단했기 때문이다. 다음은 안드로이드 앱에서 개발한 주요 화면을 보여준다.



<그림 3.63> 안드로이드 - 로그인/회원가입/환경설정



<그림 3.64> 안드로이드 - 공사현장정보/표지판정보/알림정보

9. 사용자용 스마트폰 앱

가. 개요

사용자에게 위험정보를 효율적으로 전달하기 위해 사용자용 스마트폰 앱을 개발하였다.

사용자 앱의 주요기능은 위험을 운전자와 작업자에 전달하는 것을 목적으로 하며 사용자 앱도 관리자앱과 마찬가지로 안드로이드와 iOS에서 각각 사용할 수 있도록 안드로이드용 앱과 iOS앱 두가지 형태로 개발 하였다.

사용자 앱은 운전자와 작업자가 모두 사용할 수 있는 공용앱으로 개발하였다. 운전자의 경우 운전자모드를 설정하고, 작업자의 경우 작업자 모드를 설정하여 각각에 맞는 기능을 수행하도록 하였다. 필요한 경우 운전자 모드/작업자 모드 모두를 체크할 수 있어 운전자와 작업자 기능을 모두 사용할 수 있다.

운전자 모드에서는 운전하는 차량이 안전표지판 주변에 접근할 경우 운전자에게 위험을 알려주고 차선을 변경을 유도하도록 하였다.

작업자의 경우 위험구간에 차량이 접근할 경우 도로공사 현장에 설치된 알림표지판을 통해 LED점멸을 통한 시각정보와 음향효과를 통한 청각 정보로 위험을 알려주고 있다. 이와 별도로 작업자의 스마트폰에 사용자용 앱을 설치하고 작업자 모드로 설정되어 있을 경우 작업자에게 바로 위험을 알릴 수 있도록 하였다.

사용자 앱의 개발 환경은 다음과 같다.

<표 3.19> 스마트폰 앱 개발 환경

	안드로이드 앱	iOS 앱
개발환경	PC / Windows	맥 / OS X
개발툴	안드로이드 스튜디오	XCode
개발언어	자바	스위프트
실행환경	안드로이드	iOS

나. 설계

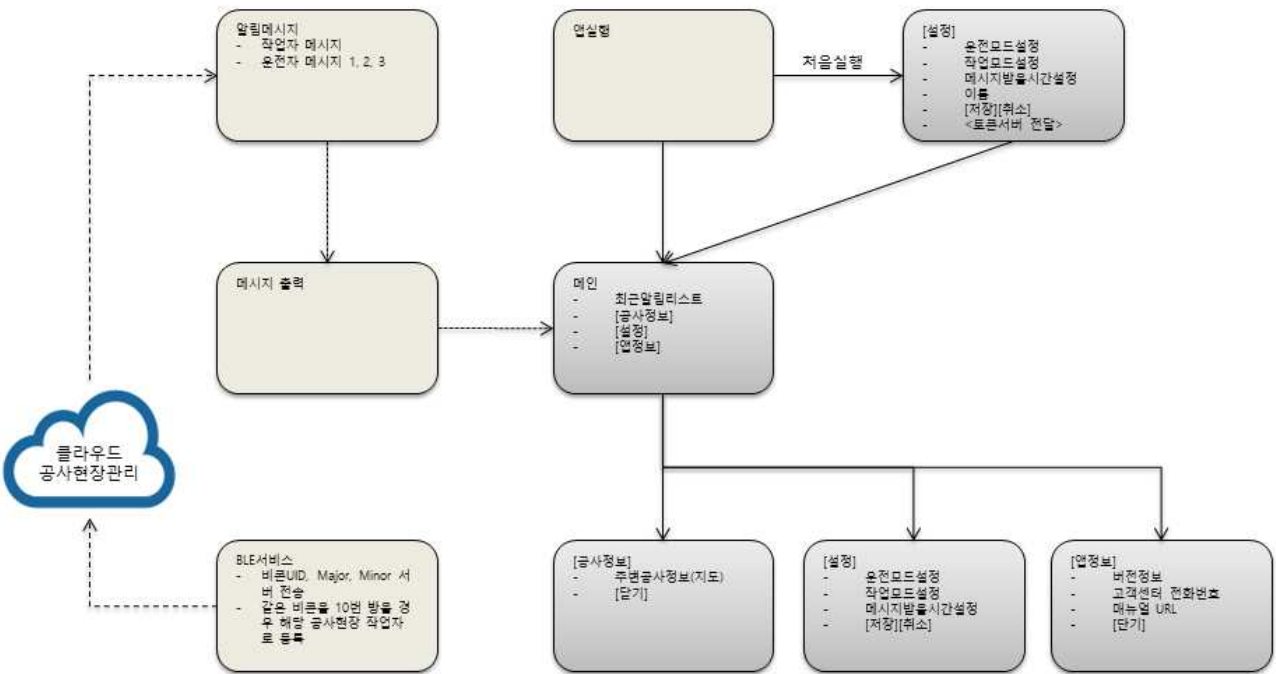
(1) 기능 정의

사용자앱의 서버로부터 알림 정보를 받는 것을 주요 기능으로 한다. 따라서 간단한 가입 절차와 알림정보를 받을 방법/시간, 알림정보를 보여주는 기능으로 구현하였다. 부가적으로 공사장 정보를 확인할 수 있는 기능도 추가하였다.

<표 3.20> 사용자 앱의 주요 기능

기능	입력	출력
가입정보	푸쉬토큰전송 ,이름	성공 /실패
앱설정	토큰 , 이름 , 운전모드 /작업모드 /메시지받을시간 (시작시간 ,끝시간)	성공 /실패
공사정보	GPS 정보	공사 GPS 리스트
주변 공사 정보	지도	

(2) 서비스 흐름도



<그림 3.65> 서비스 흐름도

다. 개발 결과

(1) U&B safety for user(iOS)

iOS 앱은 운전자모드와 작업자 모드를 선택할 수 있으며, 안전표지판의 비콘정보를 수신하고 해당 정보를 서버에 전송한다.

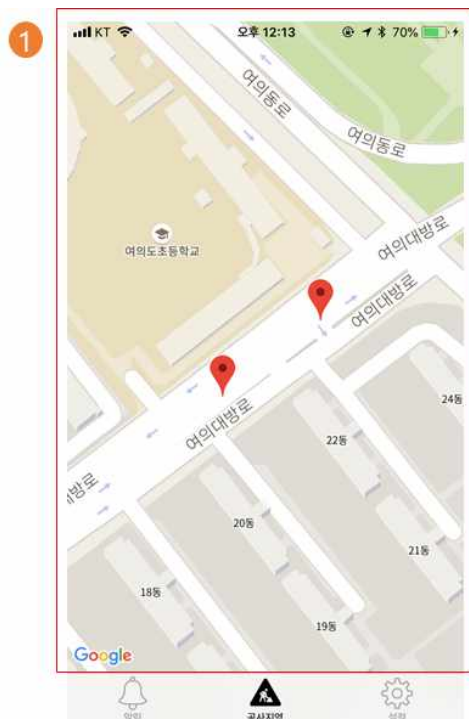
(가) 알림 내역



- ① 과거 알림 내역을 확인
- ② 오른쪽 하단 아이콘을 눌러 알림 내역을 삭제
- ③ 아래 탭 부분에서 원하는 메뉴를 선택

<그림 3.66> 알림내역

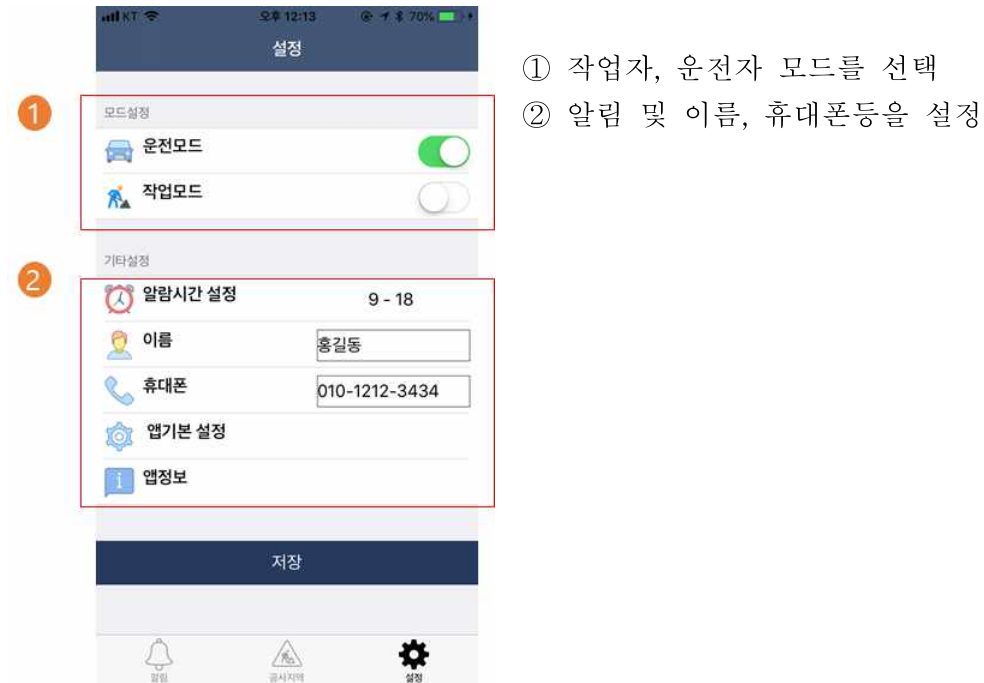
(나) 공사장 지도 정보



- ① 지도를 통해 공사현장 위치와 정보를 알 수 있다.

<그림 3.67> 공사장 지도 정보

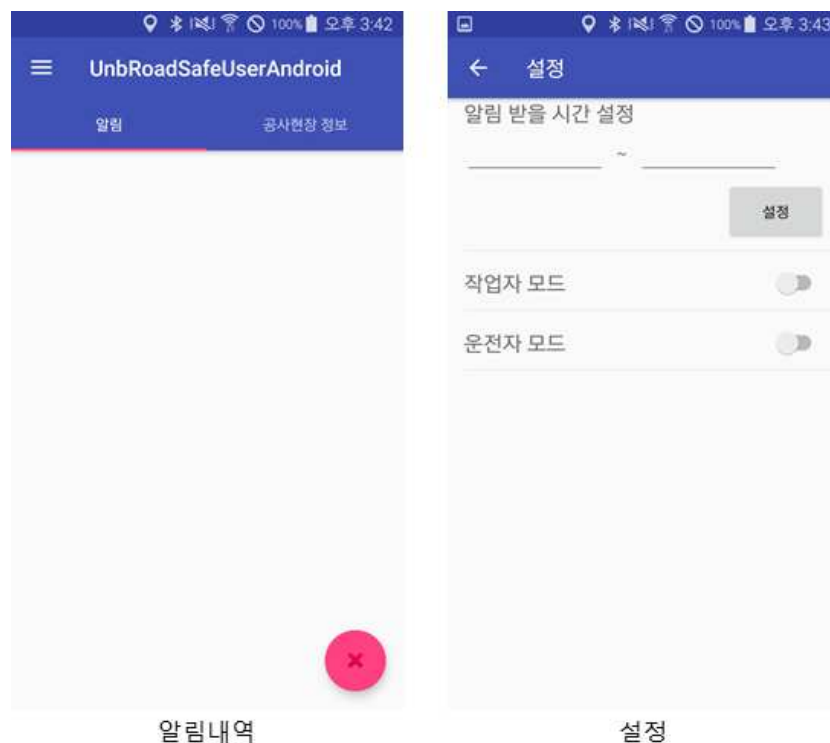
(다) 설정 정보



<그림 3.68> 설정 정보

(2) U&B Safety for User(안드로이드)

안드로이드앱도 iOS와 마찬가지로 작업자/운전자 모드를 선택할 수 있으며 서버에서 받은 알람 정보를 확인하는 기능을 수행한다. 내부적으로 안전표지판을 접근할 경우 비콘정보를 수신하고 위치 정보를 서버에 전송한다.



<그림 3.69>안드로이드 앱 화면

10. 도로공사구간을 구현한 시스템 통합테스트 실시

가. 통합Test개요

(1) 목적

도로공사중 전방 공사장을 인지하지 못하거나 비정상적인 차량주행으로 인하여 발생할 수 있는 사고에 대한 운전자, 작업자의 안전을 확보하기 위하여 각 연구기관에서 개발한 성과물을 통합한 IoT융합 교통안전디바이스 솔루션을 통합하여 Test하기 위함.

(2) 일시 및 장소

- 일 시 : 2018. 6. 19 (화) 10:00 ~ 18:00, 2018. 6. 26 (화) 10:00 ~ 18:00
- 장 소 : 한국교통안전공단 자동차안전연구원(경기도 화성시 송산면 삼존로200)

(3) 통합Test 항목

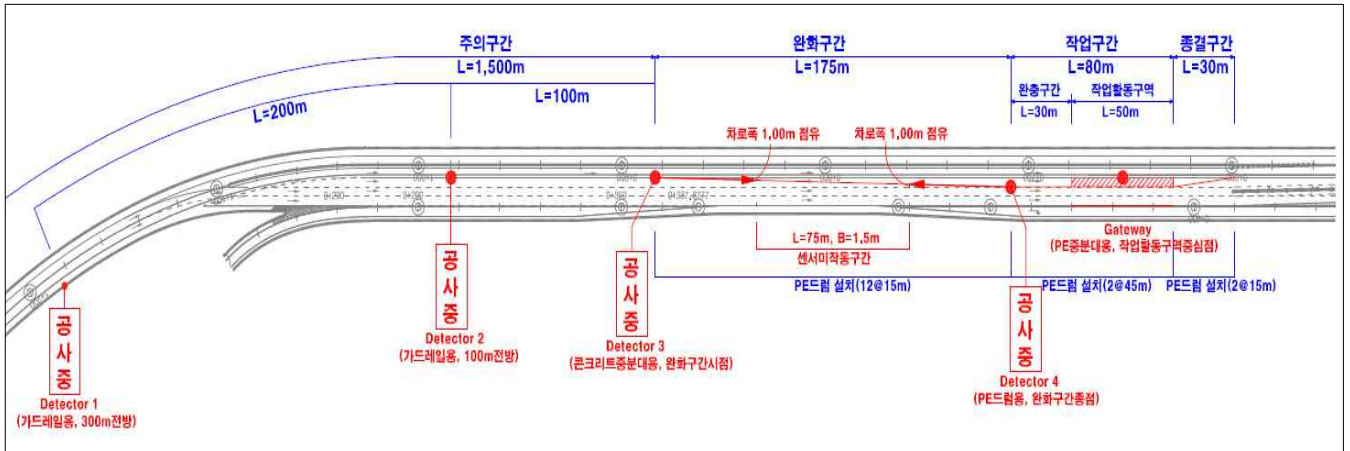
- (가) 안전표지판 연동
- (나) 전체 시스템 연동

<표 3.21> 통합테스트 소프트웨어 및 하드웨어 환경

시험대상	사양	
시험용 서버	OS	Windows 10 Pro
	CPU	Intel(R) Core(TM) i5-6500 CPU @ 3.20 GHz 3.20 GHz
	RAM	8 GB
	SSD	128 GB
	SW	UnbSafety Management Server ver 1.0, Apache HTTPD Server 2.4.10, PHP 5.6.0, MySQL Community Server 5.6.20, phpMyAdmin 4.2.9, Sendmail Version 32
시험용 모바일기기1	모델명	Galaxy S5 (SM-G900K)
	제조사	Samsung
	OS	Android 6.0.1
	Storage	32 GB
	Network	WiFi, Bluetooth
	SW	UnbSafety for User App ver 1.0 (작업자 모드)
시험용 모바일기기2	모델명	Galaxy Note4 S-LTE (SM-N916K)
	제조사	Samsung
	OS	Android 6.0.1
	Storage	32 GB
	Network	LTE, Bluetooth
	SW	UnbSafety for User App ver 1.0 (운전자 모드)
게이트웨이	MCU	STM32F105RCT6(ARM 32-Bit Cortex-M3)
	Bluetooth	V4.0 BLE
	LTE	LTE 통신모듈
	기타	경광등, 스피커
Detector 1	MCU	STM32F105RCT6(ARM 32-Bit Cortex-M3)
	Bluetooth	V4.0 BLE
Detector 2	MCU	STM32F105RCT6(ARM 32-Bit Cortex-M3)
	Bluetooth	V4.0 BLE
Detector 3	MCU	STM32F105RCT6(ARM 32-Bit Cortex-M3)
	Bluetooth	V4.0 BLE
Detector 4	MCU	STM32F105RCT6(ARM 32-Bit Cortex-M3)
	Bluetooth	V4.0 BLE

나. 통합Test 실시

(1) 통합테스트를 위한 시제품 설치



<그림 3.70> 통합테스트를 위한 시제품 설치계획도

4대의 안전표지판과 1대의 경광등을 부착한 게이트웨이를 설치한다. 공사장 내부에 경광등과 스피커를 내장한 게이트웨이를 설치한다. 공사시작점 30m전방에 안전표지판(디텍터4)를 설치하고, 공사시작점 175m 전방에 안전표지판(디텍터3)을 설치한다. 공사시작점 약 300m 전방과 약 500m 전방에 각각 안전표지판(디텍터2, 디텍터1)을 설치한다.

4대의 안전표지판과 1대의 게이트웨이를 페어링한 후 설치를 완료하고 안전표지판과 게이트웨이가 LPWA를 통해 통신이 제대로 이루어지는지 안전표지판 연동 테스트를 통해 확인한다.



<그림 3.71> 통합테스트를 위한 시제품 설치사진



<그림 3.72> 경광등 설치

또한 안전표지판, 스마트폰앱, 서버 등 시스템 전체가 유기적으로 작동하는지 확인하는 전체시스템 연동 테스트를 진행한다. 이를 위해 작업자 스마트폰과 운전자 스마트폰에 각각 사용자 앱을 설치하고 작업자 모드와 운전자 모드로 설정한다. 다음 그림과 같이 차량내부에 운전자용 앱을 설치하고 위험 구간에 도달했을 경우 공사장 내부에 설치된 경광등과 스피커의 알람음이 정확히 작동하는 지 확인한다.



<그림 3.73> 사용자 앱이 설치된 스마트폰(차량 내부)

다. 통합Test 결과

스마트폰 앱 연동 테스트 때와 마찬가지로 각각의 안전표지판에 근접할 때 안전유도 메시지가 정확히 도달하는 것을 확인하였으며, 위험구간 진입시 공사장 내부에 설치된 경광등이 정확히 작동하고 스피커에서 알람음이 발생하는 것을 확인하였다. 다음 그림은 주행화면으로 위험구간을 지날 때 게이트웨이의 경광등이 반짝이고 경고음이 울리는 모습을 캡처한 사진이다.



<그림 3.74> 차내 스마트폰 장착 및 주행 사진

라. 통합Test 보완시험

6월 19일, 26일 테스트를 통해 안전표지판과 각 요소들이 정확히 동작함을 확인하였다. 하지만 각 요소들을 시각적으로 확인하는 주관적인 테스트로 객관적이고 정량적인 테스트의 필요성이 제기되어 공인시험기관인 KTL에 의뢰하여 각 메시지들이 정확히 동작하는 지 확인할 수 있는 객관적 테스트를 진행하였다.

(1) 목적

안전 표지판과 스마트폰앱, 안전관리 서버가 정상적으로 동작하고, 알림 메시지가 정확히 전달되는지 확인하고 정량적이고 객관적인 자료를 도출하기 위해 테스트를 실시함.

(2) 일시 및 장소

- 일 시 : 2018-07-06
- 장 소 : 충북대학교 융합기술원 스마트카 성능실험장

(3) 연동Test 항목 및 기준

시험용 트랙에서 안전표지판 통과 시 스마트폰앱에서의 알림메시지가 정확히 전달되는지 확인한다. 2대의 스마트폰에 작업자용앱과 운전자용앱을 각각 설치하고 트랙을 50바퀴 연속하여 운행하고, 안전표지판을 통과할 때 메시지가 정확히 전달되는지 확인한다.

(4) 시험구성도 및 환경



<그림 3.75> 연동테스트 구성도

- ① 시험용 모바일기기1과 시험용 모바일기기2를 시험용 차량 내에 거치한다.
- ② Detector는 구간 내 50 속도제한 표지판아래 설치한다.
- ③ UnbSafety Management Server ver 1.0과는 인터넷망으로 연결됨.

<표 3.22> 소프트웨어 및 하드웨어 환경

시험대상	사양	
시험용 서버	OS	Windows 10 Pro
	CPU	Intel(R) Core(TM) i5-6500 CPU @ 3.20 GHz 3.20 GHz
	RAM	8 GB
	SSD	128 GB
	SW	UnbSafety Management Server ver 1.0, Apache HTTPD Server 2.4.10, PHP 5.6.0, MySQL Community Server 5.6.20, phpMyAdmin 4.2.9, Sendmail Version 32
시험용 모바일기기1	모델명	Galaxy S5 (SM-G900K)
	제조사	Samsung
	OS	Android 6.0.1
	Storage	32 GB
	Network	WiFi, Bluetooth
	SW	UnbSafety for User App ver 1.0 (작업자 모드)
시험용 모바일기기2	모델명	Galaxy Note4 S-LTE (SM-N916K)
	제조사	Samsung
	OS	Android 6.0.1
	Storage	32 GB
	Network	LTE, Bluetooth
	SW	UnbSafety for User App ver 1.0 (운전자 모드)
Detector	MCU	STM32F105RCT6(ARM 32-Bit Cortex-M3)
	Bluetooth	V4.0 BLE
시험용 차량	모델명	쏘렌토
	제조사	기아자동차
시험용 트랙	장소	충북대학교 융합기술원 스마트카 성능실험장
	세부내용	트랙 가로 : 1 100 m, 세로 : 6 00 m 코스 : 곡선, 굴절, 경사로, 교차로, 직선도로 시설물 : V2X통신시스템, 교차로신호등, 교통표지판

(5) 시험 방법

- ① 시험용 트랙의 속도제한 표지판 위치에 안전표지판을 설치한다.
- ② 시험용 모바일기기1, 시험용 모바일기기2에서 스마트폰 앱을 실행 후 각각 작업자 모드와 운전자 모드로 설정한다.
- ③ 시험용 트랙의 종료 지점에서 출발 후 외곽 코스를 돌아 Detector 통과 후 다시 종료 지점으로 돌아온다.
- ④ 시험용 트랙을 50회 이동 후 종료 지점에서 정지한다.
- ⑤ 종료 지점에 도착 후 시험용 모바일기기1과 시험용 모바일기기2에서 알림 메시지 내용을 확인한다.

(6) 시험결과

다음 그림과 같이 안전표지판을 시험장 도로에 설치하고 차량이 접근한 경우 메시지가 도착하는 것을 확인하였다. 안전표지판은 연동테스트에 적합하도록 태양광 전지, 배터리와 센서 모듈을 모두 설치하였다. 그림에서 보이는 것처럼 상단은 태양광 전지 패널 중간 부분은 배터리를 부착하고 가장하단에는 센서와 설정모듈을 부착하였다.



<그림 3.76> 테스트용 안전 표지판 설치

다음 그림과 같이 내부에 작업자용 스마트폰과 운전자용 스마트폰을 각각 장착하고 메시지가 정확히 도착하는지 확인하였다. 작업자용 스마트폰은 작업위치에 장착해야 하지만 실험의 편의성과 정확한 메시지 도착을 확인하기 위해 차량에 같이 장착하였다.



<그림 3.77> 작업자용 스마트폰과 운전자용 스마트폰 장착 및 주행 모습

위와 같이 안전표지판 설치하고 스마트폰을 장착한 후 시험장을 50바퀴 주행한 후 다음과 같이 50번에 대한 정확한 메시지가 도착하는 것을 확인하였으며, 시험성적서가 발행되었다.

<표 3.23> 시험결과

구분	작업자 모드 알림 내용	운전자 모드 알림 내용
1	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 2.08km 2018-07-06 14:29:17	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 1.7747447km 2018-07-06 14:29:13
2	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 1.46km 2018-07-06 14:30:37	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 1.5654727km 2018-07-06 14:30:33
3	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 2.84km 2018-07-06 14:31:50	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 3.030828km 2018-07-06 14:31:46
4	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 2.63km 2018-07-06 14:33:05	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 2.6112442km 2018-07-06 14:33:01
5	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 2.2km 2018-07-06 14:34:20	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 2.371263km 2018-07-06 14:34:17

6	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 2.18km 2018-07-06 14:35:32	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 2.1940436km 2018-07-06 14:35:29
7	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 2.21km 2018-07-06 14:36:49	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 1.5645225km 2018-07-06 14:36:45
8	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 2.12km 2018-07-06 14:38:06	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 1.9698771km 2018-07-06 14:38:02
9	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 3.31km 2018-07-06 14:39:20	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 3.5374224km 2018-07-06 14:39:17
10	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 2.55km 2018-07-06 14:40:47	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 2.7064552km 2018-07-06 14:40:43
11	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 3.29km 2018-07-06 14:42:04	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 2.7253294km 2018-07-06 14:42:00
12	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 2.28km 2018-07-06 14:43:18	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 2.1148295km 2018-07-06 14:43:14
13	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 2.62km 2018-07-06 14:44:32	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 2.4190202km 2018-07-06 14:44:29
14	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 2.32km 2018-07-06 14:45:48	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 2.2565928km 2018-07-06 14:45:44
15	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 2.07km 2018-07-06 14:47:04	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 2.089281km 2018-07-06 14:47:01
16	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 4.3km 2018-07-06 14:48:18	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 2.425971km 2018-07-06 14:48:14
17	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 2.21km 2018-07-06 14:49:33	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 1.7038873km 2018-07-06 14:49:29
18	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 2.09km 2018-07-06 14:50:45	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 1.8392471km 2018-07-06 14:50:41
19	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 3.14km 2018-07-06 14:51:50	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 3.3281796km 2018-07-06 14:51:46
20	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 3.09km 2018-07-06 14:52:51	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 2.9474053km 2018-07-06 14:52:48
21	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 2.16km 2018-07-06 14:54:38	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 2.1104512km 2018-07-06 14:54:34
22	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 2.12km 2018-07-06 14:55:45	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 1.95815km 2018-07-06 14:55:41
23	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 1.99km 2018-07-06 14:57:04	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 1.8753092km 2018-07-06 14:57:00
24	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 4.16km 2018-07-06 14:58:06	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 4.12386km 2018-07-06 14:58:03

25	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 3.28km 2018-07-06 14:59:09	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 3.169557km 2018-07-06 14:59:05
26	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 2.04km 2018-07-06 15:00:17	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 1.8316196km 2018-07-06 15:00:13
27	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 3.01km 2018-07-06 15:01:17	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 3.2390277km 2018-07-06 15:01:14
28	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 3.17km 2018-07-06 15:02:18	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 3.365692km 2018-07-06 15:02:15
29	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 3.17km 2018-07-06 15:03:21	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 3.1651726km 2018-07-06 15:03:18
30	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 3.3km 2018-07-06 15:04:20	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 3.5305116km 2018-07-06 15:04:17
31	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 3.21km 2018-07-06 15:06:05	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 3.237718km 2018-07-06 15:06:02
32	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 3.25km 2018-07-06 15:07:18	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 2.9795897km 2018-07-06 15:07:15
33	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 2.19km 2018-07-06 15:08:47	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 2.1648238km 2018-07-06 15:08:43
34	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 3.2km 2018-07-06 15:09:50	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 2.810399km 2018-07-06 15:09:47
35	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 2.17km 2018-07-06 15:11:02	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 2.3170383km 2018-07-06 15:10:58
36	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 2.73km 2018-07-06 15:12:06	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 3.2150123km 2018-07-06 15:12:02
37	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 3.1km 2018-07-06 15:13:05	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 3.4182415km 2018-07-06 15:13:01
38	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 2.5km 2018-07-06 15:14:18	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 2.7132173km 2018-07-06 15:14:14
39	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 2.21km 2018-07-06 15:15:29	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 1.9933702km 2018-07-06 15:15:26
40	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 3.19km 2018-07-06 15:16:36	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 3.107849km 2018-07-06 15:16:33
41	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 2.04km 2018-07-06 15:17:48	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 1.4897915km 2018-07-06 15:17:44
42	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 3.11km 2018-07-06 15:18:48	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 2.8366287km 2018-07-06 15:18:44
43	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 3.18km 2018-07-06 15:19:48	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 2.973883km 2018-07-06 15:19:45

44	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 3.2km 2018-07-06 15:20:48	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 3.077742km 2018-07-06 15:20:45
45	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 2.16km 2018-07-06 15:22:01	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 2.3115563km 2018-07-06 15:21:58
46	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 2.85km 2018-07-06 15:23:05	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 3.0801318km 2018-07-06 15:23:02
47	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 2.15km 2018-07-06 15:24:21	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 2.4628701km 2018-07-06 15:24:17
48	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 3.16km 2018-07-06 15:25:20	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 2.8423622km 2018-07-06 15:25:16
49	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 3.13km 2018-07-06 15:26:21	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 2.9068584km 2018-07-06 15:26:17
50	차량이 위험구간을 통과합니다. 주의하세요. 속도 : 2.67km 2018-07-06 15:27:34	전방에 공사구간이 있습니다. 안전운전하세요. 속도 : 2.6341248km 2018-07-06 15:27:30

시험 성적서
(TEST REPORT)


한국산업기술시험원
Korea Testing Laboratory

상리서 번호 : 18-032227-01-1
Report No.
페이지 (1) / (총 11)
Page of Pages



1. 의뢰자 (Client)
 기 관 명 (Name) : (주)유엔비테크
 주 소 (Address) : 충청북도 청주시 서원구 송대역 1, 774호 (계성동, 송대역파출소)
 의뢰일자 (Date of Receipt) : 2018. 05. 24.

2. 시험성적서의 용도 (Use of Report) : 제품용

3. 시험대상품목/물품/시표명 (Test Sample)
 제품명 (Description) : UnbSafety for User ver 1.0
 제작회사 (Manufacturer) : (주)유엔비테크
 모델명 (Model Name) : -
 세리번호 (Serial Number) : -
 기 하 (Remark) : -

4. 시험기간 (Date of Test) : 2018년 05월 29일 ~ 2018년 07월 24일

5. 시험규격/방법 (Test Standard/Method) : 의뢰자 제시 방법 (기존)

6. 시험환경 (Testing Environment)
 온도 (Temperature) : - ℃, 습도 (Humidity) : - % RH.

7. 시험결과 (Test Results) : 별첨결과 참조 (Refer to the attached results)

비고(Notes) : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제출한 시표에 한하여, 형식 및 기타주요사항은 본지 등으로부터 사출을 증명합니다.
 2. 이 성적서는 원본과 동등하게, 필리프 및 가용한 시공 및 설계인쇄물 등은 본지로부터 발급합니다.
 (원본이 KTL에서 발행된 것임에 따라, 표본결과 및 기타 사항에 대한 문의는 본지로부터 문의하십시오.)

화 인
Affirmation
성 명 (Name) : 최현문


기술책임자 (Technical Manager)
성 명 (Name) : 이승환


2018. 07. 24.

한국산업기술시험원

서울특별시 구로구 신도림로39길 11 (구로동) KTL Digital-ez 2F-gil, Clove-gil, Seoul, 07038A / Tel.02-850-1364 Fax. 02-850-1369

FP204-01-04

<그림 3.78> 메시지 도달 시험 성적서

라. 통합Test 보완시험 결과

통합Test 보완시험을 통해 운전자와 작업자에 경고메시지를 전달이 적절하게 전달됨을 확인하였으며, KTL의 객관적 테스트를 통해 작업자와 운전자에 메시지가 95%이상의 정확도로 전달되고 있음을 인증하는 시험성적서를 받은 상태이다. 추후 세부적인 오류 가능성을 검증하고, 안전도를 평가할 수 있는 시험 방법을 연구하고 객관화할 수 있는 실증테스트를 진행하도록 하겠다.

제4장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

1. 목표달성도

가. 연구개발성과 및 평가방법

- 짧은 연구기간에도 불구하고 작업자,운전자 안전을 위한 IoT기반의 교통안전디바이스 및 솔루션 개발을 위하여 각 기관별로 주어진 단위성과를 달성하기 위하여 최선의 노력을 경주하였음.
- 본 과제의 성과점검 기준표상의 성과 점검기준은 모두 달성하였으며, 양적 성과기준인 특허 출원 3건, 시제품제작 4건, 소프트웨어 등록 5건, 실용신안 출원 1건은 초과 달성하였으나, 논문은 2건으로 당초 목표인 3건에 미치지 못하였음.
- 최종 성과점검 기준표

구분	핵심성과 (CTE)		단위성과		성과점검기준							양적 성과 건수(계획)		양적 성과 건수(실적)	
					질적 성과지표		목표치	달성치	측정방법	검증방법	가중치				
주관	1		1-1	사용자용 App개발	①	문자 수신율	98%	95%	100번 문자 발송하여 수신횟수 확인	100번 문자 발송하여 수신횟수 확인	10%	특허: 출원 1건 등록 1건 논문: 1건 시제품: 1건 S/W: 1건	특허: 출원 1건 등록 1건 논문: 1건 시제품: 1건 S/W: 1건		
			1-2	관리자용 App개발	①	문자 수신율	98%	95%	100번 문자 발송하여 수신횟수 확인	100번 문자 발송하여 수신 횟수 확인	10%	특허: 출원 1건 등록 1건 논문: 1건 시제품: 1건 S/W: 1건	특허: 출원 1건 등록 1건 논문: 1건 시제품: 1건 S/W: 1건		
			1-3	서버용 관리자솔루션 개발/분석 솔루션 개발	①	관리자용 프로그램	100%	100%	프로그래밍 List 및 소스	프로그래밍 List 및 소스	10%	특허: 출원 1건 등록 1건 논문: 1건 시제품: 1건 S/W: 1건	특허: 출원 1건 등록 1건 논문: 1건 시제품: 1건 S/W: 1건		
	②	분석용 프로그램			100%	100%	프로그래밍 List 및 소스	프로그래밍 List 및 소스	10%	특허: 출원 1건 등록 1건 논문: 1건 시제품: 1건 S/W: 1건	특허: 출원 1건 등록 1건 논문: 1건 시제품: 1건 S/W: 1건				
	2		2-1	융합솔루션	①	Bluetooth통신을 통한 운전자/보행자 접근 Signal	98 %	95%	100번 접근하여 서버에 저장된 기록확인	100번 접근하여 서버에 저장된 기록확인	20%	특허: 출원 2건 등록 2건 논문: 2건 시제품: 4건 S/W: 2건	특허: 출원 2건 등록 2건 논문: 2건 시제품: 5건 S/W: 2건		
					②	위험 문자 발송 수신률	98 %	95%	100번 문자 발송하여 수신횟수 확인	100번 문자 발송하여 수신횟수 확인	15%				
③					위험 멘트 발송률	98 %	95%	스마트폰에서 아두이노에 밴드와 조기에 100번 정보 전달 후 멘트 발송횟수	스마트폰에서 아두이노에 밴드와 조기에 100번 정보 전달 후 멘트 발송횟수	15%					
공동	3		3-1	Test 방법론	①	제품 완성시 만족도 설문조사	100%	100%	보고서	보고서	10%	특허: 출원 1건 등록 1건 논문: 1건 시제품: 1건 S/W: 1건	특허: 출원 1건 등록 1건 논문: 1건 시제품: 6건 S/W: 1건 실용신안: 2건		
계											100	특허: 출원 3건 등록 3건 논문: 3건 시제품: 4건 S/W: 5건 실용신안: 1건	특허: 출원 3건 등록 3건 논문: 2건 시제품: 11건 S/W: 5건 실용신안: 2건		

나. 해당 연도 정량적 연구성과 목표 및 달성도

구분		목표	달성도(%)	비고
국외 논문 게재	SCI			
	비SCI			
	계			
국내 논문 게재	SCI			
	비SCI	3	2(67%)	국내학술대회 참여
	계	3	2(67%)	
특허 출원	국내	3	3(100%)	
	국외			
	계	3	3(100%)	
특허 등록	국내			
	국외			
	계			
기술 이전	계약 건수			
	계약액			
	징수액			
국제 표준화	기고서 제출			
	기고서 채택			
	표준안 채택			
국내 표준화	기고서 제출			
	기고서 채택			
	표준안 채택			
등록·기탁 대상 성과물	보고서 원문			
	연구시설·장비			
	기술요약정보			
	생명자원	생명 정보		
		생물자원		
		신품종		
	소프트웨어	5	5(100%)	
기타	화학물			
	시제품	4	11(100%)	
	성과 홍보		1(100%)	멧세 나고야 출전
	일자리 창출		2(100%)	신규직원 채용

다. 성과 목표에 대한 자체 평가

성과목표	정량적목표	자체평가
국내학술논문 발표	3건	2건
특허 출원	3건	3건
실용신안 출원	1건	2건
소프트웨어 등록	5건	5건
시제품 제작	4건	11건
보고서	1건	1건
기 타	(해외)전시회 참가	해외전시회 참여 1건

라. 연구개발성과

(1) 국내외 논문 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCI 여부 (SCI/비SCI)	게재일	등록번호
1	LPWA와 광섬유 LED를 활용한 스마트 표지판 개발	2018년 한국통신학회 하계종합학술발표회	김윤철	Vol.66	대한민국	한국통신학회	비SCI	2018	I S S N : 2383-8302 (Online) Vol.66
2	스마트 안전표지판을 이용한 도로공사 현장 안전관리 시스템 설계	2018년 한국통신학회 하계종합학술발표회	김윤철	Vol.66	대한민국	한국통신학회	비SCI	2018	I S S N : 2383-8302 (Online) Vol.66

(2) 국내 및 국제학술회의 발표

번호	회의명칭	발표자	발표일시	장소	국명

(3) 지적재산권(특허, 실용신안, 디자인, 상표 등)

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원			등록			기여율
			출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호	
1	도로공사현장내 안전관리정보제공장치 및 그 장치의 구동방법	대한민국	유엔비테크	2017.08.01	10-2017-0097572				
2	안전관리장치 및 그 장치의 구동방법	대한민국	유엔비테크	2017.10.16	10-2017-0133786				
3	가드레일용 교통안전 표지판 설치장치	대한민국	(주)한국건설관리공사	2018.6.18	10-2018-0069786				
4	임시시설물용 교통안전 표지판 설치장치	대한민국	(주)한국건설관리공사	2018.6.18	20-2018-0002701				
5	중앙분리대용 교통안전 표지판 설치장치	대한민국	(주)한국건설관리공사	2018.6.18	20-2018-0002703				

(4) 저작권(소프트웨어)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록번호	저작권자명	기여율
1	SafeGateway for Android	2018.01.08	유엔비테크	2018.05.10	C-2018-011873	유엔비테크	
2	SafeUser for Android	2018.01.08	유엔비테크	2018.05.10	C-2018-011874	유엔비테크	
3	SafeManager for Android	2018.01.08	유엔비테크	2018.05.10	C-2018-011875	유엔비테크	
4	SafeUser for iOS	2018.01.08	유엔비테크	2018.05.10	C-2018-011876	유엔비테크	
5	SafeManager for iOS	2018.01.08	유엔비테크	2018.05.10	C-2018-011877	유엔비테크	

(5) 시제품 제작

번호	시제품명	수량	출시일	지적소유권 등록여부	기여율
1	공사중 교통안전표지판 설치 지지대 (콘크리트 중분대용)	3set	2018.05.15	실용신안 출원	
2	공사중 교통안전표지판 설치 지지대 (가드레일용)	3set	2018.05.15	특허 출원	
3	공사중 교통안전표지판 설치 지지대 (PE방호벽용)	1set	2018.05.15	실용신안 출원	
4	공사중 교통안전표지판 설치 지지대 (PE드럼용)	1set	2018.05.15	실용신안 출원	
5	공사중 교통안전표지판 설치 지지대 (라바콘용)	1set	2018.05.15	실용신안 출원	
6	공사중 교통안전표지판 설치 지지대 (독립지지용)	1set	2018.05.15	실용신안 출원	
7	Safety Gateway	2set	2018.05.15		
8	Safety Detector	4set	2018.05.15		
9	Detector Case	4set	2018.05.15		
10	Gateway Case	2set	2018.05.15		
11	공사중 교통 안전 표지판	6set	2018.05.15		

(5) 사업화 현황

(단위: 명, 년)

번호	사업화 방식	사업화 형태	지역	사업화 명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내	국외		

(6) 기술요약정보

연도	기술명	요약 내용	기술 완성도	등록 번호

2. 관련 분야 기여도

구 분	관련분야	기존기술	개발기술	개량효과	관련분야 기여도
공사중 교통안전표지 탈부착 시설	도로유지관리분야, 도로건설분야	- 공사중 교통안전표지 설치시 비표준화된 지주 사용 및 지주 고정형태 기준 없음. - 지주에 대한 풍하중 강도 기준 없음	- 시설물별 지주 형태개발로 시공절차 및 지주 형태 표준화가 가능 - 영구식 표지판 지지대의 기준과 거의 동일한 지지력 확보	기존 공사중 교통안전표지 지지시설물에 대한 부착시 시설물별 표준화가 가능하며, 지주의 시공절차 간소화 및 이동성이 용이하고, 교통안전표지의 교체시 상부브라켓 교체가 가능하므로 시공성이 용이함. 또한, 공사중에만 사용되는 임시 교통안전표지라 할지라도 영구식 교통안전표지에 준하는 풍하중을 만족함.	도로유지관리 및 건설시 공사구간에 표준화된 지주적용 및 풍하중에 대한 지지력이 확보 가능하므로, 제품홍보확대시 관련분야 기여도가 클 것으로 예상됨.
LPWA를 이용한 안전표지판 상호연결	사물인터넷 및 도로건설분야	기존 안전표지판은 단독으로 작동하거나 유선으로 작동	- LPWA기술을 이용하여 원거리(1KM이상)의 안전표지판들이 상호 연동하여 작동 - 저전력 소모로 배터리와 태양광을 이용하여 무선환경 구축	저전력 통신기술을 바탕으로 무선환경에서 상호연동할 수 있는 안전표지판 개발	원거리에서도 유선연결없이 상호작용할 수 있는 안전표지판 개발이 가능하여 관련 분야에 활용도가 높을 것으로 기대됨
BLE비콘을 이용한 안전표지판과 운전자 상호작용	도로유지관리, 도로건설분야, 공사장 안전분야	GPS센서로 해당 지역의 공사정보를 확인	BLE비콘을 이용하여 실시간에 운전자스마트폰에 전방의 공사정보를 알려줌	GPS나 네비게이션을 켜두지 않아도 안전관리 앱이 설치되어 있으면 비콘을 인식하고 공사현장 정보와 안전운전을 유도하는 메시지를 운전자에게 전송.	GPS보다 적극적인 알림기능을 추가할 수 있어, 운전중 안전의식을 향상시킬 것으로 기대됨

제5장. 연구개발성과의 활용계획

1. 연구개발성과의 활용방안

본 과제는 사업화를 목표로 하고 있다. 최종 기술 개발 대상은 안전표지판, 안전밴드, 안전조끼, 스마트폰 앱, 클라우드 서버를 통합한 안전관리 솔루션으로 이를 위해 각각을 통합하고, 정확히 동작하도록 하여 현장에 적용하는 것에 최종 목표를 두고 있다. 이를 위한 구체적인 현장 적용 분야는 다음과 같다.

<표 5.1> 사업화 대상 기술의 현장 적용분야

공사현장	적용분야
도로공사 현장	스마트 안전표지판과 게이트웨이 등 H/W와 클라우드 서버, 스마트폰 앱이 통합된 형태로 도로 공사 현장에 설치되어 차량과 작업자의 안전을 확보할 수 있도록 구성
일반 건설 현장	향후 범용안전 표지판으로 확장하여 도로공사현장 뿐아니라, 건설현장 등에 적용하여 작업자의 안전을 확보.
위험 지역	보행자 및 위험 지역에 설치 적용하여 보행자 및 시민들의 안전 확보 위험지역이나 보안시설에 설치하여 범죄예방 및 보안 강화

가. 기술의 의의

- 광섬유LED, IoT 센서, LPWA통신과 스마트폰앱을 클라우드로 융합한 안전관리 IoT 솔루션 개발
- 개발시 소요된 H/W 및 S/W는 순수 국산 기술로 구성 적용 되었으며, 산업현장 적용시 산업재해를 사전 예방이 가능하다.
- 광섬유 LED적용을 통해 저전력 사용으로도 시인성이 우수하여 타 제품과의 차별성이 뛰어남
- 일본의 관련회사에서 많은 관심을 보이고 있으며, 향후 해외 수출 가능성이 있음.

나. 적용분야

도로 공사현장에 바로 적용이 가능하며, 이외에도 건축물 건설 현장, 건설 현장 주변 위험 발생 예상 지역(보행자 안전), 산업 현장 내 위험 지역, 등산로 위험지역, 산사태 발생 예상 위험 지역 등 생활 위험지역 등에 적용하여 설치 가능하다.

본 연구과제의 목적은 도로공사 중 발생할 수 있는 차량사고를 감소시킬 수 있는 스마트 안전표지판을 개발하고, 안전표지판과 상호작용할 수 있는 스마트폰 앱, 관리 서버를 개발하는 것이었다. 따라서 이에 부합하도록 각각의 요소에 충실하게 개발하는 한편 시장성 확보를 위해 다양한 분야에 적용할 수 있도록 하는 연구는 같이 진행하였다.

도로공사 외에도 다양한 공사 현장에 스마트 안전표지판을 부착하여 작업자의 안전을 확보할 수 있으며, 공사장 주변을 통행하는 보행자에 대해서도 공사정보를 전달하여 안전한 보행

이 가능하도록 하였다.이 외에도 사업장내 위험지역이나 외부에 노출된 위험지역에 활용이 가능하며, 특히 군시설등 보안을 요하는 시설에도 접근을 감지하고 대응할 수 있는 시스템으로 확장가능하여 이에 대한 사업화 가능성을 검토 중에 있다.

다. 사업화 계획

(1) 생산 계획

<표 5.2> 생산계획

구분		(2020 년) 개발 종료 후 1년	(2021 년) 개발 종료 후 2년	(2022 년) 개발 종료 후 3년
국 내	시장점유율(%)			
	판매량(단위: Set)	20(set)	50(set)	200(set)
	판매 단가(원)	45,000,000	40,000,000	35,000,000
	국내 매출액(백만원)	900	2,000	7,000
해 외	시장점유율(%)			
	판매량(단위:)	5(set)	20(set)	100(set)
	판매 단가(달러)	40,000	40,000	40,000
	해외 매출액(백만달러)	200	800	4,000
당사 생산 능력				

(2) 적용분야

- 특화된 기술(H/W)과 융합을 통한 경쟁력 강화.
- 일반 건설 현장, 사업장(생산시설) 내 위험 지역, 외부 노출된 위험 지역등 적용 가능 하며,
- 특화된 기술(H/W) 기업 과 융합된 IoT 솔루션 개발을 통한 중소기업간 상생 유도
- 국내 전문 총판 업체와 협약을 통한 판매망 확대
- Package 판매 및 ASP 서비스 판매



<그림 5.1> 적용분야

2. 기대효과

가. 기술적 측면

<표 5.3> 기대효과(기술적 측면)

최신의 IoT(사물인터넷) 기술 적용	IoT(사물 인터넷)기술을 적용 건설공사 시에 발생 가능한 안전사고를 스마트폰을 이용하여 줄이도록 유도함.
독창적 기술(FOLED)의 적용으로 기술 차별화	발광 광섬유 LED(FOLED) 기술의 적용. 표시판 차별화된 제품으로 국내 및 세계 시장에 기술력으로 시장에 진출이 가능함.
융합기술화로 기술 장벽을 높일 수 있음	자발광(FOLED) 및 IT, 통신 기술 융합으로 차별화된 기술 확보. 글로벌 경쟁력 확보 및 웨어러블 디바이스 시장의 경쟁력 대한 기대효과 높음.
웨어러블 디바이스의 실질적 적용 실현	대부분의 웨어러블 디바이스가 스마트 폰 액세서리(구글-아이글라스, 애플 - 아이워치, 삼성-기어)인 반면, 착탈식으로 개발 된 웨어러블 디바이스 기능.

- 연구성과 : 특허출원(3건), 실용신안출원(2건), 저작권등록(8건), 논문(3건)

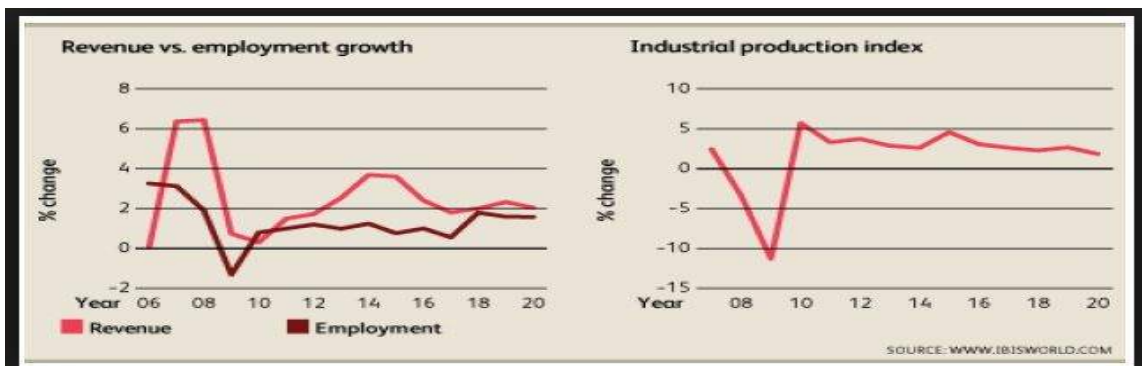
나 경제적 측면

(1) 안전시장진출

우리 산업현장의 산업재해가 많이 발생하고 있다. 매년 90,000여명의 근로자가 작업장 내에서 다치고 있으며, 그 중 1,900여명이 사망함.

2013년 산업재해로 인한 직접손실액(산재보상금 지급액)은 795,434백만원,직·간접 손실을 포함한 경제적 손실추정액은 18,977,170백만원 이고, 산업재해로 인한 근로 손실일수는 52,757,034일로써 2013 노사분규참가 근로자 기준 근로손실 일수 638천일의 83배.

전 세계적인 안전에 관심도 증대와 그에 따른 제품의 수요가 급증하고 있는 상황에서 안전용품 관련 각종 전시회를 통해 제품의 우수성을 알려 나가면, 국내 뿐 아니라 세계시장에 대한 수출 증대가 크게 기대되는 아이템으로 성장 가능함. (미국 시장은 매년 2%의 매출 성장이 일어남)



미국 산업용 보호용품 시장현황 (WWW.IBISWORLD.COM)

<그림 5.2> 미국 산업용 보호용품 시장현황

전세계 안전시장은 지난 2011년 기준 2530억달러에 달하며, 오는 2021년까지 연평균 8%의 빠른 성장세를 보일 것으로 예상됨.

특히 안전 인프라 구축에 적극적인 중동의 안전시장은 연 10% 이상 성장할 것으로 예상되는 등 유망산업으로 부상하고 있음.

최근에는 정보통신기술(ICT) 등 첨단기술과 참신한 아이디어가 접목된 다양한 제품 및 서비스가 등장해 활기를 띄고 있음.

안전저널(2016.1.7.)에 따르면 국내에서는 산업안전보건시장의 규모는 공급보다는 수요시장이 더 큰 것으로 조사됐다. 공급시장이 1조639억원, 수요시장은 2조9745억원으로 1조9106억원의 잠재적인 수요가 있다.

사물인터넷(IoT)기술과 Fiber Optic LED(FOLED) 등 기술 융합을 통하여 공사 시 사고 방지 최소화 및 예방 효과

다 사회적 측면

실질적 교통 사고율 저하에 따른 사회비용 감소 효과는 사용자의 증가에 따라 커지므로 처음부터 크지는 않겠지만, 야간에 도로 공사에 무방비로 노출된 보행자/작업자/운전자에게 보급이 이루어지면, 가장 사고율이 높은 곳부터 효과가 나타나므로 기대 이상의 효과가 가능함.

<표 5.4> 공사종류별 사고사례현황

공사종류		발생 건수	피해내용		
			사망자	부상자	피해금액 (백만원)
합계		202	166	215	2,156,357
건축 공사	공동주택	24	20	7	3,800
	문화 및 집회시설	6	6	20	0
	판매시설	4	4	14	0
	의료시설	1	1	0	0
	교육연구시설	9	10	12	0
	업무시설	17	10	39	0
	숙박시설	1	1	1	0
	공장	8	9	10	0
	기타공사	15	11	20	1,936,000
	소계	85	72	123	1,939,800
토목 공사	도로교량	27	21	38	0
	철도교량	6	4	1	5,957
	도로터널	13	10	9	0
	철도터널	8	9	4	46,000
	외곽시설(항만, 갑문·방파제·호안)	1	1	0	0
	댐	1	2	2	0
	하구둑	1	1	0	0
	수문 및 부속시설(통문, 호안 포함)	3	7	5	0
	제방	4	2	2	0
	보	2	0	2	0
	상수도	3	5	0	0
	하수도	12	11	6	0
	옹벽 및 절토사면	8	4	7	56,600
	복개구조물	1	1	0	0
	기타공사	27	16	16	108,000
	소계	117	94	92	216,557

3. 사업화 모형 수립

가. 사업화 모형 수립(BM) 배경

‘보행자/운전자/작업자 안전을 위한 IoT, Wearable 자발광이 융합된 교통 안전 디바이스 및 솔루션 개발’ 프로젝트를 수행함으로써 나온 결과물은 H/W 4종 (자발광 광섬유LED BLE Beacon 안전표지, 자발광 광섬유LED 아두이노 밴드, 자발광 광섬유LED 아두이노 조끼, system), S/W 4종(사용자용 App, 관리자용 App 및 서버 솔루션, IoT분석용 서버솔루션 등), 통합 운영 및 관리솔루션으로 단품 판매의 형태 보다는 통합 솔루션 판매의 형태로 주문생산 방식(MTO: Make To Order)을 채택하여 사업화를 진행하고자 함

나. 사업화 모형의 목표 및 핵심 경쟁 요인

MTO(Make to Order)형태의 사업화 모형을 이용하여 고객에게 직접 판매하는 Direct Sale 형태의 SI사업을 목표로 하며, 핵심경쟁요인은 남들 보다 빠르게 도로공사 안전 시장에 자발광 광섬유LED기술과 IoT기술을 접목.

다. 목표 시장 구조

(1) 경쟁 기업 현황

LED를 이용한 안전표지 솔루션을 제공하고 있으며, IT와 접목된 솔루션의 제공은 아무도 생각하고 있지 못함

(2) 시장 진입 장벽

안전표지 솔루션들은 저가인 반면 개발 솔루션은 고가이므로 MTS(Make To Stock)의 형태 판매를 지양하고 MTO판매를 추구하여 시장 진입 장벽을 넘는 것을 목표로 함

라. 수익 확보 전략

(1) 주요 고객군

건설사 및 도로관련 공사를 수행하는 기업 및 기관

(2) 사업화 모형(BM)을 통한 수익 창출 방안

MTO 방식으로 고객에게 개발 솔루션의 우수성을 설명하여 솔루션 전체를 판매.

4. 추후 연구계획

본 연구개발은 창의도전 연구분야로 공사중 교통안전시스템을 개발하는데 중점을 두고 진행해왔다. 사실 가장 선제적으로 이루어져야 할 시스템 활용을 위한 규정/지침 등에 대한 조사가 선행되었어야 했다. 특히, 사회기반시설에 대한 분석결과에 검토가 미진하였다. 향후 사업화를 위해서는 시장에 진입이 용이하도록 관련규정/지침에 대해 조사하고, 시스템활용과 관련된 규정/지침을 발표할 수 있도록 할 계획이다.

제6장. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

○해당 사항 없음

제7장. 연구개발성과의 보안등급

보안등급분류	보안	일반
		○
결정사유	본 연구개발사업은 [국토교통부소관 연구개발사업 운영규정] 제7장 연구개발사업의 보완 및 정보관리, 제47조의 4 (보완등급 분류기준)에 명시된 보안등급 분류에 따라 일반과제로 구분됨.	

제8장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

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

제9장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적

1. 연구실 안전조치 이행 내용

가. 주관기관 : (주)유엔비테크

(1) 현장 인력 안전 관련 전문성 제고

- 관리감독자의 안전교육 실시함.
- 소방감독자의 소방교육 실시함.

제10장. 연구개발과제의 대표적 연구 실적

번 호	구분 (논문/특 허/ 기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역 할	논문 게재지/ 특허 등록 국가	영 향 력 지 수	논문 게재일 /특허 등록일	사사 여부 (단독 사사 또는 중복 사사)	특기 사항 (SCI 여부/인용 횟수 등)
1	논문	LPWA와 광섬유 LED를 활용한 스마트 안전표지판 개발	(주)유엔 비테크		2018년 한국통신학 회 하계종합학 술발표회		2018.06		
2	논문	스마트 안전표지판을 이용한 도로공사현장 안전관리 시스템 설계	(주)유엔 비테크		2018년 한국통신학 회 하계종합학 술발표회		201.06		
3	특허	도로공사현장내 안전관리정보제공 장치 및 그 장치의 구동방법	(주)유엔 비테크				출원일 2017.08.01		
4	특허	안전관리장치 및 그 장치의 구동방법	(주)유엔 비테크				출원일 2017.10.16		
5	특허	가드레일용 교통안전 표지판 설치장치	(주)한국 건설관 리공사				출원일 2018.6.18		
6	실용 신안	임시시설물용 교통안전 표지판 설치장치	(주)한국 건설관 리공사				2018.6.18		
7	실용 신안	중앙분리대용 교통안전 표지판 설치장치	(주)한국 건설관 리공사				2018.6.18		
8	저작권	SafeGateway for Android	(주)유엔 비테크				2018.05.10		
9	저작권	SafeUser for Android	(주)유엔 비테크				2018.05.10		
10	저작권	SafeManager for Android	(주)유엔 비테크				2018.05.10		
11	저작권	SafeUser for iOS	(주)유엔 비테크				2018.05.10		
12	저작권	SafeManager for iOS	(주)유엔 비테크				2018.05.10		

제11장. 기타 사항

○해당 사항 없음

제12장. 참고 문헌

1. 국토연구원, 도로정책Brief No.97호(2015.11) : p. 4
2. 한국광기술원, 친환경·에너지절감형 LED조명기술 연구 기획(2012) : p. 17-21
3. 한국도로공사, 고속도로 공사장 교통관리기준(상,2013) : p. 19-31
4. 국토교통부, 도로공사장 교통관리지침(2012) : p. 17-86
5. 한국도로공사 설계처, 표지판 설계 풍하중 검토(2004.12)
6. 건설교통부, 도로표지의 구조 안전성 확보를 위한 연구(2005.10) : p. 395-403
7. 한국통신학회 하계종합학술발표논문집, LPWA와 광섬유 LED를 활용한 스마트 안전표지판 개발, (2018.6) : p. 1490-1491
8. 스마트 안전표지판을 이용한 도로공사현장 안전관리 시스템 설계, 한국통신학회 하계종합학술발표논문집(2018. 6) : p. 1508 - 1509
9. https://spri.kr/posts/view/21911?code=inderstry_trend, 소프트웨어 정책 연구소
10. <https://ko.wikipedia.org/wiki/REST>, 위키피디아
11. 산업안전보건연구원, ,2014년 산업재해원인조사 (업무상사고) 보고서(2014) : p.48-134
12. 김균태, 건축공사현장의 안전관리 모니터링을 위한 USN 기술적용에 관한 연구., 한국건축시공학회 논문집, 제9권 4호(2009.8) : p.103
- 13 최상원, 스마트폰을 활용한 근로자 안전활동 감지장치 개발 및 특성., 한국안전학회지 제30권 제3호(2015) : p.20,
- 14 김동오, 스마트 안전 에이전트를 활용한 IoT기반 재난대피 혁신(2016) : p. 74-82

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술촉진연구사업의 연구보고서입니다.
2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구개발성과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.