

IoT를 활용한 스마트 안전보건관리

〈면지 교체〉

2022 산업안전보건강조주간 세미나 일정표



- 주관 : 안전보건공단 미래전문기술원 전자산업부
- 주제 : IoT를 활용한 스마트 안전보건관리
- 일시/장소 : 2022. 7. 7.(목), 14:00-18:00 / 2전시관 403호
- 세부 프로그램

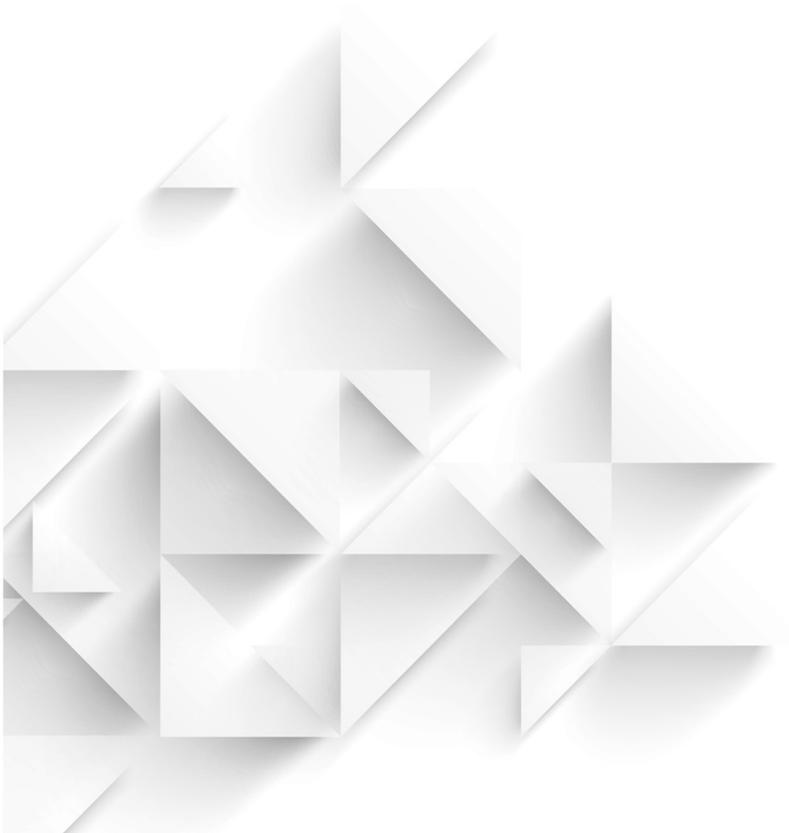
시 간	주 제	발표자	비고
14:00~14:10 (10분)	개회 및 발표자 소개	미래전문기술원 전자산업부장	
14:10~14:20 (10분)	인사말씀	안전보건사업이사	
14:20~14:50 (30분)	화학물질 상시 모니터링 구축 방안	미래전문기술원 유연선 차장	
14:50~15:20 (30분)	자동차 생산라인의 스마트 안전관리	(주)기아 안전경영기획팀 김재형 팀장	
15:20~15:30 (10분)	휴 식		
15:30~16:00 (30분)	IoT를 활용한 건설안전재해예방 사례	동원건설산업(주) 안전보건팀 안형도 팀장	
16:00~16:30 (30분)	IoT 스마트센서를 이용한 급성중독예방사례와 향후 발전 방향	가천대학교 의과대학 함승헌 교수	
16:30~16:40 (10분)	휴 식		
16:40~17:20 (40분)	패널 토의	발표자 및 참석자 전원	좌장: 미래전문기술원 전자산업보건센터장
17:20~18:00 (40분)	질의응답 및 마무리	발표자 및 참석자 전원	· 발표장 정리 · 참석자 기념품 제공

Contents

1. 화학물질 상시 모니터링 시스템 구축 방안 1
미래전문기술원 유연선 차장
2. 자동차 생산라인의 스마트 안전관리 23
(주)기아 안전경영기획팀 김재형 팀장
3. IoT를 활용한 건설안전재해예방 사례 39
동원건설산업(주) 안전보건팀 안형도 팀장
4. IoT 스마트센서를 이용한 급성중독예방사례와
향후 발전 방향 49
가천대학교 의과대학 함승헌 교수

1. 화학물질 상시 모니터링 시스템 구축 방안

미래전문기술원
유연선 차장



안전은 권리입니다

화학물질 상시 모니터링 시스템 구축 방안

2022. 7. 7. [목]

안전보건공단 미래전문기술원

산업재해예방
안전보건공단

CONTENTS

안전은 권리입니다

01. 추진 배경
02. 화학물질 상시 모니터링 시스템 개요
03. 그간의 추진경과
04. 향후 계획



01. 추진 배경

1. 작업환경의 변화

■ 신기술, 신제품 개발에 의한 산업환경의 급격한 변화로 사각지대 발생

- 작업량의 변동과 집중, 수시(비일상) 작업의 증대, 고위험 물질의 순간 노출 증가
- 작업방법의 다변화에 따른 화학물질 노출 수준 예측 어려움

■ 비정형작업, 임시·단시간 작업(세척 등)에 의한 급성중독이 지속 발생

- 세척조 청소작업 중 세척조 내 잔류 디클로로메탄(MC)에 급성중독 사망(1명, '22년 3월)
- 세척제(트리클로로메탄) 취급 근로자 급성 간염 다수 발생(16명 등, '22년 2월)
- TCE 세척조 내부에 들어가 청소작업 중 TCE 증기에 중독 사망(1명, '19년 7월)
- 도금조에 물과 시안화나트륨을 넣는 작업 중 시안 화합물에 중독(1명, '18년 5월)

- 정기적인 작업환경측정제도 (연 2회), 공단의 기존 사업(현장방문, 1회성)

➔ 급성중독 예방 커버리지 한계



2 자율 안전관리체계 구축 요구

안전은 권리입니다

■ 중대재해처벌법의 지향점

- 기업 "스스로" 사업장 내 위험요인을 발굴하여 제거·대체 및 통제 방안을 마련·이행하고, 이를 지속적으로 개선할 수 있는 산업재해 예방을 위한 안전보건관리체계를 구축

■ 산업안전보건법 vs 중대재해처벌법

	산업안전보건법	중대재해처벌법
재해정의	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 사망자 1명 이상 ▪ 3개월 이상 요양이 필요한 부상자 동시 2명 이상 ▪ 부상자 또는 직업성 질병자 동시 10명 이상 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 사망자 1명 이상 ▪ 동일한사고로 6개월 이상 치료가 필요한 부상자 2명 이상 ▪ 동일한 유해요인으로 급성중독 등 직업성 질병자 1년 내 3명 이상
의무내용	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 안전·보건 조치 의무 - 기계·설비나 위험물질 등에 대한 안전조치 - 원재료·가스·위험작업 등에 대한 보건조치 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 안전·보건 확보 의무 - 안전보건관리체계의 구축·이행 - 재해 재발방지 대책의 수립·이행 - 중앙행정기관 등이 시정 등을 명한 사항 이행조치 - 안전·보건 관련 의무이행에 필요한 관리상의 조치

KOSHA

3 미래 안전보건변화 대응

안전은 권리입니다

■ 4차 산업 기술은 발전하나 산재예방 시스템은 답보 상태

- 타 안전 분야(소방안전, 보안 등)는 4차 산업 기술을 활용한 시스템 연구 및 현장적용이 활발히 진행 중
- 산업안전은 기술지도 및 재정지원을 통한 전통적인 시설·설비 개선 중심으로 이루어지고 있는 실정
➔ 미래 안전보건 환경변화에 효과적 대응 한계

■ 대기업, 공공기관 중심의 스마트 안전기술 도입

- 중소기업은 재정문제로 인해 스마트 안전기술 도입에 어려움
➔ 대기업과 안전관리 격차가 심화

■ 4차 산업 기술을 적용한 혁신적 안전보건관리체계 구축 요구*

- 국정과제 49번. 산업재해 예방 강화 및 기업 자율의 안전보건관리체계 구축 지원
- (49-3) 신기술 기반의 산재예방 기법 확산 및 산재 정보 시스템 고도화
➔ ICT 기술을 적용한 근로자 건강 보호 패러다임 변화 필요성 대두

국제노동기구(ILO)는 [미래 노동의 핵심인 안전과 보건(100년의 경험을 기반으로)]
 ①디지털화, ICT 등 기술, ②인구 구조, ③지속 가능한 개발과 ④산업안전보건 노동조직의 변화를
 미래의 산업안전보건 관련 위기와 기회로 봄

KOSHA

4 기존 체계의 보완

안전은 권리입니다

■ 작업환경측정제도 : 노출평가의 한계

- **작업환경측정제도(산업안전보건법 제125조)**
 - 통상적으로 반기(6개월)에 1회 작업환경을 측정
 - 측정값을 6개월 동안의 해당 작업장의 유해인자 노출수준의 대표치로 의존
- **측정방법의 제한**
 - 고독성 물질은 단기간노출기준(STEL), 천정치(C) 기준치에 의하여 15분 측정
 - 측정전문가의 판단에 따라 측정시간을 정함
- **사업장의 현장 작동성 부재**
 - 법적 제제를 피하기 위해 노출수준을 인위적으로 조절가능
 - 능동적인 작업환경 개선의지 부재



작업환경측정 제도를 보완할 수 있는 연속, 실시간 노출평가 방법 도입 필요

KOSHA

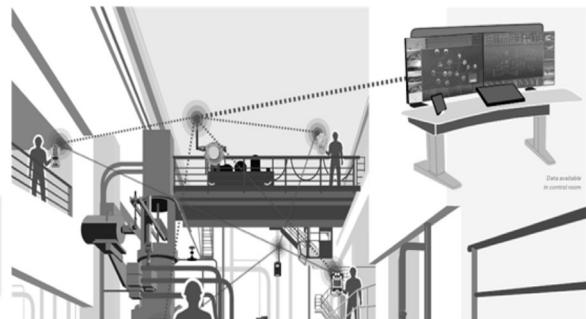
5 산업보건 노출평가의 패러다임 전환

안전은 권리입니다

■ 실시간 모니터링 : 산업보건 노출평가의 패러다임 전환

- **모니터링의 의미**
 - 지속적인 관찰을 통해 대상의 형태나 변화를 확인한다는 의미(≠측정)
- **사람을 대신하는 모니터링**
 - 4차산업 기술(센서, 사물인터넷, 인공지능)을 적용한 현장 모니터링
 - 상시(24시간 365일), 원격으로 확인 가능
 - 인적 오류 최소화
- **노출에 대한 능동적·자율적 관리**
 - 측정과 동시에 노출 정도를 즉시 확인 가능
 - 노출농도 변화의 흐름 파악 가능

→ 순간 고농도 노출 등 고위험에 대한 능동적 대처, 환기 점검 등 자율관리 가능



출처: Honeywell

KOSHA

안전은 권리입니다

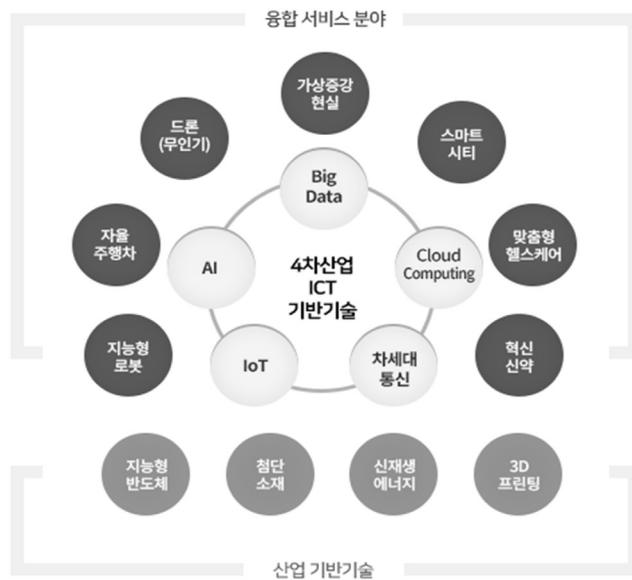
02. 화학물질 상시 모니터링 시스템 개요

산업재해예방 안전보건공단

1 4차 산업혁명 기술

안전은 권리입니다

■ 4차 산업혁명 관련 新 특허 분류 체계



출처 : 특허청



2 IoT기기의 적용사례

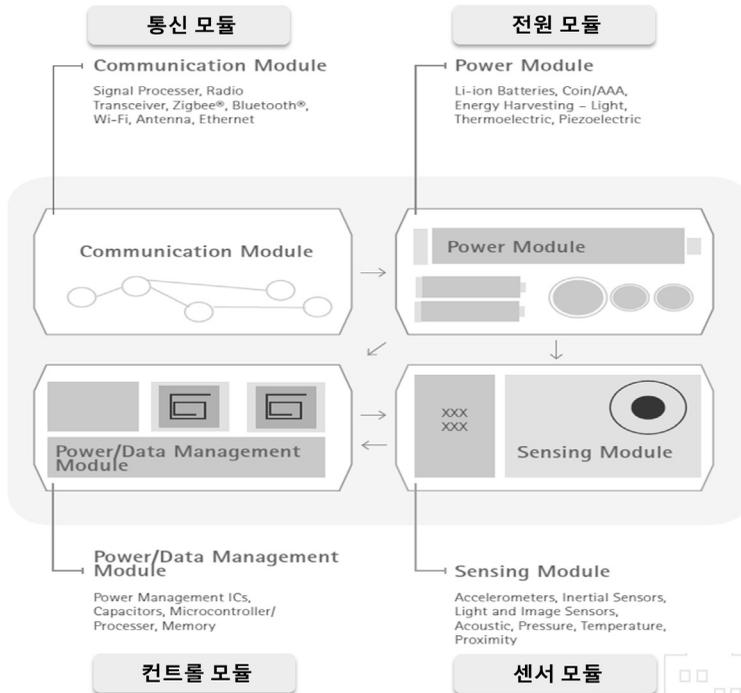
안전은 권리입니다

	헬스케어/의료/복지 - 지정한 활동상태 관리·분석 - 보호자 모니터링·알림 - 심리 안정 디스플레이 콘텐츠		에너지 - 시스템 소비전력 모니터링·절감 - 배터리 현황 모니터링 - 에너지 데이터 시각
	제조 - 반복 업무 자동화 - 산업 환경 실시간 모니터링 - 정비 자동 효율 증대		스마트홈 - 원격 홈 관리 - 홈 보안 향상 - 다세대 주거지 공용 공간 시스템화
	금융 - 결제 간소화 - 생체 인증 보안		교육 - 자동 출결 시스템 - 전자 도서관 - 온라인 수업
	국방 - 무인아동체, 네트워크 등 무인체계 - 감시·정찰 기술 고도화		농림/축산/수산 - 산업 환경 데이터 수집 - 원격 모니터링/관리 - 빅데이터 활용한 생산 효율 증대
	자동차/교통/항공/우주/조선 - 시 도입 영상 분석 시스템 - 주차장 자동 통합 관리 - 실시간 교통상황 중계		관광/스포츠 - 맞춤형 관광 상품 패키지 추천 - 사용자 위치 기반 여행 경로 추천 - 맞춤형 운동 추천과 활동 데이터 구축
	소매/물류 - 물류 창고 관리 시스템 - 운송·장비가동 효율 증대 - 무인택배함 운용		건설·시설물 관리/안전/환경 - 건물, 네트워크 보안 - 건물 상태 원격 모니터링 - 건물 에너지 관리 효율 증대

출처 : TECHWORLD KOSHA

3 IoT시스템의 구성

안전은 권리입니다



출처 : AIHA 2016 The Future of Sensors KOSHA

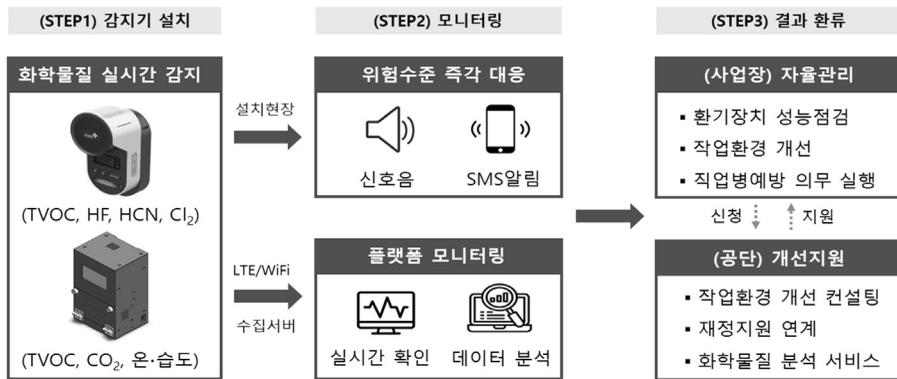
4 「화학물질 상시 모니터링 시스템」 개요

안전은 권리입니다

■ 화학물질 상시 모니터링 시스템이란?

- 화학물질 취급 사업장에 IoT 기반의 화학물질 원격 감지기를 설치하여 노출농도 수준을 파악하고, 모니터링 플랫폼을 통해 데이터를 분석·활용하여 작업환경 자율관리를 실시하는 시스템을 말함

* Chem-SOL은 Chemical-Sustainability Observation Link System의 약어로 화학물질(Chem) 상시(S) 모니터링(O) 기술을 사업장 노출관리에 연계(L)한 시스템의 의미를 가짐



【화학물질 상시 모니터링 시스템 흐름도】



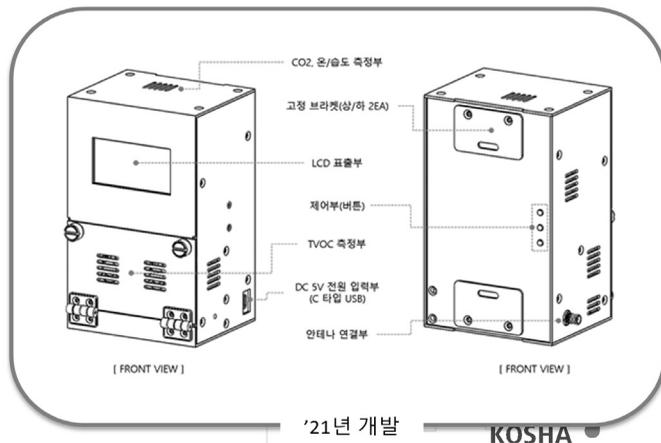
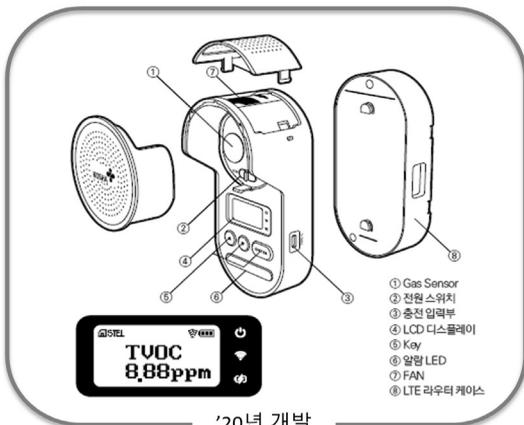
5 구성 및 기능-원격감지기

안전은 권리입니다

■ 원격감지기

- (기기 구성) 센서 측정부, LCD 표출부, 메뉴 제어부, FAN, 전원 입력부, 통신 연결부 등으로 구성

기기	개발년도	측정물질	통신방식
원격 감지기	2020년도	TVOC, HF, HCN, Cl ₂ (1종 선택 측정)	별도의 LTE라우터를 이용하여 LTE 연결
모듈형 원격감지기	2021년도	TVOC, CO ₂ , 온도, 습도 (4종 동시 측정)	LTE cat. M1(IoT 기기용 LTE통신) 자동 연결(내장)



6 구성 및 기능 - 센서



■ 센서

- 센서 종류 : TVOC 감지를 위해 PID* 센서 장착

* PID(Photo Ionization Detector, 광이온화 검출) 방식

: UV램프에서 발생하는 자외선이 특정 eV이하의 이온화 경향성을 가진 물질을 이온화하여 감지하는 원리

- TVOC 센서 사양 : 측정 범위 0 ~ 6,000ppm, 반응시간(t₉₀) 3s, 분해능 0.05ppm

- 화학물질 농도 추정

- 센서 제조사에서 제공하는 화학물질 별 반응계수(RF, Response Factor)를 곱하여 감지 농도값 추정
예) TCE의 RF값은 0.6이므로, 감지기의 표출 농도가 10ppm인 경우 10ppm x 0.6 = TCE 6ppm으로 추정가능

- 측정가능 물질

- RF값이 설정되어있는 화학물질

- 허용기준 설정 유해인자(38종 중 17종 측정 가능)

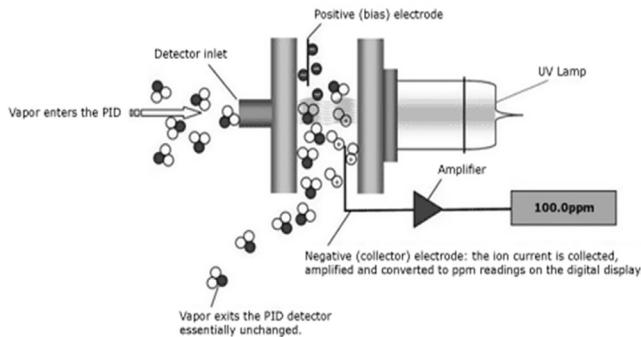
디메틸포름아미드(DMF), 벤젠, 2-브로모프로판, 톨루엔-2,6-디이소시아네이트(TDI), 트리클로로에틸렌(TCE), n-헥산, 디클로로메탄(MC), 1,2-디클로로프로판, 1,3-부타디엔, 산화에틸렌, 스티렌, 시클로헥사논, 아닐린, 암모니아, 염소, 염화비닐, 톨루엔



6 구성 및 기능 - 센서



[PID 센서]



[PID센서의 검출 원리]

Index	Chemical name	Alternative name	Formula	CAS no.	IE, eV	Response Factor (RF)			Typical MDL	
						10.0 eV	10.6 eV	11.7 eV	10.6 eV lamp	10.6 eV lamp
1	Acetaldehyde		C ₂ H ₄ O	75-07-0	10.23	NR	5.5	2.2	25	480
2	Acetamide		C ₂ H ₅ NO	60-35-5	9.69	NA	2	NA		
3	Acetic acid		C ₂ H ₄ O ₂	64-19-7	10.66	NR	28	4	180	3615
4	Acetic anhydride		C ₄ H ₆ O ₃	109-24-7	10.14	NA	4	2	20	400
5	Acetoin	3-hydroxybutanone	C ₄ H ₈ O ₂	513-86-0	-9.8	NA	1	NA		
6	Acetone	2-propanone	C ₃ H ₆ O	67-64-1	9.69	1.2	1.17	1.7	5	70
7	Acetone cyanohydrin		C ₄ H ₇ NO	75-85-5	11.09	NR	NR	1		
8	Acetonitrile		CH ₃ CN	75-05-8	12.20	NR	NR	100		
9	Acetophenone	methyl phenyl ketone	C ₈ H ₈ O	98-86-2	9.29	NA	0.6	NA		
10	Acetyl bromide		C ₂ H ₃ BrO	506-96-7	10.24	NR	8	1.5		
11	Acetylene	ethyne	C ₂ H ₂	74-86-2	11.40	NR	NR	2		
12	Azethyglycine, N-		C ₄ H ₇ NO ₃	543-24-8	9.40	NA	2	NA		
13	Acrolein	Prop-2-enal	C ₃ H ₄ O	107-02-8	10.22	NA	3.2	1.2	20	400
14	Acrylic Acid		C ₃ H ₄ O ₂	79-10-7	10.60	NR	21	3	15	275
15	Acrylonitrile		C ₃ H ₃ N	107-13-1	10.91	NR	NR	1.6		
16	Alkanes, n-, C ₆ +		C ₆ H ₁₄	N/A	-10	NA	1.2	NA		
17	Allyl acetosulfate		C ₇ H ₁₀ O ₃	118-84-9	-10	NR	1.5	NA		
18	Allyl alcohol		C ₃ H ₆ O	107-18-6	9.63	4	2.3	1.1	10	200
19	Allyl bromide	3-bromopropene	C ₃ H ₅ Br	106-95-6	9.96	NA	3	NA		
20	Allyl chloride	3-chloropropene	C ₃ H ₅ Cl	107-05-1	10.05	NA	4.5	0.7	20	450
21	Allyl glycidyl ether		C ₅ H ₈ O ₂	106-92-3	-10	NA	0.8	NA		
22	Allyl propyl disulfide		C ₈ H ₁₆ S ₂	2178-59-1	-8.5	NA	0.4	NA		
23	Ammonia		NH ₃	7664-41-7	10.16	NA	8.5	5.7	40	650

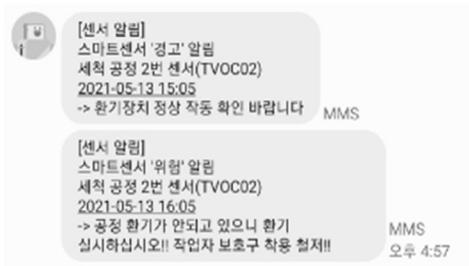
[PID센서의 Response Factor(RF)]

7 구성 및 기능 - 알림

안전은 권리입니다

■ 알림

- 알림기준 : 최고노출기준(C)을 기준
C값이 없는 물질 : ACGIH 3/5규칙에 의거하여 TWA의 5배(잠시라도 노출 금지)로 같음하여 설정
- 설정된 알림기준 이상 감지 시 → 기기 신호음 / SMS 알림



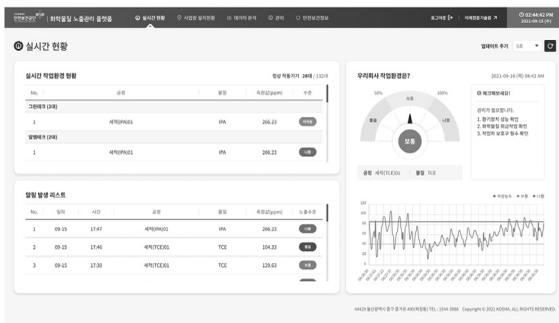
KOSHA

8 구성 및 기능 - 플랫폼

안전은 권리입니다

■ 모니터링 플랫폼(www.smartsensor.or.kr)

- (실시간 확인) 원격감지기 측정 데이터 → 플랫폼 연동
- PC, 모바일로 실시간 데이터를 모니터링 할 수 있는 서비스 제공
- (데이터 분석) 과거 데이터 조회·분석(최대, 평균값 등) 및 월별 분석 보고서를 제공*하여 자율관리에 활용
* 플랫폼 고도화 시 서비스 제공 예정 ('23년 신규개발)



KOSHA

03. 그간의 추진현황

1 상시 모니터링 구축을 위한 연구(2019)

■ 전자산업 화학물질 상시 모니터링을 위한 시스템 구축방안 연구

- **국내외 센서 개발현황, 적용 사례 조사 및 전자산업 유해물질 파악**
 - 전기화학식, 접촉연소식, 반도체식, 광학식 센서 특징 파악
 - 전자산업 유통량, 위험성, 센서 적용 가능성 고려하여 불화수소, 염소가스 등 감지 우선순위 선정
- **화학물질 노출알림 기준 설정을 위한 이론적 배경 조사**
 - 기존 시간가중평균 노출기준과 비교하여 초과 판단하는 것과 다른 접근법 필요
 - 피크노출을 감지하는 것도 한 방법(그 외에 표준편차, 측정자료 변화율, 측정농도 누적분포 이용 등)
- **화학물질 노출감지 감지기 구축 및 현장적용 방안 제시**
 - 상용화된 실내 공기질 측정기 사용, 10개소 설치 및 데이터 분석(TCE, MEK, MC, Toluene)
- **화학물질 측정방법 선진화 방안 마련을 위한 증장기 로드맵 제시**
 - (1단계)상시 모니터링 기반 구축, (2단계)상시 모니터링 서비스 개발, (3단계) 맞춤형 서비스 실시



1 상시 모니터링 구축을 위한 연구(2019)

안전은 권리입니다



2 화학물질 감지 스마트 감지기 개발·적용(2020)

안전은 권리입니다

■ 실시간 모니터링을 위한 감지기 개발 및 TEST BED 운영

- 통계 분석을 통한 감지 대상 화학물질 선정
 - 화학물질에 의한 재해자 현황 등 통계 분석을 통해 TVOC, 시안화수소, 염소, 불산 선정
- 화학물질 감지기 개발(자체 제작)
 - 작업환경 모니터링에 최적화된 센서, 통신, 전원을 선정, 설계하여 시제품 제작(130set)
- 화학물질 원격 상시 모니터링 시범사업 실시 및 운영방안 마련
 - 75개 사업장(114개 지점) 시범 설치, 모니터링 결과 분석, 문제점 보완 및 사업 운영방안 마련
- 기술적, 제도적 보완사항 제시 및 로드맵 구축
 - 감지기 인증 절차, 사업장 지원 방안 등 제안 및 중장기 로드맵 제시



2 상시 모니터링 구축을 위한 연구(2020)

안전은 권리입니다



3 모듈형 센서세트 개발 연구(2021)

안전은 권리입니다

■ 작업장 화학물질 감지를 위한 모듈형 센서세트 개발 연구

- 작업장 화학물질 노출관리용 센서모듈 선정시험**
 - 고가의 PID센서 대체 가능 여부 확인, 반도체식 센서와의 정확도, 정밀도 시험
- 작업자가 스스로 편리하게 설치·운용 가능한 모듈형 스마트 센서세트 설계 및 개발(100set)**
 - 센서모듈, 통신모듈, 알림모듈, 전원모듈이 레고처럼 탈부착 가능한 형태, 유지관리 용이
- 현장 설치·운용 실증시험(5개소)**
 - 트리클로로에틸렌(TCE) 세척 공정 보유 현장에 설치하여 실증시험
- 산업안전보건 IoT 센서 활용방안 제시**
 - 지속가능경영(ESG) 관점에서의 산업안전보건 IoT 센서 개발방향 및 응용

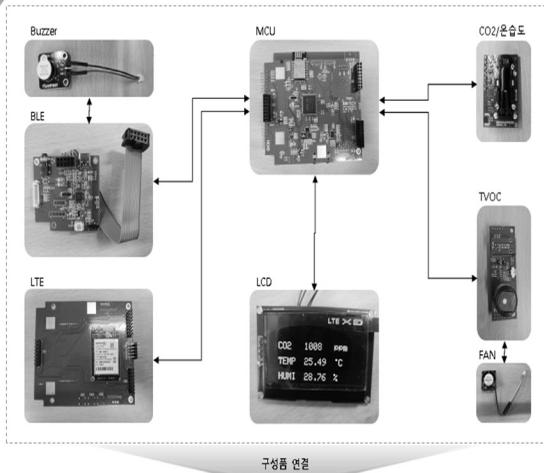
■ 화학물질 노출 농도 및 위험정보를 쉽고 편리하게 확인할 수 있도록 플랫폼 개선



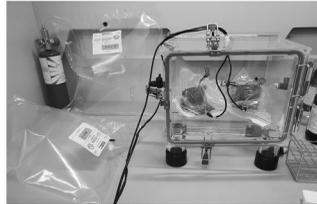
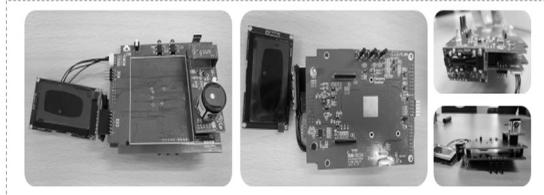
KOSHA

3 모듈형 센서세트 개발 연구(2021)

안전은 권리입니다



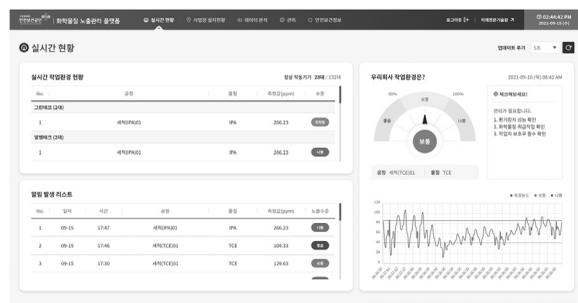
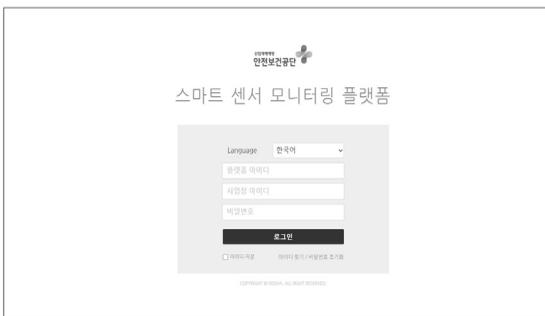
구성품 연결



KOSHA

3 모듈형 센서세트 개발 연구(2021)

안전은 권리입니다



KOSHA

4 시범 운영(TEST BED)

안전은 권리입니다

- 설치기간 : 2021. 5. 13~ 12. 23.
- TCE 취급 사업장 등 15개소 43개 지점 설치 운용
 - TVOC 36개 지점 , Cl₂ 3개 지점, HF 4개 지점



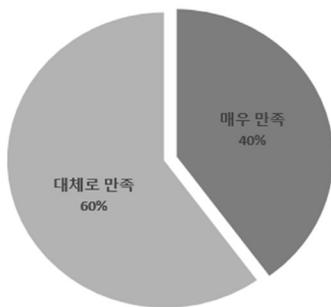
KOSHA

4 시범 운영(TEST BED)

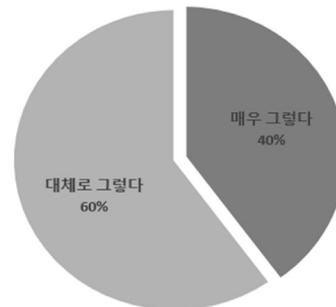
안전은 권리입니다

- 화학물질 상시 모니터링 시스템 설문조사 : 5개소 응답

화학물질 상시 모니터링 시스템의 만족도는 어떻습니까?



현장 화학물질 관리에 도움이 되셨습니까?



<개선 의견>

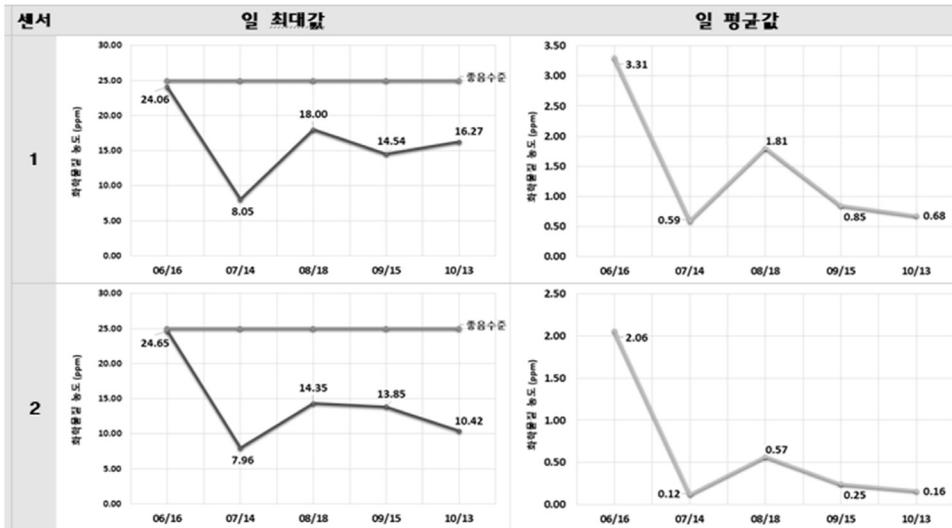
- 근로자에게 직접 부착하여 측정하는 형태로 개선 요청
- 원격 감지기를 이용한 상시 모니터링 시 작업환경측정 면제 등 제도적 혜택 강구 요청
- 원격 감지기를 현장에 용이하게 설치할 수 있도록 설치형태 개선
- 중소기업에 지속적으로 서비스 제공 요청

5 시범운영-데이터분석 결과

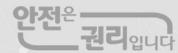


■ 사업장 A (탈지공정, TCE 측정, 국소배기장치 가동)

▪ 월별 측정결과('21년 6월~10월)

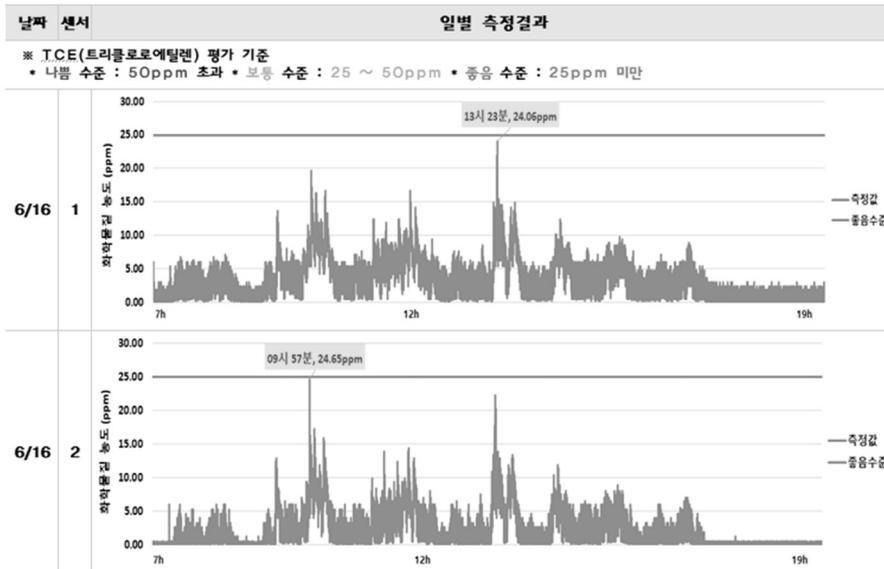


5 시범운영-데이터분석 결과



■ 사업장 A (탈지공정, TCE 측정, 국소배기장치 가동)

▪ 일별 측정결과(최대값이 가장 높은 날 기준)

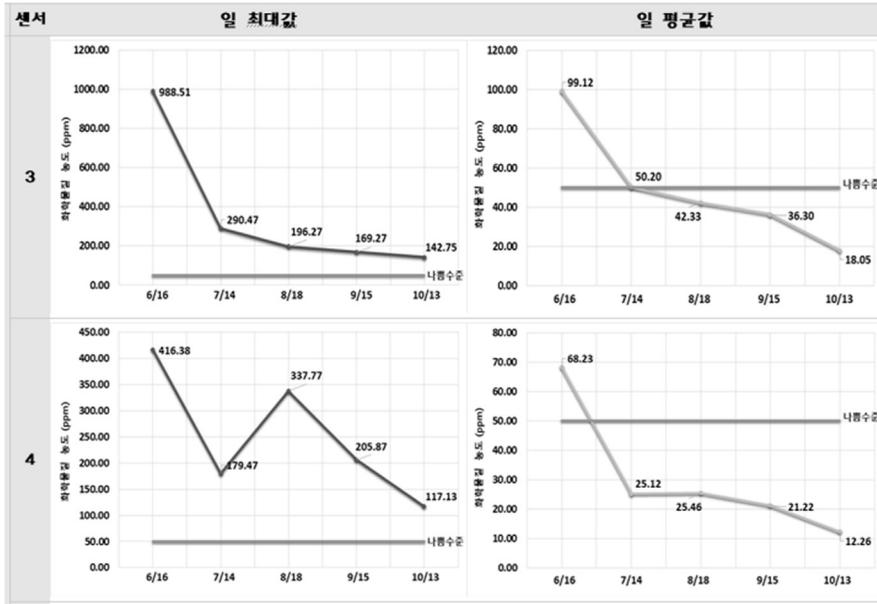


5 시범운영-데이터 분석 결과

안전은 권리입니다

■ 사업장 B (관 내부 세척공정, TCE 측정, 환기장치 가동)

▪ 월별 측정결과('21년 6월~10월)



KOSHA

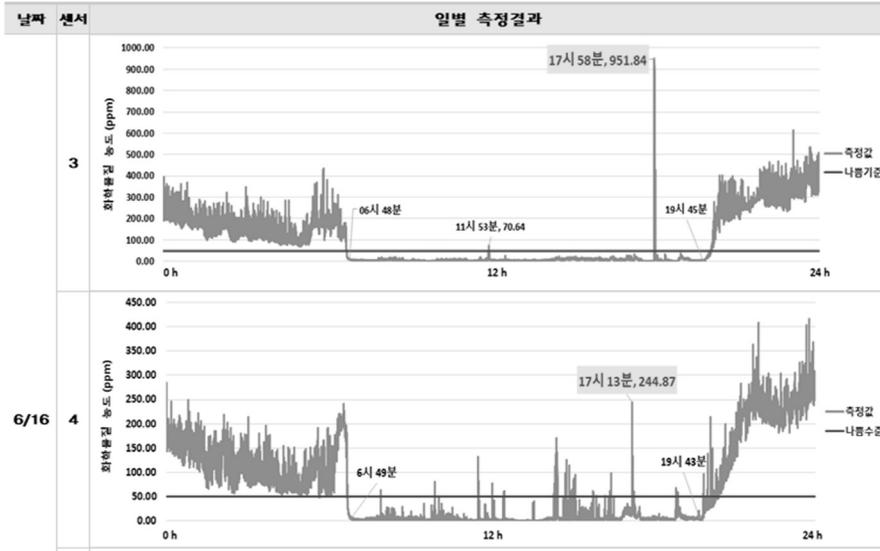
5 시범운영-데이터 분석 결과

안전은 권리입니다

■ 사업장 B (관 내부 세척공정, TCE 측정, 환기장치 가동)

▪ 일별 측정결과(최대값이 가장 높은 날 기준)

※ TCE(트리클로로에틸렌) 평가 기준
 ▪ 나쁨 수준 : 50ppm 초과 ▪ 보통 수준 : 25 ~ 50ppm ▪ 좋음 수준 : 25ppm 미만



KOSHA

안전은 권리입니다

04. 향후 계획

산업재해예방
안전보건공단

1. 원격 감지기 고도화 및 개인 감지기 개발

안전은 권리입니다

■ 원격 감지기 고도화('22)

- 모듈형 원격 감지기 통신·센서·알림기능 개선, 방폭형 감지기 시제품 개발

■ 개인 노출 감지기 개발('22 ~ '23)

차세대 선진 기술*을 보유한 스타트업 기업과 협력하여

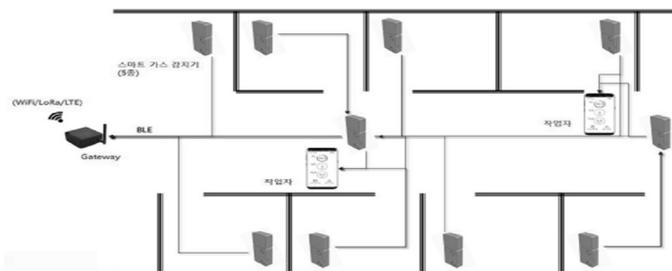
초저전력으로 구동, 소형화·경량화한 화학물질 개인 노출 감지기 개발

* 초저전력 센서 구동·운용 기술, 비콘(Beacon)기술, 메쉬 네트워크(Mesh Network) 기술

➔ 상시 전원공급문제 해소, 개인별 화학물질 노출 위험수준 감지 가능



【저전력 개인 노출감지 원격 감지기 개발예시】

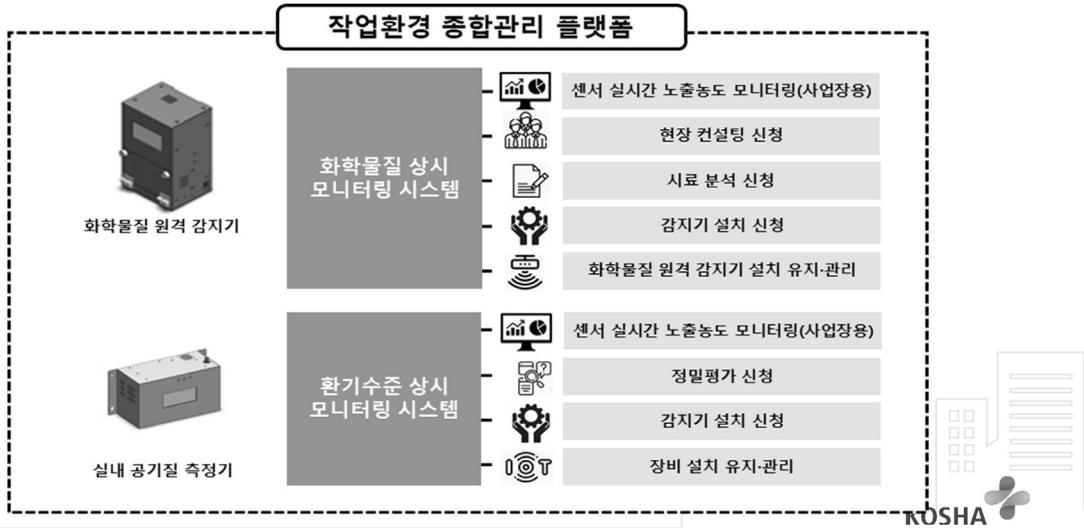


【BLE 및 메쉬 네트워크를 활용한 감지 시스템 모식도】

2. 작업환경 종합관리 플랫폼 전산개발

안전은 권리입니다

- (모니터링 기능) 사업장별 화학물질 노출수준 모니터링 대시보드 제공, 통계 확인, 리포트 생성·출력 (고농도 발생 예측) 온도, 습도, 노출농도, 노출시간 등의 데이터를 분석하여 고농도 발생 예측
- 계획 : ISP 정보화 전략계획 수립('22) → 플랫폼 개발('23) → 시범 운영('24) → 본격 사업화('25)



3. 중소기업 사업장 확산·보급

안전은 권리입니다

■ 민간기관을 활용한 화학물질 상시 모니터링 시스템 확산

- 민간기관(보건관리대행기관, 작업환경측정기관)을 통해 전자산업 중소기업 사업장을 주 대상으로 화학물질 상시 모니터링 시스템을 연계한 기술지도 유도, 시스템 보급 확대

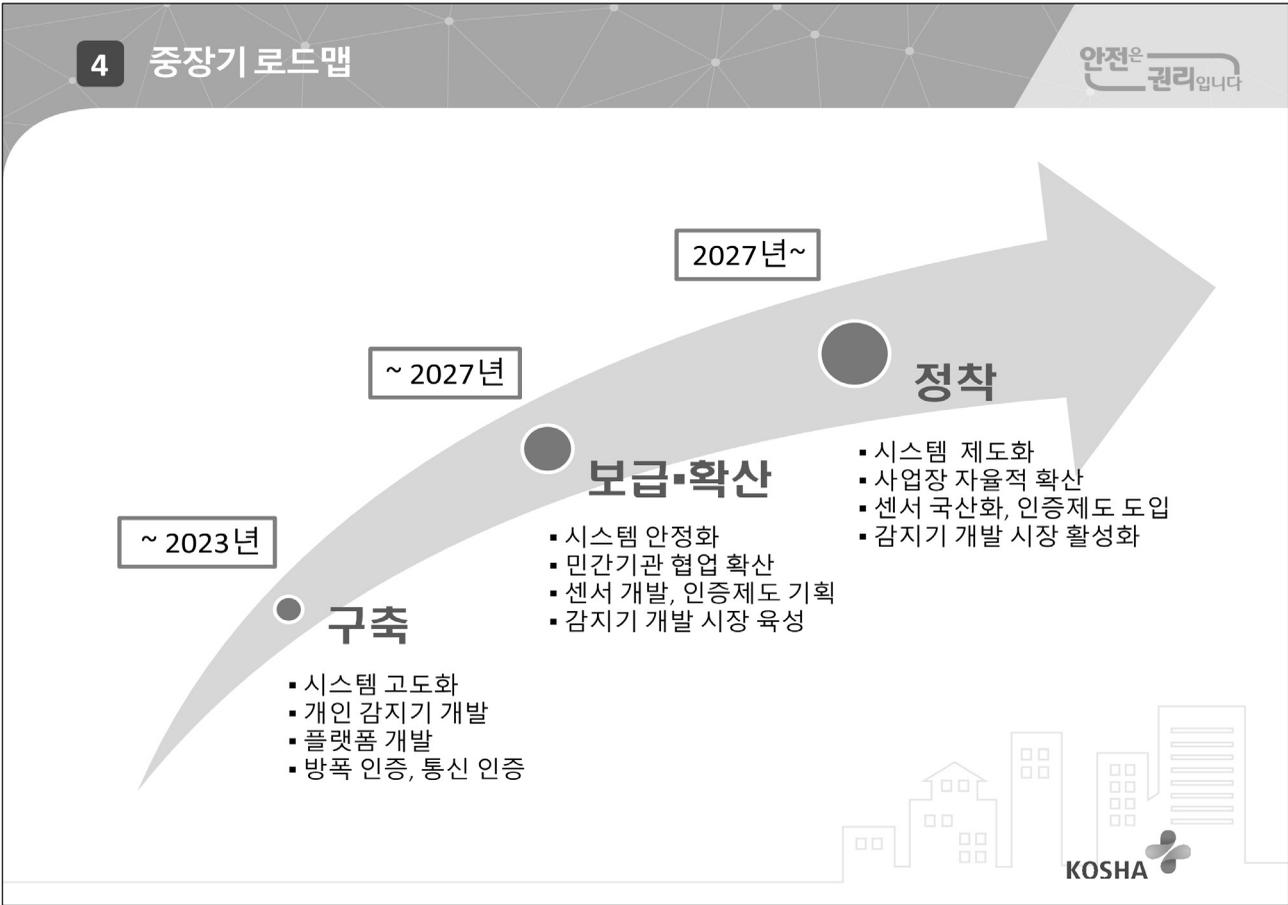
■ 주요 과업 내용(안)

- ▶ 화학물질 원격 감지기 설치·회수 및 측정기·플랫폼 사용방법 교육
- ▶ 2주 이상 측정결과 모니터링 및 보고서 작성(2회), 기술자료 제공
- ▶ 사업주(또는 담당자) 대상으로 시스템 만족도, 활용도 등 설문조사 실시
- ▶ (추가) 모니터링에 근거한 개선방안 제공 시 개선여부 확인 지도
- ▶ (필요시) 신물질(미지물질) 시료 채취·분석의뢰



시스템 안정화 시 공단 재정지원사업 연계 보급

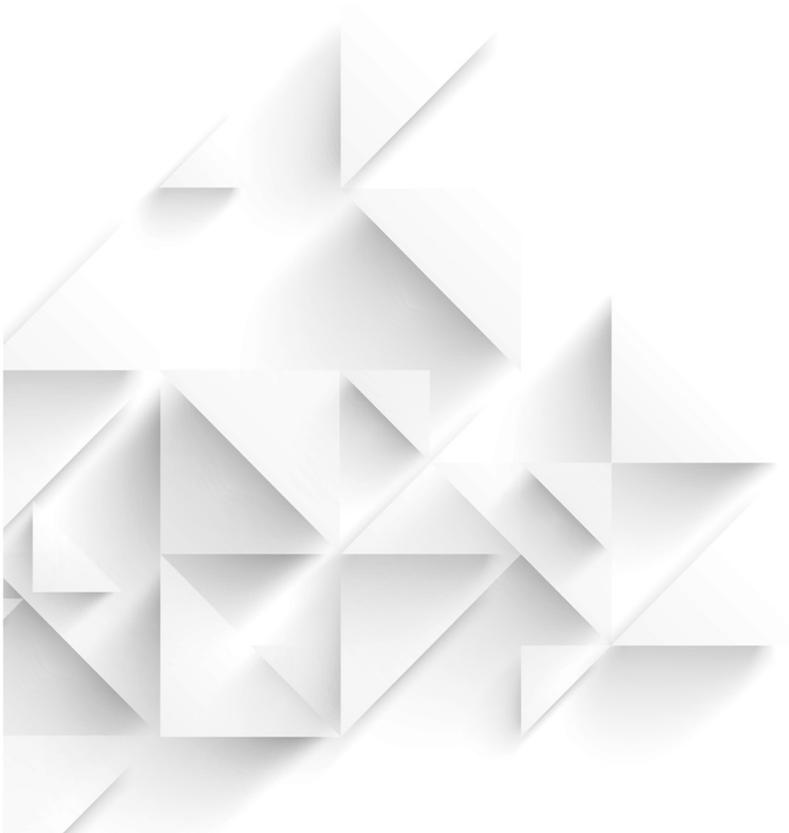
KOSHA





2. 자동차 생산라인의 스마트 안전관리

(주)기아 안전경영기획팀
김재형 팀장



자동차 산업 스마트 안전보건 관리

김재형

(現) 기아 안전보건기획팀장
(現) 숭실대 스마트 산업안전공학과 겸임교수
(現) 대한인간공학회 및 기술사회 이사
(現) 서울 질판위 판정위원



【 목 차 】

1	크레인 스마트 안전기술
2	지게차 스마트 안전기술
3	방호장치 스마트 안전기술
4	착용로봇(Wearable device)
5	순찰로봇(Spot)
6	추진계획
7	제언

1. 크레인 스마트 안전기술(Safety Flash) 개요

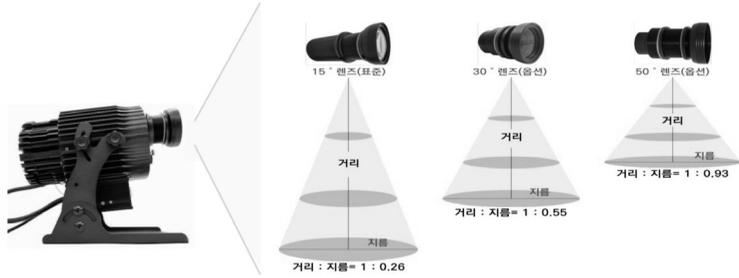


□ 크레인 작업 시 설정 범위 내 시각적 정보 제공 → 운반/인양 작업 중 협착 등 중대재해 예방

➔ Safe Flash는 크레인 인양물 하부 이동 등 휴먼에러로 인한 사고를 예방 효과 大

매년 호이스트/크레인 사고로 산업재해 발생 ('14년 기준 부상 2,035件 / 사망 141件)

모델명	SJ-RT400W
용도	크레인 가이드 라인 프로젝션
구성품	400W * 4EA (15도 기준)
범위	1~20M
사이즈	380*222*235mm, 8.85Kg
온도	-20~75° C
전원/전력	AC 220 V
방수등급	IP65



크레인 사고 사례

중공업 H사

- ✓ 사고내용
 - 앵글 이송 중 끼임
- ✓ 피해내용
 - 작업자 사망(폐손상)

철강 D사

- ✓ 사고내용
 - 코일 이송 중 끼임
- ✓ 피해내용
 - 작업자 사망(흉부압박)

시멘트 S사

- ✓ 사고내용
 - 원자재 이송 중 추락
- ✓ 피해내용
 - 작업자 사망(추락사)

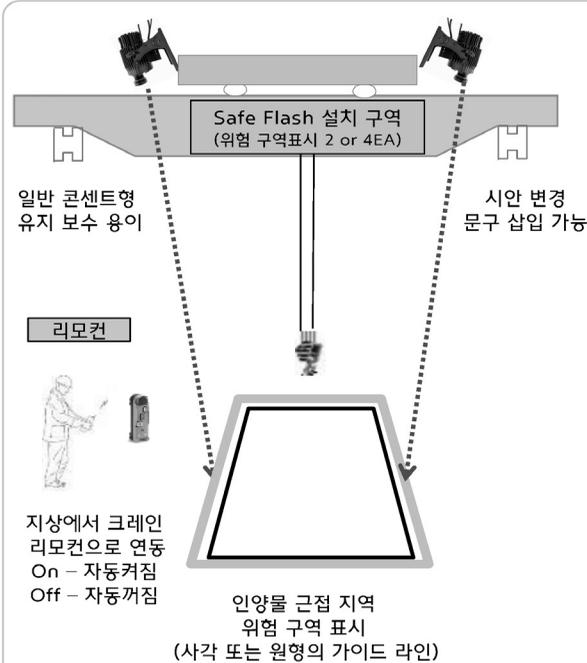
「작업중지 및 작업자 유족 손해배상」→ 직·간접 손실로 연계

『자동차 산업』 스마트 안전보건관리

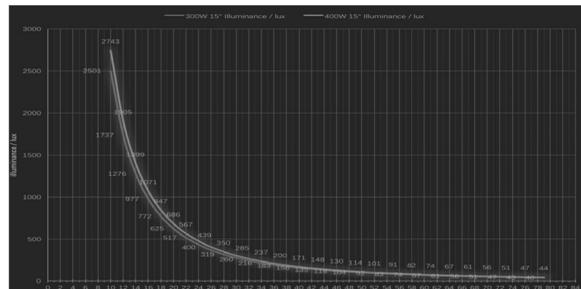
1-1. 크레인 스마트 안전기술(Safety Flash) 시스템 구성



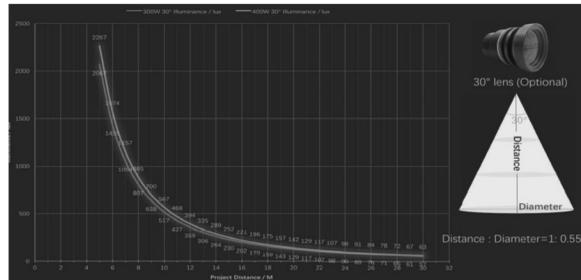
시스템 구성



[거리 대비 Lux 변화 (15°)]



[거리 대비 Lux 변화 (30°)]



『자동차 산업』 스마트 안전보건관리

1-2. 크레인 스마트 안전기술(Safety Flash) 적용 현황-「프레스공정」



□ 크레인의 횡·주행 시 하부 작업자 및 보행자에게 크레인이 움직이고 있다는 것을 시각적으로 경고

→ 크레인 작업 시 인양물과 하부 사람과의 충돌 사고를 예방 (대형 크레인 = 프레스 공정)

설치 현황

[설치 Test 시연 영상]



[실제 적용]



- 단순히 위험 지역 표시를 하는 것일 뿐, 위험 지역은 작업자에 의해서 무시될 수 있음
- 위험한 상황이 닥치지 않도록 강제할 수단 필요



AI 기반 카메라를 활용한 제어 및 경고 기능 적용

- AI 영상 인식 기술을 활용하여 위험 상황에 대응하여 경고를 하거나 크레인 제어가 가능함
- 크레인의 Anti-Sway 장치와 Anti-Snag 장치와 연동하여 위험 정도에 따라 크레인의 속도를 줄이거나 정지하게 만들 수 있음

경고 기능	기능	<ul style="list-style-type: none"> • AI 카메라의 사물 인식 기술을 활용하여 진행 방향에 사람이 있는 경우 경고를 하거나, 사물 트래킹 기술을 활용하여 진행 방향으로 사람이 다가올 때 경고를 할 수 있음
	비고	<ul style="list-style-type: none"> • 크레인에 카메라를 설치하는 환경에 대한 최적화 작업 필요함 • 크레인의 설치 환경에 따라 사람이 인식하는 AI 모델 개발이 필요할 수 있음 • 크레인 제조업체와의 협력 없이도 적용 가능함
크레인 제어	기능	<ul style="list-style-type: none"> • 위험 지역에 작업자가 있거나, 위험 지역으로 다가오는 작업자가 있는 경우 크레인의 멈춤 기능을 활용하여 크레인을 멈추게 할 수 있음 • 중량물과 작업자의 거리에 따라 속도 제어 범위, 정지 범위 설정 • Anti-Sway, Anti-Snag 컨트롤러 및 크레인 컨트롤러와 연동하여 속도 제어, 멈춤
	비고	<ul style="list-style-type: none"> • 제어 과정에서의 안정성 확보를 하기 위해서는 개발 기간 및 테스트 기간이 필요함 • 크레인 제어부와 연동하는 과정에서 제조사의 A/S 문제가 발생할 수 있기 때문에 개발 과정에서 크레인 제조사와 협력 필요

2. 지게차 스마트 안전기술(Iveiv+ System) 개요

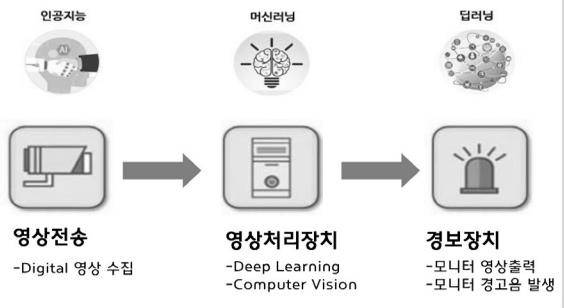


□ 지게차 운전자 전·후방 감시 소홀 → 「한해 평균 1,240명 부상, 50여명 사망」

→ 인체감지센서 및 라인 라이트를 활용하여 사각지대를 없애고 운전자 및 주변 근로자에게 시정각 정보를 제공

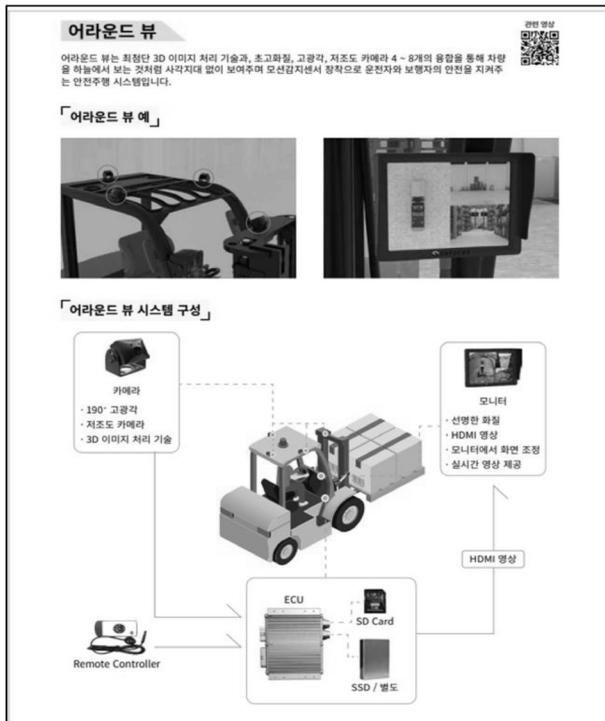
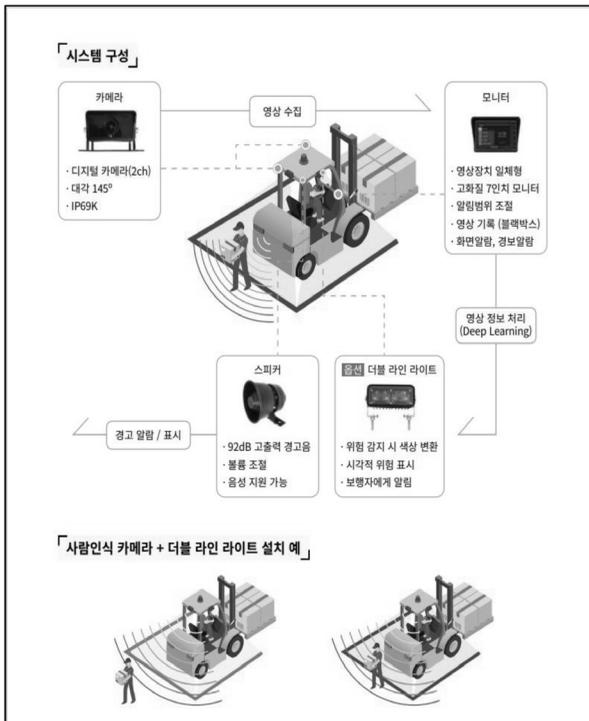


품명	사람 인식 위험 라인 & 카메라 시스템
모델명	Iveiv+ 4CH/D-Line
용도	지게차 주변 사람인식 카메라 + 차대차 안내
구성품	7인치 모니터, 카메라 4개, 앰프, 스피커 라인라이트 3개(적색)
감지범위	1~10M
온도	모니터 : -20~65° C, 카메라 : -40~105° C
전원/전력	DC 12~48V, 15.6~78W
방수등급	IP69K



『자동차 산업』 스마트 안전보건관리

2-1. 지게차 스마트 안전기술(Iveiv+ System) 시스템 구성



『자동차 산업』 스마트 안전보건관리

2-2. 지게차 스마트 안전기술(Iveiv+ System) 적용 현황



□ 인공지능 기술을 기반으로 실시간 보행자 감시 및 운전자와 보행자에게 위험 상황 전달

- ✓ 사람만을 감지하여 불필요한 알람 제거
- ✓ 다양한 알람 범위 설정으로 효율적인 운용
- ✓ 사이렌 또는 스피커(옵션)를 통한 경보 알람

작업장 내 다양한 모습의 사람을 인식하고 위험을 경고하여 사고 방지 가능



뒤 돌아선 모습 박스를 들고 있는 모습 앉아있는 모습 가려진 모습

설치 현황

[주행영상]



[인체감지 영상]



[실제 적용]



『자동차 산업』 스마트 안전보건관리

※ 「교차로 안전」



□ 물류 교차로 등 혼잡 구역 내 충돌 방지를 위해 차량·보행자 감지 시 시청각적으로 경고

→ 작동원리 : 차량 발신기 VT와 위험구역 태그 ZT 연동하여 작동 (충돌 재해 예방)

설치 현황

[경광등 프로젝터 Type]



[교차로 프로젝터 Type]



차량발신기(VT)와 위험 구역 태그(ZT) 교차로타입의 연동 제품으로



『자동차 산업』 스마트 안전보건관리

3. 방호장치 스마트 안전기술(Smart Virtual Fence) 개요



□ 중대재해 발생 위험 감소 방호설비의 취약점과 보완 필요성 인식 → 발전된 안전 방호장치 도입 필요

→ Smart Virtual Fence는 3D LiDAR 및 AI 기술을 활용한 안전방호펜스로 사람 감지 및 비정상상태 구분

※ 중대재해 발생 위험감소 : 하역장, D/L(Drop Lift) 구간, 산업용 로봇 구간 등 / 재해발생 가능 형태 : 협착, 끼임, 깔림, 압사 등

기존 감응식 센서 종류와 한계

사 전			
	포토센서 (점센서)	레이저커튼	레이저 스캐너
이 름	선	면	2차원
감지범위			
특 징	장 점	금액이 비교적 저렴하고 설치가 간편하며, 레이저 방식으로 감지에 따른 반응이 즉각적이다.	
	단 점	자재투입구 및 작업 특성에 따라 설치가 불가능한 장소가 다수 존재 물건(지게차, 로봇, 설비 등)이 간섭되어도 설비가 중단됨.	

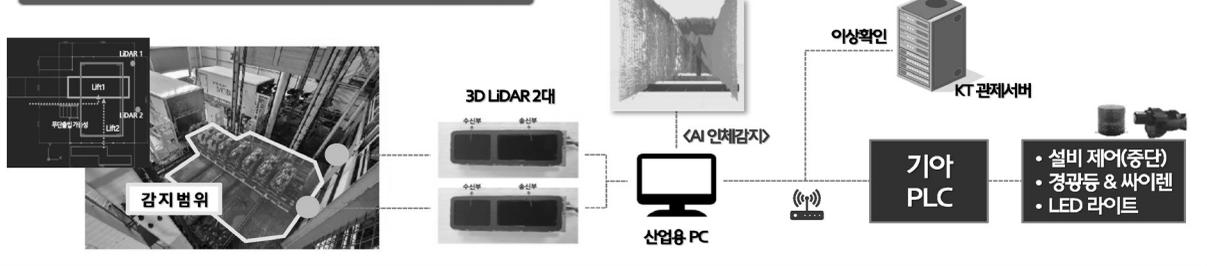
□ 기존 방호설비 대비 장점

- ☑ 3D LiDAR 기술을 활용한 인체접근감지 ⇨ 기존 방호설비 대비 3차원으로 감지영역 확대 (기존 방호설비의 경우 선, 면 등 2차원으로 물체 감지)
- ☑ AI 객체 인식 기능을 통한 설비와 인체구분 (딥러닝 기술) ⇨ 기존 방호설비의 경우 설비와 인체구분 불가
- ☑ 사람의 객체는 인식을 통해 비정상상태 구분 ⇨ 1인 작업시 쓰러짐 등 이상상태 감지 가능
- ☑ LiDAR 센싱 특성에 따른 개인초상권 등 보안, 사찰문제 해결 ⇨ 감응식 CCTV 대비 적용가능 개소 증대

3-1. 방호장치 스마트 안전기술(Smart Virtual Fence) 구성 및 기능(1/2)



Smart Virtual Fence 구성도(PLC 연결 구성)

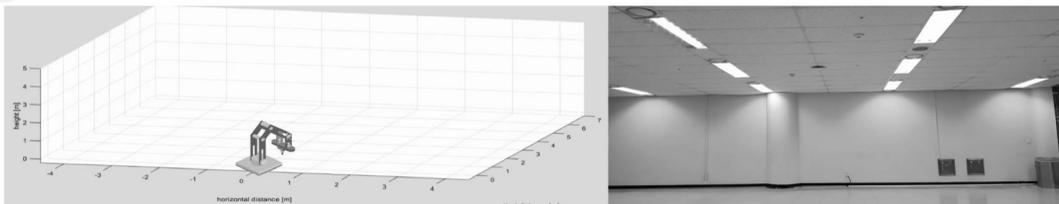


AI알고리즘 : AI 기술 활용 사물 및 인체 구분

① AI 알고리즘 : AI 기술을 활용하여 사물 및 인체구분

- ☑ 일상 작업에 대한 배경인식 가능 ⇨ 정상작업과 비정상작업 구분가능
- ☑ AI 학습을 통한 지속적인 성능향상 ⇨ 감지정확도 및 감지속도 향상

▶ AI 객체 인식기능



⚙️ AI 학습을 통한 사람(작업자)과 사물 구분으로 효과적 설비제어와 비정상상태 구분 → 1인 작업시 쓰러짐 등 이상상태 감지 및 경보기능

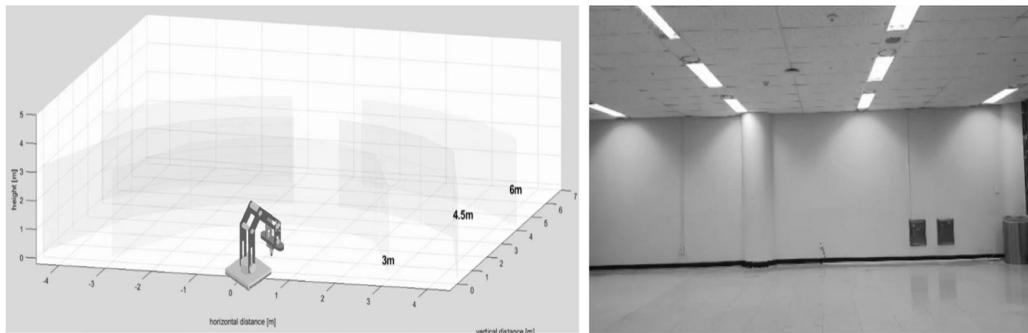
3-2. 방호장치 스마트 안전기술(Smart Virtual Fence) 구성 및 기능(2/2)



3D 영역감지기능

- ② 3D LiDAR * 최근 차량 자율주행의 주요기술로 레이저를 이용하여 물체에 반사되는 레이저(빛)로 거리를 맵핑하는 센싱 방식
- ☑ Smart Virtual Fence 용 LiDAR 주요 스펙: 탐지거리 10m, 탐지각도 수평 120° + 수직 30°, 24채널 레이저
↳ 차량 자율주행용 LiDAR는 100m 이상 탐지
- ☑ 산업용 근거리 저가형 3D LiDAR 개발

▶ 3D 영역 감지기능



- ⚙ 감지구역 3차원 영역 Full Coverage 감지 → Full Coverage 가상 펜스 형성 (LiDAR 1대당 최대 10m 커버가능)
- ⚙ 거리별 감지를 통한 단계별 통제기능

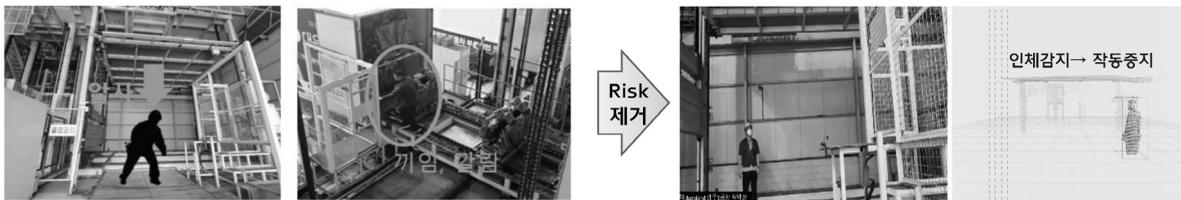


『자동차 산업』 스마트 안전보건관리

3-3. 방호장치 스마트 안전기술(Smart Virtual Fence) 적용 현황



□ AL전 공장(광명, 화성, 광주) 하역장 D/L(Drop Lift) 협착구간 수평전개



적용 현황

▶ 현장 시범 TEST



- < POC 결과 >
1. 임의진입 테스트
: 1,014건 중 1,014건 감지 (100%)
 2. 실제연동 테스트
: 615건 중 615건 감지 (100%)
- * 8월 31일 S/W 업데이트 이후
오일람 없이 정상작동 중

- ⚙ 작동설비 인식 → 황색 / 사람(인체) 인식 → **점진** (우측화면)
- ⚙ 인체감지시 PLC 신호 전달을 통해 설비 제어 (리프트 수직운동 중단)

『자동차 산업』 스마트 안전보건관리

4. 착용로봇(Wearable device) 개요



□ 고령화 사회 (당사 평균연령 50세)에서 근골격계 부담작업의 부하 제거 · 감소 필요성 인식

→ 착용형 보조 로봇 웨어러블 VEX, CEX 개발 및 P.O.C(Proof of concept 개념증명) 진행 ('18년~ 현재)

팔 보조 착용로봇 벡스 (VEX, Vest Exoskeleton) / 의자형 착용로봇 체크스(CEX, Chairless Exoskeleton)

팔 보조 착용로봇 벡스 (VEX, Vest Exoskeleton)



의자형 착용 로봇 체크스 (CEX, Chairless Exoskeleton)

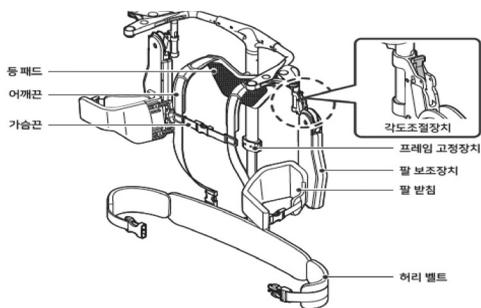


『자동차 산업』 스마트 안전보건관리

4-1. 착용로봇(Wearable device) 시스템 구성 및 사양

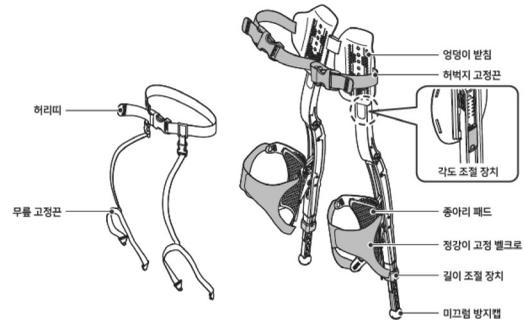


팔 보조 착용로봇 벡스 (VEX, Vest Exoskeleton)



항목	사양	
무게	2.5~2.8kg	
소재	프레임 : 알루미늄 패드 : 메시 패브릭 쿠션 고정끈 : 패브릭, 플라스틱	
착용 신장	160~195cm	
팔 보조중량	1~5kg	
팔 보조장치 각도조절	3단계(50*/60*/70*)	
프레임 길이 조절	9단계(520~640 mm, 15mm간격)	
프레임 너비조절	4단계(320~380 mm, 20mm간격)	
선택 사항	팔받침	2중(대형/소형)
	팔보조장치(Nm)	5중 (L1:3.8/L2: 4.7 / L3: 5.7/ L4 : 7.1/ L5 : 8.6)

의자형 착용 로봇 체크스 (CEX, Chairless Exoskeleton)



항목	사양
무게	2.5~2.8kg
소재	프레임 : 알루미늄 패드 : 메시 패브릭 쿠션 고정끈 : 패브릭, 플라스틱 미끄럼방지캠 : 미끄럼 방지 탄성 고무
착용 체중	최대 120kg
착용 신장	165~195cm
없음 각도 조절/길이	3단계(/0/ 20mm / 40mm)
종아리 길이 조절	5단계 조절 (0, 10, 20, 30, 40mm)
반복 내구도	100만회 (40초 간격 반복 → 약 5년 사용)
조작 방식	고정 및 해체 원터치 방식
휴대 및 보관	접이식

『자동차 산업』 스마트 안전보건관리

4-2. 착용로봇(Wearable device) 적용 현황



팔 보조 착용로봇 벡스 (VEX, Vest Exoskeleton)

- 대상: **윗보기공정 37기** (언더커버, 연료탱크 장착, 머플러, 리어스테이 체결 등)
- 제원: 무게 2.8kg, 길이조절 18cm, 근력지원(1~5단계)



[벡스 착용 작업 영상]



의자형 착용 로봇 체크스 (CEX, Chairless Exoskeleton)

- 대상: **의자없이 앉은 적입공정 15기** (ABS 장착, FEM 조립 등)
- 제원: 무게 1.8kg, 최대허용무게 200kg, 좌좌각 조절 가능



[체크스 착용 작업 영상]



『22년 VEX1.0 → 2.0 개발 착수 도입』

『자동차 산업』 스마트 안전보건관리

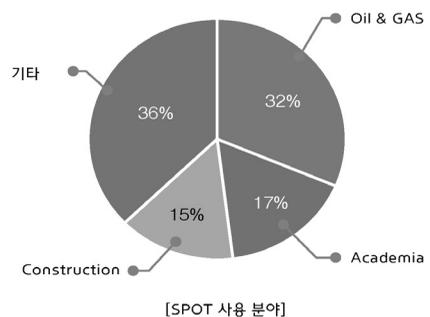
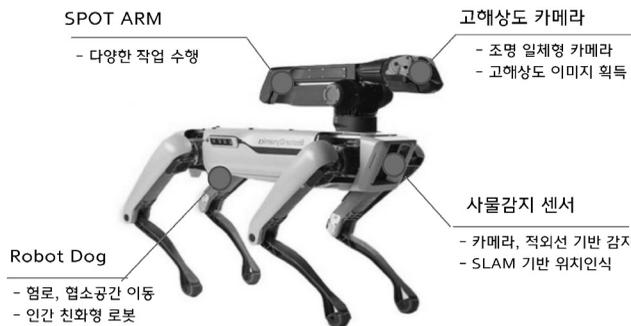
5. 순찰로봇(Spot) 개요



□ SPOT은 보행주행 가능 및 ARM 탑재 → 이동 + 작업이 가능한 진보된 Mobile Manipulator 로봇

→ SPOT은 사람이 접근하기 힘든 위험한 환경에서 상태 모니터링, 위험물 처리 목적으로 개발

'15년 SPOT Proto 개발, '18년 Navigation 기능 탑재, '19년 SPOT Explorer 판매, '21 SPOT Enterprise 판매(ARM & 자동충전)



- 자유도 : 12축(바디) + 7축(ARM)
- 무게(바디) : 32.5 kg(바디), 8kg(ARM)
- 배터리 용량 : 605 Wh(탈부착형 배터리)
- 배터리 충전/운영 시간 : 2h30분 / 90분

- 가반중량 : 14kg(ARM 최대 11kg)
- 통신 : WiFi 2.4/5Ghz, Ethernet
- 사물감지 : TOF + 광각 카메라 모듈 5개
- 자세제어 : MEMS 기반 6축 가속도 센서 2개

- 페이로드 부착용 확장포드 2개
- 확장 : 고성능 GPU, 파노라마, 라이다 등
- 방진방적 : IP54 등급
- 오토주행 : 30.5cm 극복, 30도 경사 계단 주행

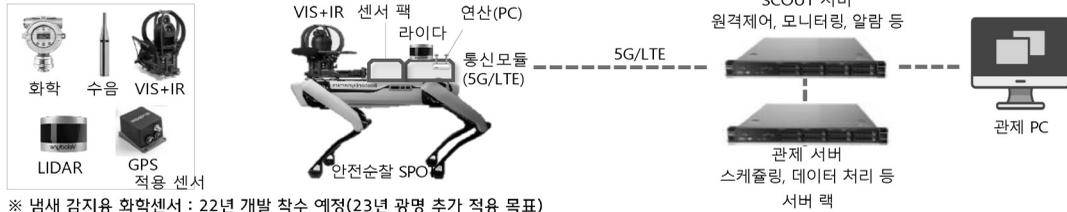
『자동차 산업』 스마트 안전보건관리

5-1. 순찰로봇(Spot) 패트롤 기술개발 현황



1. 기술 개발 내용

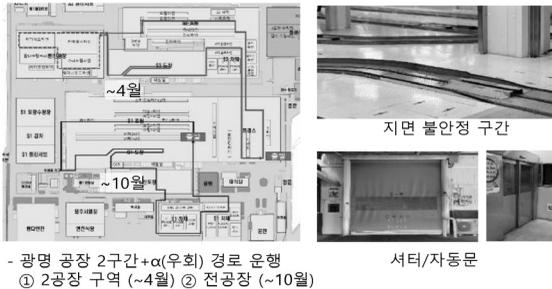
1) 안전순찰 SPOT H/W ① 안전 순찰을 위한 감지센서 ② 모바일 통신(5G/LTE) 모듈 ③ 관제/모니터링을 위한 서버 및 S/W



※ 냄새 감지용 화학센서 : 22년 개발 착수 예정(23년 광명 추가 적용 목표)

2) 안전순찰 SPOT 기능 ① 안전순찰 경로(기본경로+우회경로) 생성 및 선택적 운행 ② 안전/보안 감지 기능, IoT 통신 기능 ③ 인물/화재 감지 등

순찰 경로 및 우회 경로 생성



- 광명 공장 2구간+α(우회) 경로 운행
① 2공장 구역 (~4월) ② 전공장 (~10월)

S/W 구성



순찰 미션



『자동차 산업』 스마트 안전보건관리

5-2. 순찰로봇(Spot) 적용 세부 기술 개발 항목



1. IR 카메라 고도화로 각종 유출, 누출 감지

- 목적 : 배관/탱크 유출시 → 압력차이에 의한 온도 변화
- 이미지 학습을 이용한 공장내 유출/화재 감지
 - 학습데이터 획득 : 한국지능정보사회진흥원 협업 (100만장)
 - 공장 내 실제 화재 모의, 배관 유출등으로 학습 고도화
 - 이미지 딥러닝 대상 : Transfer / Anormal 러닝 기법 활용
 - ※ 다양한 기법 활용하여 공장 실제 데이터로 검증후 Best 기법 사용 예정

현상	정상	이상
발열 판넬		
배관 리크		
탱크 O/F		

2. 화학센서 개발

- 목적 : 화학센서 어레이 활용, 초소형 센서 페이로드 개발
- 자율주행 모빌리티 用 소형·저전력 전자코 개발
 - ※ 실시간 안전순찰(화재, 화학물질 유출 등) 실시
 - 자율주행 모빌리티 기기를 활용하여 공장 유희시간 순찰/점검
 - 소형 모빌리티 설치형 Array 타입 소형,저전력 전자코 시스템 개발

폭발,질식	(유증기류) 가솔린, 디젤, 신너 등
환경 오염	(유해물질) 황산, 인산, 페놀레진 등



<모빌리티 정량적 일일점검 >



『자동차 산업』 스마트 안전보건관리

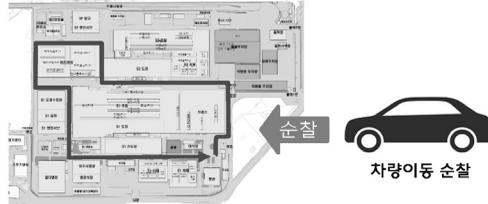
5-3. 순찰로봇(Spot) AI 패트를 적용 현황(AL광명)



SPOT의 모바일 플랫폼 특성기반 공장 정밀순찰 구현으로 안전,보안 관리 강화

현 재

- 당직인원이 차량으로 건물 외곽 순찰
- 정해진 순찰 경로로 차량 이용 이동하여 공장 내 특이사항 확인



개 발

- SPOT으로 공장 실내 정밀 순찰
- 생산라인(차량 접근 어려운 지역 포함)을 이동하며 화재 등 특이사항



현장 시연

- 자동문 Open 영상



- 자율주행



『자동차 산업』 스마트 안전보건관리

6. 예정사항



작업 경험에 관계없이 안전 확보

사람은 실수한다 !

현장 유지보수시에도 안전 확보

기계는 고장난다 !



(1) 에러 제거 디자인(error exclusion design)



(2) 에러 예방 디자인(error prevention design)



『자동차 산업』 스마트 안전보건관리



(3) 안전설계

① Fail Safe : 기계가 고장이 났을 경우, 재어로 연결되는 일이 없이 안전을 확보 하는 것

구조적 Fail Safe (구조/강도 유지)		기능적 Fail Safe (기능 유지)		
구조 안전성 확보	강도 안전성 확보	Back up (기능 대체)	Fail Soft (기능 유지)	Redundancy (이중화)
 루프데크 안전성 검토	 열화상카메라 화재 예방 검토	 AGV 안전 장치	 세이프티 PLC	 고장 작동 브레이크 회로 이중화

② Fool Proof : 인간의 실수나 오조작이 발생해도 그것이 사고로 연결되는 일이 없도록 하는 기능

Fool Proof 종류				
Guard (격리, 덮개)	기동방지 (기계/전기 스톱퍼)	Trip (위험영역 접근감지)	밀어내기 (위험영역 밀어내기)	Interlock (상호구속)
 안전펜스 및 안전커버	 하강 방지 안전바	 라이트 커튼	 작업자 경고표시	 작업 순서로 버튼 배열

③ Tamper Proof : 안전장치 기능 제거할 경우 동작이 되지 않도록 하는 설계 방법

- ▶ 메인벽 안전바 해제 감지 센서 적용
 - 작업을 위한 안전바 분리시 센서 감지 → 작동 불가
 - 작업자 임의 제거 시에도 센서 감지 → 동작 불가
- ▶ 안전 제어 회로 수정 프로세스
 - 일반 제어 회로와 달리 안전 제어 회로는 비인가자 접근을 방지 목적 Password 체계가 무조건 적용

7. 제언





Smart Technology
&
Digital Transformation

선택 필수

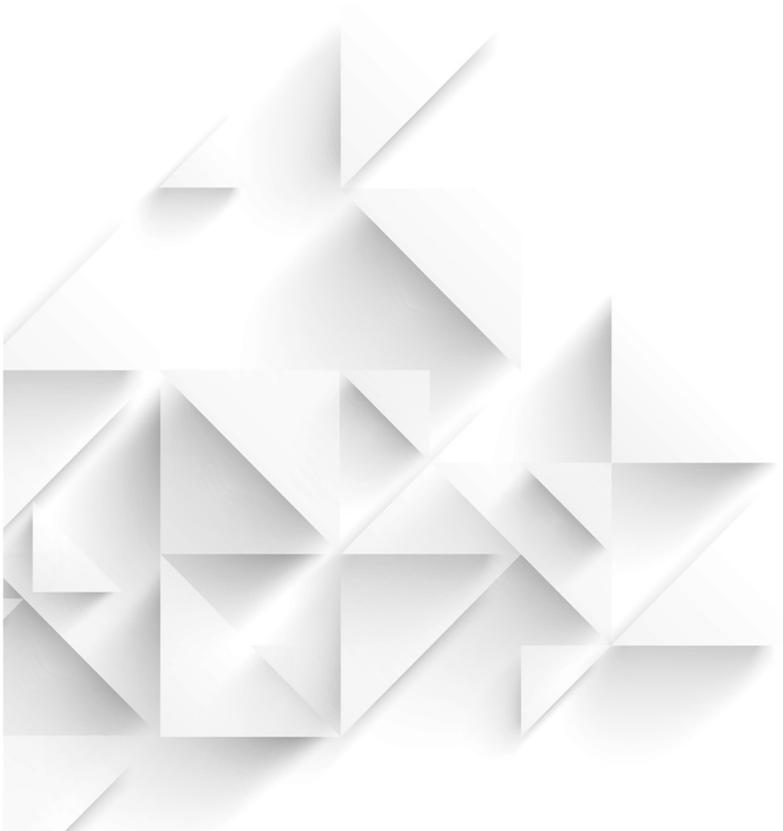
김재형
ergofirst@kia.com
010-3377-8968
(現) 안전경영기획팀장
(現) 숭실대 스마트 산업안전공학과 겸임교수
(現) 대한인간공학회 부회장
(現) 서울 질판위 판정위원

감사합니다.



3. IoT를 활용한 건설안전재해예방 사례

동원건설산업(주) 안전보건팀
안 형 도 팀장



Dongwon

스마트 안전장비 건설현장 적용사례

Human Technology

동원건설산업(주)

Dongwon
동원건설산업

Contents

I. 스마트 안전장비 도입배경

II. 스마트 안전장비 개요

III. 스마트 안전장비 현장 적용사례

IV. 맺음말



I. 스마트 안전장비 도입배경

■ 도입배경

- 전체 산업재해 사망자 중 50% 이상이 건설현장에서 발생 및 증가 추세로, 이에 정부는 '22년 까지 건설현장 사고성 사망만인을 50% 줄이기 목표를 수립하고, 원청 및 발주자에 대한 건설안전 책임 강화.
- 국토교통부 '건설현장 추락사고 방지 종합대책'의 일환으로 공공공사에 대한 스마트 안전장비 도입을 의무화 하고 있으며, 민간 공사는 '21년 이후 단계적 의무화 추진
- '22년 1월 중대재해처벌법 전면 시행으로 경영책임자 등 사업주 책임과 안전보건관리체계 구축 요구
- 주 52시간 전면 시행과 건설현장 기피현상에 따른 인원 수급의 어려움으로 현장 관리 인원 감소 등에 따라
- 건설현장 안전관리를 인적 역량 중심에서 첨단기술을 활용한 시스템 중심의 관리체계로의 전환이 요구됨에 따라 '스마트 안전장비 및 시스템' 도입



II. 스마트 안전장비 개요

1. 스마트 안전장비의 정의

- 건설기술진흥법 시행규칙 제60조(안전관리비) 제1항제7호에 따라 전파법 제2조(정의)제1항제5호 및 제5호의2에 따른 무선설비 및 무선통신을 이용하여 건설공사 현장의 안전을 관리하는 장비 또는 장비를 구축·운영하는 체계 또는 시스템으로,
- 근로자가 안전모 미착용, 안전대 고리 미사용 및 건설기계에 접근한 경우 또는 가설 구조물에 이상이 생겨 위험요인이 발생했을 때, 현장에 강력한 경보를 전달하여 근로자에게 즉시 위험경고를 하는 장비 등을 말한다.

2. 스마트 안전장비의 설치 의무

- 대상 : 건설기술진흥법 시행령 별표7(감독 권한대행 등 건설사업관리 대상공사)에 해당하는 건설공사 중 총공사비가 300억원 이상인 공공공사 (시행 : 2019년 4월 30일 부터) → 민간공사 '21년 이후 단계적 의무화
 - ※ 감독권한대책 등 건설사업관리 대상공사
 - 300세대 이상 공동주택 건설공사, 고속도로 공사, 터널공사가 포함된 공사, 고속도로공사 등 22개 공사
- 발주청 의무
 - 건설공사 계약을 체결할 때에 건설공사의 안전관리에 필요한 스마트 안전장비를 안전관리비로 공사금액에 계상
 - 스마트 안전장비가 미 반영된 경우에는 건설공사의 안전관리에 필요한 안전장비 비용을 안전관리비에 별도로 계상하여야 한다.
 - 신규 착공 및 이미 착공된 공사에 대하여는 발주청이 건설공사의 안전관리를 위하여 스마트 안전장비가 필요하다고 판단되는 경우에는 스마트 안전장비 비용을 안전관리비에 증액 계상하여 스마트 안전장비를 활용할 수 있다.

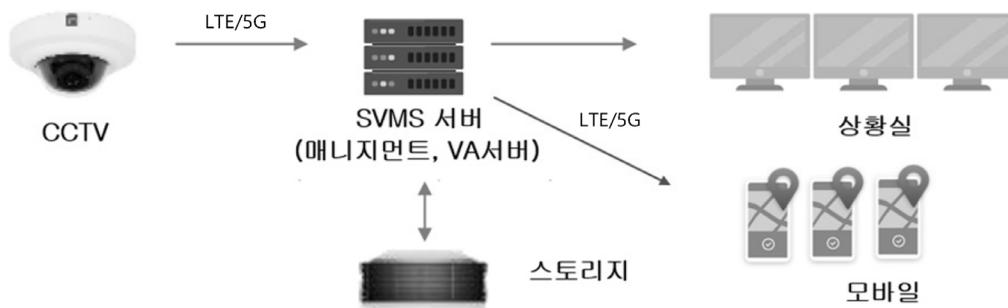
Ⅲ. 스마트 안전장비 현장 적용사례

1. SVMS(Smart Video Management System) 지능형 영상분석 모니터링 시스템

■ 개요

지능형 영상분석과 시스템 연동으로 건설현장 내 발생 가능한 다양한 안전 위협에 대해 신속한 감지 및 대응을 지원하는 능동적 사전예방 통합 관리 시스템

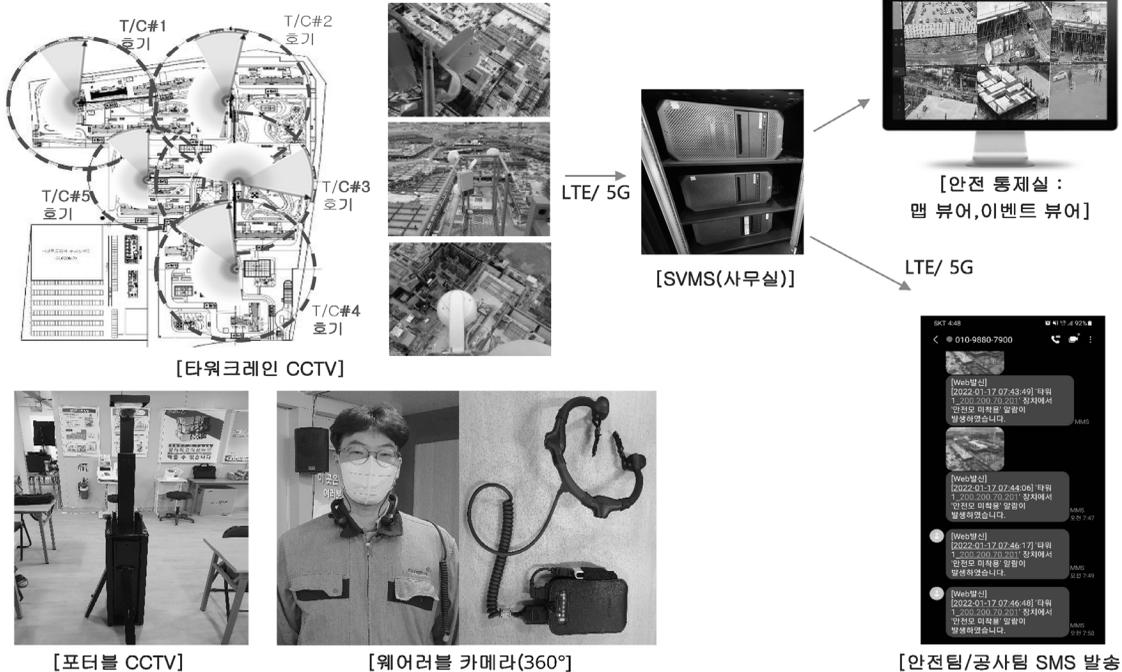
■ 시스템 구성



Ⅲ. 스마트 안전장비 현장 적용사례

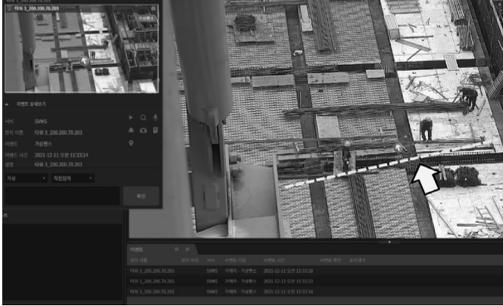
■ 당사 현장 적용사례

1) 현장 운영 구성도

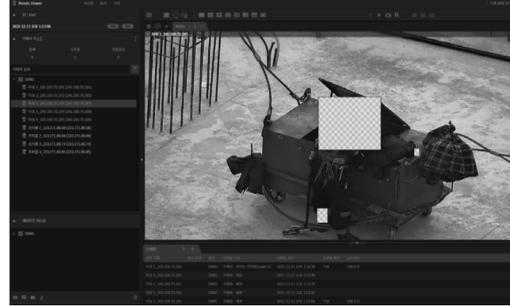


Ⅲ. 스마트 안전장비 현장 적용사례

2) 주요 지능형 영상분석(화재감시 등 10개 알고리즘에 의한 영상분석)



[가상 펜스 : 설정영역에서 화살표 방향 이동시 감지]



[프라이버시 : 모자이크 효과 적용 개인정보 보호]



[화재감시 : 20m 거리에서 0.1㎡ 크기 불꽃, 1m 높이 연기 감지]



[안전모 미착용 감지 : 청색 사각박스로 표시]

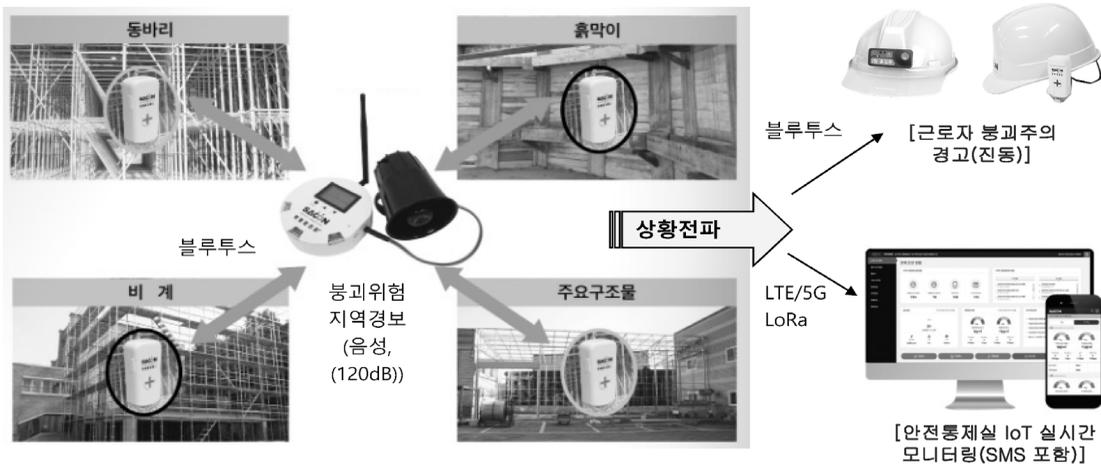
Ⅲ. 스마트 안전장비 현장 적용사례

2. 가시설 변위 인지 경보 시스템

■ 개요

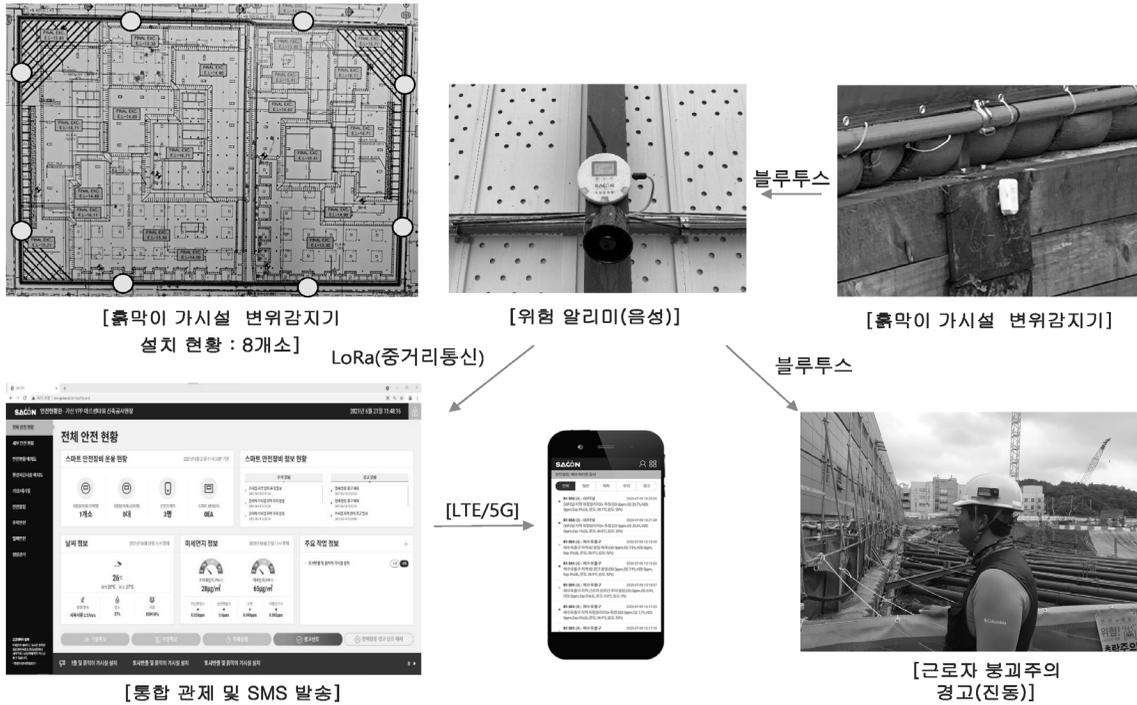
가시설물(휴막이 가시설, 비계 등)에 변위(주의 : 3°, 경고 : 5°(0.5° 단위 조정 가능))가 허용기준 이상 발생 할 경우 인근 작업자, 관리자에게 상황을 전파하는 자동계측 경보시스템

■ 시스템 구성



Ⅲ. 스마트 안전장비 현장 적용사례

■ 당사 현장 적용사례



Ⅲ. 스마트 안전장비 현장 적용사례

3. 장비충돌 경보 시스템

■ 개요

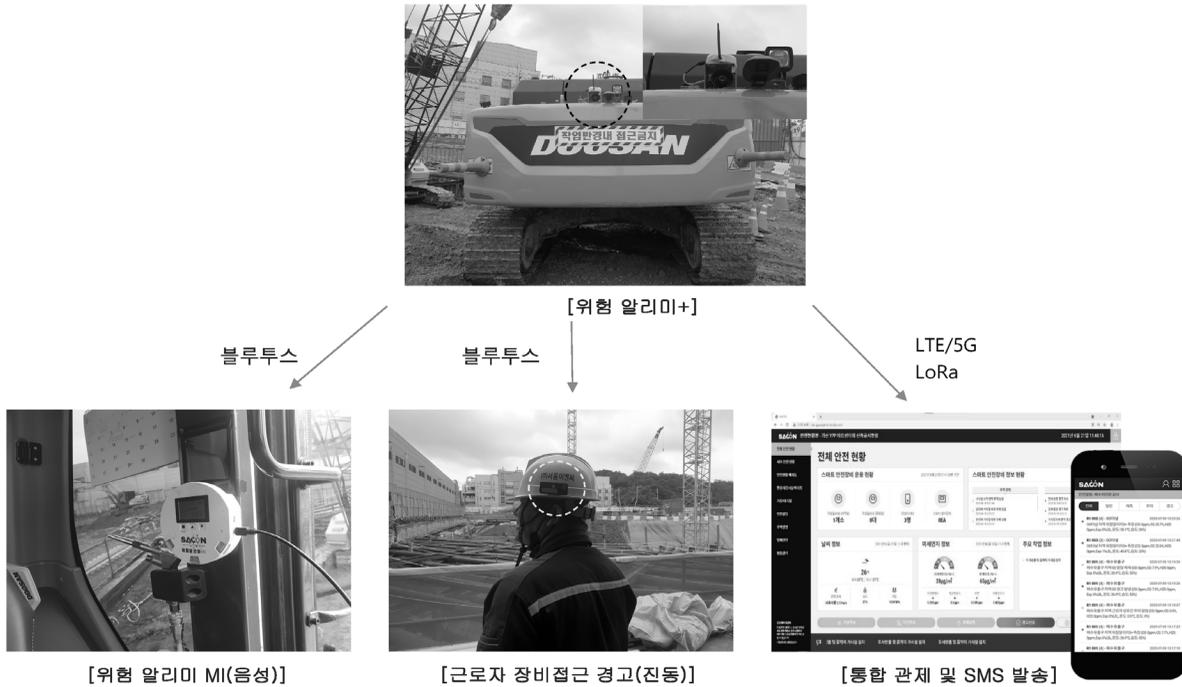
장비에 부착된 위험알리미에 사전 설정된 위험범위(최대 10m, 조정가능)내로 작업자 접근 또는 작업자에게 장비 접근 시 작업자(진동)와 장비기사(음성)에게 주의를 알려주는 경보 시스템

■ 시스템 구성



Ⅲ. 스마트 안전장비 현장 적용사례

■ 당사 현장 적용사례



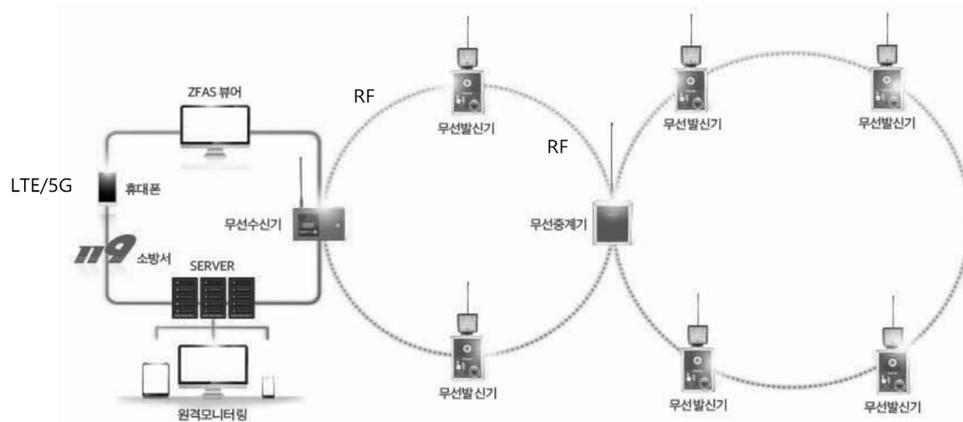
Ⅲ. 스마트 안전장비 현장 적용사례

4. 무선 화재경보 시스템

■ 개요

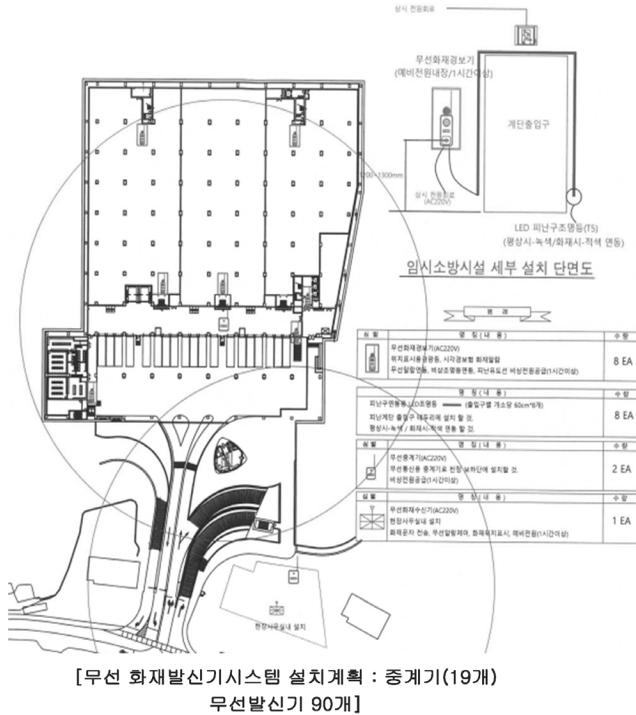
무선 통신기술을 이용하여 화재 시 하나의 발신기가 동작하면 현장에 설치된 모든 발신기의 사이렌(음성)이 동시에 알람이 되어 현장 전체에 대한 동시경보를(현장, 상황실, SMS)하는 무선 화재경보시스템

■ 시스템 구성



III. 스마트 안전장비 현장 적용사례

■ 당사 현장 적용사례



IV. 맺음말

■ 기대효과

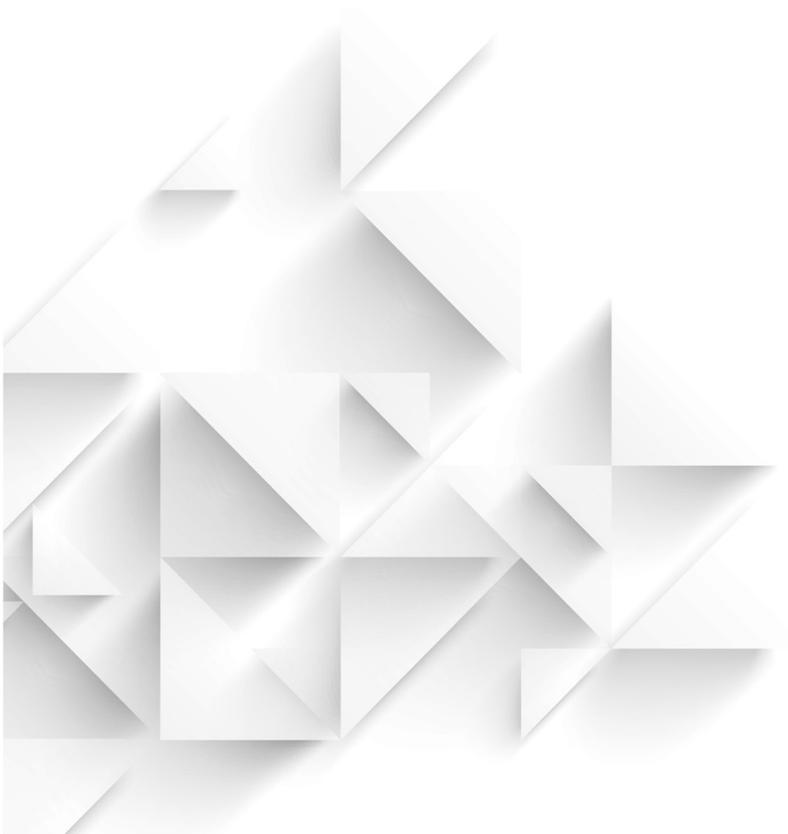
현행		개대효과
비상상황 대응	화재, 흠막이 붕괴 등 순찰/신고로 비상상황 인지(신속한 대처불가)	고 위험(화재, 붕괴 등), 취약지역의 실시간 모니터링 가능, 비상상황 시 신속한 대처 가능
현장점검 업무	- 현장순찰로 불안행동 및 상태 확인(관리인원 감소에 따른 안전 사각 발생) - 운전자 및 신호수에 의한 통제 및 관리로 장비협착사고 예방 (휴먼에러 및 관리소홀에 의한 재해발생)	- 지능형 CCTV 등으로 안전관리의 사각을 최소화, 위험상황 실시간 확인 및 신속한 피드백 가능 - 장비관련 충돌 및 협착재해 예방 가능
산재보험 부정수급	산재보험 부정 수급자 발생시 관련 증거 부족으로 대응 어렵다	지능형 CCTV 설치 구간에서의 이상 행동자(산재보험 부정 수급자) 모니터링 및 현안 발생시 입증가능

■ 맺음말

스마트 안전장비는 최근 이슈가 되고 있는 중대재해 처벌법 시행, 주 52시간 준수, 건설현장 및 안전업무 기피 현상에 따른 인원 수급 어려움에 따른 관리인원의 감소에 대응하기 위한 관리체계의 변화가 요구되고 있어, 이에 대한 대안으로 제시되고 있으며 안정적이고 신뢰성 있는 스마트 안전장비 시스템 정착을 위해서는 최첨단 스마트 안전장비 도입도 중요하겠지만, 무재해를 달성하겠다는 노,사의 긍정적이고 적극적인 참여가 매우 중요하다 생각 됩니다. 감사합니다.

4. IoT 스마트센서를 이용한 급성중독예방사례와 향후 발전 방향

가천대학교 의과대학
함승현 교수



2022 산업안전보건강조주간

IoT를 활용한 산업안전보건 재해예방

IoT 스마트센서를 이용한 급성중독예방사례와 향후 발전 방향



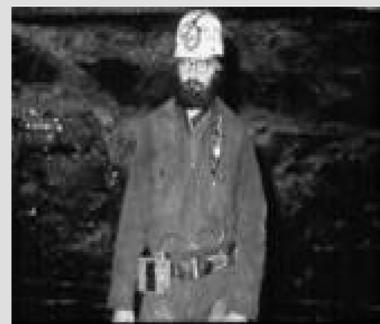
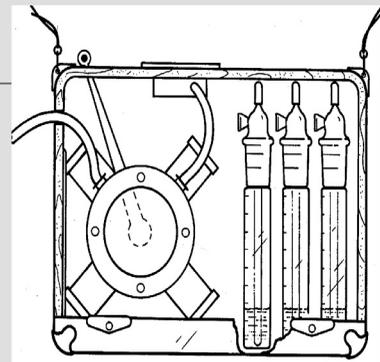
가천대학교 의과대학 길병원 직업환경의학과
함승헌

산업재해예방
안전보건공단
미래전문기술원

가천대학교
Gachon University

측정의 역사

- 1937 - 사람이 직접 손으로 돌리며 포집
- 1957 - 배터리를 이용한 포집 펌프 개발
- 1960s- 작동하게 만들고
- 1970s- 작게 만들고
- 1980s- 기능을 추가하고
- 1990s- 다양한 측정방법 개발
- 2000s-2020s- ????



Background

- 다양한 산업에서 화학물질 사용 종류와 양이 증가
- 급성, 만성 중독사고가 지속적으로 발생
- 4차 산업과 관련된 기술 문턱 낮아짐 -> 산업보건에서도 적용
- 혁신적인 근로자 건강 보호 방안 마련 가능해짐
- 화학물질 상시모니터링을 통해 일부 화학물질 관리 할 수 있는 체계 구축, 운영
- 개발 과정과 급성중독 관련사례 그리고 향후 발전방향 논의

물질 선정

물질 선정 (급성/만성 고려)

1. KOSHA Alert DB(2008-2020)
2. 과거 재해 통계 (2009-2019)
3. 직업성 중독질환 감시 사업 통계, Funded by KOSHA (가천대 수행, 2017-2020)
4. 과거 수행 보고서 (2020)

선택된 물질과 센서

PID-A12 Photo Ionisation Detector

PERFORMANCE

Target gases: VOCs with ionization potential 10.6 eV

Minimum resolution: ppm hydrocarbon

Linear range: ppm hydrocarbon

Response time: ppm hydrocarbon

Resolution: ppm hydrocarbon

Range: ppm hydrocarbon

Linearity: ppm error at full scale, linear at zero

Zero drift: ppm equivalent change/year in lab air

Sensitivity drift: % change/year in lab air, monthly test

Operating life: months with 90% original signal (24 months warranted)

ENVIRONMENTAL

Sensitivity @ 20°C: % output @ 20°C (output @ 20°C) @ 10ppm HCN: 85 to 95

Sensitivity @ 30°C: % output @ 30°C (output @ 30°C) @ 10ppm HCN: 105 to 120

Zero @ 20°C: ppm equivalent change from 20°C: ± 0.2

Zero @ 30°C: ppm equivalent change from 20°C: ± 0.4

CROSS SENSITIVITY

H₂ sensitivity: % measured gas @ 20ppm: $\times 300$

NO_x sensitivity: % measured gas @ 10ppm: $\times 100$

HCN-A1 Hydrogen Cyanide Sensor

PERFORMANCE

Sensitivity: nAlppm @ 20ppm HCN: 55 to 85

Response time: %₉₀ (5) from zero to 20ppm HCN: $\times 70$

Zero current: ppm equivalent in zero air: ± 0.2

Resolution: RMS noise (ppm equivalent): ± 0.05

Range: ppm HCN level of performance warranty: 100

Linearity: ppm error at full scale, linear at zero: $\times 40\text{ ppm HCN}$

Charge limit: maximum ppm for stable response to gas pulse: 100

LIFETIME

Zero drift: ppm equivalent change/year in lab air: nd

Sensitivity drift: % change/year in lab air, monthly test: nd

Operating life: months with 90% original signal (24 months warranted): > 24

ENVIRONMENTAL

Sensitivity @ 20°C: % output @ 20°C (output @ 20°C) @ 20ppm HCN: 75 to 95

Sensitivity @ 30°C: % output @ 30°C (output @ 30°C) @ 20ppm HCN: 105 to 120

Zero @ 20°C: ppm equivalent change from 20°C: $\pm 0.1\text{ pp}$

Zero @ 30°C: ppm equivalent change from 20°C: ± 0.4

CROSS SENSITIVITY

H₂ sensitivity: % measured gas @ 20ppm: $\times 300$

NO_x sensitivity: % measured gas @ 10ppm: $\times 100$

Cl₂ sensitivity: % measured gas @ 10ppm: $\times 100$

NO sensitivity: % measured gas @ 10ppm: $\times 100$

CL2-A1 Chlorine Sensor

PERFORMANCE

Sensitivity: nAlppm @ 10ppm Cl₂: 300 to 750

Response time: %₉₀ (5) from zero to 10ppm Cl₂ (333 load resistor): $\times 60$

Zero current: ppm equivalent in zero air: ± 0.4

Resolution: RMS noise (ppm equivalent, 333 load resistor): ± 0.02

Range: ppm level of performance warranty: 20

Linearity: ppm error at full scale, linear at zero and 10ppm Cl₂: ± 1.5

Charge limit: maximum ppm for stable response to gas pulse: 20

LIFETIME

Zero drift: ppm equivalent change/year in lab air, monthly test: $\times 0.05$

Sensitivity drift: % change/year in lab air, monthly test: $\times 10$

Operating life: months with 90% original signal (24 months warranted): > 24

ENVIRONMENTAL

Sensitivity @ 20°C: % output @ 20°C (output @ 20°C) @ 10ppm Cl₂: 85 to 95

Sensitivity @ 30°C: % output @ 30°C (output @ 30°C) @ 10ppm Cl₂: 105 to 120

Zero @ 20°C: ppm equivalent change from 20°C: ± 0.2

Zero @ 30°C: ppm equivalent change from 20°C: ± 0.4

CROSS SENSITIVITY

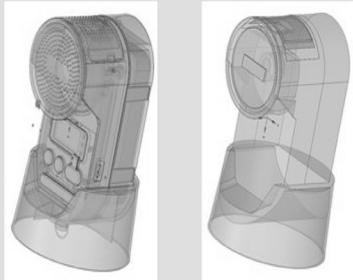
H₂ sensitivity: % measured gas @ 20ppm: $\times 300$

NO_x sensitivity: % measured gas @ 10ppm: $\times 100$

Manufacturer	Country	Model No.	Range (ppm)	Resolution (ppm)	
TVOC	Alphasense	U.K.	PID-A12 (10.6 eV)	0-6,000	0.05
Cl ₂	Alphasense	U.K.	Cl ₂ -A1	0-20	0.02
HCN	Alphasense	U.K.	HCN-A1	0-100	0.05
HF	Sensoric (City tech.)	Germany	Sensoric HF 3E 10 SE	0-10	0.15

Design

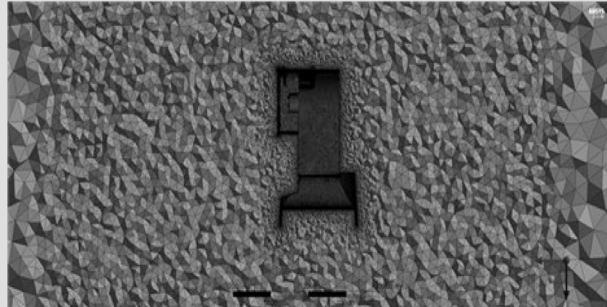
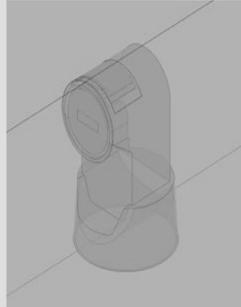
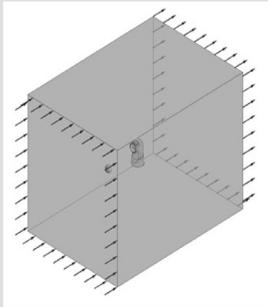
CM&S- Computer Fluid Dynamics



Air at 25°C
Inlet : 0.5 m/s
Outlet : Pressure Outlet(atm.)

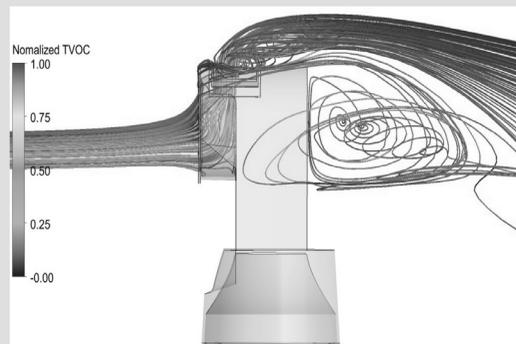
TVOC
Additional Variables Transport Equation
Source Point : 20 g/s

Vent Hole : Porous Domain
Fan : Momentum Source (Fan speed 1 m/s)

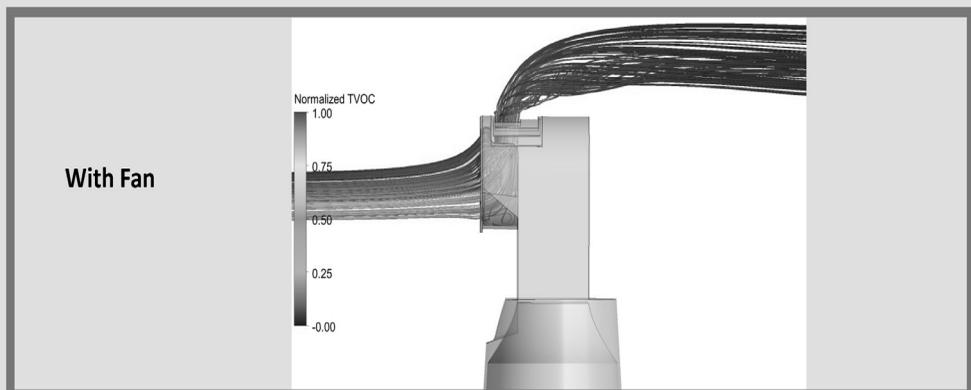


유선 분포(Streamline Distribution)

Without Fan



With Fan

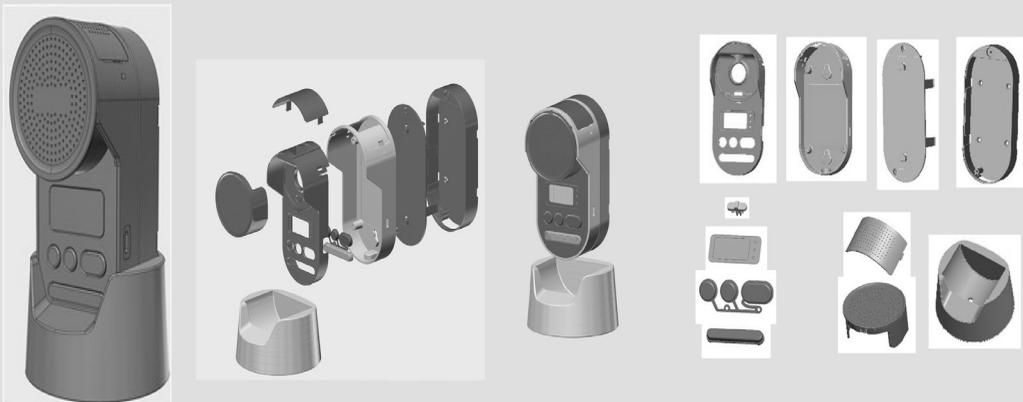




기능설계



기구설계

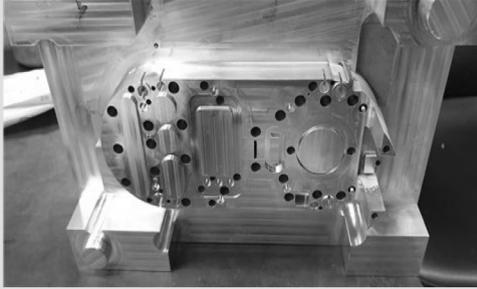


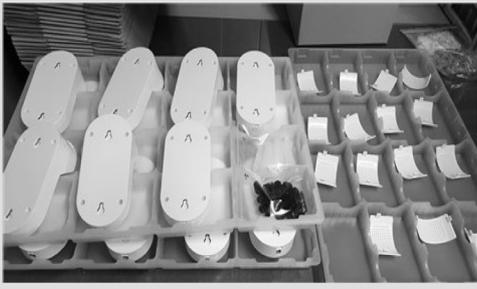
3D
Printing
and
목업





금형설계
사출





무선 통신



- ✓
 - 과거 연구 사례
 - 시범사업 (Since 2018, 19, 20)
- 📡
 - 99% coverage LTE
 - WiFi - LTE Router 조합
- ☁️
 - 클라우드 서버 활용
- 👥
 - 통신사 인증과정 매우 어려움
 - 외국통신사- 로밍 고려

알람 시스템(Alarming System)

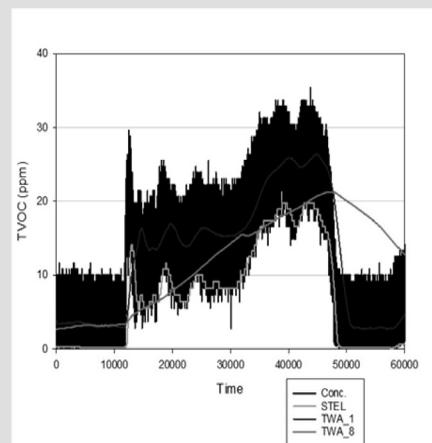
- 시각, 청각 알람 시스템
 - 현장에서 알람 - 장비 자체 장착된 스피커
 - 관제실 - 시각적 알람
 - 휴대전화 - 문자메세지(근로자, 관리자, 지정된 사람)



알람 기준(Alarming criteria)

알람 기준 설정

- 주로 급성중독에 대한 평가 필요
- 노출기준 참고
 - 급성 노출 데이터- (1 data/1 sec)
 - 단기 노출 데이터 - (15 min moving average)
 - 장기 노출 데이터 - (1 hour and 8 hours moving average)
- 색상으로 표현

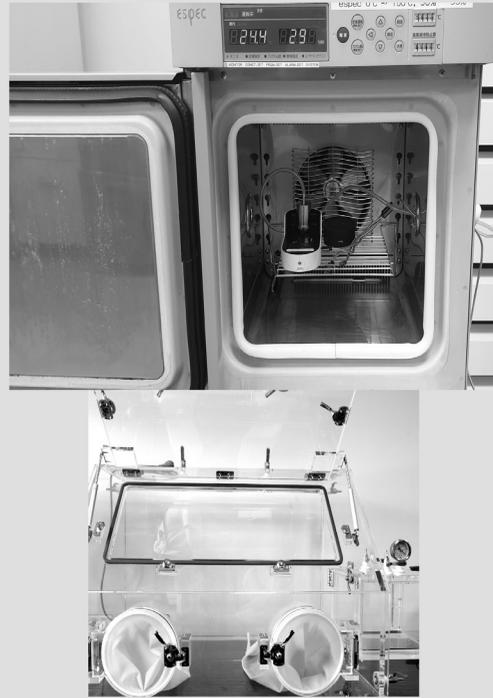
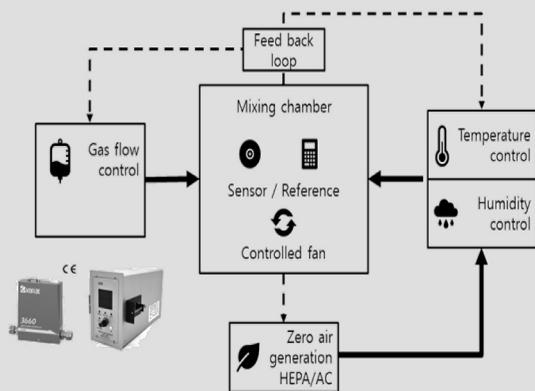


Exposure TLV 0-50%	
Exposure TLV 51-100%	
Exposure TLV 101-%	

다양한 환경에서의 시험(Various condition test)

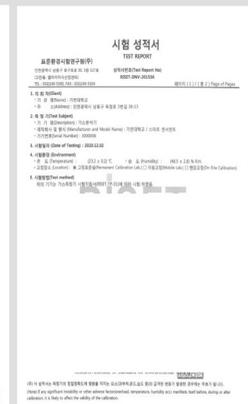
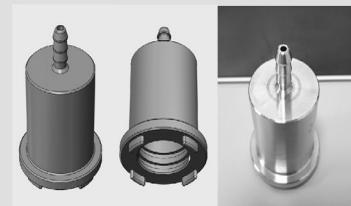
• 온도, 습도

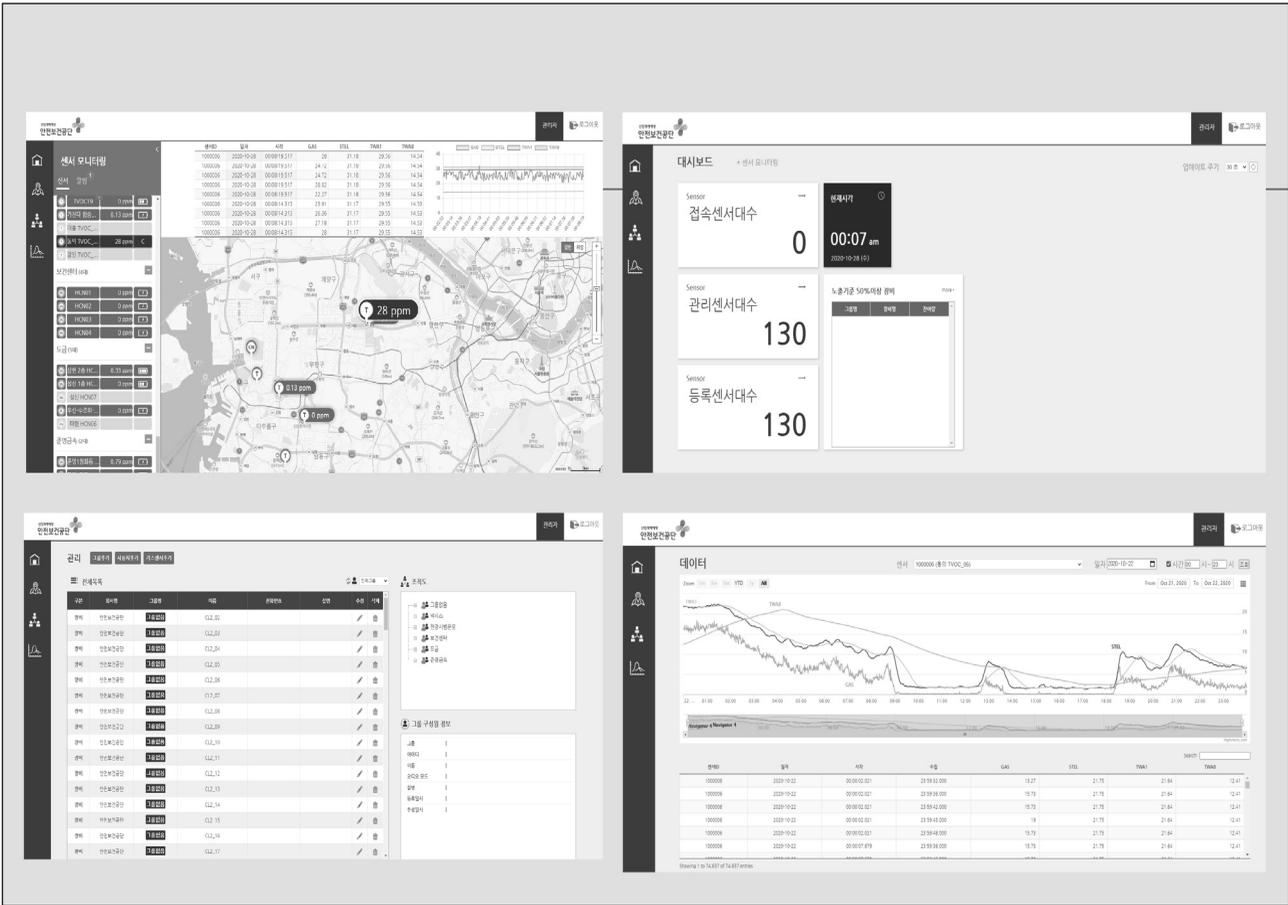
- SH-241, -40-150 °C, 30-95%



보정(Calibration)

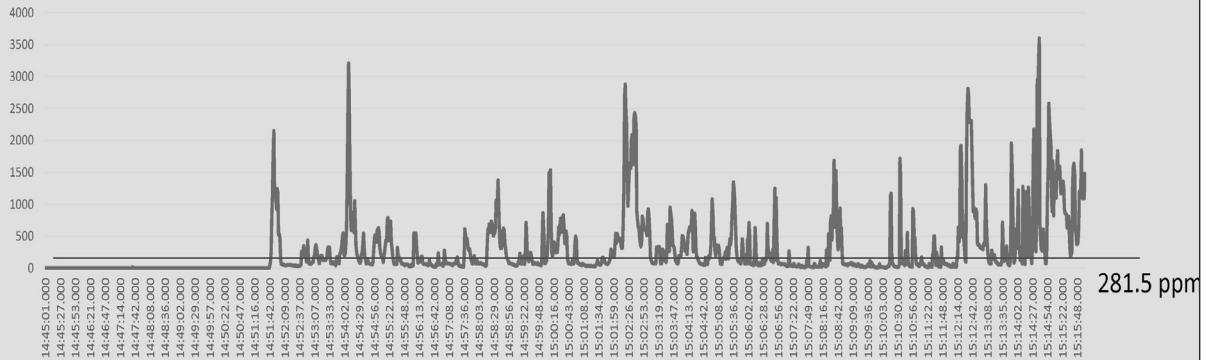
1. 표준 가스
2. Two-point 보정 (0, 표준가스)- TVOC
3. 시험성적서- 알고 있는 농도 보정
4. KOLAS 기관 성적서 발급





Simultaneous sampling

- TCE를 사용하여 금속 전자부품을 세척하는 사업장
- 기존 활성탄관 지역시료 측정과 스마트센서 측정 동시에 진행
 - 기존 측정 농도 (Area- 208.7 ppm/30 min)
 - 스마트 센서- TVOC TCE Response Factor 0.6 applied - 281.5 ppm/30 min)
- STEL을 측정할 때 측정하고자 하는 시간의 선정이 매우 중요함 - 기존 방법 고찰 필요



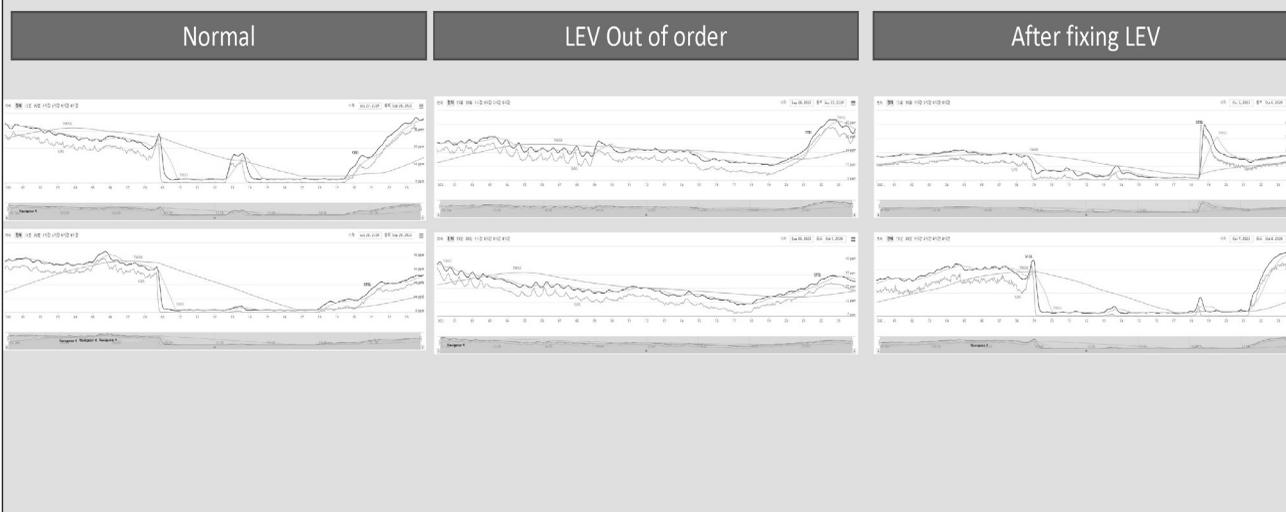
Workplace B

- 전자제품 케이스 표면 후가공 도장 업체 (2달 이상 측정)

- LEV ON- A.M. 9 – 국소배기장치 켜면 농도 낮아짐
- LEV OFF- P.M. 6-8 – 국소배기장치 끄면 농도 높아짐
- 항상 유사한 형태 확인
 - 도장 및 건조

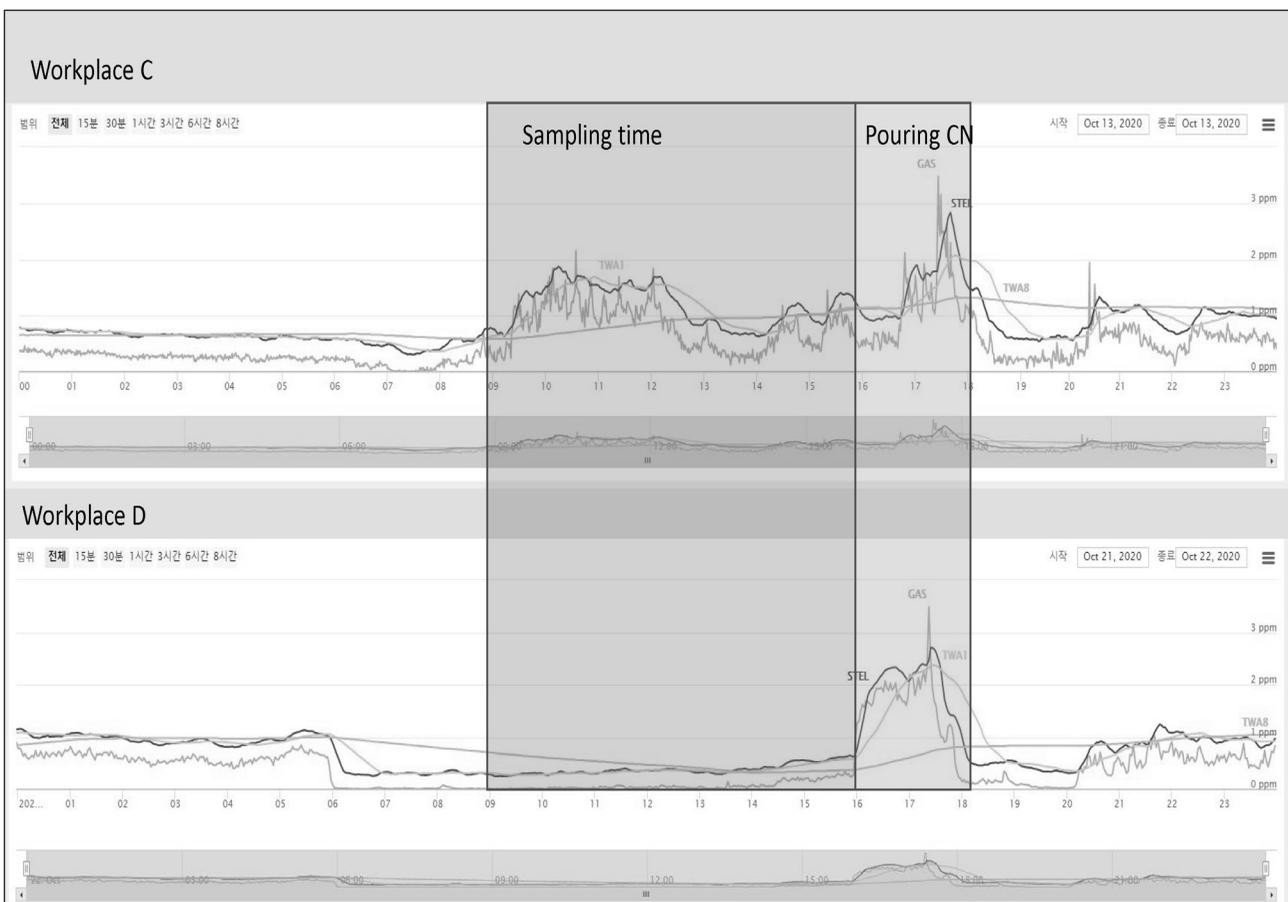
- 예상하지 못했던 상황 발생

- 국소배기장치 고장
- 스마트 센서 알림 지속 발생
- 국소배기장치 수리 후 정상 유지
- 상시 모니터링이 중요



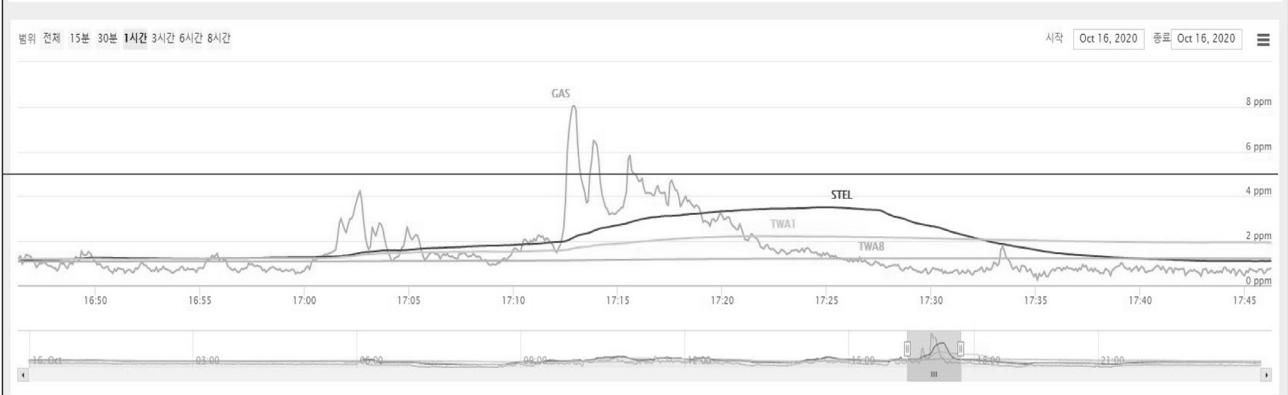
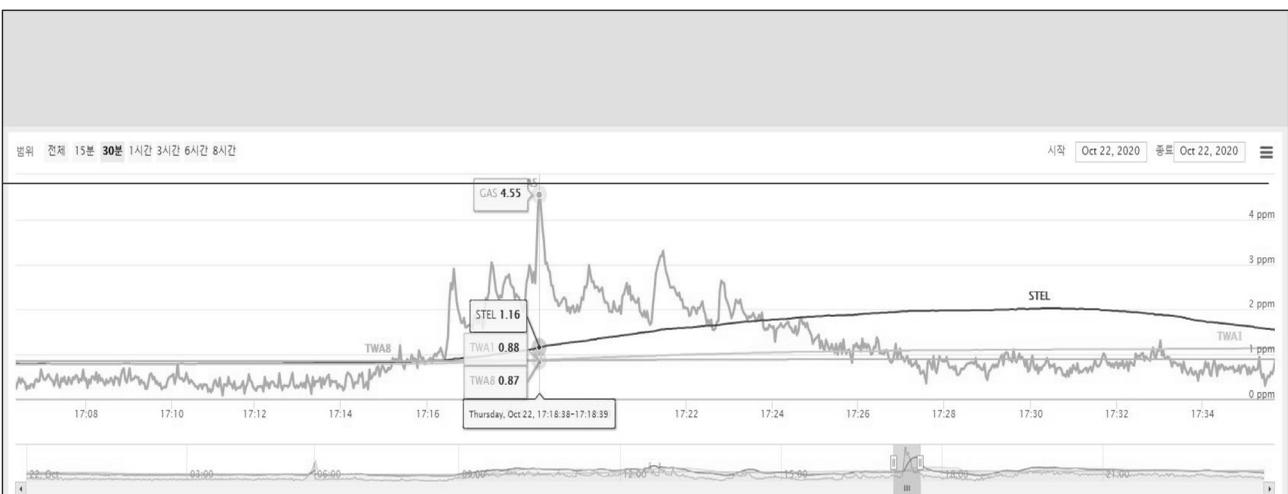
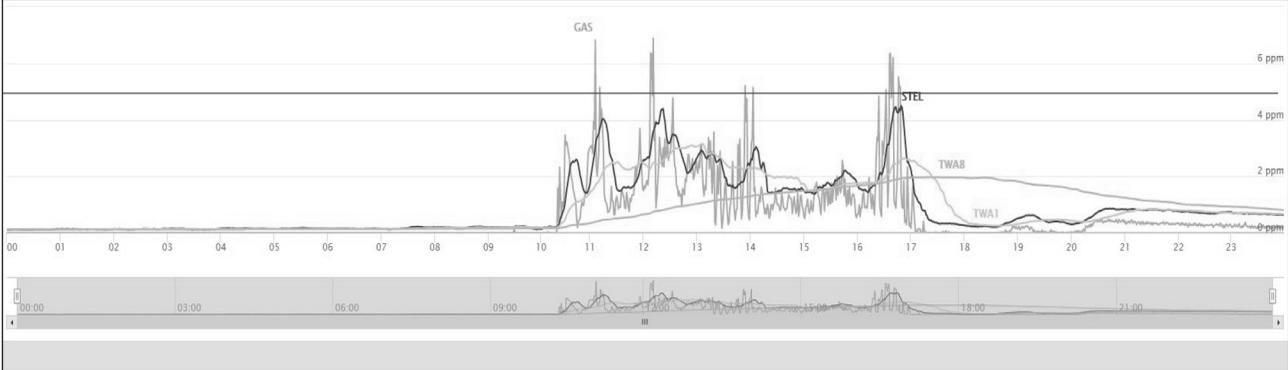
도금업

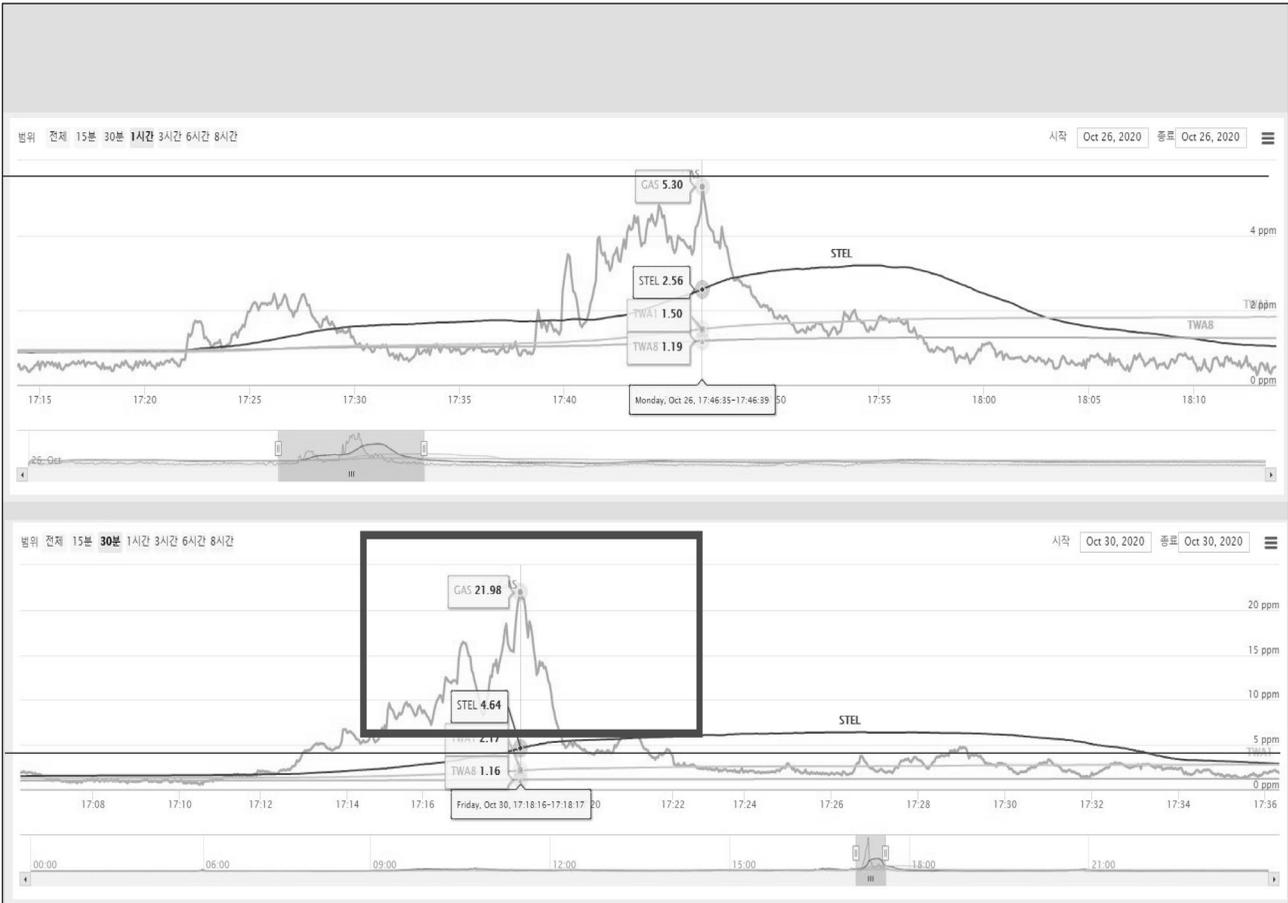
- 도금업 특성상 다양한 화학물질 사용
- 소규모 사업장이 많고 관리 어려움
- 금속 도금 - 시안류 (CuCN, KCN etc.)
- 2018년 시안화수소 급성중독 사망 사례
- 시안화수소 Ceiling 농도 - 4.7 ppm
- 그동안 우리가 어떻게 측정을 했는지 돌이켜봐야함
 - 측정방법
 - 측정시간 등
- 스마트 센서셋트를 이용하여 예비조사에 충분히 활용가능



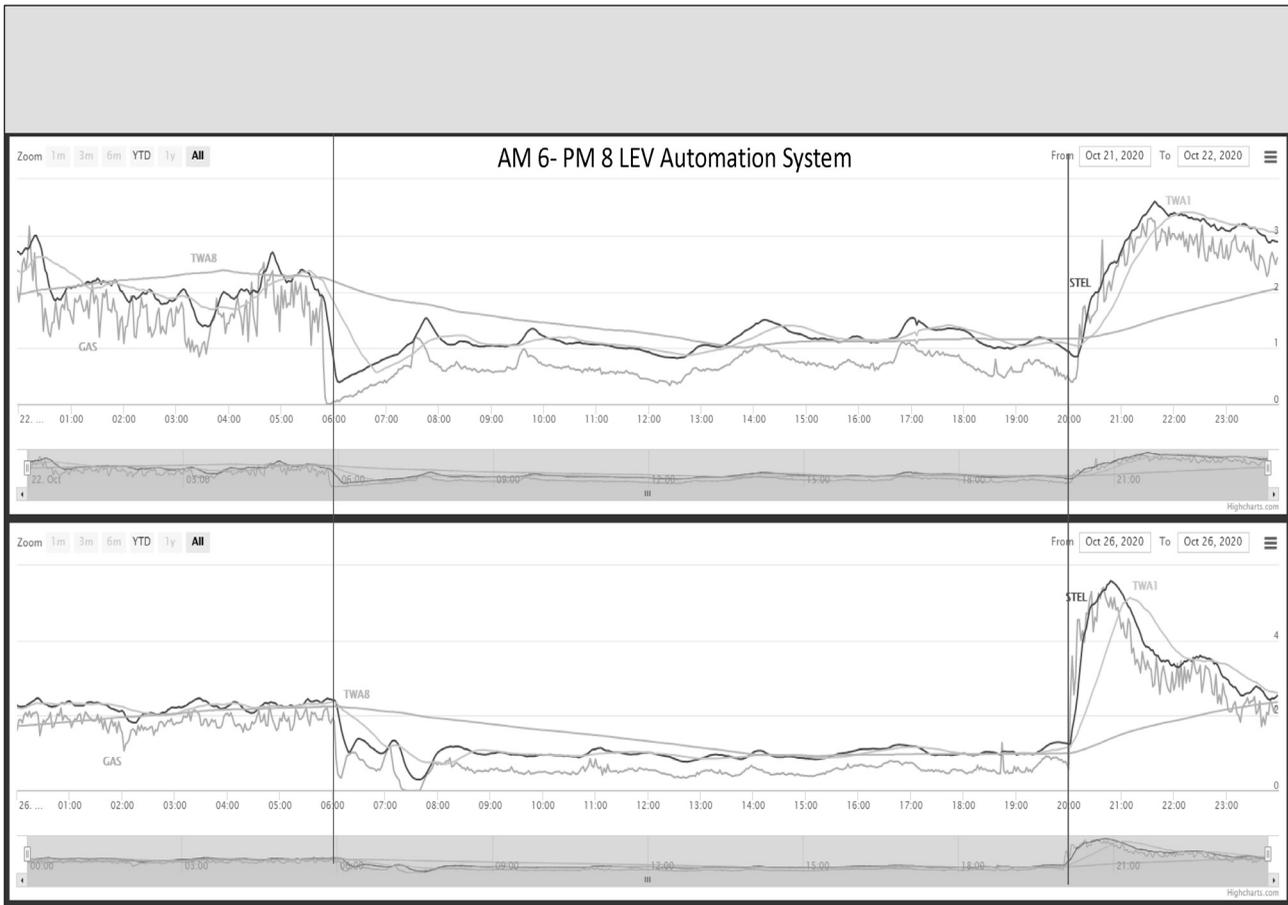
중요한 결과

- 도금 CuCN
- 정상작업
 - 국소배기장치 작동
 - HCN-4.7 ppm
- 특수 장비
 - 블로워-버블발생
 - 국소배기장치 끈 채로 작동





우수 사례



스마트 센서셋트 개발 및 활용 요약

- 평소와 다른 불규칙/비정상작업에 대한 인식 필요
 - 근로자에게 기대하지 않았던 노출 확인 가능
 - 국소배기장치의 이상 감지 가능
- 기존 작업환경 측정의 한계점 보완 가능
 - 기존 작업환경측정은 9시부터 16시 사이에 주로 이루어짐
 - 사고는 주로 이른 아침, 늦은 오후 발생 가능성 높음.
 - 주말을 지내고 온 사업장 농도 높음
- 단시간 측정(C or STEL) 시간 선정 중요
 - 현재 작업환경측정에서는 예측하기 조차 어려움
 - 스마트 센서셋트- 예비조사에서 활용 가능

기존 작업환경측정의 제한점 및 발전방향

- 법/제도화 시 발생 할 수 있는 해결 방안 마련 필요
 - 다양한 이유로 정체 되어 있던 측정 방법 (기기-검지관, 실시간, 시간-전문가의의견 등) 재고
 - 실시간 측정 장비 확대 필요 (소음기 사례)
 - 밀폐공간 작업 관련 벤치마킹
 - 제619조의2(산소 및 유해가스 농도의 측정) -규칙
 - ① 사업주는 밀폐공간에서 근로자에게 작업을 하도록 하는 경우 작업을 시작(작업을 일시 중단하였다가 다시 시작하는 경우를 포함한다)하기 전
 - 해당하는 자로 하여금
 - 해당 밀폐공간의 산소 및 유해가스 농도를 측정(「전파법」에 따른 무선설비 또는 무선통신을 이용한 원격 측정을 포함
 - 적정공기가 유지되고 있는지를 평가하도록 해야 한다.
 - 검교정제도

기존 작업환경측정의 제한점 및 발전방향

- 기존 작업환경측정의 보완 가능한 지점 찾기
- 새로운 작업환경에 대한 연구 환경 조성 필요 - 안전보건공단 내 센터 설립 및 경험의 축적 필요
 - 민간에서 하지 않는 이유- 높은 개발 비용 - 대량생산
 - 기술에 종속적임 - 센서, 통신, 배터리 등
- 다학제적 융합의 노력이 필요함

결론

- 그동안 작업환경측정제도에서 다루지 못하였던 부분은 보완 할 수 있음을 확인
- 법과 제도가 함께 발을 맞추어 바뀌어야 활용이 가능함.
- 작업환경측정제도와 함께
- 스마트 센서셋트의 개발은 향후에도 지속적으로 이루어져야 함.
 - 센서의 신뢰성 향상 방안/교정/인증 등
 - 통신의 안정성/방법/비용 등
- 그 밖에도 산업안전보건 분야의 적용 확대
 - 밀폐공간 등

감사합니다.

shham@gachon.ac.kr