



2021. 10

유망시장 Issue Report

방화 시스템

목 차

I . 개요	01
II . 정책 동향	04
III . 기술 동향	10
IV . 시장 동향	25
V . 산업 동향	28

I. 개요

1. 아이템 개요

- 화재 안전 관리시스템은 ① 피난 및 소방활동의 안전성 확보, ② 인접 건물의 화재 확대 방지 및 구조 안전성 유지, ③ 화재가 발생한 건축물 내의 구획기능 확보 및 재산 손실 방지를 목적으로 함
 - 이를 위해 센서, IoT 등 최신 기술을 적용하여 재난 상황 조기 감지부터 사고 발생 시 재실자 대피로 및 소방활동을 위한 진입로 안내까지 골든타임 내 대응이 가능하도록 하는 시스템 개발의 중요성이 강조
- 2009-2018년 기간 연간 화재사고 발생 건수는 평균 43,374건, 연간 인명 피해는 평균 2,169명으로 최근 10년간 화재 발생과 이로 인한 인명 피해 수의 변화는 크지 않았으나 화재 발생에 의한 재산피해 규모는 2009년 25,185만 원에서 2018년 55,973만 원으로 크게 증가
- 따라서 화재 및 가스 사고 예방과 대형화 방지를 위해 조기감지를 통해 정확한 위치를 파악하고 화재 경보 및 대피로 안내를 통해 골든타임 내 대응을 통한 초기 화재 진압 및 인명사고 예방이 중요
 - 기존의 단순 화재감지 및 경보시스템의 수준을 넘어, ICT 기술과의 융·복합을 통해 조기 화재감지 및 효과적 경보, 대응이 가능한 다기능, 고성능 화재 안전 관리시스템 개발 및 관련 산업 성장이 이루어지고 있음
- ICT 기술 융합을 통한 효과적인 화재 재난 예방 시스템 구축이 필요
 - 최근 통신, 영상, 센서 등의 ICT 관련 분야 요소 기술들의 발전으로 과거에는 구현이 어려웠던 기술들이 현실화되고 있으므로 재난/안전 분야에도 적극적으로 ICT 기술을 접목시켜 적은 비용으로 효과적인 사회재난 예방체계를 구축할 필요가 있음

- 재난에 대한 신속하고 효율적인 대응 시스템으로 사회적 피해 최소화 요구에 대한 인식이 증가
 - 재난 발생시 1차 재난에 대한 적절한 대응조치가 이뤄지지 못하는 경우 2차 재난으로 이어지는 경우가 많아 조기경보 및 초기대응이 가능한 관리체계가 필요
 - 다중이용 시설의 증가로 경우에 따라 사람이 밀집된 장소에서 다수의 사람들을 일시에 대피시켜야 하는 상황이 발생하고 있으므로 ICT 기술을 활용하여 효과적으로 피난을 유도할 방법을 개발할 필요가 있음
 - 미국, 유럽 등의 선진국에서는 재난 피해에 대응하여 CCTV, IoT 기반의 예·경보 및 차세대 대응 시스템을 통한 대국민 서비스를 시범 적용하는 추세

- 선박의 경우 최근 환경 문제로 인해 정부 주도로 전기추진 선박의 도입이 증가하고 있으며 배터리 안전성을 문제로 화재 이슈가 다수 발생하고 있음
 - 정부는 탄소중립 실현을 위해 2030년까지 친환경 선박의 온실가스 배출량을 기존 선박 대비 70%까지 감축하고, 친환경 선박 전환율을 현재 1%에서 15%로 높이는 ‘2030 한국형 친환경 선박(Greenship-K) 추진전략’을 발표
 - 전기차의 경우처럼 전기추진 선박 역시 안전성의 핵심은 배터리로, 에너지를 품고 있는 배터리는 구성 재료 및 화학반응, 충전, 관리 시스템 및 보관법 등 다양한 환경에서의 부주의로 인해 발화와 화재 위험성이 존재
 - 특히 선박은 대용량의 배터리가 들어가기 때문에 사전에 안전성을 시험 및 인증하는 과정이 대단히 중요함

2. Value Chain

- 선박 화재를 방지하기 위한 재난/안전 관련 분야는 환경, 교통, 시설, 소방 등 다른 산업 분야와도 확장 및 융합 할 수 있어 추가적 부가가치 창출이 가능
 - 첨단 ICT 기술을 활용하여 재난상황 전파시간과 재난상황 파악시간 단축, CCTV 재난영상정보 통합·연계 기반 재난감지와 상황전파 및 대응·복구의 효율성 향상
 - 사물인터넷을 통해 수집되는 공공데이터의 공개·활용 등을 통한 재난/안전산업 활성화
 - 제조 경쟁력, ICT, 서비스 등의 융합 통한 미래형 신산업 육성 가능

[표] 재난/안전 분야 가치사슬

후방산업	재난/안전 분야	전방산업
IoT, 네트워크, 소프트웨어, 감시센서, 융합센서, 다중센서 등의 하드웨어, 인공지능, CCTV 등	기상재해 대응 시스템, 대피 유도 시스템, 지능형 인지 시스템 등 재난/안전 관련 시스템	환경, 교통, 시설, 소방, 재해, 방범 등

※ 출처 : 중소기업 전략기술로드맵 2021-2023(재난/안전), 2020, 중소벤처기업부

- 공장, 대형 선박, 창고 등 현장에서의 환경 안전을 위한 솔루션 산업의 후방산업에는 센서산업, 빅데이터 산업, 무선 정보통신망 산업, 클라우드 산업 등이 포함되고 전방산업에는 환경산업, 안전산업, 에너지관리 산업 등이 포함됨

[표] 환경안전 솔루션 산업구조

후방산업	환경안전 솔루션	전방산업
센서산업, 빅데이터 산업, 무선 정보통신망 산업, 클라우드 산업 등	(영상,센싱) 데이터 분석 등 현장 맞춤형 환경안전 솔루션	환경 산업, 안전 산업, 에너지관리산업

※ 출처 : 중소기업 전략기술로드맵 2021-2023(재난/안전), 2020, 중소벤처기업부

II. 정책동향

1. 국내 정책동향

- 해양수산부에서는 2021년 2월 ‘제2차 국가해사안전기본계획(2017~2021)’에 입각한 2021년 해사 안전시행 계획을 발표
 - ‘선박안전 신뢰성 제고 및 맞춤형 안전관리’ 전략에서는 화재 경보장치 설치 의무화를 포함한 어선 안전관리체제 고도화 계획을 수립
 - 노후 여객선에 대한 특별점검 항목에 화재탐지기 작동 상태를 필수적으로 시행
 - 화재나 폭발이 잦은 산화성 물질과 독성·전염성 물질, 고위험 가연성 물질에 대한 컨테이너 수납검사 강화
- 2021년 3월 소방청에서는 선박화재 예방 및 화재발생 시 신속한 대응을 위해 해양수산부 등 관계기관과의 협력을 강화하기로 발표
 - 선박은 내부 구조가 복잡하고 다양한 위험물을 취급하고 있어 일반적인 화재와 달리 화재진압과 인명구조에 상당한 어려움이 따름
 - 또 소방설비에 관한 기준을 선박안전법 등 해양수산부 법령으로 정하고 있어 소방서의 지도·감독에도 한계가 있음
 - 우선 어선설비기준(해수부고시) 개정으로 의무적으로 설치해야 하는 ‘단독 경보형 감지기’ 설치 여부를 해양수산부에서 선박검사시 확인하도록 협의할 계획
 - 선박에 설치된 국제 육상시설 연결구와 육상에 설치된 소화전을 연결하는 중계기 비치율 확대해 선박과 육상의 소방호스 체결방식이 달라 화재진압에 어려움이 있었던 문제점도 개선
 - 아울러 소방청에서 보유하고 있는 화재예방 사례, 화재대응방법 등 교육 콘텐츠를 해양수산부 등 관계기관에 제공해 선박 안전관리 책임자 교육 등에 활용할 계획

- 소방청은 향후 5년간(2022~2026년) 국가 화재안전정책의 기본방향과 중점과제를 담은 ‘제2차 화재안전정책 기본계획’을 수립
 - 화재안전정책 기본계획은 ‘화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률’ 제2조의 3에 따라 소방청장이 5년마다 수립하는 법정 중기계획으로 2017년 1차 계획에 이어 2차로 수립
 - 이번 기본계획은 국민의 안전요구 상승, 재난약자인 노인 인구 증가, ICT·IoT·AI·로봇 등 기술의 발전 등 소방환경 변화를 고려
- 계획에서는 ‘화재로부터 안전한 나라’를 정책 비전으로 하고 2026년까지 화재사망자 10% 저감을 핵심 목표로 설정하였으며 4대 추진전략을 제시
 - (화재안전 제도개선) ① 화재위험특성 기반의 특정소방대상물 안전기준 마련 ② 민간점검업 등록기준 개선 및 화재안전 성능 강화 ③ 화재대비 시설 등의 안전성 확보 ④ 위험물안전관리 규제 내실화
 - (안전한 환경조성) ① 주거공간의 화재안전성능 강화 ② 다중이용업소 인명피해 방지를 위한 화재안전관리 강화 ③ 소방공무원, 소방기술자 등의 전문성 확보 ④ 위험물안전관리자 등의 책임성 및 역량 강화
 - (대국민 화재예방 홍보·교육) ① 대국민 소방안전교육 체계 확립 및 품질 고도화 ② 국민체험형 생활안전교육 기반 구축 ③ 국민과 함께하는 소방안전문화 저변 확대
 - (화재안전 인프라 확보) ① 미래 화재안전 기술 개발·보급 ② 국가화재 안전기준센터 건립 ③ 국가기술민원센터 운영 활성화

○ ESS 관련 안전관리기준으로 화재보험협회에서는 KFS-412를 제정

- 해외 선진 안전기준을 주로 참조하여 국내 여건에 맞게 만든 KFS 및 NFPA 기준은 민간 기준으로 자율기준이지만 전기설비기술기준 판단 기준은 의무 기준
- 아래 표에서는 ESS 관련 안전기준인 KFS-412, NFPA 855 및 전기설비 기술 기준 판단기준을 주요 내용 위주로 비교
- KFS-412를 중심으로 비교하여 KFS-412와 해당 내용이 상당히 유사한 경우에는 “○” 로, 해당 내용이 없는 경우에는 “-” 로 표시한 것임

[표] ESS 안전관리기준 주요내용 비교

주요 내용	KFS 412	NFPA 855	전기설비기술기준 판단기준
기준 적용대상	20kWh ↑	○	○
최대 용량	600kWh ↓	○	○
용량 적용 제외	전용건물 내 설치	옥내 전용건물 내 또는 옥외 먼 위치 설치	전용건물 내 설치
랙 및 벽체 간 이격거리	0.9m 이상	○	1m 이상
위치	공공소방대 사다리를 이용하여 접근가능	○	○ (지상22m/지하9m)
이격거리 등 제한 완화요건	실대규모 화재시험	실대규모 화재시험 & 위험성 평가	전용건물 내 설치
방화구획	1시간	2시간	1시간
스프링클러 살수밀도	12.2LPM/m ² ↑ (실대규모 화재시험을 통해 변경 可)	○	별도 화재안전기준 제정 준비 중
가스계/ 포소화설비	유효성이 입증된 경우 인정 (실대규모화재시험)	○	별도 화재안전기준 제정 준비 중
충돌보호	차량 충돌보호조치	○	○
이격	도로, 위험물 등과 3m 이상 이격	○	○
컨테이너 재질	불연성의 금속류 & 방수	○	-

※ 출처 : 신재생에너지의 전망과 ESS의 위험관리기준 동향, 2020, 최명영

2. 해외 정책동향

- 유엔은 1982년부터 현재의 국제해사기구인 IMO(International Maritime Organization)를 발족
 - 선박에 의한 인적·물적 운송이 활발해지면서 해상에서의 선박 충돌이나 화재 등 선박 관련 사고가 급격히 증가함에 따라 유엔은 이러한 문제들을 다룰 국제기구의 설립이 필요함을 느끼게 됨
 - 유엔은 1959년 ‘정부간해사자문기구’인 IMCO(Intergovernmental Maritime Consultative Organization)를 설립하였으나, 해운과 관련한 기술적 자문역할에 머물던 IMCO의 한계성으로 인해 현재의 IMO로 발전하게 되었음
- IMO는 해상인명안전관련 국제협약인 SOLAS(The International Convention for Safety of Life At Sea)를 비롯한 해양오염관련 국제협약, 책임 및 보상관련 국제협약 등 여러 협약을 관장하고 정부간 협력을 촉진하는 국제기구
 - 해상안전과 해양오염방지를 위한 기준을 제·개정 및 심의
- 선박의 화재안전을 위해서는 선박에 사용되는 구조 및 재료가 화재에 안전한지를 정하여야 하며, 이를 위해 IMO의 해상안전위원회(MSC : Marine Safety Committee) 산하 방화전문위원회(FP : Fire Protection)에서는 선박 구조, 설비, 의장 등의 화재 안전기준을 논의
- 국제해사기구(IMO)는 위험·유해물질에 의한 사고에 대응하기 위해 OPRC협약의 대상물질 범위를 기름 외에 위험·유해물질까지 확대하는 ‘위험·유해물질의 오염 대비·대응 및 국제협력에 관한 의정서’(OPRC-HNS)가 2000년 3월 15일 채택되고 2007년 6월 14일 발효
 - OPRC-HNS 의정서는 체약국에게 부과되는 의무 등 그 내용이 기본적으로 OPRC협약과 같이 국가긴급방제계획 수립 및 지역긴급방제계획 수립, 선박 및 해양시설 오염비상계획의 비치, 오염사고 발생 시 인접국가에 오염사실통보 그리고 오염대응관련 인력과 장비 등 국가 간 신속한 출입국 보장을 위한 국제협력 제공 등의 의무를 부과

○ 세계적인 화재 안전기준 제·개정기관인 National Fire Protection Association에서는 NFPA 855를 제정

- NFPA 855는 ESS의 설계, 설치 및 유지관리 시 고려해야 할 내용을 언급하고 있음
- 이 기준에서는 ESS를 설치하는 장소(옥내, 옥외, 옥상, 주차장, 모바일 등)에 따라 적용 기준을 달리하고 있음

[표] NFPA 855 옥내 ESS 설치 기준

주요 항목	주요 내용	적용 여부	
		전용 건물	비전용 건물
일반사항	- ESS는 충돌을 예방할 수 있는 장소에 설치할 것 - 차량 충돌 보호 장치를 설치할 것	○	○
크기 및 이격	- 랙(그룹) 당 ESS의 최대 에너지는 50kWh - 랙 간 및 벽과의 이격거리는 0.914m 이상 확보 - 상기 조건은 실험규모 화재시험에 따라 완화 가능	○	○
최대용량	- 리튬이온배터리의 최대 용량은 600kWh 이하 - 위험성평가 & 실험규모 화재시험에 따라 완화 가능	×	○
높이	- 소방대의 접근이 가능한 위치에 ESS 설치 - ESS를 지면보다 낮은 위치에 설치하는 경우 관할 행정기관의 승인 필요 - ESS를 지면보다 낮은 위치에 설치하는 경우 전기실 내에 설치할 수 없으며, 전기실을 지나지 않고 ESS실에 접근할 수 있어야 함	○	○
구획	ESS를 포함하고 있는 실이나 장소는 건물의 다른 구역과 2시간 이상의 내화 성능을 갖는 벽 등으로 구획할 것	NA	○
화재감지	NFPA 72에 따라 감지설비 설치	○	○
화재방호 설비	- 스프링클러의 살수밀도는 방호구역(230㎡ 미만)에 12.2mm/min 이상일 것(부록 참조) - 실험규모 화재시험에 따라 완화 가능 - 실험규모 화재시험에 따라 다른 소화설비도 적용 가능	○	○
급수	- NFPA 855에 따라 수원이 필요한 경우 영구적인 수원 확보 - 수원이 있는 경우 ESS를 위한 소화전 설치	○	○
표지판	ESS 출입문 또는 인근 허가받은 장소에 표지 부착	○	○
점유 작업실	- ESS의 보조 장치와 같은 공간에 설치 가능 - 권한이 있는 사람들만 접근할 수 있는 별도 설비실에 설치되지 않는 한 불연성, 잠금장치가 있는 캐비닛 또는 기타 인클로저에 보관되어야 함	허용 불가	○
추가방호	인증을 받은 장치 또는 방법을 통해 열폭주 방지	○	○

※ 출처 : 신재생에너지의 전망과 ESS의 위험관리기준 동향, 2020, 최명영

- 옥외에 ESS를 설치하는 경우¹⁾는 먼 위치에 설치하는 경우(건물, 부지 경계선, 공공도로, 가연성 물질 등으로부터 30.5m 이상 떨어진 위치)와 그렇지 않은 경우로 구분

[표] NFPA 855 옥외 ESS 설치 기준

주요 항목	주요 내용	적용 여부	
		먼 위치	가까운 위치
일반 사항	- ESS는 충돌을 예방할 수 있는 장소에 설치할 것 - 차량 충돌 보호 장치를 설치할 것	○	○
최대 크기	공조설비나 기타 설비를 제외하고 컨테이너나 인클로저의 크기는 16.2m × 2.6m × 2.9m 이내로 하며, 이를 초과할 경우 ESS 옥내 설치 조건을 따를 것	○	○
이격 거리	주차장, 공공도로, 건물, 가연물 저장소 등과 3.048m 이상 이격	NA	○
피난로 이격	- 소방대의 접근이 가능한 위치에 ESS 설치 - ESS를 지면보다 낮은 위치에 설치하는 경우 관할 행정기관의 승인 필요 - ESS를 지면보다 낮은 위치에 설치하는 경우 전기실 내에 설치할 수 없으며, 전기실을 지나지 않고 ESS실에 접근할 수 있어야 함	NA	○
Walk-in Units ⁵⁾	ESS가 설치된 인클로저는 ESS와 보조설비의 검사, 유지 및 수리 시에만 출입 가능	○	○
초목 관리	옥외 3m 이내 초목 및 가연물 정리	○	○
인클로저	ESS 인클로저는 NFPA 70이 요구하는 내후성을 갖춘 불연재로 구성할 것	○	○
크기 및 이격	- 랙(그룹) 당 ESS의 최대 에너지는 50kWh - 랙 간 및 벽과의 이격거리는 0.914m 이상 확보 - 상기 조건은 실험규모 화재시험에 따라 완화 가능	×	○ ⁶⁾
최대 용량	- 리튬이온배터리의 최대 용량은 600kWh 이하 - 위험성평가 & 실험규모 화재시험에 따라 완화 가능	×	○
화재 감지	NFPA 72에 따라 감지설비 설치	○	○
화재 방호 설비	- 스프링클러의 살수밀도는 방호구역(230m² 미만)에 12.2mm/min 이상일 것 - 실험규모 화재시험에 따라 완화 가능 - 실험규모 화재시험에 따라 다른 소화설비도 적용 가능	○ ⁷⁾	○
급수	- NFPA 855에 따라 수원이 필요한 경우 영구적인 수원 확보 - 수원이 있는 경우 ESS를 위한 소화전 설치	○	○
표지판	ESS 출입문 또는 인근 허가받은 장소에 표지 부착	○	○
점유 작업실	- ESS의 보조 장치와 같은 공간에 설치 가능 - 권한이 있는 사람들만 접근할 수 있는 별도 설비실에 설치되지 않는 한 불연성, 잠금장치가 있는 캐비닛 또는 기타 인클로저에 보관되어야 함	허용 불가	허용 불가
추가 방호	인증을 받은 장치 또는 방법을 통해 열폭주 방지	○	○

※ 출처 : 신재생에너지의 전망과 ESS의 위험관리기준 동향, 2020, 최명영

1) ESS를 건물이 아닌 컨테이너 등의 내부에 설치하는 경우가 옥외에 설치하는 상황에 해당

III. 기술동향

1. 기술범위 및 특징

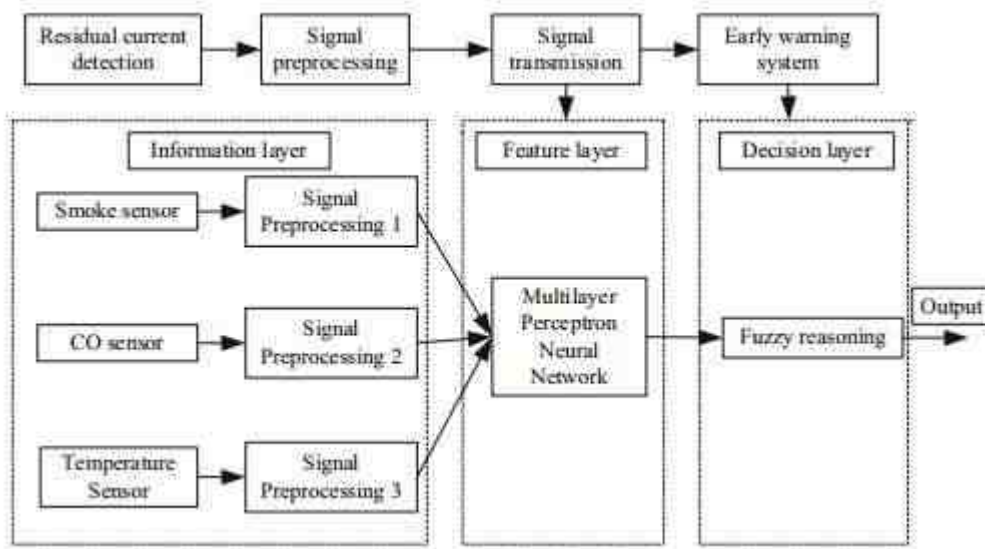
- 지능형 화재 안전 관리시스템을 구성하는 기술은 크게 ① 센서를 통한 감지기술, ② 영상 감지 기술 그리고 ③ 모니터링 기술로 분류할 수 있음
- (센서를 통한 감지기술) 열, 연기, 불꽃, 가스누출 등의 안전사고 상황을 센서를 통해 감지하고, 이 신호를 전달하는 화재 감지 센서 기술과 감지기에서 발생한 정보를 유무선 통신망을 이용하여 센서 네트워크를 형성하는 감지 센서 네트워크 기술
- (영상 감지 기술) 감시카메라, CCTV를 활용하여 현장 영상을 획득하는 영상 획득기술, 영상 데이터를 분석하여 화염 및 연기를 감지하고, 검출된 정보를 통계 분석 및 관리하는 지능형 영상처리 기술
 - 또한, HDD, DVR 등 고화질 영상을 자동으로 압축, 저장, 삭제, 관리하기 위한 영상 저장기술
- (모니터링 기술) 화재 초기와 연기 상황에서 감시카메라, 레이더, 적외성 등을 이용하여 사고현장의 재실자 유무를 감지하고 통보하는 피해자 감지 기술
 - 사고 발생 시 현장에 있는 사람을 안전하게 대피시켜 피해를 최소화할 수 있는 최적 경로를 파악하여 유도하는 피해자 유도 기술
 - 통신 네트워크를 통하여 각종 지역에서 발생하는 영상을 획득하여 재난 상황을 파악하고 신속한 대처가 가능하도록 하는 중앙관제 기술인 화재감시 모니터링 기술

2. 국내/외 기술 Trend

가. 센서를 통한 감지기술

- (더블 불꽃 감지) 디지털 적외선 3파장 불꽃감지기로 적외선 파장($3.9\mu\text{m} \sim 4.7\mu\text{m}$) 대역 내에 서로 다른 파장 특성을 감지하는 3가지의 디지털 적외선 센서를 적용
 - 오경보 방지를 위해 더블 불꽃감지기에 동시에 신호가 잡혀야만 화재로 판단하도록 설계함
 - IR 센서 자체에 최적화된 디지털 회로를 적용해 내부 PCB 크기를 획기적으로 줄였으며, 최신 SMT 기술을 반영하여 기존 제품의 1/5 정도의 크기인 지름 55mm, 길이 31mm로 초소형, 120g의 초경량 감지기
 - IR 센서에 내장된 디지털 변환 회로와 비화재보 배제 기술, 불꽃인식 소프트웨어 기술은 감시 영역 내 오작동 요인에 따른 비정상적인 작동 가능성을 감소시킬 수 있음
 - 특히, 화염에서 발생하는 CO_2 와 CO를 10초 이내에 확인할 수 있으며, CO_2 와 CO 공명에 따라 함께 나오는 적외선 에너지를 원거리에서도 정확히 감지할 수 있도록 알고리즘을 만들어 정확한 분석과 경보신호 전달이 가능
- (다중 센서의 값의 통합분석을 통한 전기화재 감지 모델) 여러 특성 매개변수를 통합적으로 분석하여 전기화재를 감지할 수 있는 모델 개발
 - 기존 전기화재 감지 방법은 특정 특성 매개변수(characteristic parameter)만을 고려하므로 전체적 상황으로부터 전기화재 발생 예측하는 데 한계가 있음
 - Information layer에서 연기, CO 농도, 온도 센서에서 각각의 특성 매개변수 정보를 수집하고 임계값을 초과할 경우 information layer에서 feature layer로 센서 정보를 전송

- Feature layer에서는 information layer에서 받은 벡터 정보들과 전선의 잔류 전류 정보를 종합 및 패턴인식 방법을 통하여 화재의 발생 특성(open flame probability와 smoldering fire probability)을 분석하고 이후 decision layer에서 최종 화재 발생 여부를 예측



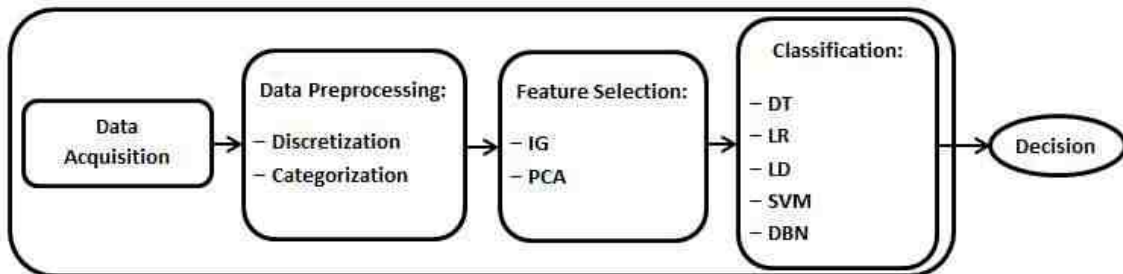
[그림] 다중 센서 통합분석 모델 기반 전기화재 감지 흐름도

※ 출처 : A Multi-sensor Characteristic Parameter Fusion Analysis Based Electrical Fire Detection Model, 2018, Xuewu Yang

- (랙크식 창고의 조기 화재감지를 위한 지능형 복합 화재감지시스템)
기존의 단일 센서를 이용한 단일 연소생성물 감지 시스템이 아닌 열, 연기, CO를 감지하는 다중 센서와 영상카메라를 이용한 랙크식 창고 화재를 감지하는 시스템
 - 화재가 발생할 경우 다양한 감지 기능을 통해 퍼지 로직을 이용한 지능형 화재 판단 알고리즘에서 각 센서의 화재 징후 센싱값을 분석 및 처리하여 최종 화재를 경보
 - 또한 영상카메라로 촬영되는 실시간 영상을 수신기에서 볼 수 있는 기능을 보유
 - 랙크식 창고는 층고가 높은 공간에 바닥에 랙크를 수직으로 설치하여 물건을 적재하는 물류창고로 기존의 화재감지 시스템으로 조기감지에 어려움이 있으나 다중 센서와 영상카메라를 이용하여 화재 징후를 조기에 감지하고 영상카메라를 통해 위치를 파악할 수 있어 조기 감지가 가능

○ (데이터 마이닝(data mining) 기반 실내 화재 감지 시스템) 데이터 마이닝 기법에 근거하여 원거리에서 화재를 감지 및 분석하여 화재 특성에 맞는 소방 기술 및 재료를 결정하는 시스템

- ① data acquisition, ② data preprocessing, ③ feature selection 그리고 ④ classification 과정을 거침
- Feature selection에서는 입력된 feature vector들 중 가장 영향력 있는 속성을 식별하는 과정으로 Principal Component Analysis(PCA)와 Information Gain(IG)를 채택
- Classification 과정에서는 화재감지를 위해 Decision Tree(DT), Support Vector Machine(SVM), Linear Regression(LR), Linear Discriminant(LD) 그리고 Deep Belief Network(DBN)의 여러 분류모델을 사용
- 본 알고리즘은 화재발화의 조기감지가 가능하며 소방 과정을 개선할 수 있는 장점을 가지고 있음



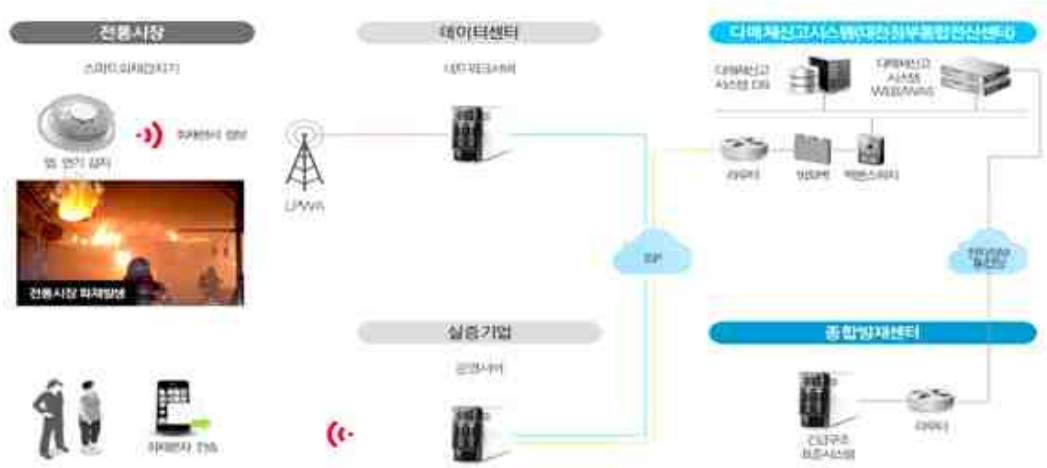
[그림] 데이터 마이닝 기반 실내 화재 감지 시스템 흐름도

※ 출처 : INDOOR FIRE DETECTION SYSTEM BASED ON DATA MINING TECHNIQUES, 2020, ABDELWAHAB ALSAMIMAK

○ (사물인터넷(IoT) 기술을 접목한 지능형 화재감시 시스템) 열·연기 복합감지기의 화재 신호 데이터가 저전력, 저비용, 고신뢰성을 갖는 21km 중장거리 수용 가능한 무선 통신망을 이용

- 안정적인 데이터 전송이 가능한 IoT 전용 LoRa 통신망을 통해 자동으로 운영서버에 전송
- 5초 이상 화재감지 신호가 지속되는 경우 화재 정보와 함께 센서 정보를 관리자시스템에 제공하고, 실시간 화재 모니터링과 신속한 2차 전파 및 사용자/경보기 관리 등이 가능

- CCTV와의 연계를 통해 위치정보, 영상, 사진 등 실시간 현장 정보를 제공함으로써, 정확한 상황 판단과 의사결정을 지원할 수 있으며 현재 서울시, 강원도 등 전통시장에 화재감시시스템으로 설치됨



[그림] 스마트 화재감지시스템과 다매체신고시스템 연계 구성도

※ 출처 : "서울, 전통시장 '지능형 화재감지시스템' 도입", 2017.08.22. 에코타임스

- (스마트 화재감지 장치) 단독형 화재경보기에 무선 애드혹 네트워크(Ad-hoc network) 모듈을 결합하여 기기 간에 화재 정보를 실시간으로 공유, 심야 및 부재 시에도 화재 발생사실을 실시간으로 통보하고 정확한 발화위치 확인으로 신속한 대피가 이루어지도록 하는 화재감지 장치
 - 기존 기술은 특정 구역의 화재 발생을 감지 센서, 카메라를 통한 영상 촬영 등을 통해 감지하여 경보를 전달하지만, 본 기술은 화재감지기에 통신 모듈을 부여하여 다른 시스템 및 화재 감지기와의 정보 공유를 통해 정확한 화재 위치 파악이 가능
 - 화재를 감지하는 화재감지모듈, 감지 영상과 음성 정보 및 발화 위치 정보를 획득하는 센서 모듈로 구성
 - 화재가 감지되면, 센서 모듈을 통해 정보와 영상 및 음성 정보를 획득하고, 이를 조합하여 화재 발생 정보를 생성하고, 생체모방형 애드혹 네트워크 알고리즘을 이용하여 화재 발생 정보를 주변 스마트 화재 감지기에 무선으로 전파

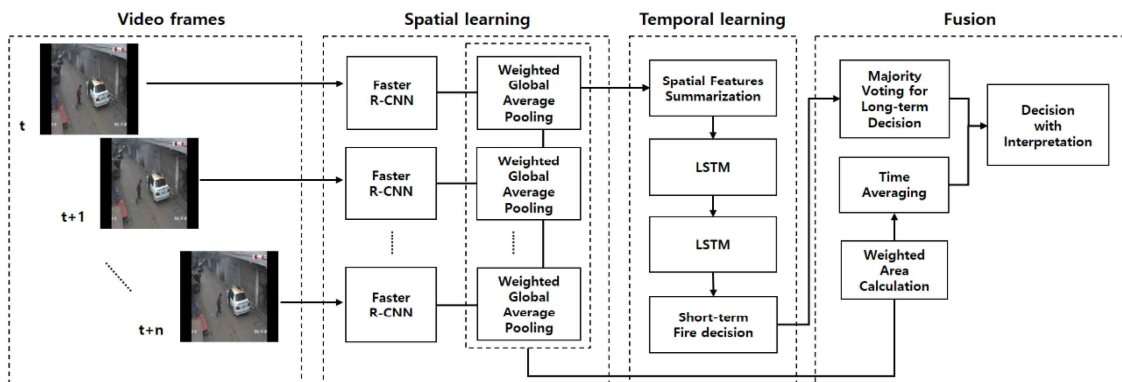
나. 영상 감지 기술

- (인공지능을 이용한 화재경보 시스템) IoT 기반으로 운영되는 시설에 복수의 위치에 화재를 감지하기 위한 복합형 센서들을 내장
 - 정보를 수신하고, 화재 발생 시 센서 값들의 변화, 영상 모양의 판단 등을 딥러닝(deep learning) 기반의 기계학습을 통해 화재구역 통합 인식정보를 분석하는 AI (Artificial Intelligence) 엔진을 포함
 - 두 개 이상의 센서(온도+가스, 온도+불꽃 등)의 값이 임계값을 넘어갈 때 화재 확률이 높아졌다고 보고, 경고 신호 및 현장의 영상을 사용자의 스마트폰 앱이나 화재경보 서버, 소방 관리자의 터널로 전송하여 비상 알림
 - 센서, AI 엔진 및 화재경보 서버 간 통신을 위하여 지그비(Zigbee), 알에프(RF), 와이파이(WiFi), 3G, 4G, LTE, LTE-A, 와이브로(Wireless Broadband Internet) 등이 이용 가능
- (CCTV를 활용한 지능형 화재감지 시스템) 다수의 CCTV로부터 수신된 영상 정보를 머신러닝을 이용하여 1차적으로 화재 여부를 판단하고, 화재로 의심되는 영역의 시간별로 화소의 변화를 분석하여 2차 판단함으로써 오검출을 줄일 수 있는 화재감지 시스템
 - 화재 영상과 화재 유사 영상을 분류하여 기계 학습을 수행하는데, 기계학습 알고리즘은 CNN Convolutional Neural Network)을 사용
 - 본 화재감지 시스템은 영상저장 서버, 영상 분석 서버, 화재 종류, 화재 등급 등을 결정하는 이벤트 분석 서버 그리고 관제 클라이언트로 구성
- (딥러닝 기반의 합성곱 신경망을 이용한 화염 및 연기 감지 알고리즘) 화염이나 연기는 영상 내에서 움직임 을 가지고 있으므로 영상 전처리기법을 통하여 움직임이 발생하는 영역을 관심 영역(Region of Interest, ROI)으로 추출하여 해당 영역에 화염이나 연기가 발생하였는지 추론

- 관심영역을 검출하기 위하여 일정 시간차를 두고 전경영상과 배경영상의 영상차분(image difference)을 통해 유동적인 부분을 추출하고, 이 과정에서 노이즈들로 인하여 발생할 수 있는 오류를 제거하기 위하여 가우시안 혼합 모델링(Gaussian mixture model) 적용
- 이러한 영상차분 방법을 통하여 기존 방법에서 대상 객체가 있을 것으로 추정되는 위치영역을 검색하는 과정에서 발생하는 하드웨어의 연산 소모를 줄일 수 있는 장점

○ (인공지능을 이용한 화재경보 시스템) 사람의 인지 과정을 모방한 Detection and Temporal Accumulations(DTA)라 불리는 딥러닝을 기반으로 연속 영상을 분석하여 화염과 연기의 변화를 분석하여 화재를 판별하는 시스템

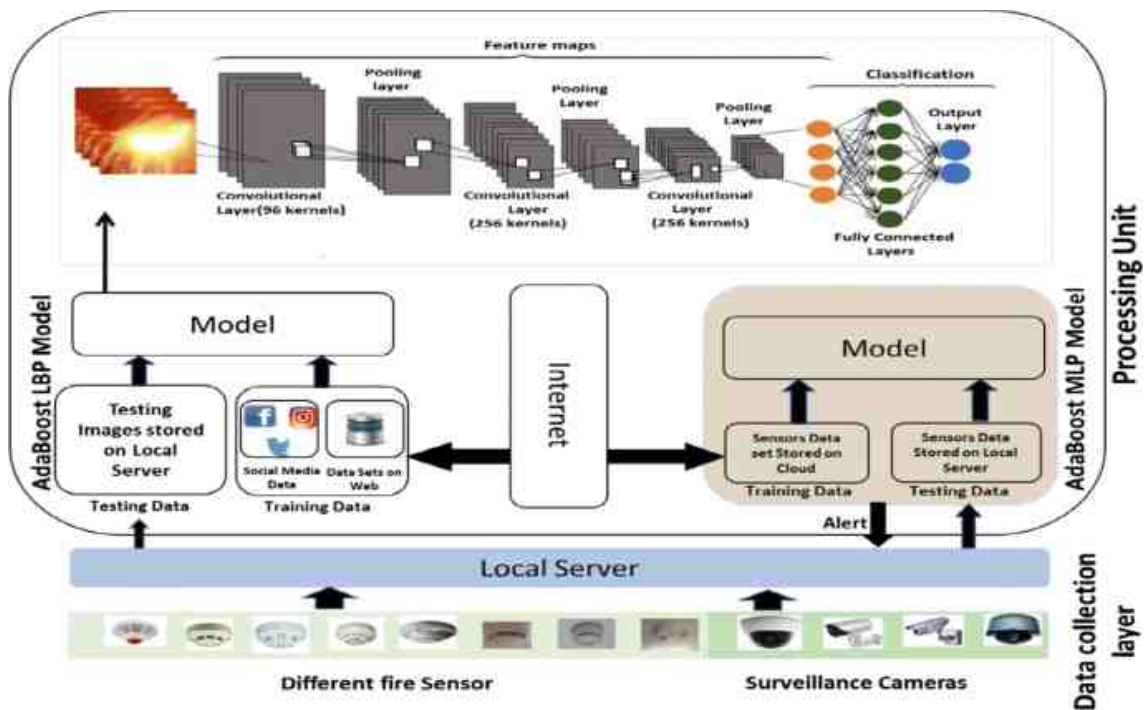
- Suspected Region of Fire(SRoF)는 Faster R-CNN (Region-Convolutional Neural Network)에 의해 공간적 특성이 감지
- 짧은 시간 안에 화재 여부를 판별하기 위해 Long Short-Term Memory(LSTM)가 연속적인 프레임에서 모양을 축적하고 이를 다수투표법에 따라 화재 여부를 최종 판별
- 또한 최종 화재여부 판별 시에는 화염과 연기가 발생하는 영역과 온도 변화를 고려



[그림] 인공지능을 이용한 화재경보 시스템의 네트워크 구조

※ 출처 : A Video-Based Fire Detection Using Deep Learning Models, 2019, 김병준

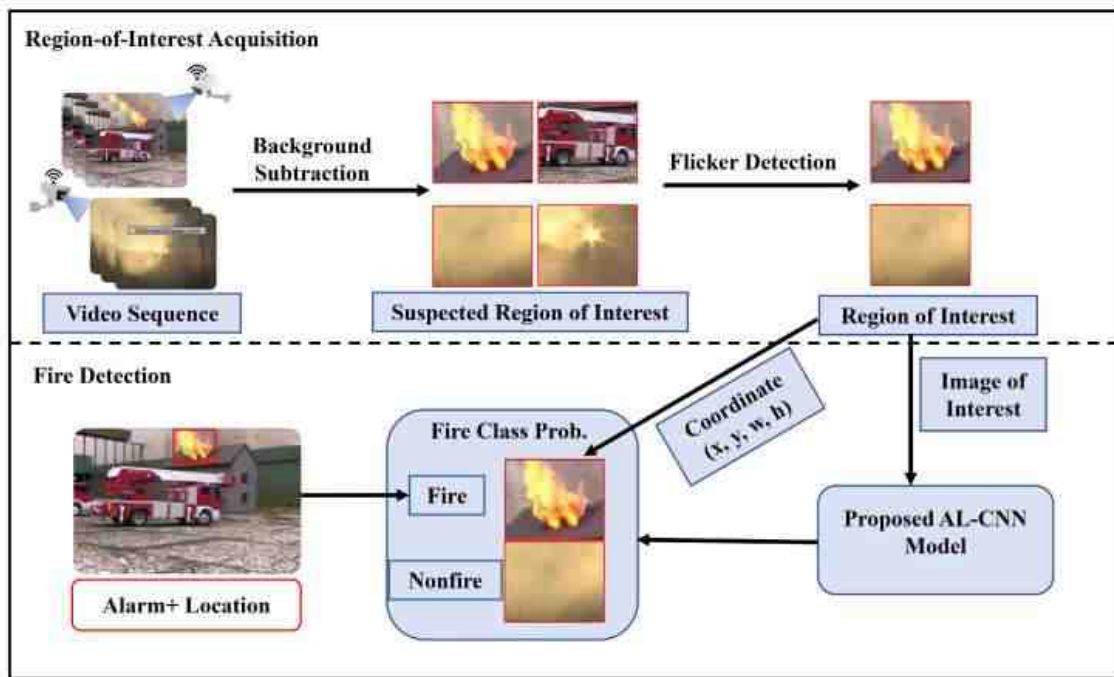
- (합성곱 신경망 기반 조기 화재 감지기술) 열 감지, 연기 감지, 가스 감지와 같은 화재 감지센서 데이터와 이미지 및 비디오 데이터를 기반으로 기계학습과 딥러닝 알고리즘을 이용한 조기 화재 감지 방법
 - 화재 감지센서로부터 획득한 데이터는 Adaboost-MLP model을 적용하여 화재 환경을 1차적으로 판별
 - 1차적으로 화재로 판단될 경우 화재 여부 판별 시간을 단축하기 위해 Adaboost-LBP model을 통하여 관심영역(Region of Interest, ROI)을 추출하고 이를 합성곱 신경망을 통해 최종 화재발생 여부를 결정
 - 본 모델은 산업현장 화재, 빌딩 화재, 산불 등 다양한 형태의 화재와 일몰, 안개 등의 화재로 오인할 수 있는 영상 데이터에 대해 검증 실험을 실시하였으며 본 화재 감지기술의 정확도는 약 99%



[그림] 합성곱 신경망을 활용한 화재 조기 감지시스템의 전체 흐름도

※ 출처 : Convolutional neural network based early fire detection, 2019, Faisal Saeed

- (동적 특징(Dynamic features)과 정적 특징(Static features)을 이용한 영상 화재 감지기술) 영상에서 화염의 동적 모양(Dynamic feature)을 감지하기 위하여 화염의 움직임과 깜빡거리는 특징을 모두 고려하는 motion-flicker based 알고리즘을 적용하여 배경을 제거하고 움직임이 있는 부분을 추출
 - 한편 불꽃의 색, 밝기 등의 스펙트럼 정보와 공간적 정보, 즉 정적특징(Static feature)을 adaptive lightweight convolutional neural network (AL-CNN) 기법으로 추출
 - 영상의 동적·정적 특징을 동시에 고려하여 영상 화재감지를 함으로써 정확도와 판별 시간을 단축시키는 효과를 기대할 수 있음



[그림] 영상 화재 감지기술의 분석 framework

※ 출처 : Efficient Video Fire Detection Exploiting Motion-Flicker-Based Dynamic Features and Deep Static Features, 2020, YAKUN XIE

다. 모니터링 기술

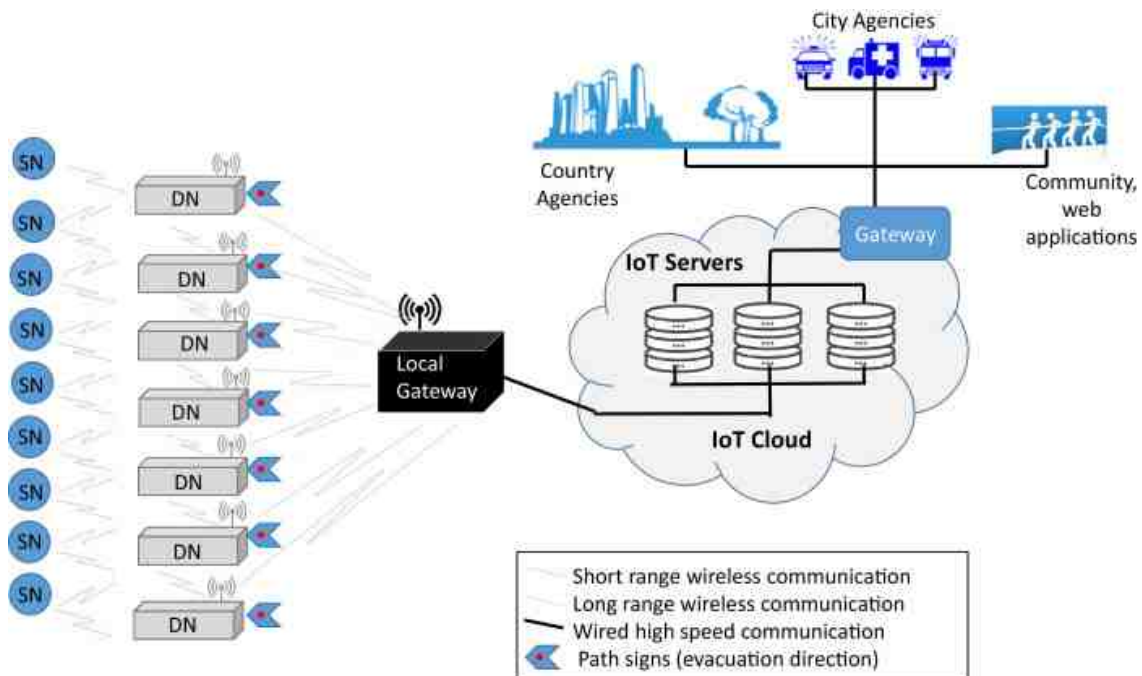
- (화재 검출 및 생존자 위치 파악 시스템) 이미지 또는 비디오의 객체, 사람, 텍스트, 장면 및 동작을 식별하는 AWS recognition API를 응용하여 화재 여부 판단 및 발생 시점을 확인하고, 화재라고 판단될 시 중앙관리실에 CCTV 화면을 자동으로 연결하여 관리자가 확인 및 정보 수신이 가능하도록 설계
 - 화재 감지 판별을 위한 소요시간은 평균 20초 이내로, 기존의 감지기보다 감지를 위한 소요시간이 짧고 정확한 화재 여부 및 위치 판단으로 신속한 초기 대응이 가능
 - AWS Rekognition API는 화재 판단뿐만 아니라 사람의 이동 경로 파악이 가능하여 사람들의 최종 위치를 파악함으로써 골든타임 내 인명구조가 가능하도록 지원할 수 있는 시스템
 - 화재가 발생하게 되면 활성화 버튼 시스템인 ‘Save Touch’ 버튼의 색이 바뀌면서 활성화가 되어 생존자가 누르면 구조자의 위치 정보가 중앙관리자에게 전달되어 빠른 인명 구조가 가능
 - ‘Save Touch’ 는 MCU에 연결된 버튼을 누르면 ID sector에 의해 지정된 코드가 중앙 관리자에게 전송되고, 해당 코드 위치를 표시하여 CCTV 화면을 자동으로 연결



[그림] API를 이용한 사람의 이동경로 파악

※ 출처 : 화재 검출 및 생존자 위치 파악 시스템 개발, 2019, 이동연

- (응급상황 대피를 위한 하이브리드 IoT 기반 접근 방법) IoT와 클라우드 컴퓨팅을 이용한 hybrid 응급상황 대피로 계산방법으로 위험정도, 대피자의 행동, 환경적 조건을 고려하여 실시간으로 최적 경로를 도출하는 시스템
- Localized Emergency Navigator(LEN)과 High-Ri나 Emergency Navigator(HREN)의 두가지 비상 네비게이터를 이용
 - Sensing Nodes(SNs)는 위험 요소, 강도, 재실자 움직임 등을 Decision Nodes(DNs)에 전달하고, DNs는 근거리에서 위치한 SNs와 DNs에서 수집한 정보를 종합하여 LEN을 이용하여 적절한 대피경로를 도출
 - 모든 DNs는 local gateway(LG)를 통해 위험 요소와 대피 과정에 대한 중요 정보를 IoT 클라우드에 전달
 - 이때 DN이나 IoT 클라우드에 고위험 재실자 상황이 감지될 때는 IoT 클라우드가 HREN을 실행시켜 특정 장소의 DNs에서 대피 기준을 조정하거나 해당 구역에서 재실자를 구조하는 조치를 취함

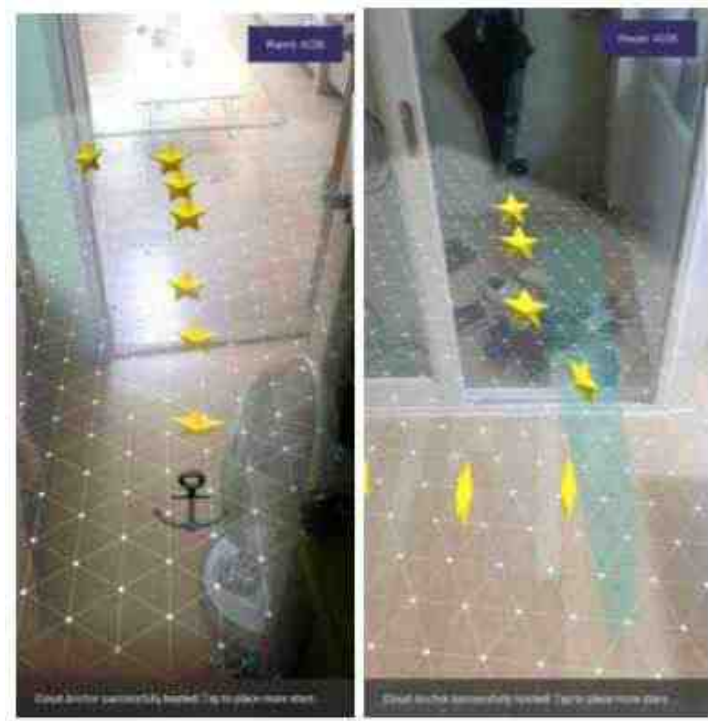


[그림] 네트워크 다이어그램

※ 출처 : A hybrid IoT-based approach for emergency evacuation, 2019, NajlaAl-Nabhan

○ (실내화재 환경에서의 AR 기반 피난경로 안내 시스템) LBS (Location-Based Services) GPS를 이용한 AR 모바일 어플리케이션을 활용한 대피경로 유도 시스템

- 실내 화재 환경에서 CCTV 영상처리를 이용한 CNN 및 AR 기반 대피로 안내 시스템
- CNN은 일반적으로 영상검출과 인식 정확도가 뛰어난 것으로 알려져 있지만 학습된 데이터의 품질에 영향을 받음
- 관리자는 웹서버로부터 화재 알림 메시지를 받은 뒤 브라우저 화면 상에 있는 CCTV에서 촬영한 영상을 웹서버를 통해 모니터링하여 화재 규모를 파악
- 화재 규모를 파악한 뒤 실내에서 화재가 발생했다는 메시지와 웹서버에서 모바일 기기로 자동 실행 신호를 송출하면 AR 기반 노선안내 서비스가 자동으로 실행
- 웹서버로부터 자동 실행신호를 받은 이용자는 현재 위치로부터 모바일 기기를 통해 목적지까지 안내받을 수 있도록 설계



[그림] AR 기반 대피경로 안내 어플리케이션 실행 장면

※ 출처 : AR-based Evacuation Route Guidance System in Indoor Fire Environment, 2019, Gi Ho Nam

라. 화재 진압 시스템

○ (Arduino 기반 폐쇄 구역의 화재 감지 및 소화용 제어 로봇 구현) 화재 발생 시 소방관들의 안전을 위하여 무선 제어 시스템을 사용하여 화재진압을 위한 소방 로봇 개발

- Arduino는 단일 보드 마이크로 컨트롤러이자 프로그래밍을 위한 소프트웨어 제품으로, 장치들과 외부 구성요소들 간의 입력값과 결과값을 처리하도록 프로그래밍할 수 있는 도구
- 화재 여부는 로봇에 장착된 무선 카메라와 불꽃 센서를 통해 감지하고 블루투스 연결을 통하여 휴대전화에 명령을 전송하여 물펌프를 'ON' 시킨 뒤에 화재를 진압하는 것을 기본으로 하는 화재 감지 및 소화용 로봇



[그림] 로봇에 의해 감지된 화재를 연소하는 모습

※ 출처 : Implementation of Controlled Robot for Fire Detection and Extinguish to Closed Areas Based on Arduino, 2018, Ihsan A. Taha

○ (대형 화재 진화용 무인 소방로봇시스템) 미쓰비시중공업과 미쓰비시 특기시스템, 히로보, 후카다공업(深田工業), 동북대학, 소방연구소 등이 참여하여 화재 진화용 무인 로봇시스템 개발

- 드론, 방수(放水) 로봇, 호스 설치로봇 등으로 구성되며 작업자는 후방에서 로봇에게 명령을 내리기 때문에 소방관의 안전을 확보하는게 용이
- 이 시스템은 화재 현장에 도착하는 즉시 내열성 드론을 띄워 공중에서 화재 상황을 파악하고, 지상 주행형 정찰 로봇이 화재 현장 주변을 조사
- 이어 급수용 호스를 설치할 수 있는 공간을 확보하는데로 방수 로봇과 호스 부설 로봇을 현장에 투입해 진화 작업을 진행

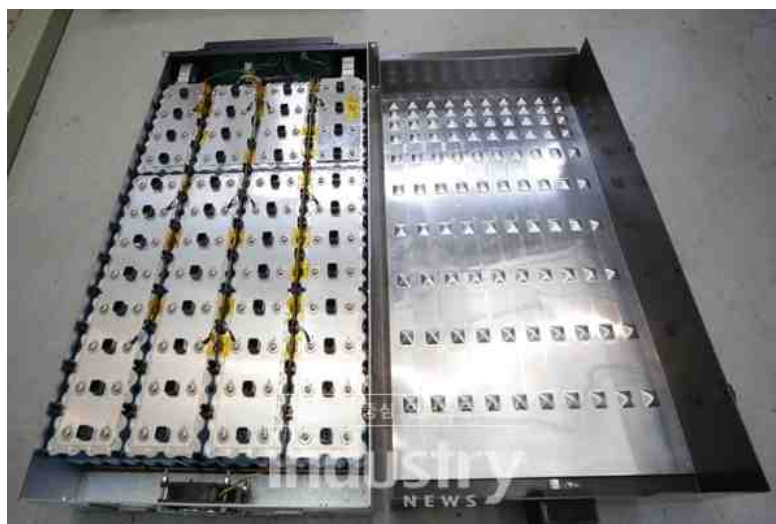
- 드론은 열화상 카메라와 연소 가스센서를 탑재하여 공중에서 불꽃의 확산과 방수의 궤적을 파악할 수 있음
- 지상 정찰 로봇은 유류 탱크나 화재 현장 주위의 온도를 측정하고, 고온으로 인한 내압 폭발을 감시하며, 레이저 센서를 이용해 자신의 위치와 주변지도를 작성하면서 목표 지점까지 이동
- 소방관은 로봇이 제안하는 이동 루트를 승인하고 드론의 배터리 교체 등 후방 작업을 지원
- 이 시스템은 로봇 4대를 하나의 컨테이너에 수용하여 현장에 도착해 15분 안에 드론을 전개하고 1시간 이내 방수를 시작한다는 계획으로 로봇은 대형 소방차가 배치되기 전 초기 진화작업을 담당



[그림] 일본 대형화재 진화용 무인 소방로봇 시스템

※ 출처 : 지능형 화재 및 가스안전 관리시스템 분야 첨단기술 동향, 2020, 손종렬

- 한국생산기술연구원은 에너지저장장치(Energy Storage System; ESS) 제조기업인 대경산전과 ‘ESS 미세 아크(Arc) 감지 시스템’을 개발
 - 미세 아크 발생 원인에 주목한 대경산전은 배터리를 연결하는 커넥터 체결부가 헐거워지면서 에너지 전달 효율이 감소하고, 결국 과부화로 미세 아크가 발생한다 진단
 - 대경산전은 이를 개선하기 위해 배터리와 커넥터 사이에 완충부를 추가하기로 하고, 미세 아크 신호의 포집률을 높이기 위해 배터리 트레이 상단 안쪽을 피라미드 엠보싱 형태로 제작해 미세 아크의 빛 반사를 통해 센서까지의 도달률을 높이는 아이디어를 고안
 - 한국생산기술연구원에서는 전자기력을 이용해 각기 다른 소재끼리 200m/s 이상의 고속에서 충돌하면, 순간 유체처럼 변하면서 강하게 접합되는 원리를 이용해, 이중 소재인 구리와 알루미늄의 접합 문제를 해결
 - 마찬가지로 전자기력으로 알루미늄을 고속에서 성형하면, 국부가 가열돼 성형성이 개선되는데, 이를 통해 뾰족한 피라미드 엠보싱 구조의 트레이 제작이 가능
 - 피라미드 엠보싱 구조는 어느 배터리에서 미세 아크가 발생하든 빛 반사를 통해 단 1개의 센서만으로도 미세 아크 신호를 80% 이상 포집할 수 있고 다량의 센서가 필요 없어 비용 절감 가능



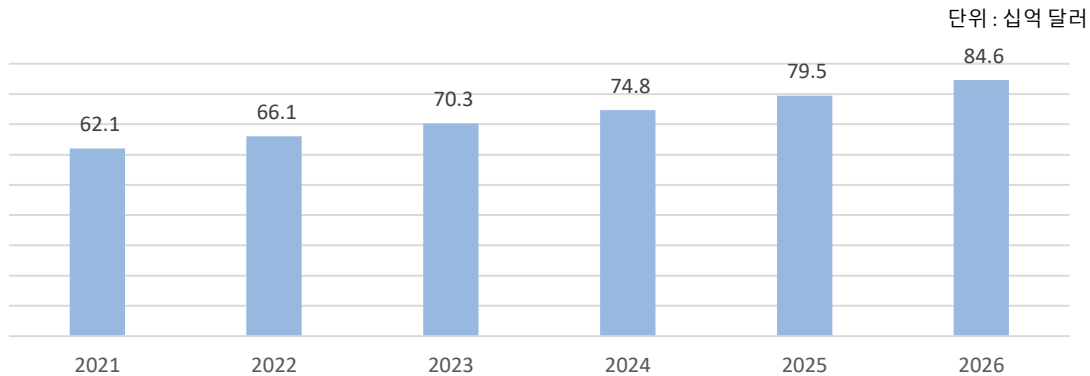
[그림] 생산기술연구원의 ESS 미세 아크(Arc) 감지 시스템

※ 출처 : “생기원대경산전, ESS 대형 화재 차단하는 ‘미세 아크’ 사전 감지 시스템 개발”, 2021.01.06 인더스트리뉴스

IV. 시장동향

1. 글로벌 시장

- 세계 소방설비 시장규모는 2021년 621억 달러에서 연평균 6.4%로 성장하여 2026년 846억 달러의 시장규모를 형성할 것으로 전망

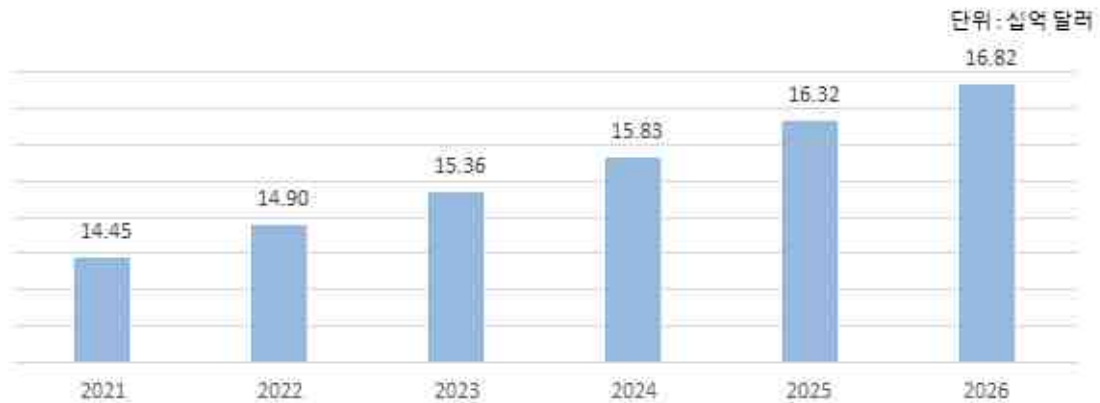


[그림] Global Fire Protection System Market

※ 출처 : Fire Protection System Market, 2021, MarketsandMarkets

- 소방설비(또는 소방시설)는 화재가 발생하였을 때 이를 탐지하고 주위에 통보하는 시설, 불을 끄기 위한 시설, 소화에 필요한 물을 확보하기 위한 시설, 소방대의 활동을 돕기 위한 시설 등을 포함
- 소방설비는 스프링클러, 소화기류 등이 포함되는 화재진압(Fire Suppression)설비와 화재감지기, 화재경보기 등의 화재감지(Fire Detection) 설비로 구분
 - 소방설비는 소방법규에서 정하는 일정 규모 이상의 건축물과 다중이용시설 등에 의무적으로 설치해야 함
 - 또한 안전성, 정확성 등의 신뢰성이 중요한 요소로 국가별 화재안전기준에 따라 소방설비의 설치, 유지 및 안전관리에 필요한 사항을 규정
 - 이에 따라 소방설비산업은 화재, 연소, 방폭, 방화, 등의 위험물 관련 지식 및 기술뿐만 아니라 건축, 전기, 기계 등의 건설 관련 지식의 전문성이 요구되는 산업

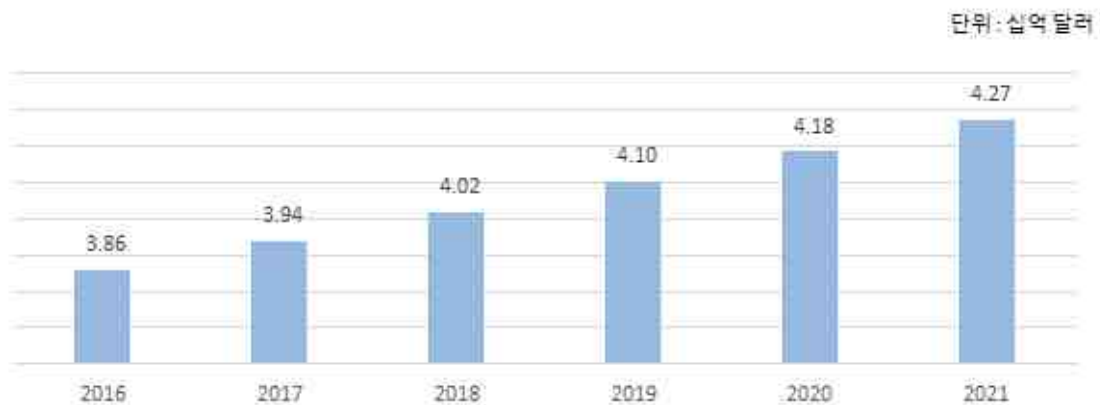
- 방화 시스템 중 화재 진압 시스템이 차지하는 비중은 약 20% 이상으로, 2021년 144.5억 달러에서 연평균 3.1% 성장하여 2026년 168.2억 달러로 성장이 전망됨



[그림] Global Fire Suppression Market

※ 출처 : Fire Protection System Market, 2021, MarketsandMarkets

- 전 세계 해양 소방 장비 시장은 2016년 38.6억 달러에서 연평균 성장률 2.3%로 2021년에는 42.7억 달러로 성장이 전망됨

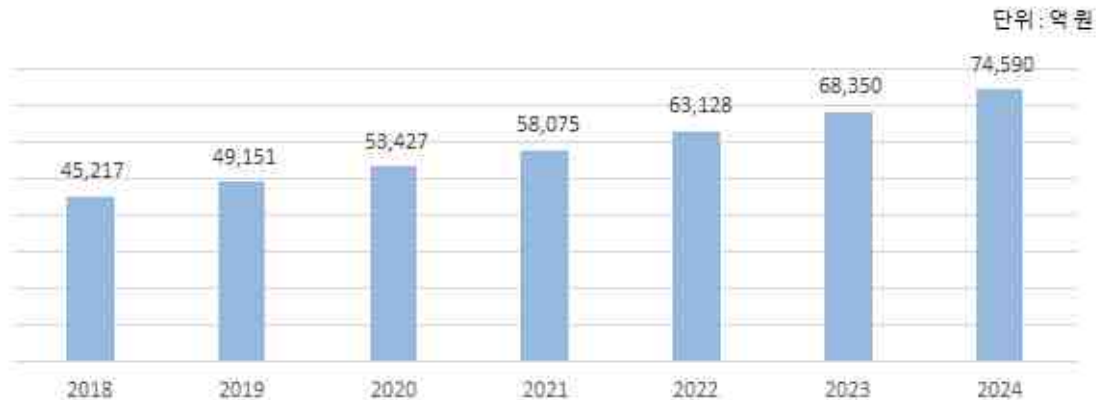


[그림] Global Marine Firefighting Market

※ 출처 : Global Marine Firefighting Market, 2017, TechNavio

2. 국내 시장

- 국내 소방설비 시장은 2018년 4조 5,217억 원에서 연평균 8.8%로 성장하여 2024년에는 7조 4,590억 원의 시장규모를 형성할 것으로 전망



[그림] 국내 Fire Protection System Market

※ 출처 : 한국신용정보원, 통계청, 소방산업통계조사(소방청), NICE디앤비 재구성

- 최근 환경변화에 따라 자연재해가 늘어나고 있으며, 초고층 건물이 증가하는 추세에 따라 대형 화재로 인한 피해 규모가 커지면서 소방안전에 대한 전국민적인 인식이 높아지고 있음
 - 이에 따라 소방 점검 의무 대상이 확대되는 등 기존의 소방 관련 법규 및 규제가 강화되고, 품질이 우수한 국제규격 인증 소방설비에 대한 관심과 수요가 증가
- 우리나라에서는 「건축물관리법」에서 3층 이상의 의료시설, 교육시설, 수련시설, 숙박시설 등의 화재 안전 성능 보장을 강제하는 내용을 주축으로 제정된 후 2020년부터 시행됨에 따라 국내 소방설비산업은 양호한 성장세를 이어갈 것으로 전망
 - 소방설비는 기존의 소화기, 화재감지기 등의 제품 중심에서 정보통신기술, 원격제어기술, 로봇기술 등의 첨단기술이 활용된 스마트 소방시스템으로 발전되고 있어 소방설비 확대에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 예상
 - 다만, 소방설비산업은 경기변동에 다소 민감한 산업이고, 소방설비의 교체 지연 및 수요업체의 저가 납품 요구에 따라 시장 성장이 저해될 수 있음

V. 산업동향

1. 글로벌 산업동향

- 글로벌 소방산업은 화재의 능동적 방화(Active Fire Protection) 시장 중심으로 진행되고 있으며, 개발도상국의 도시화 가속화로 인한 소방산업의 중요성이 부각됨에 따라 향후 개발도상국 중심으로 진행될 가능성이 클 전망
- 주요국의 소방산업은 국가적 차원으로 자국 산업 및 기술 보호, 엄격한 인증제도 적용, 융합형 기술 개발, 해외 수출 확대를 추진하는 추세



[그림] 주요국 소방산업 특징

※ 출처 : 글로벌 소방산업 현황, 2019, 한국소방산업기술원

- 해외 ESS는 국내와 달리 화재 사고의 위험이 크지 않은 것으로 파악되고 있는데, 그 원인은 운영방식, 시공업체의 능력, 설치환경 등에서 한국과 차이가 있는 것으로 분석됨
- 해외 ESS에서는 운영사가 배터리 안전성과 수명을 고려해 계약 용량을 초과한 배터리를 설치
 - 계약 기간 동안 사용되는 배터리 용량보다 많은 배터리를 확보해 무리한 배터리 사용을 자제하고 있음
- 해외 ESS 시공사들은 국내보다 엄격한 기준에서 ESS를 설치하는 것으로 알려짐
 - 전력 계통의 노하우가 뛰어난 대규모 발전 회사들이 시공과 운영을 맡고 있는데, 이 회사들은 전기와 배터리 설치 자격증을 소지한 전문 인력을 직원으로 두고 있음
 - 시운전 기간도 최대 2개월까지 소요돼 이 기간동안 다양한 시나리오 별로 테스트를 진행해 성능과 안전성을 검증
 - 반면 국내 ESS는 시공사와 운영사가 운영 경험이나 노하우가 부족
- 해외 ESS는 온도와 습도가 엄격히 관리되는 설치환경에 설치됨
 - 해외는 ESS 부품을 외부 환경으로부터 보호할 수 있는 컨테이너 또는 전용 건축물을 설치하며 항온항습기와 소방시설등도 함께 설치되고 있음
 - 반면 국내 ESS는 조립형 가건물 형태가 대부분

2. 국내 산업동향

- ESS 중 리튬이온배터리를 이용한 방식은 에너지 밀도가 우수하지만 화재위험은 높은 편임
 - 국내 리튬이온배터리 방식의 ESS 화재는 2017년 8월부터 2019년 10월까지 총 28건 발생했으며, 화재가 발생한 ESS는 모두 리튬이온배터리 방식
 - ESS 화재는 2018년도에 집중적으로 발생해 이에 대한 원인을 분석하고 대책을 마련하기 위해 민간합동 ESS 화재 사고 원인조사위원회가 구성되었음
 - ESS 화재 사고 원인조사위원회의 안전강화 대책은 2019년 6월 발표되었으나, 발표 이후에도 추가로 화재가 발생
- 국내에 설치된 1,500여 개 ESS 설비 중 약 절반은 태양광 연계 ESS 설비이며, 그다음으로 약 40%를 초과하는 ESS 설비가 피크 저감을 목적으로 설치
 - 2017년 이후 국내에 설치된 ESS 설비 약 1,500개소 중 약 1~2%의 ESS에서 화재가 발생한 것으로 나타났으며, 그 중 특히, 태양광 연계 ESS에서 화재 발생 비율이 높은 것으로 나타남
 - 피크 저감을 목적으로 설치된 ESS 설비의 경우 용량이 큰 경우가 많으며 화재 안전에 투자된 시설 수준이 높아 화재빈도가 다소 낮은 것으로 나타남
 - ESS 설비의 배터리 용량이 1MWh 이하인 경우 사고 확률이 낮으며, 1MWh 이상 설비에서는 배터리 용량이 클수록 사고 확률이 소폭 증가하는 경향이 확인되었음

[표] 국내 ESS 화재사고 현황(2017년 8월 ~ 2019년 10월)

순번	사고일시	장소	활용목적	피해 (억원)	용량 (MWh)	비고
1	'17.08.02	고창	풍력 연계	15	1.5	설치 중(보관) 화재
2	'18.05.02	경산	주파수 조정	23	8.6	수리 점검 중 화재
3	'18.06.02	영암	풍력 연계	88	14	수리 점검 중 화재
4	'18.06.15	군산	태양광 연계	9	19	충전 후 휴지 중 화재
5	'18.07.12	해남	태양광 연계	4.5	3.0	충전 후 휴지 중 화재
6	'18.07.21	거창	풍력 연계	30	9.6	충전 후 휴지 중 화재
7	'18.07.28	세종	피크제어용	30	18	설치 중(시공) 화재
8	'18.09.01	영동	태양광 연계	3	6.0	충전 후 휴지 중 화재
9	'18.09.07	태안	태양광 연계	0.6	6	설치 중(시공) 화재
10	'18.09.14	제주	태양광 연계	1.2	0.2	충전 중 화재
11	'18.10.18	용인	주파수 조정	10	17.7	수리 점검 중 화재
12	'18.11.12	영주	태양광 연계	7	3.7	충전 후 휴지 중 화재
13	'18.11.12	천안	태양광 연계	1.5	1.2	충전 후 휴지 중 화재
14	'18.11.22	거창	태양광 연계	4	1.3	충전 후 휴지 중 화재
15	'18.11.22	문경	태양광 연계	8	4.2	충전 후 휴지 중 화재
16	'18.12.17	제천	피크제어용	41	9.3	충전 후 휴지 중 화재
17	'18.12.22	삼척	태양광 연계	18	2.7	충전 후 휴지 중 화재
18	'19.01.14	양산	피크제어용	6.5	3.3	충전 후 휴지 중 화재
19	'19.01.14	완도	태양광 연계	18	5.2	충전 후 휴지 중 화재
20	'19.01.15	장수	태양광 연계	10.9	2.5	충전 후 휴지 중 화재
21	'19.01.21	울산	피크제어용	48	40	충전 후 휴지 중 화재
22	'19.05.04	칠곡	피크제어용	6	3.7	충전 후 휴지 중 화재
23	'19.05.26	장수	태양광 연계	-	1.0	충전 후 휴지 중 화재
24	'19.08.30	예산	태양광 연계	5.2	1.5	정부 안전강화대책 발표 후 첫 화재
25	'19.09.24	평창	풍력 연계	100	30	원인 조사 중
26	'19.09.29	군위	태양광 연계	4.6	-	원인 조사 중
27	'19.10.21	하동	태양광 연계	4	1.3	원인 조사 중
28	'19.10.27	김해	태양광 연계	7	2.3	원인 조사 중

※ 출처 : 신재생에너지의 전망과 ESS의 위험관리기준 동향, 2020, 최명영

- (초기 진화 실패) 국내에 ESS 화재사고가 발생한 초기에는 소화 활동에 참여했던 소방관 및 비상대응 관계자들이 리튬이온배터리의 폭발을 두려워해 적극적인 소화 활동을 전개하지 못하였음
 - 국내 ESS 설비에는 주로 가스계 소화설비가 설치되어 있거나, 규모가 작은 경우에는 자동식 소화장치, 소공간 소화장치 등이 설치
 - 기존의 소화약제의 경우 ESS 화재에 적응성이 없어서 자동 소화설비가 작동하더라도 초기 진화가 어려우며, 소화기 등을 활용한 관계자의 초기 진화가 어려움
 - 일부 ESS 설비는 무인 관리되어 화재 인지 후 비상대응까지 시간이 상당히 걸리며, 태양광 연계 ESS 설비 등은 소방서가 원거리에 위치하고 진입로가 비포장도로이거나 협소해 진입에 어려움이 있어 소방대원 도착 시 화재가 최성기에 들어선 상태인 경우가 빈번
 - 추후 주수소화로 인한 ESS 설비의 폭발이 발생하지 않음을 인지하고 적극적인 소화 활동을 전개하고 있으나 화재 최성기 이후에는 ESS 화재 진압이 어려운 경우가 많음
- (급격한 연소 확대) ESS는 배터리가 랙 구조로 층층이 쌓여 있어 발생하는 열이나 화염이 인접한 배터리로 빠르게 전달되며, 배터리 간격이 좁아 소화약에 침투가 어려워 연소가 급격히 확대됨
 - 리튬이온배터리는 연소 가스 및 연기가 발생하고, 열 폭주 발생 및 급격히 연소하는 특성이 있으며, 화재 진압 후에도 내부 에너지로 인해 재발화하는 특성을 가짐
 - 특히 샌드위치 패널 건물의 경우 패널 재질을 통해 연소 확대가 발생하기도 하였음
 - 또한, ESS가 설치된 공간의 가연물에 의한 연소 확산이 이루어지기도 하였는데, ESS 화재 시 상당한 열량이 방출되며 전실 화재 현상(Flashover)이 발생하는 경우가 많은 것으로 나타남
 - ESS 화재 시 발생하는 폭발로 인해 패널 구조물이 붕괴하거나, 콘크리트 건물도 강한 폭발로 인해 개구부가 생긴 사례도 확인

- (장시간 화재 지속) 국내 ESS 화재가 발생한 대다수의 경우 1시간 이상 화재가 유지되었으며, 6시간 이상 화재가 유지된 사고도 다수 있었음
 - 화재 진압 활동, 소화 설비 등 여러 가지 조건에 따라 다르게 나타날 수 있으나, ESS 배터리 용량과 화재 유지 시간과의 상관관계를 분석해 보면 배터리 용량이 큰 시설의 화재에서 더 긴 시간 화재가 유지되는 것으로 분석
 - 배터리 용량이 크면 화재 진화 시간이 길게 소요될 확률이 높아 배터리 용량이 화재 발생 위험 및 화재 양상에 미치는 영향이 있다고 추정됨
- ESS 화재 사고로 산업 신뢰도 하락 및 불확실성 증대와 후속 조치로 인한 업계 부담 증대
 - 최근 발생한 총 28건의 ESS 화재 사고로 인하여 두 차례의 조사가 이루어졌으나, 1차·2차 조사의 화재 원인이 상이하여 ESS 산업 불확실성 가중
 - 1차 조사는 운영환경, 시스템 미흡 등을 화재 원인으로 발표, 2차 조사는 배터리 결함을 원인으로 발표
 - 아울러, 1차 조사에 따라 제품 및 시스템 차원의 안전관리 강화 조치, 2차 조사의 결과로 SOC²⁾ 90%이내로(옥내설비 80% 이내) 제한하는 등 ESS 추가 안전 대책 시행 중이며 SOC 제한으로 업계의 부담 상승
- REC 가격 하락 심화와 신재생에너지 연계 ESS의 REC 가중치 축소에 따른 수익성 저하
 - REC(Renewable Energy Certificate)란 신재생에너지로 전력을 공급한 사실을 증명하는 인증서이며, 발전사업자는 신재생에너지 직접생산 또는 REC를 구입하여 할당된 의무량을 이행하며 REC 거래시 신재생 에너지원별로 가중치를 적용하여 REC 판매 수익이 결정됨
 - '17.1월 REC 가격은 약 161,000원이며, '19.12월은 약 49,000원으로 크게 감소

2) SOC(State of Charge) : 배터리의 충전상태를 의미

- '20.7월부터 태양광·풍력 연계 ESS의 REC 가중치는 배터리 가격 인하, 설치비용 하락 등을 감안하여 4.0으로 축소 예정
- 한편, 화재 사고 조사를 위한 ESS 가동 중단 및 사업 지연으로 당초 예상한 REC 가중치 적용받지 못함에 따라 투자금 회수 계획에 차질 불가피

[표] ESS 화재 사고 조사 결과

구분	1차 조사	2차 조사
조사 주체	민관합동 ESS 화재사고 원인조사위원회	ESS 화재사고 조사단
조사 시기	'19.01 ~ '19.06	'19.10 ~ '20.02
조사 대상 건	23건 ('17.08 ~ '19.05)	5건 ('19.08 ~ '19.10)
화재 원인	① 배터리 보호 시스템 미흡 ② 운영환경 관리 미흡 ③ 설치 부주의 ④ ESS 통합제어·보호 체계 미흡 ⑤ 일부 배터리 제조상 결함 (배터리 결함 모사실증에서 화재 미발생, 다만, 일부케이스에서는 발화 가능성 발견)	배터리 결함 (높은 SOC 조건으로 운영 및 배터리 이상 현상 결합하여화재가 발생한 것으로 추정)
조사 결과에 따른 안전대책	① ESS 설비 안전관리 제도개선 - KC 인증 강화 및 KS 표준 제정 - 옥외 전용건물 설치 유도, 안전장치 의무화 등 ② 기존 사업장 안전 보강조치 - 모든 사업장의 4대 공통안전조치 이행 - 방화벽 설치 등 안전보강 조치	① SOC 제한조치 ② 옥내설비 재사용을 통한 옥외 이전 지원 ③ 사업장에 대해 운영데이터 별도 보관 ④ 철거 이전 등의 긴급 명령제도 신설 추진

※ 출처 : 국내 ESS 산업의 위축 원인과 시사점, 2020, KDB미래전략연구소

○ '20년 말 피크제어용 ESS 특례요금제도* 일몰 예정에 따른 신규 사업 추진 애로

- 정부는 ESS 특례요금제도 시행으로 ESS 사업에 적극적 지원
- 현재 시행중인 전기요금 특례할인제도 중 기본요금제도 외에는 모두 '20년 말 일몰 예정이며, 기본요금제도는 '20년 이후 현재의 1/3수준으로 할인 폭 감축 예정

- (삼성SDI) 점유율 기준 국내 최대 ESS 배터리 공급사인 삼성SDI는 배터리 화재 예방대책을 최근 재검토
- 열에 반응하는 기존 캡슐형 소화약제로는 열폭주로 인한 화재를 막는데 한계가 있다는 판단
 - 삼성SDI는 해외 기술업체와 제휴한 대전 소재 S사의 제안을 받아 액체소화제를 문제가 발생한 배터리에 직접 주입하는 방식의 소화시스템을 자사 ESS에 설치기로 결정
 - 삼성SDI는 이미 2019년 배터리 모듈에 특수소화시스템을 적용하는 안전대책을 수립하였으며, ESS 모듈 상부에 설치한 이 시스템은 각형 셀 벤트³⁾에서 일정 온도 이상의 열이 분출되면, 캡슐에 담긴 소화약제를 스스로 터뜨려 화재를 억제
 - 하지만 이런 조치에도 불구하고 추가 화재가 발생하자, 보다 강력한 조치가 필요하다고 보고 이번 시스템 도입을 검토
 - 5세대 고용량 배터리가 개발되면서 기존 소화약제로는 충분치 않다는 판단이 있었을 것이며, 새로 출시되는 ESS에 한해 이 시스템이 적용될 예정



[그림] 삼성 SDI ESS랙

※ 출처 : "삼성SDI, ESS화재 예방대책 다시 세운다", 2021.06.13. E2NEWS

3) Vent. 내부 기화가스가 분출되는 출구

- (현대중공업그룹) 인공지능(AI) 기반의 화재 감시시스템(HiCAMS)을 개발하여 조선업계 최초로 한국선급 및 라이베리아 기국의 기본승인(AIP)을 획득
 - 이 시스템은 인공지능이 선박 내 화재를 감시하는 영상 분석 기반의 안전 솔루션으로 인공지능이 엔진룸 등 선박의 기계 구역에 설치된 20여대의 CCTV 영상과 화재 빅데이터를 분석, 화재 초기 단계에서부터 불씨와 연기 등을 포착
 - 이번 AIP를 시작으로 현대중공업그룹은 향후 선박 전체로 확대 적용해 안전관리를 강화해나갈 예정
 - 특히, 이 시스템은 인공지능이 스스로 데이터를 쌓으며 학습하는 딥러닝 기술을 적용, 일반 카메라 영상으로도 기존 화재 감지센서에서 빈번한 오경보 가능성 등을 원천 제거할 수 있도록 시스템 정밀도를 높임
 - 또한 화재 인식까지 2분가량 소요되던 기존 센서와 달리 화재 징후를 즉각적으로 탐지



[그림] '인공지능(AI) 기반 안전관리시스템(HiCAMS)' 시연화면

※ 출처 : "현대중공업그룹, 선박 내 화재 감시하는 인공지능 시스템 개발", 2021.04.22. 인공지능신문

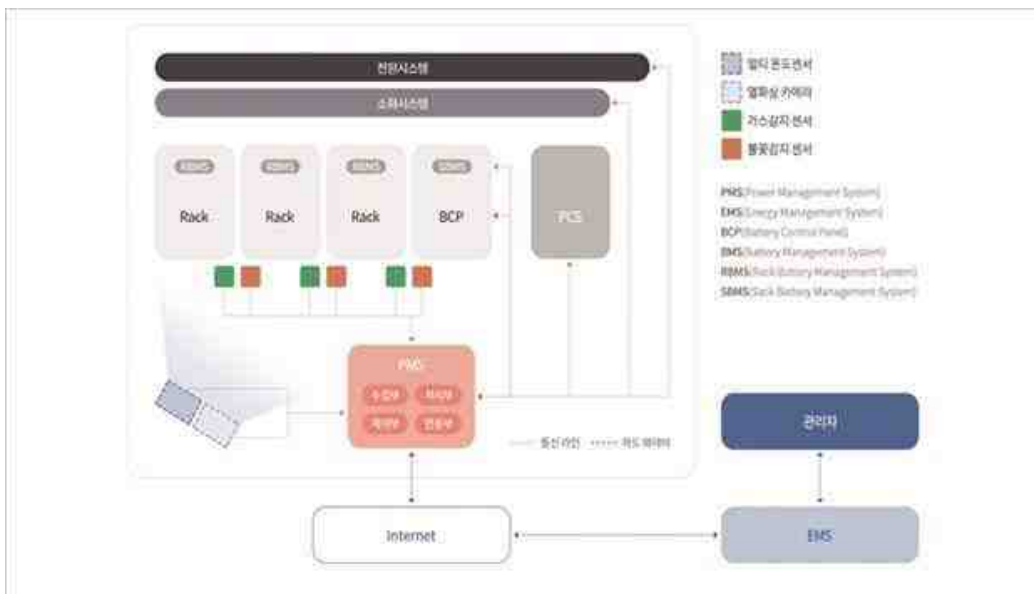
- (파이어킴) 간단한 설계지만 효과적인 소화 기능을 갖춘 ‘스틱(Stick)’과 IoT(사물인터넷)를 접목해 모니터링 및 알람이 가능한 ‘센서플러스(Sensor+)’를 개발
- 배터리 화재진압 시스템은 즉각적이고 효율적인 기능 외에도 미려한 디자인으로 IF 디자인어워드 디자인 본상을 수상했으며, 가스계 자동 소화장치로 국내 최초 KFI(한국소방산업기술원) 성능인정을 획득
 - 센서플러스는 파이어킴의 기존 제품 ‘스틱’의 업그레이드 버전으로 반도체장비, UPS, 네트워크장비 등 고가의 산업용장비에 적용이 가능하며 온도, 연기, 소화약제 누기에 대한 모니터링을 통해 사용자에게 실시간 알람을 제공하는 첨단 IoT 통신기술이 탑재
 - 파이어킴의 스틱과 센서플러스 전 제품에 사용 중인 소화약제는 3M Novec1230으로 세계적인 친환경 소화약제로서 파이어킴은 3M으로부터 공식 공급업체 지위를 인정받음
 - ESS 설비의 경우 설비 내부에서 화재가 발생하면 가까운 셀, 모듈로 먼저 화재진압에 상당한 어려움이 발생하는데, 파이어킴의 제품은 셀 또는 모듈 내부에 화재진압 시스템을 탑재하여 배터리 폭발 시 발생하는 높은 온도의 열에너지를 차단 가능하게 함



[그림] 파이어킴의 배터리 화재진압시스템

※ 출처 : “파이어킴, 신개념 배터리화재진압시스템... 화재발생과 동시에 진압한다”, 2020.04.09. 인더스트리뉴스

- (풍성에너지) 신재생에너지 솔루션 전문기업 풍성에너지는 ‘화재예방장치를 포함하는 에너지저장장치 및 에너지저장장치의 화재예방방법’ 특허를 등록
- 열화상 카메라와 멀티온도센서 등을 활용해 에너지저장장치(ESS) 배터리 화재가 진행되기 이전에 이상을 미리 감지해 사전에 조치를 취할 수 있도록 해주는 솔루션
 - 열화상카메라와 멀티온도센서 등 장치를 통해 배터리 관리 시스템(BMS)에서 각 배터리 모듈의 온도데이터와 전압데이터를 수집해 이상상태를 감지하면 관리자에게 알람을 전송하고 자동으로 설비 정지 또는 전원 차단 등 조치를 실행
 - 일반적으로 ESS 배터리 화재는 배터리 셀 온도가 임계치를 넘으면서 가스와 연기가 발생되고 골든타임이 지나면 열 폭주가 진행돼 발화로 이어지는데, 풍성에너지 솔루션은 화재 전조증상을 분석해 가스발생과 같은 현상이 발생하기 전에 화재에 선제 대응하기 위해 개발



[그림] 풍성에너지의 ESS 화재예방 솔루션

※ 출처 : "풍성에너지 "ESS 화재, 미리 감지해 경고"...독자 솔루션 특허 등록", 2019.12.02. 전자신문

[참고문헌]

- 기술분석보고서(파라텍), 2021, 한국IR협의회
- ESS 화재전용 소화약제 및 소화시스템 개발에 관한 연구, 2020, 이연호
- 지능형 화재 및 가스안전 관리시스템 분야 첨단기술 동향, 2020, 손종렬
- 중소기업 전략기술로드맵 2021-2023(재난/안전), 2020, 중소벤처기업부
- 신재생에너지의 전망과 ESS의 위험관리기준 동향, 2020, 최명영
- 국내 ESS 산업의 위축 원인과 시사점, 2020, KDB미래전략연구소
- 글로벌 소방산업 현황, 2019, 한국소방산업기술원
- 터널화재 및 지하공간(차량화재) 초기탐지 및 화재진압 시스템 개발, 2019, 소방청