콘센트 과열 감지 안전 패치를 이용한 화재 방지 방안에 관한 연구

김민성*, 김우신*, 김민용*, 장봉훈*, 남태양*, 최승규*
*건양대학교 재난안전소방학과
e-mail : skchoi@konyang.ac.kr

Development Of Physical Injection Operation Fire Prevention Safety Patch In Case Of Overheating Of Outlet

Min-Sung Kim*, Woo-Sin Kim*, Min-Yong Kim*, Bong-Hun Jang*,
Tae-Yang Nam*, Seung-Kyou Choi*
*Department of Disaster Safety & Fire, Konyang University

요 약

콘센트 및 멀티탭은 전기 사용량 증가와 함께 과부하, 접촉 불량 등으로 인한 과열로 화재 위험이 지속적으로 증가하고 있으며, 이에 따른 인명 및 재산피해가 발생하고 있다. 기존의 누전 차단기 및 과전류 보호 장치는 일정 수준 이상의 전류 이상에 대해서는 효과적이나, 국부적인 과열 현상을 사전에 감지하고 차단하는 데에는 한계가 있다. 이에 본 논문에서는 콘센트 과열로 인한 화재를 방지하기 위하여 온도 감지 기반의 안전 패치를 제안한다. 제안된 시스템은 콘센트 표면에 부착 가능한 구조로, 온도 센서를 통해 과열 상태를 실시간으로 감지하고 임계 온도에 도달할 경우 물리적으로 플러그를 사출하여 전력 공급을 차단하는 방안과 알고리즘을 제시하고 시뮬레이터를 구현하였다. 제안하는 방안은 과열 발생 시 별도의 전자 제어 없이 즉각적인 물리적 차단이 가능하며, 기존 전기 안전장치의 한계를 보완하여, 보다 신속한 화재 예방이 가능하다. 제시된 방안과 알고리즘을 콘센트에 적용한다면 전기화재를 효과적으로 방지할 수 있을 것으로 기대한다.

1. 서론

현대사회에서 전기 사용량의 증가로 인해 콘센트 및 배선기구의 과열로 인한 화재 사고가 지속적으로 발생하고 있으며, 이에 따른 인명 및 재산 피해가 증가하고 있다.

현대의 사람들은 전력 의존도가 높은 생활로 인해 가전제품 및 IT 기기의 사용량이 지속적으로 증가함에 따라, 콘센트 및 배선기구에서 발생하는 전기화재는 높은 인명피해와 재산피해의 주요 원인이 되고 있다.

2024년 한국화재보험협회의 특수건물화재통계 분석 결과에 따르면, 전체 화재 원인 중 전기적 요인이 34.9%로 가장 높은 비중을 차지하고 있다. 전기화재 세부 항목 중 접촉불량에 의한 단락 18.8%과 절연열화에 의한 단락 17.0%은 단순 과부화보다 발생빈도가 높다. 이는 콘센트와 플러그 사이의 불완전한 접속이나 습기, 먼지 등 외부 환경요인에 노출되어 있음을 보여준다.

기존의 전기 안전 시스템인 누전 차단기나 과전류 퓨즈는 일정 전력 이상의 과전류나 누설 전류 감지에는 효과적이나, 접촉 불량으로 인한 국부적 과열 등을 시전에 완벽하게 차단하는 데에는 한계가 있다.

이에 본 논문에서는 콘센트 과열 감지 시 사출하여 전력 공급을 차단하는 방안을 제안하고, 콘센트 화재 사고 방지를 위한 사출 알고리즘을 제시한다.

2. 콘센트 과열 사고 사례 분석

2023년 12월 18일 한 전통시장에서 전봇대와 주변 건물에서 뽑아서 쓴 전기 콘센트에서 화재가 시작되었다. 콘센트는 길게 늘어져 있었고, 먼지도 많이 묻어있었다고 한다. 이를 트래킹 화재라고 한다.[1]

[표 1] 콘센트화재 사례

일자	사고 사례
2023.12	전통시장 관리 부실 콘센트 트래킹 화재
2025.07	부산 기장군 아파트 멀티탭 콘센트 화재로 자매 사망
2025.07	조선대병원 멀티콘센트 화재

또한 표1은 2025년 7월 3일 발생한 부산 기장군에서 에어컨과 연결된 멀티 콘센트에서 전선이 끊어진 흔적이 발견되었다. 콘센트 화재로 인해 8살과 6살 자매가 사망했다고 보도하였다.[2]

소방당국과 경찰이 발표한 바에 따르면 광주광역시 조선대병원 수술실 화재의 원인은 수술실 내 여러 플러그를 꽂는 '멀티 콘센트'에서 최초 발화한 것으로 추정했다.

수술실에서 사용하는 각종 의료 기기 전원을 연결하는 '의료용

멀티 콘센트'로 플러그 24개를 연결할 수 있다.
4개 면에 각각 100v용 플러스 소켓(콘센트) 2구와 220v용 플러그 소켓 4구 등 6개씩 총 24구의 콘센트
를 사용할 수 있으며, 화재 당시에 이 장치에 일부 의료기기 전원이 연결돼 있던 것으로 파악된다.

당국은 전력공급장치에서 불이 시작됐을 경우 전기적 요인이 주 화재 원인이 될수 있기 때문에 누전과 전력 과부하, 전선 단락 등에서 세부적인 화재 원인을 파악 중이다.[3]

소방청에서 발행한 화재통계연감 데이터를 분석한 결과 표2와 같이 콘센트 및 배선 기구 관련 화재 사고는 2020년부터 2024년까지 콘센트 화재 사고는 지속적인 증가세를 보이고 있다.

2020년 672건이었던 사고 건수는 2024년 907건으로 약 44.6% 증가하였으며, 특히 2023년과 2024년에는 사망 사고가 연이어 발생하며 사고의 치명성이 높아지고 있다.[4]

[표 2] 콘센트 연도별 화재 현황 (단위: 건, 명, 천원)

연도	사고건수	사망자 수	부상자 수	재산피해
2020	627	0	13	19,561,753
2021	720	2	27	3,886,609
2022	792	0	11	13,645,425
2023	878	3	13	4,756.1
2024	907	2	15	37,595

재산 피해액의 경우 연도별 편차는 있으나 매년 수천만 원에서 수백억 원에 달하는 경제적 손실을 야기하고 있어, 이에 대한 실질적이고 능동적인 예방대책 마련이 시급함을 시사한다. 콘센트 화재 사고의 통계적 증가는 현재 보편화된 전기 안전장치들이 화재의 초기 전조 현상을 완벽히 차단하지 못하고 있음을 반증한다.

소방청 화재통계에 따르면 전기적 요인에 인한 화재는 전체 화재 중 주요 비중을 차지하고 있으며, 그 중 접촉불량, 트래킹, 과열 및 과부하, 절연열화는 전기 설비에서 발생하는 대표적인 화재 중 콘센트와 멀티탭 같은 사용자의 직접적인 조작이 빈번하게 이루어지는 설비이다.

2024년 발화요인별 사상자 현황은 표 3과 같다. 전기적 요인 중 접촉불량, 트래킹, 과열 및 과부하, 절연열화의 화재 건수는 전체의 44.58%를 차지하고 있으며, 사망자는 31.57%를 차지하고 있으며 부상자는33.08%를 기록하고 있어 상당한 피해를 입고 있다.

[표 3] 2024년도 발화요인별 사상자현황 (단위:명)

전기적 요인	화재 건수	사망	부상
접촉불량	166	0	5
트래킹	810	14	39
과열, 과부하	2368	4	59
절연열화	1376	0	30
전기적요인 합계	10,587	57	402

본 연구에서 제안하는 무전원 물리적 사출 방식은 센서 기반의 수동적 감지를 넘어, 열적 반응을 통한 즉각적인 물리적 회로 차단을 실현한다. 이는 공기라는 절연체를 매개로 하는 확실한 이격 방식으로서, 기존 차단기 및 IOT 기반 제어 방식의 한계를 극복하고 화재 예방의 신뢰성을 극대화할 수 있는 대중적인 안전 대책이 될 것으로 기대된다.

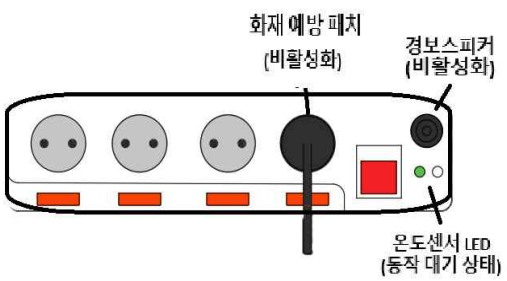
이에 본 논문에서는 콘센트 고열 감지 시 사출하여 전력 공급을 차단하는 방안을 제안하고, 콘센트 화재 사고 방지를 위한 사출 알고리즘을 제시하고 시뮬레이터를 구현한다.

3. 콘센트 과열 감지 안전 패치를 이용한 화재 방지 방안 및 알고리즘

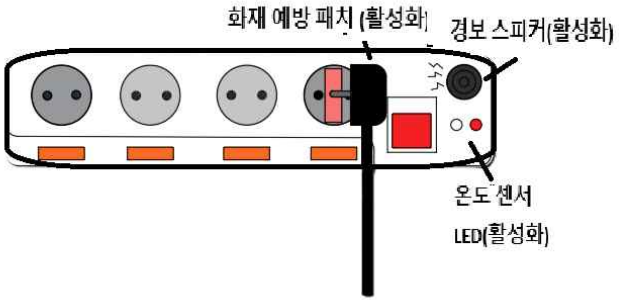
콘센트에서 발생하는 화재는 과부하, 접촉 불량, 장시간 사용 등으로 인해 발생하며, 전기화재의 주요 원인 중 하나로 알려져있다. 멀티탭 내부에서 발생하는 온도 상승은 외부에서 쉽게 인지하기 못하여 화재로 이어질 가능성이 높다.

이에 본 논문에서는 솔레노이드 밸브 사용하여 콘센트 내부 과열을 감지하고, 임계온도까지 올라갈 시 플러그를 뽑는 방안을 제안한다.

제안하는 방안은 그림 1과 같이 콘센트 또는 멀티탭 표면에 부착 가능한 패치형 구조로 설계되며, 내부에 온도 감지 요소와 물리적 작동 메커니즘을 포함한다. 온도 감지는 그림 2와 같이 과부하, 접촉 불량, 장시간 사용 등으로 인해 발생하는 열을 실시간으로 감지하고, 설정된 임계온도(61℃)[5] 에 도달할 경우 이를 기계적 동작으로 변환한다.



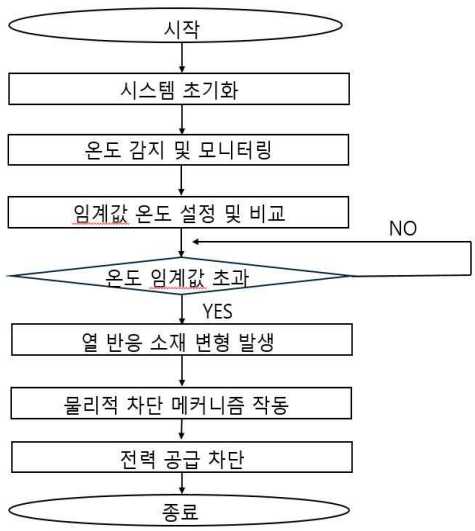
[그림1]과열 전 콘센트



[그림2] 과부하 사출 콘센트

위에서 제안한 콘센트 과열 감지 안전 패치를 활용한 화재 방지 방안에 대한 알고리즘은 그림 3과 같다.

[Step 1] 콘센트에 과열 감지용 안전 패치를 부착하고 전원을 공급하여 시스템을 시작한다.
[Step 2] 온도 센서 및 감지 시스템에 전원을 공급하고 작동 상태를 초기화한다.
[Step 3] 온도 센서를 통해 콘센트의 온도를 지속적으로 측정하고, 현재 상태를 모니터링한다.
[Step 4] 측정온도와 임계온도(61℃)를 비교한다.
[Step 5] 안전패치 내부의 열 반응 소재 변형으로 인해 물리적으로 콘센트가 사출 되면서 전기 연결이 차단된다.
[Step 6] 전력 공급이 자동으로 차단된다.
[Step 7] 시스템이 종료된다.



[그림3] 콘센트 과열 시 사출 알고리즘

상기의 알고리즘을 콘센트에 적용하면 콘센트 화재를 줄이고, 인명사고 및 재산피해를 줄일 수 있을 것으로 기대한다.

4. 결론

최근 가정 및 산업 현장에서 콘센트 및 멀티탭의 장시간 사용, 과부하, 노후화된 전기 설비 등으로 인해 내부 온도가 비정상적으로 상승하면서 전기화재의 위험이 지속적으로 증가하고 있다.

이에 본 논문에서는 전기화재의 주요 원인 중 하나인 콘센트 과열 현상을 효과적으로 방지하기 위해 온도 감지 구조와 물리적 작동 메커니즘을 결합한 화재 예방 안전 패치를 제안하였다. 제안한 장치는 온도 변화에 따라 변형되는 소재를 활용하여 일정 온도 이상에서 플러그를 물리적으로 사출함으로써 전기 접촉을 강제로 차단하고, 별도의 전자 제어 없이도 즉각적으로 반응하도록 설계하였다.

본 논문에서 제시한 방안과 알고리즘을 콘센트에 적용한다면 콘센트 화재가 방생하는 것을 예방에 기여할 것을 기대한다.

감사의 글

본 작품은 대학간 경계를 허무는 충청남도 지역혁신중심 대학지원체계(RISE) 지원을 통해 나온 연구 결과입니다.

참고문헌

[1] 김아르네, “콘센트 먼지 방치했다간 ‘큰 불’…트래킹 화재 주의!” KBS 뉴스 2023.12
[2] 전형서, “부모 외출한 사이에…아파트 화재로 자매 또 참변”KBS 뉴스 2025.07.03.
[3] 김정대, “수술실 화재’ 30여 명 연기 흡입…“멀티콘센트 발화 추정”‘KBS 뉴스 2025.07.14
[4] 화재통계연감 (2020-2024) - 소방청 국가화재정보시스템 11-1661000-000011-10, 11-1661000-000011-10, 11-1661000-00011-10, 11-1661000-100009-10
[5] 김민지, ’에어컨 전원 꽂자 7분30초 만에 불‘…부산 소방 실험서 멀티탭 화재 재현 뉴시스 2025.07.10