

# 가열식 가습기의 영·유아 화상 사고 방지 시뮬레이터 구현에 관한 연구

허세린\*, 김건희\*, 이준희\*, 이민복\*, 조윤진\*, 장승현\*, 최승규\*

\*건양대학교 재난안전소방학과

e-mail : skchoi@konyang.ac.kr

## A Study on the Implementation of a Simulator for Preventing Burn Accidents in Infants and Young Children from Heated Humidifiers.

Se-rin Heo\*, Geon-Hee Kim\*, Jun-Hee Lee\*, Lee Min Bok\*, SEUNG-HYEON  
JANG\*, YUN-JIN CHO\*, Seung-Kyou Choi\*

\*Department of Disaster Safety & Fire fighting, Konyang University

### 요약

가열식 가습기는 청결한 위생 및 세척 효과와 풍부한 가습량, 가습 온도 등의 장점으로 영·유아를 보육하는 가정에서의 사용이 최근에 많이 증가하고 있다. 가열식 가습기 사용이 증가함에 따라 안전사고가 꾸준히 발생하고 있으며, 안전사고 중 가열식 가습기의 전도로 누출된 고온의 물, 수증기에 의한 화상 사고가 높은 비율을 차지하고 있다. 또한, 화상 사고에서 영·유아를 보육하는 가정에서의 사고가 대부분이다. 영·유아 화상 사고가 높은 비율을 차지하는 주요 원인은 영·유아는 성인보다 응급상황에서 신체적, 인지적 대응능력이 낮고 호기심이 많아 실수로 가습기를 만지거나 밀어서 넘어뜨려 사고로 이어진다. 이에 본 논문에서는 가열식 가습기의 영·유아 화상 사고 방지를 위하여 전도 감지 센서를 이용한 가열식 가습기 분출구 폐쇄 방안과 알고리즘을 제시한다. 또한, 제안한 방안을 적용한 전도 감지 센서 시뮬레이터를 구현하여 시험 분석한 결과, 전도에 따른 화상 사고 예방에 유용함을 확인하였다.

### 1. 서론

가습기는 건조한 실내 습도조절과 안구·호흡기 등 질환 예방을 위해 가정에서 많이 사용하고 있다. 특히, 물을 끓여 수증기를 분출시키는 방식의 가열식 가습기는 청결한 위생 및 세척 효과와 풍부한 가습량, 가습 온도 등의 장점으로 영·유아를 보육하는 가정에서의 사용이 최근에 많이 증가하고 있다.

한국소비자원의 소비자위해감시시스템(CISS)에서 조사한 자료에 따르면 최근 4년간(2020년~2023년) 가열식 가습기로 인한 소비자 안전사고가 2022년 대비 141.7%나 급증하였다. 또한, 가열식 가습기의 뜨거운 물, 수증기 등으로 인한 화상 사고 92건 중 만 6세 이하 영·유아 사고는 71건으로 77.2%의 높은 비율을 차지하고 있어, 이에 대한 사고 방지 방안이 요구된다[1].

한편, 가열식 가습기 관련 규정을 살펴보면, 수증기 최고 온도가 60℃를 초과하면 증기 배출구 근처에 주의 사항을 명기하고, 수동으로 물을 공급할 때 용량(수위)을 확인할 수 있는 표시를 하도록 정하고 있을 뿐, 화상 사고 등의 안전사고에 관한 규정이 미비하여 정비가 필요하다[2].

상기와 같은 가열식 가습기에서 영유아 화상 사고가 높은 비율을 차지하는 주요 원인은 영·유아는 성인보다 응급상황에서 신체적, 인지적 대응능력이 낮고 호기심이 많아 실수로 가습기를 만지거나 밀어서 넘어뜨려 사고로 이어진다. 이러한 사고 상황에서 보호자가 즉시 대처하지 않으면 영유아는 심각한 화상으로 평생을 고통받을 수 있다.

이에 본 논문에서는 가열식 가습기의 영·유아 화상 사고 방지를 위하여 온도 및 물 감지 센서를 이용한 가열식 가습기 분출구 폐쇄 방안과 알고리즘을 제시한다.

### 2. 가열식 가습기의 화상 사고 현황 분석

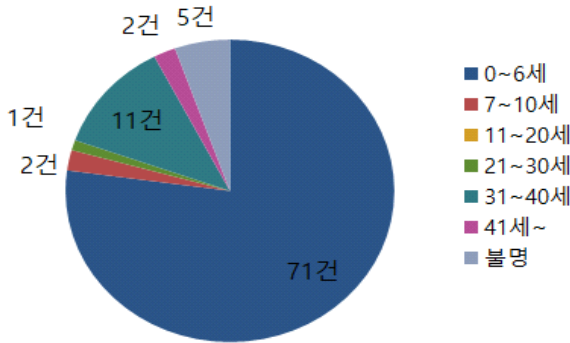
한국소비자원의 최근 4년('20.~'23.10.)간 소비자위해감시시스템(CISS)에 접수된 가열식 가습기 관련 소비자 위해 사례는 표 1과 같이 총 164건이고, 전년 대비 위해 사례 접수 건수가 약 141.7% 급증한 것을 알 수 있다.

[표 1] 가열식 가습기 관련 CISS 위해 사례 접수 현황(단위: 건)

년도 항목	2020	2021	2022	2023	총계
가열식 가습기	16	32	34	82	164
화상 관련	6	16	23	47	92

상기와 같이 화상 관련 사례는 총 92건으로 전체 가열식 가습기 관련, 위해 사례의 약 56.1%를 차지하였으며 소셜 데이터 분석 결과, 가열식 가습기에 대한 SNS, 블로그 등 22년 노출 분석 빈도는 전년 대비 약 6% 증가하였다.

가열식 가습기로 인한 화상 사례를 연령별로 분석한 결과, 그림 1과 같이 전체 92건 중 약 77.2%인 71건이 만 6세 이하 영·유아인 것으로 나타났다[3].



[그림 1] 연령별 화상 사례 발생현황(단위: 건)

이러한 가열식 가습기의 화상 사고 사례에는 표 2와 같이 영·유아가 호기심이나 실수로 가습기를 만지거나 밀어서 넘어뜨리는 사고가 대부분이다[4]. 그 이유를 전문가에게 자문 결과, 성인들은 뜨거운 물이 뜨겁다는 것을 인지하고 있지만, 영유아는 그렇지 못하며 영유아의 시선에서 보았을 때 가열식 가습기는 그저 신기한 탐색의 대상이기 때문이라고 한다 [5]. 또한, 영유아는 뜨거운 물이나 증기에 노출됐을 때 뜨거워도 즉시 피하지 못하는 경우가 많아 열에 노출되는 시간이 길어지게 되어 심각한 정도의 화상을 입게 되는 경우가 많다. 뜨거운 물과 수증기에 의한 화상은 2도 또는 3도 화상을 입는 경우가 대부분이며, 그로 인해 가피절제술이나 피부이식술이 필요하게 된다. 특히, 관절 부위나 넓은 면적의 깊은 화상을 입게 되면 비후성 반흔 및 구축, 관절의 움직임 및 성장 장애를 동반하기 때문에 재건 수술이 여러 차례 필요할 수 있다 [6].

[표 2] 영·유아 화상 관련 주요 위해 사례

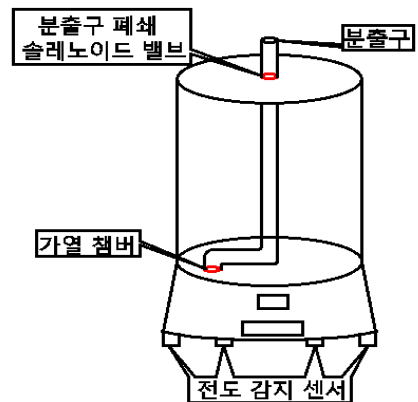
사례	내용
만 0세, 여	자택에서 가열식 가습기를 만지다가 물이 쏟아진 후 흉부와 목, 얼굴에 화상을 입고 내원.
만 1세, 여	새벽 4~5시경 뜨거운 물로 사용하는 가습기를 잡아당겨 머리, 얼굴, 목 부분에 화상을 입고 내원
만 2세, 남	아이가 가습기 선을 건드려 식탁 위에 있던 가습기가 떨어지면서 뜨거운 물에 의해 우측 무릎과 발등 화상 입고 내원

한편, 한국소비자원에서는 소비자 접근성이 좋은 제품(판매순, 인기순, 상위 노출 순, 국내 직영 판매 등) 중 작동 방법이 ‘가열식’, ‘물을 끓이는’ 등으로 광고하고 있는 제품의 전도시 누수 여부 안전성 강화를 위한 전도시험 결과, 조사 대상 21개 전 제품이 전도시 수증기 토출구에서 누수가 발생하였고, 그 양과는 별개로 최고 100°C의 끓는 물이 그대로 유출되어 영·유아의 몸에 닿을 시 화상 사고 발생 가능성이 매우 높았다. 추가로 전도시 뚜껑 개봉 여부를 조사한 결과, 조사 대상 21개 제품 중 4개 제품(19.0%)은 전도시 조건에서 뚜껑이 개봉되어 짧은 시간에 많은 양의 물이 흘러나오는 것으로 확인되었다.[7]

사고 사례를 분석한 결과, 가열식 가습기의 전도시 사고는 인지능력이 미성숙한 영·유아에게 주로 발생 하고 심각한 화상을 입히므로 이에 대한 사고 방지 방안이 요구된다.

### 3. 가열식 가습기의 화상 사고 방지 방안 및 알고리즘

가열식 가습기의 전도시로 발생하는 영·유아의 화상 사고를 방지하여 가정에서 보육하는 영·유아를 안전하게 보호할 방안을 그림 2와 같이 제시한다. 제시한 방안은 가열식 가습기 외부 바닥에 전도시 감지 센서를 설치하고 가습기 내부에 있는 뜨거운 물이 쏟아지기 전에 분출구를 폐쇄하여 화상 사고를 방지한다.



[그림 2] 가열식 가습기 구조도

상기 방안을 구체적으로 설명하면, 가열식 가습기 크기와

상관없이 가습기 외부 바닥에 전도 감지 센서 4개를 각각 모서리에 부착한다. 가습기를 작동시키면 센서도 자동으로 전도 감지를 시작하고 평상시엔 평평한 바닥에서 정상 작동 중, 외부 요인으로 인해 전도 또는 움직일 시 순간적으로 센서가 감지하여 먼저 폐쇄 솔레노이드 밸브가 작동되어 분출구를 즉시 폐쇄한다. 그 후 경보등이 켜지고 경보음으로 주변에 알려 응급상황을 알릴 수 있다.

화상 사고 방지를 위하여 상기에서 제시한 가열식 가습기의 내부에 있는 뜨거운 물이 쏟아지기 전에 분출구를 폐쇄하는 방안의 알고리즘을 그림 3과 같이 제시한다. 제시한 알고리즘을 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

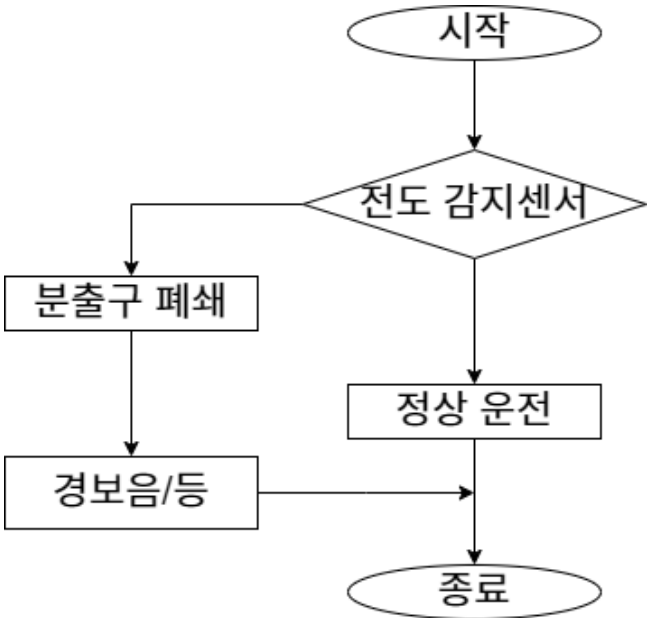
[Step 1] 가열식 가습기 외부 바닥 모서리에 각각 4개의 전도 감지 센서가 작동된다.

[Step 2] 외부의 충격으로 인해 전도 시 바닥에 부착되어 있던 센서가 4개 중 하나라도 바닥에서 떨어지면 이상을 감지한다.

[Step 3] 가습기 전도나 움직임을 감지하게 되면 분출구에 있는 솔레노이드 밸브가 작동되며 분출구를 폐쇄하여 내용물의 누수를 막는다.

[Step 4] 분출구가 폐쇄되고 가열식 가습기에 이상이 생겼음을 알리기 위해 경보등이 켜지고 경보음을 울려 주변에 있는 사람에게 알린다.

[Step 5] 평상시 같은 위치에 있는 전도 감지 센서는 이상이 없으면, 가열식 가습기는 정상적으로 작동된다.



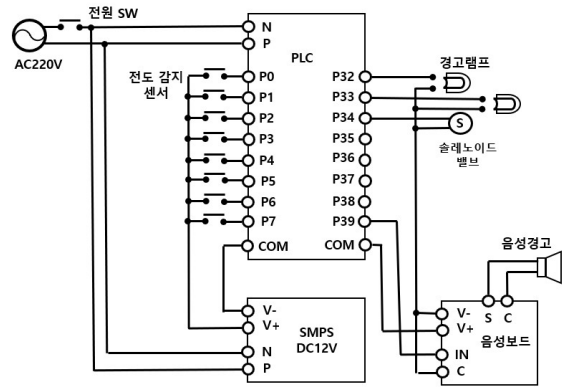
[그림 3] 가열식 가습기의 화상 사고 방지 알고리즘

가열식 가습기의 전도 시 내부에 있는 뜨거운 물이 쏟아지기 전에 분출구를 폐쇄하는 화상 사고 방지 방안과 알고리즘을 적용하면, 가열식 가습기의 전도로 인한 누수를 미리 방지하여 영·유아를 안전하게 보호할 수 있을 것으로 기대한다.

#### 4. 가열식 가습기 전도 감지 센서의 구현 및 시험 결과 분석

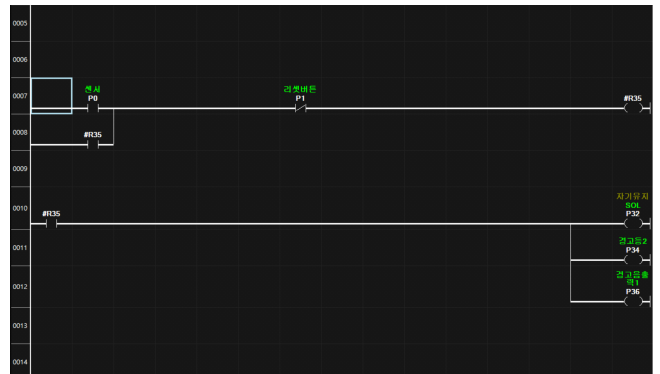
가열식 가습기로부터 발생하는 화상 사고 예방을 위한 전도 감지 센서의 작동 방안 및 운영알고리즘의 유용성을 확인하기 위하여 시뮬레이터를 구현한다.

가열식 가습기 전도 감지 센서 시뮬레이터의 회로도도 그림 4와 같고 PLC 레더도는 그림 5와 같이 입력 장치에는 P0, P1, P2, P3로 구성되고 출력장치는 P32, P34, P39로 구성된다.



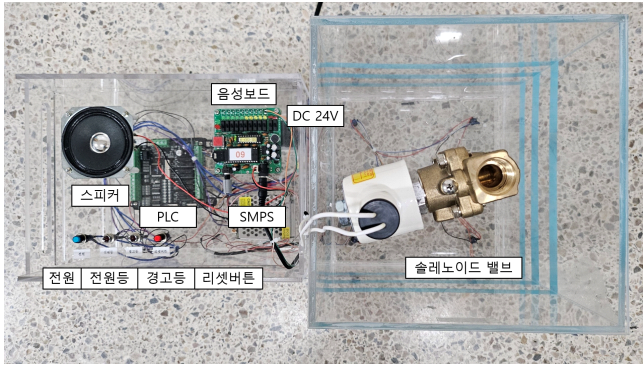
[그림 4] PLC 결선도

전도 감지 센서가 동작하게 되면 P32와 P39가 출력된다. 또한 P34의 작동으로 전도 후 분출구를 통해 가습기 내부의 뜨거운 물이 흘러나오지 않도록 분출구를 폐쇄한다.



[그림 5] PLC 레더도

가열식 가습기 전도 감지 센서를 실제로 구현한 시뮬레이터는 그림 6과 같다. 가열식 가습기 전도 감지 센서 시뮬레이터는 전도 감지 센서와 솔레노이드 밸브로 구성되며 제어장치는 전력을 공급해 주는 SMPS와 각종 스위치, 램프, PLC 경보음 및 경고음이 녹음된 음성 보드와 음성 출력을 위한 스피커로 구성된다.



[그림 6] 가열식 가습기 화재사고 방지 시스템 구현 시물레이터

가열식 가습기 전도 감지 센서로부터 화재 사고 예방 방안의 유용함을 확인하기 위하여 그림 6의 시물레이터로 가열식 가습기의 전도 감지 시험과 솔레노이드 밸브 폐쇄 시험을 진행하였다.

시험 조건은 가열식 가습기 내부의 물이 들어갈 곳을 본때 만든 함에 물을 채우고 물의 진동의 안정화 후 시험한다.

아크릴판으로 만든 함에 물을 채우고 영·유아가 가열식 가습기를 건드렸다는 가정하에 전도가 가능할 수 있는 세기로 충격을 준다. 이후 전도 감지 센서가 원활히 작동되는지에 대한 여부와 경고음과 경고등의 작동, 솔레노이드 밸브의 작동으로 분출구가 폐쇄되는지 확인한다.

시험 결과를 분석하면 5번의 전도 가능한 세기로 충격을 가했을 때 전도 감지 센서의 작동에 모두 성공하였고, 솔레노이드 밸브 또한 성공적으로 폐쇄되었다. 이에 본 논문에서 제시한 가열식 가습기 전도 감지 센서를 통한 화재 사고 예방 방안의 유용함을 확인하였다.

## 5. 결 론

가열식 가습기는 청결한 위생 및 세척 효과와 풍부한 가습량, 가습 온도 등의 장점으로 영·유아를 보육하는 가정에서의 사용이 최근에 많이 증가하고 있다. 가열식 가습기 사용이 증가함에 따라 안전사고가 꾸준히 발생하고 있으며, 안전사고 중 가열식 가습기의 전도에 따른 뜨거운 물, 수증기 접촉에 의한 화재 사고가 높은 비율을 차지하고 있다. 또한, 가열식 가습기의 사고 사례를 분석한 결과, 영·유아를 보육하는 가정에서의 화재 사고가 대부분이다. 가열식 가습기 화재사고 중, 영·유아 화재 사고가 높은 비율을 차지하는 주요 원인은 영·유아는 성인보다 응급상황에서 신체적, 인지적 대응능력이 낮고 호기심이 많아 실수로 가습기를 만지거나 밀어서 넘어뜨려 사고로 이어졌다. 이에 본 논문에서는 가열식 가습기의 영·유아 화재 사고 방지를 위하여 전도 감지 센서를 이용한 가열식 가습기 분출구 폐쇄 방안과 알고리즘을 제시한다. 또

한, 제안한 방안을 적용한 가열식 가습기 화재 사고 방지 시스템을 구현하여 시험 분석한 결과, 가열식 가습기 전도에 따른 화재 사고 예방에 유용함을 확인하였다.

### 감사의 글

본 연구는 교육부와 한국연구재단의 재원으로 지원을 받아 수행된 3단계 산학협력 선도대학 육성사업(LINC 3.0)의 연구 결과입니다(NTIS 과제번호.1345356198).

### 참고문헌

- [1] 한국소비자원, 가열식 가습기 안전 실태조사, p.1, 2023
- [2] 한국소비자원, 가열식 가습기 안전 실태조사, p.3
- [3] 한국소비자원, 가열식 가습기 안전 실태조사, p.3
- [4] 영유아 안전에 대한 국내 학위논문 및 학술지 연구동향 탐색, p.356
- [5] 만 1세 반 영아의 놀이 행동에서 나타나는 탐구 과정
- [6] 어린이 화재 사고 위험정보 분석
- [7] 한국소비자원, 가열식 가습기 안전 실태조사, p.5