

지하철 전동차내 자동소화 시스템 연구

A Study on the auto fire-extinguishing system in the subway train

이 태 식*
Lee, Tae-Shik

문 영 현**
Moon, Young-Hyun

홍 효 식***
Hong, Hyo-Sik

ABSTRACT

This research shows the method about the auto extinguishing system construction for the subway train's safety operation.

The safety system is the total auto extinguishing system which it is able to overcome the emergency situation, to see fast using the sensing system, to interface using the communication system, finally to extinguish the large-scale fire happened.

The system model is the total disaster mitigation system model preventing the arson or terror. and to apply a method of the fire extinguishing system using reinforced fire extinguishing agency in the world first.

It is to use the subway train and the railroad train which is prevented and mitigated the large-scale damage the same as the arson and the terror.

1. 서론

지금까지의 지하철 화재 중 최대 사상자를 발생하게 한 대구지하철 화재참사는 다시 한번 우리나라 안전문화 불감증의 부끄러운 현주소를 전 세계에 여실히 드러내고 말았다. 비정상적인 방화 활동을 보고도 초기에 그 누구도 저지하지 못한 결과는 너무도 아픈 희생의 대가를 지불하게 되었다.

이 상황을 분석하여 보면, 방화자의 이상한 행동을 감지하고도 어느 누구하나 플라스틱 휘발유 통과 라이터를 빼앗거나 소화기를 활용한 초기진화를 시도하지 않았다. 위기상황하에서 패닉(Panic)현상에 빠져들어 스스로 위기에서 탈출하려는 노력을 하지 못했다.⁽¹⁾

전동차 내부시설은 소방법규의 적용을 받지 아니하고 특례법인 도시철도법을 근거로 하여 동시행령과 규칙에서 전동차의 내장시설은 '불에 타지 아니하는 것을 원칙으로 하되 곤란한 경우 불에 타기 어려운 물질로 할 수 있다'라고 규정하였으나, 소방법규처럼 강력하게 대중이 많이 이용하는 장소에는 화재자동 초기 진압용 스프링클러를 설치하여야 한다는 규정이 안전 불감증으로

* 연세대학교 전기전자공학부 겸임교수, 정회원

** 연세대학교 전기전자공학부 정교수, 정회원

*** 철도대학교 경영정보과 교수, 정회원

인하여 전동차에 적용되지 못하였다.⁽³⁾

스페인의 지하철 경우, 수도 마드리드의 지하철에 물안개 방식의 스프링클러 자동소화 시스템을 75개 차량에 HI-FOG 사가 2000년에 설치한 바 있지만, 이는 완전한 자동 소화를 위한 시간이 80-100초 정도 시간이 소요되어서 해당 전동차량에 탑승한 사람의 피해를 최소화 하기에는 문제점을 안고 있다.⁽²⁾

미국 워싱턴 경우처럼 대도시 지하철은 대구지하철과 같은 대테러시에 대응요령에 대한 방안을 제시하고 있지만, 이 또한 수동적인 방안 밖에는 제시하지 못하고 있는 실정이다.

올해 지난 3월 22일 서울지하철공사의 '지하철소방. 방재유관기관 합동점검 결과' 자료를 인용하면, 서울지하철의 총 289개 역사 가운데 41%인 119개 역사가 소화, 경보, 피난설비 등이 불량하거나 미비하다 보고되고 있고, 지하역사의 피난동선이 300m이상 되는 역사가 20개에 이르고, 2호선 신천역 등 3개 역사는 400m가 넘어 화재 발생시 노약자나 어린이의 경우 신속한 대피가 매우 어려운 것으로 분석됐다. 이에 대한 해결안은 전동차 화재시 신속하게 자동으로 불을 꺼줄 수 있는 자동소화시스템의 개발 및 구축이다.

본 연구에서는 그 동안 국내외적으로 해결하지 못하였던 문제점인 전동차에 간편하게 탑재하여 테러나 방화로 인한 화재를 감지 즉시 3초 이내에 자동으로 소화할 수 있는 시스템 및 모델을 제시하고 있다.

이 연구는 지하철 차량, 고속철도 차량 등에서 발생할 수 있는 테러나 방화에 의한 화재시 전동차 내에서 국민안전을 확보할 수 있는 새로운 자동소화시스템 및 모델로 활용할 수 있게 될 것이다.

2. 본 론

대규모 지하철 화재 사고의 인명피해와 재산 피해를 줄이기 위하여 전동차의 내장개 교체, 탑승객의 탈출을 위한 탈출로 확보 및 독성가스 방어 대책 등 많은 방안이 제시되고 개선되어가고 있다.

본 연구에서는 이러한 가상 시나리오는 화재를 초기에 진압할 수 없다는 가정하에서 시작된 것이다. 왜냐하면, 달리는 전동차량에 불이 날 경우에는 진압할 수가 없다는 가정을 설정하였기 때문이고 이는 세계적으로 많은 지하철 차량에 적용되어왔다.

본 연구는 달리는 전동차량에 불이 났을 경우에 자동으로 소화할 수 있다는 관점에서 시작하는 새로운 연구를 하고자 한다.

초기에 화재를 완전히 진압하려면 세 가지 중요한 요소가 있다. 즉, 자동소화안전시스템, 자동감지 및 모니터링 시스템, 강력한 자연친화적인 소화약제 등이다.

첫째로, 자동소화안전시스템은 스페인에서도 달리는 차량에 탑재하기 위하여 HI-FOG사가 개발하여 2000년에 75개 차량에 우선적으로 장착하였듯이, 대규모 지하철 화재사고를 당한 우리나라로서는 이에 대한 시급성이 대구참사유족회 등 사고재발을 방지하고자 하는 전문가들에 의하여 제기된 바 있다.

자동소화안전시스템의 작동방식은 네 가지 경우가 있으며, 이는 실내온도의 화재발생온도 이상 증가시 및 불꽃감지에 의하여 시스템이 자동소화, 자동감지 및 모니터링 시스템을 이용하여 전동차 운전원이 원격소화, 열차내부 승객이 수동소화, 열차외부 승객이 수동소화 등이다.

둘째로, 자동감지 및 모니터링 시스템은 다양한 분야에서 IT강국인 우리나라에서 개발되어 활용되고 있는 분야이며, 이를 지하철과 전동차의 특성에 맞도록 모델링 함으로써 평상시에는 자동소화안전시스템의 안전을 최우선적으로 확보하며, 비상시에는 해당 화재에만 정확하고 신속하게

적용할 수 있도록 눈과 귀와 입의 역할을 하여 주게 된다. 화재시나 평상시 오동작이 없도록 하는 관리하는 중요한 역할을 감당하여야 한다.

셋째로, 강력한 자연친화적인 소화약제는 화재발생 부분에 분사되어 불을 3-5초 이내에 신속하게 끌 수 있으며, 소화약제가 인체에 뿌려졌을 경우에도 무해하여야 하며, 3-5년을 보관해도 변화가 없이 사용할 수 있어야 하며, 화재의 재발화가 없어야 하며, 사용 후 교체 등이 용이하여야 한다.

1) 자동소화안전시스템(전동차용)

자동소화안전시스템은 그림 1에서 보는 바와 같이 차량의 상부 안쪽으로 부착되며, 전동차 1대 당 자동소화시스템 6개를 설치하고, 소화약제로서 중성계 강화 소화액을 탑재하였다.

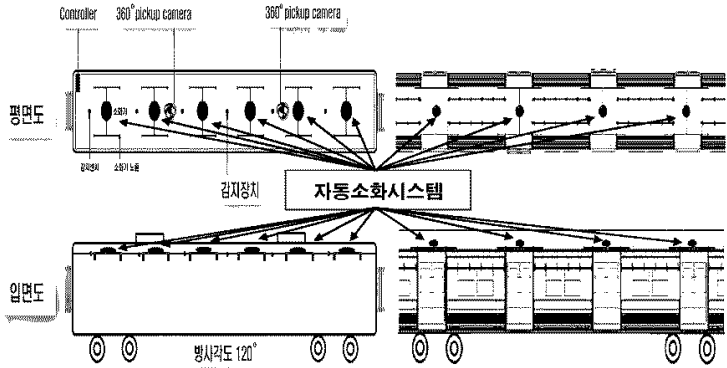


그림 1. 차량용 자동소화시스템의 평면도와 입면도

화재를 감지하였을 경우, 약제가 120도 방사되는 24개의 노즐이 설치되며, 무전원 온도감지센서를 활용하여 정전시에도 작동된다. 이 약제의 특성상 3-5년 동안 보관되어도 소화에 지장이 없다.

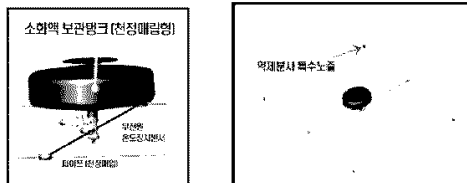


그림 2. 소화액 보관탱크 및 약제분사 특수노즐 배치도

자동소화안전시스템의 작동방식은 네 가지 경우가 있으며, 이는 실내온도의 화재발생온도 이상 증가시 및 열감지에 의하여 시스템이 자동 소화하는 경우와, 자동감지 및 모니터링 시스템을 이용하여 전동차 운전원이 원격 소화하는 경우와, 열차내부 승객이 수동 소화하는 경우와, 열차외부 승객이 수동 소화하는 경우 등이다.

첫 번째는 전동차 내부에서 화재가 발생하였을 경우 자동 소화하는 방식이다. 자동소화시 단계를 보완하기 위하여 수동작동을 병행하여 설치하는 것이 안전하다. 예를 들면 어둠에 전동차를 밖에 세워 놓는 경우 열차가 과열되어 오동작하는 경우가 생길 수 있으므로 유념하여야 한다. 전동차 운영시에는 자동으로 설치하여 놓으면 전동차 운전원이 손쉽게 차량 화재태리를 막아낼 수 있다.

두 번째는 전동차 운전원이 원격 소화하는 방식이다. 차량에 설치된 테러화재에 대비하는 모니터가 열감지거나 승객의 신고에 의하여 자동으로 작동되어 켜지게 되어 이를 보고 확인하여 원하는 지역에 적정하게 살포하는 방식이다. 이를 활용할 경우에 스프링클러를 작동시켜 화재를 방지하는 방어진을 설치하여 화재위험요소를 사전에 제거할 수 있다.

세 번째는 열차내부 승객이 수동 소화하는 방식이다. 화재 발견시 화재스위치 보호 박스를 열면 사이렌 소리가 발생하여 차량 내외의 승객이 화재를 인식하게 되며, 버튼을 누르면 해당 차량의 소화액이 분사되어 내부의 화재를 신속하게 진압할 수 있는 시스템이다. 이는 장난시 사이렌이 발생하여 시신을 집중시키게 되므로 오동작을 방지할 수 있다.

마지막으로 네 번째는 열차외부 승객이 수동 소화하는 방식이다. 화재 발견시 차량 외부에 부착되어 있는 화재스위치 보호 박스를 열면 사이렌 소리가 발생하여 차량 내외의 승객이 화재를 인식하게 되며, 버튼을 누르면 해당 차량의 소화액이 분사되어 내부의 화재를 신속하게 진압할 수 있는 시스템이다. 이 또한 장난시 사이렌이 발생하여 시신을 집중시키게 되므로 오동작을 방지할 수 있다.

2) 자동감지 및 모니터링 시스템(전동차용)

자동소화안전시스템 작동의 안전도를 향상시키기 위하여 안전한 여부를 보고 들을 수 있는 시스템을 전동차는 구성하여야 한다.

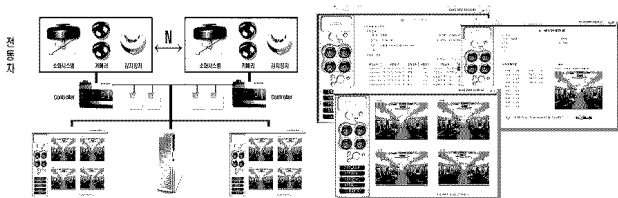


그림 3. 자동감지 및 모니터링 시스템

소화 시스템은 자동감지 및 모니터링에 의하여 더욱 안전성을 높일 수 있다. 전동차의 운전원

은 제공되는 화면을 보고 화재발생 전동차 차량상황을 확인할 수 있다.

3) 강력한 자연친화적인 소화약제

세계적으로 2000년 스페인 마드리드 지하철에서 운행되는 전동차 75대에 설치하였다. 이는 자연친화 소화약제인 물안개 방식의 소화방식을 차량에 설치할 수 있도록 집적하여 개발하였던 HI-FOG사의 노력에 의한 결실이었다.

하지만 이 또한 불을 끄는데 속도가 느리다는 단점을 지니고 있어서, 다양한 측면에서 효과가 탁월한 강화된 소화약제를 선택하게 되었다.

표 1. 소화약제 비교⁽⁴⁾

구분	액체계 소화약제			가스계 소화약제		고체계 소화약제
	강화액 소화약제	물	포	이산화탄소	할로젠화합물	분말
액성(pH)	중성	중성	중성	-	-	-
소화효과	냉각, 질식, 부촉매	냉각	질식, 냉각	질식	부촉매	질식, 부촉매
소화속도	매우빠르다	느리다	느리다	빠르다	빠르다	빠르다
재발화위험성	전혀없다	적다	적다	있다	있다	있다
대응화재규모	중형-대형	중형-대형	중형-대형	소형-중형	소형-중형	소형-중형
2차피해	극히적다	크다	크다	극히적다	극히적다	적다
방염성유무	있다	없다	없다	없다	없다	없다
적용화재	A,B급	A급	A,B급	B,C급	B,C급	(A)B,C급
사용온도	-20℃ - 60℃	0℃ 이상	-18℃ 60℃	-	-	-
방사거리	15미터이상	15미터이상	10미터이상	3-4미터	3-4미터	3-4미터
물성변화 (사용연한)	제한없음	제한없음	2년	제한없음	제한없음	2년

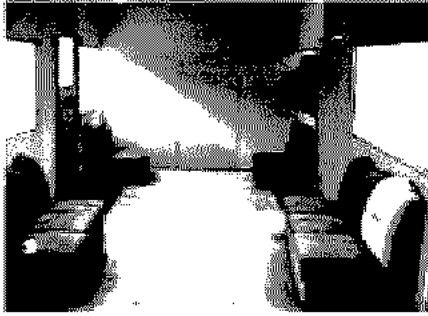
3. 사례 연구

대구지하철에 발생하였던 상황과 동일한 상황을 구성하기 위하여, 유사한 전동차 환경과 자동 소화안전 시스템을 구축하고 실험하여 보았다.

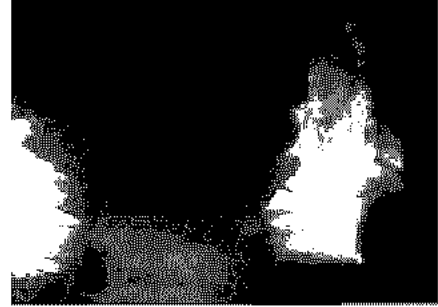
지하철 내부에 휘발유를 뿌리고 발화하였으며, 이는 그림 2에서 본 바와 같은 온도감지센서에 의하여 자동으로 소화작동하여 3초이내에 완전히 불이 꺼짐을 확인할 수 있었다.

불이 꺼진 후에 내부에 안개가 발생하였으며, 이는 강화액에 포함되어 있는 물 성분이 열에 의하여 수증기로 변화된 것이며, 완전화재 직후 내부에 들어가 확인하는 작업시 인체에 해가 없음을 확인할 수 있었다.

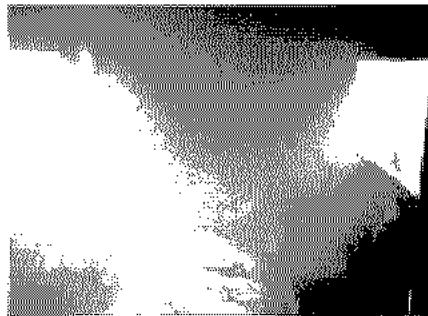
중요한 상황으로서는 그동안 많이 지적되어 온 유독가스 발생에 의한 인명피해가 발생하지 못하도록 유독성 가스를 자동소화 즉시 억제됨을 확인하였으며, 화재가 발생한 부분은 방염처리가 되어 재발화 될 수 없음을 확인하였다. 이는 테러시 휘발유를 뿌린 경우, 스프링클러를 수동으로 미리 작동하게 되면 방화범이 인화물질에 점화할 수 없으므로 인하여 탑승 승객의 안전을 우선적으로 확보됨을 알 수 있다.



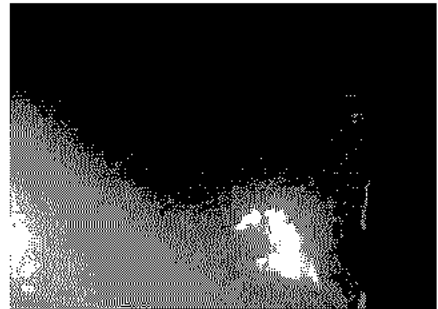
지하철 내부모습



의자에 휘발유를 뿌리고 발화



완전진화 후 내부 모습



자동소화시스템 작동

그림 4. 자동소화안전시스템의 진화 작동(진화시간: 3초, 전동차량 환경조정)

4. 결론

본 연구는 전동차에 자동소화안전시스템을 설치할 경우 세계에서 가장 빠른 화재 후 3초 만에 화재 테러를 완전하게 진압할 수 있는 시스템 및 모델을 제시하였다.

테러에 의한 전동차량 화재시 화재를 초기에 진압할 수 없으므로 인하여 그 동안 많은 비용을 주변환경 구축에 투입하였으나, 본 연구를 통하여 테러에 의한 화재시 근본적인 안전확보 방안을 얻게 되었다.

차량에 자동소화시스템 구축은 불가능하다는 통념에 의하여, 방화 테러를 대비하기 위한 안전요원 배치, 지하철 전동차량 내장재 교체, 유독성 가스 배출 시설 마련 등의 부담을 덜 수 있는 방안을 개발하였다.

본 연구된 시스템은 지하철 전동차량 뿐만 아니라 철도청의 고속철도 차량의 안전향상을 위한 설치가 가능하며, 기타 분야로서 지하철 변전소, 공동구 및 전력구와 같은 밀폐된 위험한 시설, 대규모 공공시설 등에 적용될 수 있다.

참고문헌

1. 김국례(2003년), "공공시설의 인명안전 대책", 방재와 포럼 여름호, pp.30-35
2. Hi-Fog Corp.(2002), http://www.hi-fog.com/news/press_releases/pr_010301b_eng.htm, Highlights-mile stones from past ten years
3. 노삼규(2004), "지하철화재와 방재전략", 제9회 방재안전세미나 및 전시회, pp.123-146
4. (주)파이어엔텍(2004), <http://www.fandtech.com> Homepage,