

# 군 사격장 화재 대응을 위한 Spray 드론 제안

최제호\*, 김승한\*, 조윤찬\*, 진주완\*

\*건양대학교 재난안전소방학과

e-mail:wjdgur919@naver.com

## Proposal for Spray Drone for Military Shooting Range Fire Response

JeHo Choi\*, SeungHan Kim\*, YunChan Jo\*, JuAn Jin\*

\*Dept. of Disaster Safety & Fire fighting, Konyang University

### 요약

매년 군 사격장에서 산불이 발생하는데, 특히 사격장은 육상 인력의 투입이 어려우며 헬기 운용도 제약이 따라 한 번 산불이 발생하면 며칠에 걸쳐 이어지는 경우가 흔하다. 이를 신속하게 진압하기 위해서는 헬기가 공중에서 물을 뿌리는 동시에 육상 인력이 잔불 진화를 감시해야한다. 그러나 군 사격장 산불의 경우 도로 사정이 열악하여 차량 진입이 어렵고, 불발탄 등의 위협 요소로 인해 육상 인력 투입이 제한적이다. 따라서 비상시 체계적인 대응 시스템이 필수적이다. 이에 본 논문에서는 신속 대응이 가능한 '소화액 스프레이 투하 모듈'을 개발하여 육상 진화 인력이 효율적으로 작업할 수 있는 환경과 화재 초기 진압 방안을 제시하였다. 이 모듈은 10개의 소화액 스프레이를 장착할 수 있으며 좌우 동시 투하 기능을 구현하였다. 투하 정확도에 대한 실험을 통해 군 사격장 초기 화재 대응에 이 모듈이 유용함을 확인하였다.

### 2.1 군 사격장 화재 진압 대응 문제점

## 1. 서론

산불 화재는 면적이 넓고 산악 지형에서 주로 발생하기에 위험하다. 산림청의 산불통계연보에 따르면 군 사격장 내 산불 발생 건수는 2013년도부터 매년 20건 이상 발생하였다[1]. 군 사격장 화재 사례를 보면 강원도 화천 군부대 사격장에서 박격포 사격훈련으로 인한 산불은 불발탄 폭발 위험으로 진화를 지연시키고 보안상의 이유로 소방관의 출입이 제한적이기에 적극적인 대응에 한계가 있다[2][3].

군의 사격훈련 중 발생한 산불은 일반적인 산불과는 달리 도로 접근이 제한되고 불발탄 및 지뢰 등의 위험이 존재하여 초기 대응이 어려움이 있다. 이에 따라, 효율적인 산불 초기 진압 시스템이 필요하다. 산림청은 2020년부터 사격장 및 DMZ 일원 산불을 관리하기 위해 산불 통계 연보에 이를 포함시켰다[4]. 본 논문에서는 군의 사격장 특성과 산불 초기 진압의 필요성을 고려하여 소화액 스프레이 투입 모듈을 개발하고, 이의 정확성과 실용성을 검증하고자 한다.

## 2. 이론적 배경

군 사격장 초기 화재 대응에는 헬기와 인력을 이용한 방법이 있다. 헬기에 의한 화재 대응은 효과적이지만, 몇 가지 문제가 있다. 먼저, 군 헬기는 출동 체계가 복잡하고 헬기의 투입이 지연됨에 따라 산불의 초동진화에 어려움이 있어 사유림 지역의 피해로 직결된다[5]. 둘째로, 야간 진화는 추락 및 충돌위험이 높고, 시계확보 제한적이다. 셋째로, 조종사들은 공중진화 과정에서 실제 위험 상황에 직면한다고 한다[6].

인력에 의한 화재 진압 작업의 문제점으로는 첫째로, 불발탄 및 지뢰로 인한 안전사고에 취약하다. 둘째로, 국내 산림은 면적이 넓고 산악 지형이라는 특성으로 인해 지상 인력들의 체력적인 한계가 있다는 점이다[7].

### 2.1 드론을 활용한 산불 대응 연구 사례

드론은 시공간의 제약이 적어 신속하고 정확한 대응이 가능하며 모듈 장착을 통한 다양한 임무 수행이 가능하다. 그러나 화재 대응에 관련된 직접적인 연구는 상대적으로 부족한 상황이며[8]. 드론을 활용한 화재 진화 및 대응 연구의 필요성이 강조된다.

Abdel Ilas는 소화탄을 활용한 화재의 초기 진화와 재장전

이 가능한 운전방식을 실험으로 입증하였고, Burchan Aydin의 연구에서는 야외에서 소화탄 드론의 잠재적인 효과를 검증하였다[9][10]. Rupali Patil은 드론에 소화탄을 보관하는 홀더의 디자인을 레일링 시스템으로 여러 개의 소화용 공을 보관하고 투하가 가능하게 하였다[11]. 산림청 연구에서는 산불 대응을 효율적으로 수행하기 위해 구형·원통형 소화탄을 탑재한 드론을 개발하였고, 이 시스템은 산불 현장에서의 효율성을 검증하였다[12].

위 연구에서 소화탄을 보관과 재장전 시스템을 통한 연속적 화재 대응방법의 장점을 보여주었으며, 소화탄은 투하방식의 효율성은 있지만 소화탄과 소화물질에 따른 한계가 있었다. 예를 들어 소화탄의 진화 반경 및 소화탄의 구르는 부작용 또한 개선되어야 한다.

### 2.3 스프레이 드론 활용모듈 제안

현재 시장에는 ‘Elide’와 ‘AFO’라는 소화탄 브랜드가 있으며 구(球) 형태이기에 보관이 어렵고, 투하 시 주위환경이 평탄하지 않을 때 구르는 현상이 있어 정확성이 떨어진다[13]. 소화탄의 원리는 내부 화약을 통한 압력에 의해 소화약제가 퍼진다[12]. 이처럼 소화탄은 화약이 내장되어 있어 「총포·도검·화약류 등의 안전관리에 관한 법률」 제1장 제2조에 의거하여 안전상의 이유로 군 사격장을 비롯한 국내에서 사용할 수 없는 실정이다.

따라서, 본 논문에서는 국내에서 사용 가능한 소화액 스프레이가 탑재된 드론을 제안하여 육상 진화인력의 안전을 확보하고 접근이 제한되는 지역에 신속한 대응을 시도하였다.

## 2. 소화액 스프레이 투하 드론 구현

### 3.1 소화액 스프레이 스펙 및 개발

[표 1] 강화액 스프레이의 특성

사진	강화액 스프레이의 성능	
		소화제
어는 점		영하 20°C
해당 화재		Class A, B, C, K
내압		18kgf/cm <sup>2</sup>
재료		알루미늄
크기		D65 x H270
중량		505g

[표 1]을 보면 강화액 소화약제 스프레이로 영하 20°C 이하의 환경에서 사용이 가능하고, 내압이 18kgf/cm<sup>2</sup>이상이므로 고온에서도 상대적으로 안전하

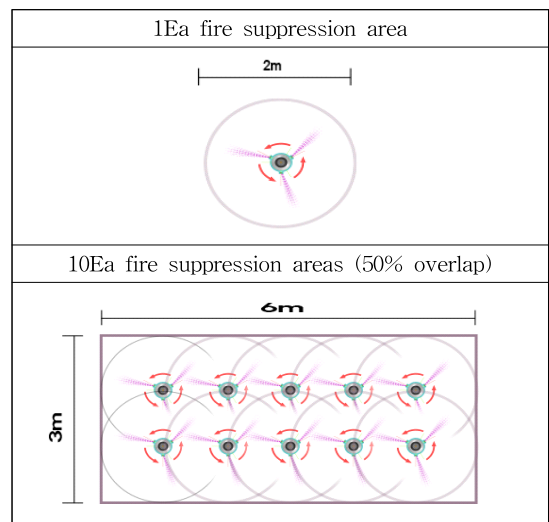
게 사용할 수 있다. 또한, 약제 성상이 안정적이기 때문에 장기간 보관이 용이하고 일반 화재 및 유류 화재에 효과적이며 낮은 표면장력으로 심부 화재에 빠르게 침투해 화재를 소화할 수 있다[14]. 이는 군사격장 내 산불화재와 같은 상황에서 효과적인 초기 대응에 기여할 것으로 예상된다.

산불화재 확산 방지를 위해서는 드론의 효율에 따른 적절한 소화액 스프레이 장착과 그에 따른 투하 장치의 개발이 필요하다.



[그림 1] 소화액 스프레이 개조 과정

안정적인 투하를 위해 [그림 1]과 같이 소화액 스프레이를 개조하였다. 일정한 속도 및 정확한 투하를 위해 스프레이 상부에 4개의 베인(Vane)과 스프레이 하부에 안전핀을 부착하였다. 또한, 스프레이 노즐부분에 트리거를 부착하여 누르는 장치를 개발하였다.



[그림 2] 소화액 스프레이 소화 면적

[그림 2]를 보면 소화액 스프레이 1개의 진화 면적은 반경 2m이다. 효과적인 화재 초기 진화를 위해서는 중첩된 소화 면적이 필요하다. 50% 중첩 시 약 18m<sup>2</sup>의 소화 면적을 확보할 수 있다.

### 3.2 모듈 개발

[그림 3]을 보면 Process 1, 2는 모듈 설계 제작 과정이다. 드론 커스텀 설계 후 부품 및 각부 세부 설계를 하였다. 정밀 설계된 도면을 바탕으로 모듈바디 카본 판재 커팅을 하여 가공 후 3D Print를 활용해 임무장비 부착을 위한 맞춤 장치를 제작하였다. 제작한 장치를 파트별로 조립하고 구동시험을 통해 수정 및 보완하였다. Process 3, 4는 테스트를 통한 모듈 수정 과정이다. 먼저, 지상에서 테스트를 진행하였다. 2층에서 투하 장치 구동 테스트를 통해 정상 작동 및 성능 검증 후 수정 및 보완 후 비행테스트를 진행하였다. Waypoint 경로 생성을 통해 드론의 정상 비행을 확인하고 투하 모듈 작동 성능을 검증하였다. 그 후, 화재 실증 실험을 통해 소화액 스프레이 투하를 진행해 초기 진화의 유용함을 확인하였다. 데이터 결과 분석으로 보완점을 도출하여 최종 모듈제작을 진행하였고 [그림 4]의 최종 Prototype을 완료하였다.



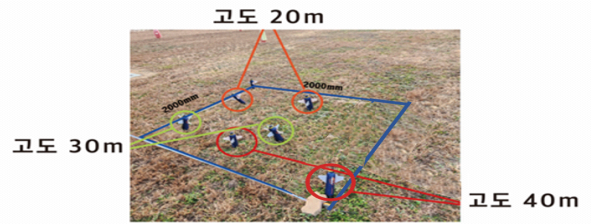
[그림 3] 드론 개발 과정



[그림 4] 최종 프로토타입

### 4. 소화액 스프레이 투하 드론 실험 결과

투하 정확도 실증은 2m\*2m 설정한 범위 내 고도별(20m, 30m, 40m) 투하를 진행하였다. [그림 5]를 보면 20m~30m는 설정한 범위 내 투하된 것을 확인할 수 있으며, 고도에 따른 소화액 스프레이 투하 위치를 비교하였을 때 큰 차이가 없었으며, 여러 개의 소화액 스프레이 투하를 통해 넓은 소화 면적을 확보할 수 있어 군 사격장 내 산불 화재 초기 진화가 가능한 결과를 도출하였다.



[그림 5] 소화액 스프레이 드론 실증실험

### 5. 결론

산불 화재는 매해 빈번히 발생하고 있으며, 그 중 군 사격장에서 발생하는 산불은 보안상의 이유와 일반적인 산에 비해 도로 사정이 열악하고 불발탄 및 지뢰로 인해 육상 진화인력의 투입이 제한되어 초기에 대응하지 않으면 인명 피해 및 주변 민가에 피해가 직결된다. 따라서 산불 화재확산 방지 및 육상 진화인력의 효율적인 작업환경을 위해 신속한 대응체계가 필요하다.

이에 본 논문에서는 산불 화재 초기 확산방지 및 지상 인력의 투입 지연을 대비한 소화액 스프레이 투하 드론을 제안하였다. 해당 드론은 좌우 동시에 소화액 스프레이 투하가 가능하다. 또한, 스프레이가 회전하며 투하하기에 넓은 면적 진화가 가능하고 핀을 통해 지상에 박혀 집중 분사가 가능함을 통하여 초기 화재 대응에 유용함을 확인하였다.

실증시험을 통하여 좌우 동시 소화액 스프레이 투하 정확성, 투하 시 호버링 성능, 소화액 스프레이 투하형 모듈 개발 등을 평가하였으며, 정확한 투하를 통해 높은 고도에서도 균등한 진화 면적을 확보할 수 있어 효과적인 초기 진압 및 화재확산 방지를 확인하였다. 향후 본 소방드론을 이용하여 육상 진화인력의 효율적인 작업환경 및 화재 초기 진압 등 신속한 대응으로 피해를 최소화할 수 있을 것으로 사료된다.

## 참고문헌

- [1] 이종수, 산불통계연보, 산림청, 2023, 121쪽
- [2] 양상현, “[행감] 임종훈 포천시의원 산불발생 많은 봄철, 군부대 사격훈련 자제해야”, 내외경제TV, 2023.06.13.  
<https://www.nbntv.co.kr/news/articleView.html?idxno=1006062>
- [3] 강태현, 이해용, “화천 군부대 사격장 산불 사흘 만에 꺼져...뒤틀림 감시 체제 전환(종합)”, 연합뉴스, 2023.03.23.  
<https://www.yna.co.kr/view/AKR20230323102800062>
- [4] 산림청, 전국 산불방지 종합대책, 2020.
- [5] 전국산불방지장기대책, 한국산불방지기술협회, 2016.
- [6] 배택훈, 이시영, 헬기의 의한 산불공중진화 효과 및 안전성 인식 연구, 한국화재소방학회 논문지, 2012년, 26(2), 97-104.
- [7] 하강훈 외 2명, 소방드론 도입에 따른 소방공무원의 인식과 드론의 운용 및 활용에 대한 연구 &#8211; 전라남도 소방공무원을 중심으로, 대한학술지 협동조합, 2021년, 22(6), 332-340.
- [8] 하강훈 외 2명, 소방분야의 드론 활용방안 연구 경향 분석, 대한학술지 협동조합, 2021년, 22(4), 321-330.
- [9] Abdel Ilah N. Alshbatat, “Fire Extinguishing System for High-Rise Buildings and Rugged Mountainous Terrains Utilizing Quadrotor Unmanned Aerial Vehicle”, International Journal of Image, Graphics and Signal Processing, Vol.10, No.1, pp.23-29, Jan. 2018.
- [10] B. Aydin, E. Selvi, J. Tao, M. J. Starek, “Use of Fire-Extinguishing Balls for a Conceptual System of Drone-Assisted Wildfire Fighting”, Drones, Vol.3, No.1, pp.1-15, Feb.2019.
- [11] R. Patil, T. Patil, N. Sawant, H. Thakur, D. Surve, “Fire Fighting Drone Using Extinguisher Bomb”, International Research Journal of Engineering and Technology, Vol.7 No.4, pp.3395-3398, 2020.
- [12] 전천후 사용이 가능한 산불진화용 소화탄 및 소화약제 개발 최종보고서, 국립산림과학원, 2021.
- [13] Development of a Firefighting Drone for Constructing Fire-breaks to Suppress Nascent Low-Intensity Fires, Juan Jin, Seunghan Kim and Jiwon Moon, 2023.
- [14] Anyone119, 2019년 8월 11일 수정, 2023년 9월 2일 접속,  
<http://www.anyone119.kr/main/>