

고층건물의 초기화재진압을 위한 소화탄발사기와 분말소화기를 장착한 소방드론 개발

안성수

한국폴리텍대학 로봇캠퍼스 로봇자동화과

Development of a Fire-fighting Drone having a Grenade Launcher and Powder Fire Extinguisher for Suppressing Initial Fires in High-rise Buildings

Sung-Su Ahn

Department of Robot Automation, Robot Campus of Korea Polytechnics

요약 본 논문에서는 소방차의 고가사다리가 접근하기 어려운 높이에서 고층건물화재가 발생했을 경우 초기 화재진압을 위해 개발된 소방용 드론을 제안하였다. 제안된 드론은 6개의 프로펠러를 가지는 기체구조와 오픈소스 및 하드웨어를 기반으로 개발된 비행제어시스템으로 설계 및 제작되었으며 전체 이륙중량은 23.07 kg이다. 소방임무장비로는 CO₂가스로 투척용 소화탄 3개를 발사할 수 있는 소화탄 발사기와 상용 분말소화기를 장착하고 있다. 2 m 정도의 높이에서 호버링 중인 드론에서 발사된 소화탄은 10 m정도 떨어진 목표지점에 80%정도의 명중률을 가지고 투척되는 정확도를 가지며 분말소화기의 소화분말은 6 m이상 분사될 수 있는 것으로 측정되었다. 그리고 고도 114.3 m까지 상승할 수 있으며 최저 8.3m/s에서 최고 9.5 m/s 사이의 풍속에서 약 2분간 호버링할 수 있는 성능을 가지고 있음이 실험을 통해 확인되었다.

Abstract This paper proposes a fire-fighting drone for early fire suppression in high-rise building fires at a height that the elevated ladder of a fire engine cannot access. The proposed drone was designed and manufactured with a body structure with six propellers and a flight control system based on open source and hardware, and the total take-off weight was 23.07 kg. As fire-fighting mission equipment, the drone was equipped with a grenade launcher to fire three CO₂ gas grenades and a commercial fire extinguisher. Experiments confirmed that a grenade fired from a hovering drone at a height of approximately 2m threw the canister at a target point approximately 10m away with an accuracy of approximately 80%. The extinguishing powder of the powder extinguisher could be sprayed over 6m. In addition, the proposed drone could rise to an altitude of 114.3m and hover for approximately two minutes at wind speeds between 8.3 m/s and 9.5 m/s.

Keywords : Fire Extinguisher, Fire-fighting Drone, Grenade, Hexagonal Drone, High-rise Building Fire

*Corresponding Author : Sung-Su Ahn(Korea Polytechnics)

email: zecks@kopo.ac.kr

Received January 5, 2024

Accepted March 8, 2024

Revised February 14, 2024

Published March 31, 2024

1. 서론

현대의 우리 사회는 산업과 경제가 발전함에 따라 주요 도시는 인구가 밀집하고 있으며 주거 및 사무용 건축물들은 고층화, 대형화, 복합화 되는 추세에 있다. 주거, 상업 및 사무 등 한 건물에서 이루어지는 복합적인 고층 건물의 출현은 도시입장에서 보면 생기와 활력을 불러일으키기에 충분한 반면 한편으로 자연 및 인위적인 재해에 따른 인명구조 등을 포함하는 소방 및 방재업무에 상당한 어려움을 가져온 것도 사실이다.

산불과 건물화재를 포함한 다양한 재난 상황에 대처하고 이를 해결하기 위해 드론을 재해가 발생한 현장에서 활용하는 방안들이 연구되고 있다. 현재 소방현장에 배치되어 활용되는 드론은 직접 불을 끄는 소화활동보다는 구조대원이 접근할 수 없는 화재현장 등지에서 현장 상황을 실시간으로 파악하여 화재진압을 위한 지휘통제 및 신속한 인명구조를 할 수 있도록 정보를 제공하는데 주로 활용되고 있다. 또한 화재취약지역의 전체 위치도와 전경, 세부현황, 소방차 출동로, 현장 진입로 정보 등도 드론을 이용하여 쉽게 파악할 수 있어 소방안전 대책을 마련하는데도 기여하고 있다[1-3]. 화재 현장 이외에도 각종 방재 및 재난 상황에 드론이 활용되고 있다[4,5].

방재 드론에 관련된 연구현황을 살펴보면 농약살포용 드론의 농약 분사시스템의 노즐 최적화 설계를 위해 유동 특성 분석과 시뮬레이션을 수행한 연구[6], 미세먼지를 효과적으로 측정하기 위한 드론의 구조와 성능 검증에 대한 연구[7]가 진행되었다. 드론 위한 플랫폼에 관해서는 오픈소스 아키텍처 PX4에 비행특성을 식별할 수 있는 알고리즘을 제안한 연구가 수행되었으며[8], 오픈 하드웨어 및 소프트웨어를 이용하여 비교적 간단하게 드론을 설계 및 구현할 수 있는 사례도 제안되었다[9].

쿼드콥터형 드론의 자세 제어를 위해 가속도 및 자이로 센서와 PID제어 기법을 적용하거나[10], 가속도 센서와 자이로 센서를 이용하여 드론의 불균형을 적은 연산량으로 적응적 제어할 수 있는 기법에 대한 연구도 진행되었다[11]. 본 논문과 제안된 구조와 비슷하게 CO2를 작동 기체로 활용하여 드론에 장착되는 가스충을 연구한 사례[12] 등 방재와 관련되어 기체, 제어, 모듈기술 등을 포함하여 다양한 기술적인 연구들이 수행되고 있다.

Fig. 1은 고층건물에 화재가 발생한 상황을 보여주는 것으로 중간선을 기준으로 좌측은 기존 소방차가 화재진압을 하는 것을 나타낸 것이고 우측은 소방장치를 탑재한 드론으로 화재진압을 하는 개념을 보여주는 개념도이다.



Fig. 1. The concept of fire suppression in high-rise buildings using drone

Fig. 1과 같이 고층 건물에 화재가 발생 시 화재진압의 문제점들을 정리하면 첫 번째 현재 소방서에서 보유한 고가사다리차가 접근할 수 있는 최대 높이가 약 52 m 정도로 건물 14~15층 정도 높이 수준에 머물러있다. 두 번째 소방대원이 1층에서 발화점까지 계단으로 이동할 경우 산소통의 산소고갈과 급격한 체력소모가 발생되어 진입시간이 지연될 수 있으며 소방전용 비상 승강기는 탑승인원 제한으로 발화점까지 단시간에 적절한 대원과 장비 진입이 어렵다. 이외에도 화재에 따른 낙하물 등에 의한 발화지점까지 진입시간 지연 등으로 신속한 화재진압이 어렵다. Fig. 1 내에서 우측의 경우와 같이 고층 건물의 상층부에서 화재가 발생했을 때 소화 장치를 장착한 드론을 접근시켜 발화점을 진입할 수 있다면 고층 건물에 있어서의 초기 화재 진압이 가능할 것이다.

본 논문에서는 투척용 소화탄 발사기와 분말 소화기를 장착하여 고층건물의 화재를 초기에 진압할 수 있도록 설계된 화재진압용 드론 시스템을 제안하였다. 드론에는 소화 임무를 위한 소화탄 발사기와 소화기를 탑재하고 있다. 소화탄 발사기는 CO2를 이용한 추진력을 이용하여 3개의 소화탄을 발사할 수 있고 이와 별도로 3.3 kg의 상용소화기를 탑재하여 화재 진압에 사용하게 된다. 두 가지 소화기기를 싣고 최대 이륙중량 25 kg을 만족해야 하는 드론기체는 쿼드타입의 시제기에서 시작하여 여러 차례 최적화과정을 거쳐 6개의 프로펠러를 가지는 헥사타입으로 개발되었다.

본 논문은 먼저 2장에서 화재진압을 위한 드론 탑재용 소화탄 발사기 및 소화기, 그리고 드론의 업그레이드된 시스템 개발에 대해 설명하고 개발된 시스템의 성능시험 결과를 3장에서 논한 후 마지막으로 결론을 맺는다.

2. 연구방법

드론 기체는 하드웨어 및 소프트웨어는 오픈 소스 아키텍처를 기반으로 설계 및 제작하되 소화임무를 위한 장비의 구조와 기능 및 드론 기체와의 결합 후 임무 수행을 위한 성능에 주안점을 두고 연구를 진행하였다.

2.1 소화임무 장비

2.1.1 소화탄 발사기

설계된 소화탄 발사기는 Fig. 2에서 볼 수 있다. 본체의 소화탄 장착부는 Barrel과 End cap으로 구성되고, 소화탄 추진을 위한 CO2 격발 시스템은 최대 250 bar를 견딜 수 있는 CO2 실린더와 50 bar 이상의 압력에 동작하는 고압전용 솔레노이드 밸브를 채용하여 구현되어져 있다. 소화탄 1개를 발사할 수 있었던 초기 모델과는 달리 3개의 Barrel을 달아 소화탄 3개를 발사할 수 있도록 구현되어져 있다.

Fig. 2(a)는 최종설계 3D 모델링이며 Fig. 2(b)는 실제 제작된 소화탄 발사기 실물이다.

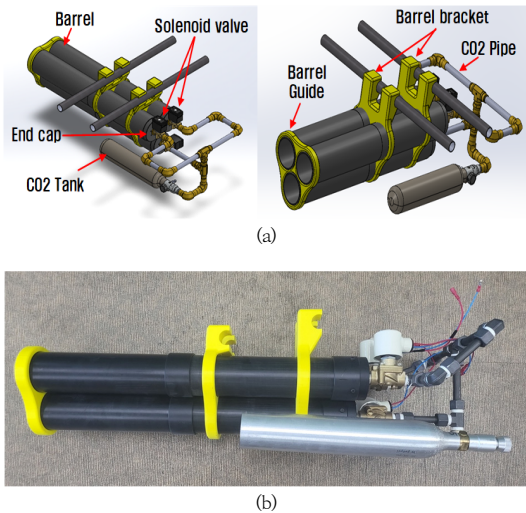


Fig. 2. The Fire grenade launcher.
(a) 3D modeling, (b) Manufactured prototype.

소화탄이 장착되는 Barrel 후미에 연결되는 End cap에는 Fig. 3과 같이 배관과 연결되는 CO2 토출구 주위로 작은 구멍인 Bleed hole 6개를 가공하였다. 이것은 소화탄 발사 시 드론 기체에 영향을 주는 반발력을 줄일 수 있으며 아울러 개폐되는 hole들의 개수에 의한 Barrel

내부 압력 변화에 따른 소화탄 발사 거리 데이터를 확보하기 위한 것이다.

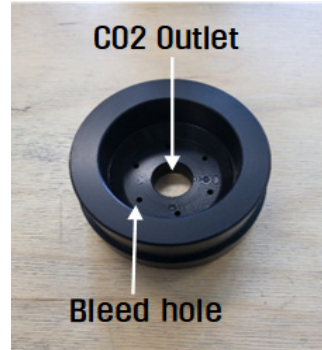


Fig. 3. Grenade launcher end cap.

2.1.2 분말소화기

소화기는 개발 초기 소화액 또는 분말을 분사할 수 있는 시스템으로 개발하였으나 비용과 유지보수 측면을 고려하여 Fig. 4와 같이 3.3 kg 분말용량을 가진 총 무게 약 5.7 kg의 분말 전용 소화기를 드론에 탑재시키는 방식으로 설계 변경하였다. 분사노즐은 드론 프로펠러의 하향풍 간섭을 피하기 위해 1200 mm의 길이로 제작되었고 솔레노이드 밸브 제어를 통해 소화 분말이 분사된다.

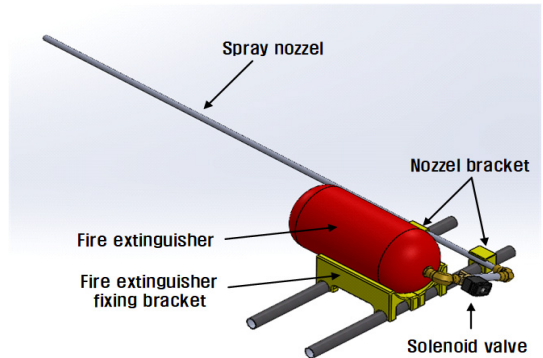


Fig. 4. Powder fire extinguisher structure.

2.2 드론 시스템

2.2.1 기체 개발

소화탄 발사기와 소화기의 2개 임무장비를 탑재하는 드론 기체는 총 4가지 모양으로 설계되어 각각의 시제품을 제작하였다.



Fig. 5. Produced and reviewed drone frames.
 (a) Quad type, (b) X8 type, (c) Octo type,
 (d) Hexa type.

Fig. 5(a)의 1차 시제기는 쿼드콥터 모양으로 가장 기본이 되는 형태이다. 이륙 중량 27.68 kg의 하중으로 이륙 테스트를 진행하였으나, 움직임이 매우 둔하고 불안정하였고 임무 장비를 탑재하여 임무 수행하기에 추력이 다소 부족하다고 판단되었다.

Fig. 5(b)는 1차 기체를 보완하여 설계한 2차 시제기의 3D 모델링 도면 및 실제 제작된 기체를 보여주는 것으로 추력확보를 위해 프로펠러를 회전시키는 추진 모터를 상하로 배치하고 프로펠러 회전 방향을 서로 반대로 하여 반토크를 제거한 동축반전 설계를 적용하였다. 그리고 비행시간을 늘리기 위해 배터리용량을 12,000

mAh에서 22,000 mAh로 늘렸다. 배터리 용량의 증가로 비행시간은 다소 늘어났으나 동축반전 추진 시스템의 특성상 발생하는 추력 손실이 비행시간에 영향을 주는 결과를 보였고 비행 시 기체 흔들림이 발생하였다.

2차 시제기의 문제점을 보완하기 위해 Fig. 5(c)와 같이 8개의 암과 8개의 모터로 구성이 되어 매우 안정적인 제어가 가능한 옥터콥터 타입으로 3차 시제기 설계를 진행하였다. 이후 전체 무게를 줄이기 위해 최종적으로 Fig. 5(d)와 같이 헥사콥터 형태로 변경하였다. 옥터콥터에 비해 2축 감소로 축과 관련한 모터, 변속기, 암, 프로펠러, 암 링크, 메인프레임 사이즈 축소 등 다양한 부품이 연쇄적으로 줄어들어 3차 시제기인 옥터콥터 대비 약 10 kg 이상 경량화를 구현하였다. 제작되었던 드론기체들의 구조 및 간략한 스펙을 Table 1에 정리하였다.

Table 1. Specifications for developed drone frames

	1st prototype	2nd prototype	3rd prototype	Final prototype
Type	Quad	X8	Octo	Hexa
Diagonal Wheelbase (mm)	1,380	990	2,050	990
Size (mm)	990×990×550	990×790×383	2,050×2,050×643	990×790×383
Battery (mAh)	12,000	22,000	36,000	22,000
Take-off Weight (kg)	27.68	29.21	34.79	23.07
Flight Time	7m 18s	10m 37s	14m 11s	15m 10s

2.2.2 제어시스템

드론의 비행제어 및 소방임무 수행을 위한 제어시스템은 최근에 드론을 위한 FC(Flight Controller)로 많이 이용되고 있는 오픈소스 PX4 및 오픈하드웨어 Pixhawk로 구성하였다. 이 시스템은 주로 현장에서 간단한 PID 튜닝 후에 드론의 비행을 가능하도록 구성되어 있으며 드론 비행제어를 위한 RC radio, 비행데이터 모니터링을 위한 Telemetry radio를 제공한다. 하드웨어적인 구성은 아래의 Fig. 6의 블록도와 같다. 기본 시스템에서 소화탄 발사기 제어를 위한 신호 및 소화기 동작 제어를 위한 신호가 릴레이를 통해 각각의 소화 장비에 전달되도록 구현되어 있다.

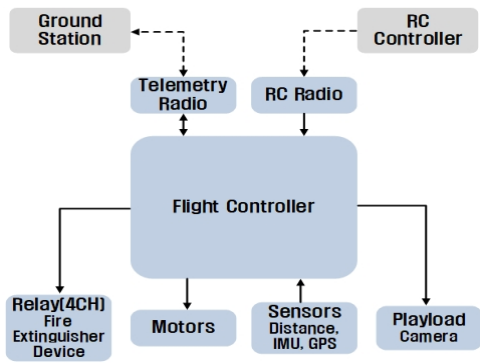


Fig. 6. Flight control system block-diagram.

Fig. 7은 소화 임무 장비를 장착한 드론의 3D 모델 (Fig. 7(a)) 및 실제 기체(Fig. 7(b))를 보여준다. 임무장비는 동체 아래로 소화기, 소화탄 발사기의 순서로 최대한 좌우 균형을 맞추어 배치하였고 프로펠러가 장착되는 압 부위로부터 지면까지의 높이는 655 mm 정도이다. 동체 전면부에 장애물 회피 등을 위한 라이더 센서(Fig. 7(c))가 장착되어 있고 라이더 센서 위 동체 바닥에 카메라(Fig. 7(d))를 설치할 수 있도록 되어져 있다

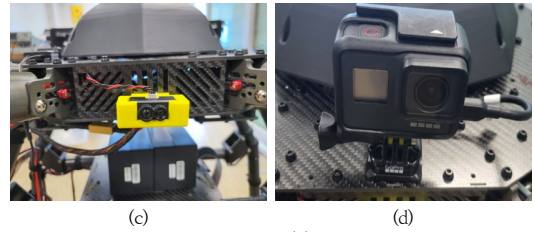
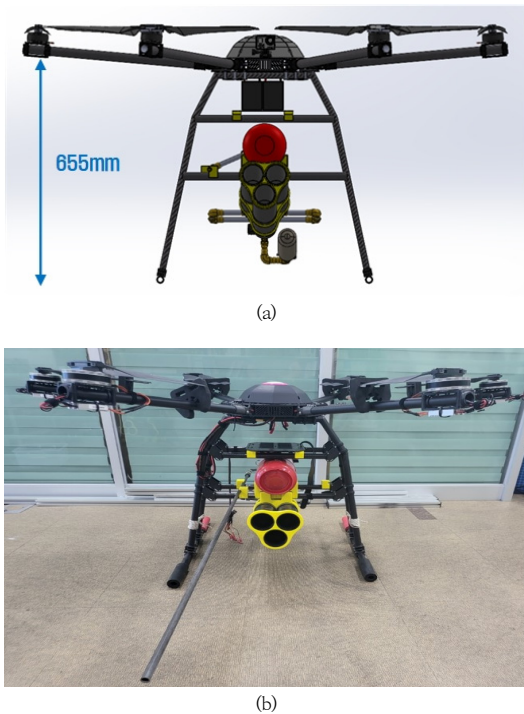


Fig. 7. Final drone system. (a) Frame modeling, (b) Front photo, (c) Mounted sensor module, (d) Mounted camera.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 소화탄 발사 성능

3.1.1 소화탄 발사 거리

소화탄 발사 실험을 위해 Fig. 8과 같이 투척용 소화탄과 크기와 무게가 같은 노란색의 모의 소화탄을 제작하였고 소화탄 총구인 Barrel을 수평에 대해 약 10° 정도 위를 향하도록 드론에 장착시킨 상태로 Fig. 9와 같이 지상에서 발사 시험을 진행하였다. 이 때 End cap의 Bleed hole은 단계적으로 3개까지 개방시키면서 각 경우에 대해 5차례씩 발사 실험을 진행하여 소화탄이 날아간 거리를 Table 2에 정리하였다. 이를 통해 드론이 공중에서 체공하면서 소화탄을 발사할 경우 사정거리에 대한 기본데이터가 될 수 있을 것으로 판단된다.



Fig. 8. Fire grenade imitation for experiment.



Fig. 9. The scene of the fire grenade travel distance test.

Table 2. Fire grenade travel distance test results according to open holes number of end-cap

Launch round	Number of holes opened			
	0	1	2	3
1st	26.5 m	20.4 m	15.6 m	11.5 m
2th	26.8 m	19.6 m	16.5 m	10.6 m
3th	24.9 m	19.8 m	14.9 m	11.2 m
4th	27.6 m	20.3 m	15.9 m	10.5 m
5th	25.9 m	21.6 m	17.6 m	12.2 m
Average	26.34 m	20.34 m	16.1 m	11.2 m

3.1.2 목표지점 명중률

드론이 정지 비행 중 소화탄을 발화점으로 발사했을 때 목표지점에 소화탄이 안착되는지에 대한 실험을 진행하였다.

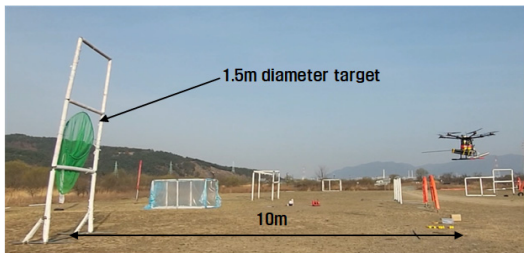


Fig. 10. The scene of the shooting accuracy test at the target point.

Fig. 10과 같이 지름 약 1.5 m의 원형 과녁을 제작하여 과녁의 중심점을 높이 3.2 m 지점에 맞추어 설치하였다. 소방드론에 소화탄 3개를 장전하고 과녁과 10 m 이상 떨어진 지점에서 드론을 2 m 고도 이상 상승 시킨 후 소화탄 3개 연속 발사를 1회로 하여 총 5회 발사할 때 과녁에 명중되는 개수를 확인하였다. 발사된 15개의 소화탄 중 과녁을 명중시킨 소화탄은 12개로 80 % 정도의 명중률을 가지는 결과를 얻었으며 Table 3에 데이터를 정리하였다.

Table 3. Shooting accuracy test results of fire grenade

Launch round	Number of Extinguisher	Target Hitting
1st	1	OK
	2	OK
	3	FAIL

2th	1	OK
	2	OK
	3	FAIL
3th	1	OK
	2	OK
	3	OK
4th	1	OK
	2	OK
	3	FAIL
5th	1	OK
	2	OK
	3	OK
Target hitting ratio		80 %

Fig. 11은 소화탄을 발사한 후 드론의 기체가 얼마큼 기울어지는지 연속동작 사진으로 분석한 결과를 보여주는 것으로 소화탄 발사 시 반동에 의해 기체가 9°정도 기울어졌다가 수평자세를 복원하는 것을 알 수 있다.

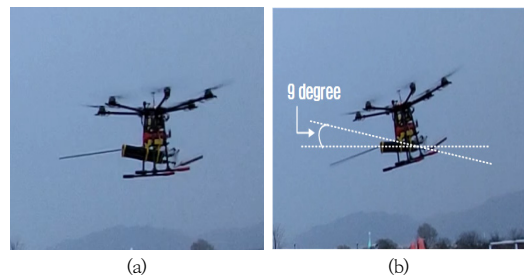


Fig. 11. Continuous scenes of launching a fire grenade. (a) Before launch, (b) Right after launch.

3.2 소화분말 분사거리

드론으로 분사되는 소화분말 도달 거리를 측정하는 실험은 다음과 같은 과정으로 수행되었다.

- 가로 2 m, 높이 2 m, 길이 7.1 m의 비닐로 둘러싸인 지그를 설치하고 지그의 입구부터 내부로 1 m 단위로 구획을 설정하여 5 m 까지 거리를 표시
- 시험 전 소화기의 중량 측정 후 소화기를 장착한 드론에서 지그의 입구 바깥 1 m 떨어진 지점에서 소화분말을 분사
- 소화분말을 1 kg 이상 분사 후 분사 위치부터 6 m 떨어진 구획까지 흩어진 분말을 포집
- 시험 후 소화기의 중량을 측정
- 시험 전 소화기 중량과 분사 후 소화기 중량의 차이값으로 분사된 소화분말 중량을 산출

- 분사 소화분말 중량 산출 값과 6 m 이내의 거리에서 포집된 소화분말의 중량 값과의 차이로 6 m 이상 날아간 분말의 중량을 산출하는 과정을 5회 반복 수행

소화기로부터 분사되는 소화분말은 평균적으로 분사되는 총량에서 87 %이상이 6 m 이상 분사되는 결과를 보여주었다. Fig. 12는 소화분말의 발사거리를 측정하는 실험을 보여주는 광경이며 실험을 통해 측정된 결과 값은 Table 4에 정리하였다.



Fig. 12. Powder fire extinguisher firing range test scene.

Table 4. Powder fire extinguisher firing range test results

	Fire extinguisher weight before spraying (kg)	Fire extinguisher weight after spraying (kg)	Sprayed powder weight within 6m (kg)	Sprayed powder weight over 6m (kg)	Spray ratio over 6m (%)
1st	5.69	3.62	0.36	1.71	82.60
2th	5.73	4.22	0.22	1.29	85.43
3th	5.60	3.95	0.06	1.59	96.36
4th	5.63	3.83	0.27	1.53	85.56
5th	5.75	3.60	0.24	1.91	88.84
Average over 6m distance spray ratio					87.76

소화탄 명중률 및 분말 소화기 분말의 분사거리는 발사 당시의 바람 등의 외부 환경적인 요인, 기체의 자체, 소화탄 발사기의 CO2 분사 가스양 및 분말 소화기의 상태 등에 영향을 받을 것으로 추측된다.

비행상승높이의 경우 GPS를 드론에 부착시켜 제공 높이를 측정한 결과 이륙중량 23.07 kg으로 114.3 m까지 상승하였고 풍속저항능력은 최저 8.3 m/s에서 최고 9.5 m/s로 측정되어지는 강풍기 앞 1.6 m 지점에서 약 2분간 호버링할 수 있는 성능을 가지는 것을 확인하였다.

4. 결론

본 논문에서는 고층빌딩과 같이 소방차 사다리의 접근이 쉽지 않고 소방대원이 신속하게 대응하기 어려운 높은 건물에서 화재가 발생했을 경우 이를 초기에 진압하기 위해 설계된 소방방재용 드론을 제안하였다. 제안된 드론은 6개 프로펠러의 Hexagonal 기체 구조를 가지고 오픈소스 및 오픈 하드웨어 기반으로 개발되었으며 화재진압을 위한 장비로 투척용 소화탄을 발사할 수 있는 소화탄 발사기와 분말소화기를 장착하고 있다. 실험을 통해 다음과 같은 성능을 확인할 수 있었다.

1. 약 23 kg의 이륙중량으로 약 15분정도 임무를 수행할 수 있는 비행체공 성능이 있음을 확인하였다.
2. 공중에서 목표지점 소화탄 투척 정밀도 실험을 수행한 결과 약 10 m정도 떨어진 목표물에 80 % 정도의 명중률 성능을 보였다.
3. 분말소화기 분사거리 성능의 경우 총 분말 분사량의 87 %후반이 직선거리로 6 m이상 분사됨을 확인하였다.

실험을 통해, 제안된 드론 시스템의 화재진압능력에 대한 기초 데이터들이 파악되었으며 향후 실제 고층빌딩에서의 화재를 가정한 화재진압실험을 수행하여 제안된 고층빌딩용 초기화재 진압용 드론의 활용성여부를 확인해야하는 과정이 필요하다. 실제 환경에서의 성능이 검증된다면 제안된 화재진압용 드론은 고층빌딩뿐만 아니라 지리적으로 소방차 및 소방대원의 신속한 대응이 이루어질 수 없는 지형에서의 활용 역시 가능할 것으로 기대된다.

References

- [1] Y. W. Shin and J. H. Park, "Analysis of the Effectiveness of Fire Drone Missions at Disaster Sites: An Empirical Approach", Journal of the Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 34, No. 5, pp. 112-119, Oct. 2020. DOI: <https://doi.org/10.7731/KIFSE.cba54f4c>
- [2] K. H. Nam and M. S. Jang, "A Study on the Exploration Device of the Disaster Site Using Drones", Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences, vol. 14, no. 3, pp. 579-586, Jun. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.13067/JKIECS.2019.14.3.579>
- [3] G. H. Youn, "Service Design for Using the Drones in the Early Stages Fires of Dense Residential Areas", Journal of the Korea Contents Association, Vol. 19,

No. 11, pp. 111-121, Nov. 2019.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5392/JKCA.2019.19.11.111>

- [4] S. D. Yoo, "Drone-Based Smart Quarantine Performance Research", Journal of the Convergence on Culture Technology, Vol. 6, No. 2, pp. 437-447, May. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2020.6.2.437>
- [5] N. H. Park, Y. C. Ahn, Y. J. Hwang, "A Study on the Development of a Remote Control Drone for Disaster Response", Journal of Korean Society of Disaster Information, Vol. 15, No. 2, pp. 578-589, Dec. 2019. DOI: <https://doi.org/10.15683/kosdi.2019.12.31.578>
- [6] K. J. Kang, S. M. Chang, I. H. Ra, S. W. Kim, and H. T. Kim, "Nozzle Flow Characteristics and Simulation of Pesticide Spraying Drone", Journal of Korean Institute of Smart Media, Vol. 8, No. 4, pp. 38-45, Dec. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.30693/SMJ.2019.8.4.38>
- [7] Y. J. Jo and M. S. Jang, "Suggestion and Verification of Architecture for Collecting Fine Dust using Drone", Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences, Vol. 15, No. 1, pp. 125-132, 2020. DOI: <https://doi.org/10.13067/JKIECS.2020.15.1.125>
- [8] H. J. Jeaong, S. J. Jang, J. Y. Suk, and S. K. Kim, "A Study on the System Identification of UAV using PX4", Proceedings of KSAS 2020 Annual Spring Conference, pp. 645-646, Jul. 2020.
- [9] J. H. Lee, "A Design of Small Drone with Open Source Frame and Software", Journal of the Semiconductor & Display Technology, Vol. 18, No. 2, pp. 78-81, Jun. 2019.
- [10] D. B. Yoon, K. Y. Lee, S. G. Han, Y. H. Kim, and S. D. Lee, "A Study on Flight Stabilization of Drones by Gyro Sensor and PID Control", Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences, Vol. 12, No. 4, pp. 591-598, Aug. 2017. DOI: <https://doi.org/10.13067/JKIECS.2017.12.4.591>
- [11] J. W. Kim, "Balance Control of Drone using Adaptive Two-Track Control", Journal of the Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology, Vol. 12, No. 6, pp. 666-671, Dec. 2019. DOI: <https://doi.org/10.17661/JKIIECT.2019.12.6.666>
- [12] J. H. Jeon, K. J. Kang, H. J. Kwon, S. M. Chang, J. B. Jeong, and J. G. Baek, "Development of the Connection Unit with a Gas Gun Installed in a Quadcopter-type Drone", Journal of the Korean Society for Aeronautical and Space Sciences, Vol. 46, No. 9, The Korean Society for Aeronautical & Space Sciences, pp. 774-781, Sep. 2018. DOI: <https://doi.org/10.5139/ksas.2018.46.9.774>

안 성 수(Sung-Su Ahn)

[정회원]



- 1996년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)
- 1998년 2월 : 경북대학교 일반대학원 전자공학과 (공학석사)
- 2015년 2월 : 경북대학교 일반대학원 전자공학과 (공학박사)
- 1998년 1월 ~ 2002년 11월 : LG산전 주임연구원
- 2002년 11월 ~ 2005년 10월 : LG전자 선임연구원
- 2005년 11월 ~ 2020년 2월 : 대구기계부품연구원 책임연구원
- 2020년 2월 ~ 현재 : 한국폴리텍대학 로봇캠퍼스 로봇자동화과 교수

<관심분야>

로봇시스템, 비선형제어, 센서융합, 동역학, 복합재료