

技術論文

DOI: <http://dx.doi.org/10.5139/JKSAS.2012.40.9.800>

무인항공기의 통합비행시험을 위한 통합형 지상지원시스템 개발

정재현*, 임병도*, 김성수*, 유창경**

Development of Integrated Ground Support System
for Integrated Flight Test of Small UAVs

Jaehyeon Jeong*, Byoung do Lim*, Sung-Su Kim* and Chang-Kyung Ryoo**

ABSTRACT

This paper proposes design and development of the Integrated Ground Support System (IGSS) for the flight test of the Unmanned Aerial Vehicle (UAV), which combines ground support and ground control. The integrated flight test of the UAV is a necessary procedure to validate the functionality of the Unmanned Aerial System (UAS). In order to execute cost-effective and systematic flight tests, the IGSS is regarded as an inevitable infrastructure of UAS for small laboratories. The proposed IGSS has functions of ground control, radio communication, power generation, transportation and the maintenance of the UAV.

초 록

본 논문은 지상지원과 지상관제의 기능을 결합한 무인항공기의 비행시험을 위한 통합형 지상지원시스템(Ground support system)에 대한 설계 및 개발에 관해 기술한다. 통합 비행시험은 비행체의 성능을 검증하기 위한 필수적인 절차이다. 개발한 통합형 지상지원 시스템은 비행시험에 필요한 인적·물적 자원과 시간을 절감하고 비행시험의 체계적인 준비와 진행을 하기 위한 인프라로서 비행시험의 제반 사항을 갖추어 지상관제, 통신, 발진, 장비의 수송, 수리와 유지 등이 가능하며 소규모 연구소에서 2~3명의 인원으로 운용하기에 적합한 수준이다.

Key Words: Unmanned Aerial Vehicle(무인항공기), Flight Test(비행시험), Ground Support System(지상지원시스템)

1. 서 론

무인항공기(이하 무인기)의 가치가 높아짐에 따라 여러 연구기관 및 대학에서 자체적으로 무

인기시스템(UAS: Unmanned Aerial System)을 개발하고 있다. 무인기의 비행과 임무 수행을 위해서 무인기에 비행제어시스템(FCS: Flight Control System), 자세계(AHRS: Attitude Heading Reference System), 관성항법장치(GPS: Global Positioning System), ADS(Air Data System), 통신시스템 등과 같이 다양한 센서를 탑재한다. 센서를 개발하여 개별적으로 검증한 후 각 센서를 통합하는 과정을 거치며 통합된 시스템에 대해 검증한다. 시스템은 통합비행시험

† 2012년 1월 26일 접수 ~ 2012년 8월 27일 심사완료

* 정회원, 인하대학교 항공우주공학과

** 정회원, 인하대학교 항공우주공학과
교신저자, Email : ckryoo@inha.ac.kr
인천광역시 남구 용현동 인하대학교

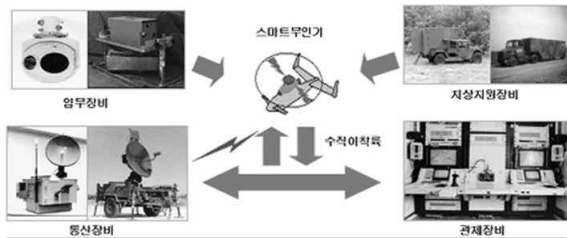


Fig. 1. Configuration of the UAS [2]

통해 각 모듈이 유기적으로 동작하고 시스템의 성능이 설계 목표에 만족하는지 검증한다[1]. 통합비행시험은 무인기시스템의 개발 과정 중에서 최종적으로 거쳐야 하는 절차이고 통합비행시험을 수행하기 위해서는 상당히 많은 자원과 시간이 필요하다. 따라서 통합비행시험에 드는 자원과 시간을 효율적으로 관리하기 위해서는 통합비행시험을 지원하는 체계적인 인프라가 필요하다.

무인기시스템은 Fig. 1과 같이 비행체, 관제 장비, 통신 장비, 임무 장비, 지상지원 장비로 구성된다. 무인기의 통합비행시험을 위해서는 임무수행에 필요한 임무 장비, 비행체의 상태를 확인하고 전체 비행을 관장하는 관제 장비, 비행체와 관제 장비의 데이터 통신을 위한 통신 장비, 비행체와 각종 장비를 운용하기 위한 연료 급유, 발전 등을 하는 지상지원 장비를 갖추어야 한다. 각 장비를 효과적으로 운용하고 관리하기 위해서는 전문적인 지식과 역량을 갖춘 인원이 담당하는 것이 필요하다.

Figure 2는 국내외의 연구소에서 운영하는 무인기시스템의 관제 장비를 보여준다. 각 관제 장비의 내부에는 지상관제시스템(GCS: Ground Control System)과 통신 장비가 갖추어져 있다.



Fig. 2. The Ground Control System

본 논문은 통합비행시험의 제반 사항을 갖춘 통합형 지상지원시스템을 제안한다. 통합비행시험에 필요한 관제 장비, 통신 장비, 지상지원 장비의 기능을 결합하여 제안한 통합형 지상지원시스템만으로 여러 장비를 운반하고 관리할 수 있어 통합비행시험을 체계적으로 준비하고 진행할 수 있다.

II. 본 론

2.1 통합형 지상지원시스템의 개념과 설계 요구조건

통합형 지상지원시스템은 관제 장비와 지상지원 장비의 기능을 결합하여 통합비행시험에 필요한 인적·물적 자원과 시간을 절감하고 통합비행시험을 체계적으로 준비하고 진행하는 것을 지향한다. 통합형 지상지원시스템은 비행체의 지상관제, 비행체와 각종 장비의 운반 및 유지보수, 각종 장비의 전원 공급 등 통합비행시험에 필요한 제반 사항이 갖추어진 집약형 장비이다. Fig. 3과 Fig. 4는 개발한 통합형 지상지원시스템으로 독립적인 전력공급, 지상관제, 장비의 운반 및 유지보수, 휴식처를 제공한다. 이러한 통합형 지상



Fig. 3. Outside of the IGSS

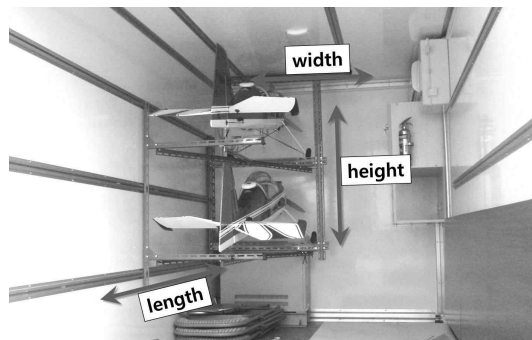


Fig. 4. Inside of the IGSS

Table 1. Required resources of flight test

Required resources	
Human resources	pilot 1, operator 1
Material resources	UAV, helicopter, backup vehicle, GCS, radio modems, antenna, generator, fuel, tools

지원시스템은 분화된 형태에 비해 각 장비의 관리가 쉬어 작은 규모의 연구소에서 운영하기에 적합하다.

통합형 지상지원시스템의 설계요구조건은 소형 무인기의 통합비행시험 환경을 고려하여 도출한다. 통합비행시험은 무인기시스템의 성능을 검증하기 위한 절차이기 때문에 무인기와 무인기를 위한 지상관제, 통신이 필요하며 접근성이 낮고 활주로가 갖추어진 개활지나 야지에서 수행한다. 따라서 통합형 지상지원시스템은 무인기의 지상관제, 운용 인원과 운용 장비의 운송, 장비의 운용을 위한 전력 공급의 기능을 갖추어야 한다. 제안한 통합형 지상지원시스템의 설계요구조건은 다음과 같다.

- ① 지상지원시스템의 사용 목적
- ② 지상지원시스템의 기능
- ③ 지상지원시스템의 크기

통합비행시험에 필요한 최소한의 운용 인원과 장비를 고려하면 Table 1과 같다.

예상한 운용 인원은 조종사 1명, 지상관제시스템 오퍼레이터 1명이고 운용 장비는 시험기 3대이다. 시험기 2대와 예비 1대를 운용하거나 시험기 3대를 운용하는 상황으로 고려하였다. 본 연구실에서 보유한 무인기 중 최대 크기의 무인기인 YAK-54 3D-ARF이고 제원은 Table 2와 같다.

무인기를 관제하기 위한 지상관제시스템(GCS: Ground Control System)은 Fig. 5와 같고 시험기가 3대인 경우에 대한 구성이다. 지상관제시스템은 비행체의 임무정보와 상태를 관리하는 지상 통제장치, 외부 조종사와 비행체의 통신을 위한 호스트장치로 구성된다.

Table 2. Specifications of YAK-54

Specification	
Wing Span	1040 mm
Wing Area	0.23 m ²
Fuselage Length	960 mm
Weight	680 - 765 g

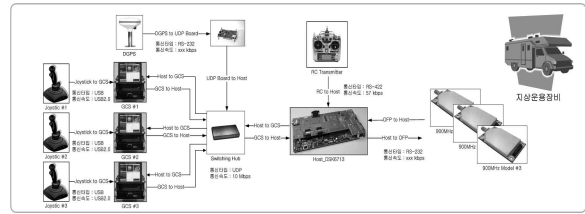


Fig. 5. Configuration of the GCS

2.2 지상지원시스템의 형태

통합비행시험은 접근성이 낮고 활주로가 갖추어진 개활지나 야지에서 진행하기 때문에 인원과 장비를 운송해야 한다. 트레일러나 고정형 장비보다 이동이 자유로운 차량이 적절하다. 통합형 지상지원시스템은 상용화물 차량의 기본 적재공간에 트럭 캡을 설치하여 트럭 캡의 내부를 지상관제 시스템을 운용하는 공간으로 활용하도록 한다. 트럭 캡을 설치함으로써 각 장비의 운송과 보관에 대한 안전성이 높아지고 공간의 활용도가 높아진다.

상용화물 차량을 선정하기 위해 설치할 트럭 캡, 내부에서 작업하는 인원, 적재할 장비 등을 고려하였다. Table 1을 바탕으로 적재공간의 크기와 적재 중량이 만족되는 상용화물 차량을 선정하였다. 선정된 상용화물 차량은 봉고III 1.2톤으로 제원은 Table 3과 같다.

선정된 차량은 트럭 캡을 설치하여 지상관제가 가능한 환경을 조성하였다. 선정한 차량에 허

Table 3. Specification of Bongo III

1.2ton BongoIII Standard	
Total Length	5,455 mm
Total Width	1,750 mm
Total Height	2,085 mm
Cargo bay Length	3,400 mm
Cargo bay Width	1,650 mm
Loading weight	800 kg



Fig. 6. 1.2ton BongoIII Standard

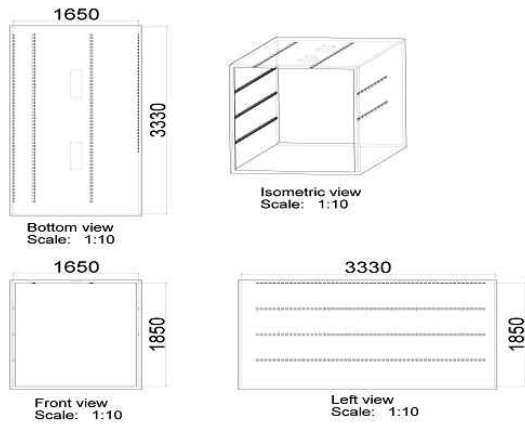


Fig. 7. Drawings of truck cap

가된 트럭 캡의 기준 모델을 적용하여 3D 모델을 구성하였다. 통합비행시험에 필요한 장비와 내부 환경 조성에 필요한 장치도 3D 모델로 구성하였다.

트럭 캡 내부의 크기는 Fig. 7과 같이 3,330×1,650×1,850mm (길이×폭×높이)이다. 트럭 캡의 크기는 무인기 3대까지 적재할 수 있고 내부에서 지상관제를 하기에 적절한 공간이다.

2.3 지상지원시스템의 기능

2.3.1 적재 및 운반관련 장치

통합형 지상지원시스템은 관제 장비, 통신 장비, 지상지원 장비의 기능을 갖추고 있다. 통합형 지상지원시스템은 비행시험에서 기본적으로 지상지원의 역할을 한다. 시험기와 각종 장비의 적재와 운반을 할 수 있다.

Fig. 8은 통합형 지상관제 시스템이 비행시험 장소로 이동할 때의 내부 배치도이다. 트럭 캡의 내부에 무인기를 최대 3대까지 적재하고 각종 장비를 바닥에 설치된 고정용 손잡이를 이용하여 적재 및 운송한다.

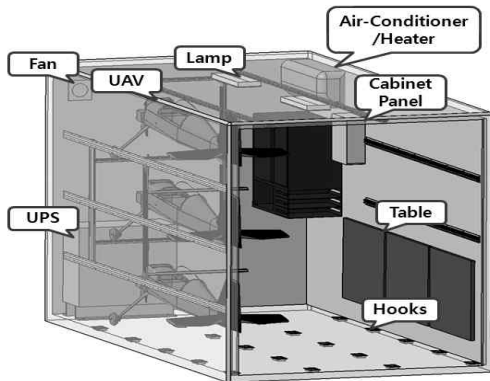


Fig. 8. Arrangement of items: travel type

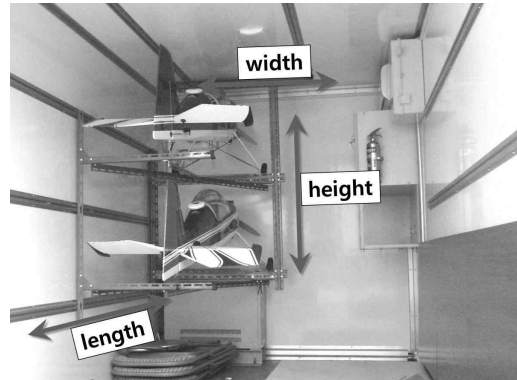


Fig. 9. Detachable holders for UAV



Fig. 10. Hooks for fixing of cargo box

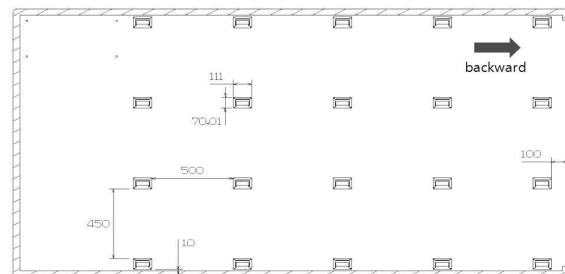


Fig. 11. Arrangement of hooks

Figure 9의 거치대(holders)는 고정익과 회전익을 고정하기 위해 설계된 장치이다. 무인기의 크기에 따라 거치대의 위치를 가로(width), 세로(length), 높이(height) 방향으로 변경할 수 있고 탈부착할 수 있다.

Figure 10은 고정용 손잡이(hooks)를 보여준다. 각종 장비를 개별 상자에 담아서 트럭 캡의 바닥에 적재하고 그물로 덮은 후 고정용 손잡이에 고정한다. 고정용 손잡이는 Fig. 11과 같이 바닥에 균등하게 배치하였다.

Figure 12는 내부의 측면에 고정된 보관함을 보여준다. 통합비행시험에서 사용하는 휴대용 장비를 보관함의 ①에 보관한다. 보관함의 ②는 이동형 지상통제장치가 아닌 고정형 지상통제장치를 설치하기 위한 공간이다.



Fig. 12. Outside of Cabinet



Fig. 13. Supports for installation of additional devices

필요에 따라 트럭 캡의 내부에 추가 장치를 설치할 수 있도록 Fig. 13과 같이 알루미늄 프로파일을 내부 벽면과 천정에 설치하였다

2.3.2 전력공급 관련 장치

통합형 지상지원시스템은 무인기의 비행 관제를 위해서 지상관제 시스템과 통신 장비에 안정적으로 전력을 공급하도록 독립적인 전원을 갖추어야 한다. Fig. 14는 통합형 지상지원시스템의 전기배선도이다. 이동형 발전기로 전력을 생산하여 통합비행시험에 사용하는 장비에 공급한다. 트럭 캡의 내부로 공급된 전력을 바로 사용할 수 있지만, 비행시험 중 예상하지 못한 요인으로 발전기의 전력공급이 차단되는 상황에 대비하기 위해서 내부로 공급된 전력을 무정전전원장치로 공급한 후 무정전전원장치의 전력을 사용할 수 있도록 배전하였다.

무정전전원장치의 용량은 통합비행시험에서 사용하는 주요 장비의 소비전력 총합보다 커야 하고 전력공급을 복구하는 시간 동안 주요 장비를 동작시킬 수 있는 수준이어야 한다. Table 4는 무정전전원장치에서 전력을 공급하는 주요 장비

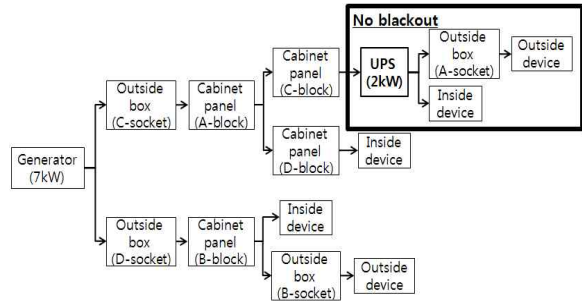


Fig. 14. Electric wiring plan

의 소비전력을 보여준다. 무정전전원장치의 총 용량은 2kWh이고 외부의 전원과 차단된 상황에서 600 Wh로 약 3시간 30분 정도 전력을 공급할 수 있다.

Table 4. Power consumption of equipments

Items	Power	N	Subtotal
PC	500 W	1	500 W
Monitor	40 W	1	40 W
2.4GHz RF Modem, Antenna, tracker	3.6 W	2	7.2 W
900MHz RF modem	7.2 W	4	28.8 W
Host	15 W	2	30 W
Total			606 W

N = number of items

Table 5. Total power consumption

	Items	Power	N	Subtotal
Cabinet panel D (6A)	PC	500 W	1	500 W
	Monitor	40 W	1	40 W
	UPS	700 W	1	700 W
	2.4GHz RF Modem, Antenna, tracker	3.6 W	2	7.2 W
	900MHz RF modem	7.2 W	4	28.8 W
	Host	15 W	2	30 W
Circuit breaker 1 Subtotal				1.3 kW
Cabinet panel C (10A)	PC	500 W	3	1.5 kW
	Monitor	40 W	3	120 W
	Notebook	92 W	2	18 W
Circuit breaker 2 Subtotal				1.8 kW
Cabinet panel B	air-conditioner	860 W	1	860 W
	lamp	36 W	2	72 W
	fan	22 W	1	22 W
	radio set charger	3 W	2	6 W
	battery charger	80 W	1	80 W
	reserve power	2 kW	1	2 kW
Circuit breaker 3 Subtotal				3.1 kW
Total				6.2 kW

N = number of items

통합형 지상지원시스템은 무인기의 지상관제를 할 수 있는 공간을 갖추고 있다. 쾌적한 작업 환경을 위한 장치는 오퍼레이터가 트럭 캡의 내부에서 관제하는 데 필요한 부분이지만 통합비행 시험에서 중요도는 낮다.

따라서 통합비행시험에 사용하는 장비의 중요도에 따라 전원 공급의 경로를 달리하는 것이 안정적인 전력 공급을 위해 적절하다. Table 5와 같이 통합비행시험에 사용하는 각종 장치의 소비 전력을 예상하여 통합비행시험에 대한 영향력별로 분류한다. 그리고 Fig. 15와 같이 각각에 대해 차단기를 설치하여 트럭 캡의 내부에 배전하였다. 이를 통하여 통합비행시험에서 부수적인 장치에 의한 사고를 예방하고 제한된 전력을 효율적으로 사용할 수 있다.

Table 5와 같이 Fig. 15의 차단기 A는 외부 전원으로부터 내부로 공급되는 전력을 조절한다. 차단기 A를 거친 전력은 다시 차단기 C와 차단기 D를 거친다. 차단기 C는 외부로부터 공급되는 전력을 직접 사용하는 경우에 전력을 조절하는 역할을 하고 차단기 D는 UPS를 거쳐 공급되는 전력을 사용하는 경우에 전력을 조절하는 역할을 한다. 차단기 B는 부수적인 기기를 사용하는 경우에 전력을 조절하는 역할을 한다.

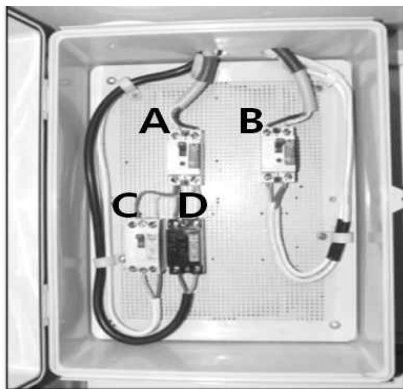


Fig. 15. Inside of cabinet panel

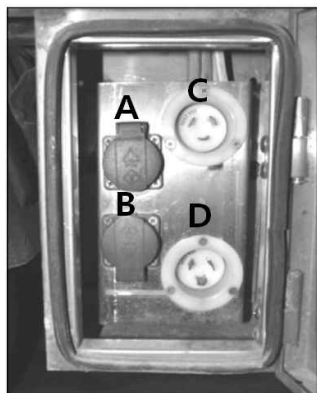


Fig. 16. Outside box

Table 6. Configuration of outside box

Sockets	Path
A (outlet)	from the UPS to outside devices
B (outlet)	from the generator outside devices
C (inlet)	Cabinet panel A
D (inlet)	Cabinet panel B



Fig. 17. Oil storage (Fuel, Engine Oil)

무인기의 지상관제는 통합형 지상지원시스템의 내부와 외부에서 이루어진다. 이동형 발전기로 생산한 전력을 통합형 지상지원시스템의 내부와 외부에서 사용하도록 Fig. 16과 같이 전원수급 장치를 지상지원시스템의 외부에 설치하였다. 전원수급 장치는 외부 전원을 내부로 공급하는 주입구(C, D)와 내부 전원을 외부로 공급하는 배출구(A, B)로 구성되고 각 콘센트의 전력은 Table 6과 같이 사용한다.

통합비행시험에서는 비행체, 발전기의 연료와 엔진오일 등을 사용한다. 화재를 예방하고 쾌적한 내부 환경을 위해서 유류를 Fig. 17과 통합형 지상지원시스템의 외부에 설치한 유류저장고에 보관한다. 유류저장고는 상용화물 차량의 뒷바퀴 뒤에 설치되어 있고 크기는 700×290×270mm (가로×세로×높이)이고 재질은 강화플라스틱으로 외부 충격에 비교적 안전하고 가볍다.

2.3.3 관제 및 통신 관련 장치

통합형 지상지원시스템은 무인기의 관제와 통신 기능을 갖추었다. Fig. 18은 통합형 지상지원시스템의 내부에서 지상관제를 할 때의 내부 모습이다.

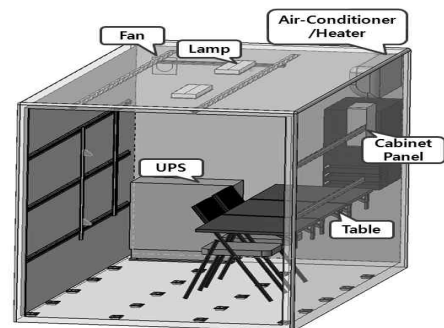


Fig. 18. Arrangements of items: Station type

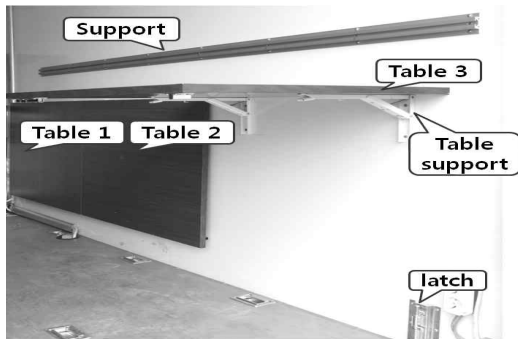


Fig. 19. Use of tables

무인기와 무인기 거치대는 분리되어 있고 Fig. 19과 같이 접이식 탁자를 펼쳐서 사용할 수 있다. 접이식 탁자 크기는 780×600mm (가로×세로) 이고 탁자가 설치된 벽면에는 모니터를 설치할 수 있는 지지대가 있다.

2.4 지상지원시스템의 내부 환경

통합형 지상지원시스템은 지상관제 장비의 기능을 갖추고 있다. 지상관제 시스템 오퍼레이터가 쾌적한 환경에서 작업할 수 있도록 각종 장치를 설치하였다. 트럭 캡 내부에 설치된 환풍기는 동작하는 경우에만 뒷면의 덮개가 개방된다. 차량이 이동하거나 우천 시에 외부로부터 이물질의 유입되는 것을 방지한다.

트럭 캡 내부에 벽걸이형 냉·난방기를 설치하여 혹서기나 혹한기에도 내부의 적정온도를 유지한다. 천정에 조명을 설치하여 출입문이 닫혀도 내부에서 지상관제가 가능하다. 일반적으로 트럭 캡의 외부에서만 출입문을 열 수 있다. 외부에서 문이 잠겨 내부에 오퍼레이터가 갇히는 사고를 예방하기 위해 Fig. 21과 같이 내부에서 출입문을 개폐할 수 있도록 개조하였다.

통합형 지상지원시스템은 관제 장비와 지상지원 장비의 기능을 결합하여 통합비행시험에 필요

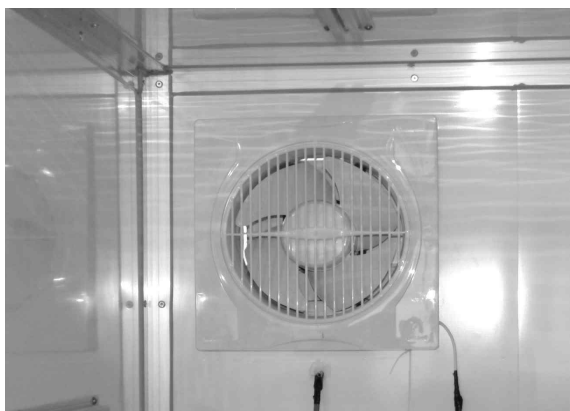


Fig. 20. Fan



Fig. 21. Outside (left) and inside (right)

한 자원과 시간을 절감하고 통합비행시험을 체계적으로 준비하고 진행하도록 한다. 이러한 형태는 분화된 형태에 비해 각 장비의 관리가 쉬워 작은 규모의 연구소에서 운영하기에 적합하다.

III. 결 론

본 연구실은 통합비행시험에 통합형 지상지원시스템을 운용한다. 통합형 지상지원시스템의 구축으로 무인기시스템의 개발에서 통합비행시험에 소모되는 많은 자원과 시간을 절감하였고 체계적인 준비와 진행이 이루어지고 있다. 개발한 통합형 지상지원시스템은 다른 형태에 비해 비교적 개발 비용이 적고 각 장비의 관리가 쉬워 작은 규모의 연구소에서 운영하기에 적절한 수준이다.

후 기

이 논문은 인하대학교의 지원을 받아 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 1) 유혁, 박무혁, 구삼옥, 김중옥, 안이기, "소형 무인항공기 비행시험과 교훈," 한국항공우주학회 2001년도 추계학술발표회 논문집, pp.337~341, 2001.
- 2) <http://www.smart-uav.re.kr/newsletter/2004/newsletter200409.htm>
- 3) <http://www.smart-uav.re.kr/newsletter/2008/newsletter200809.htm>
- 4) <http://www.fas.org/irp/program/process/jstars-gsm.htm>
- 5) [http://www.dtic.mil/ndia/2010MCSC/Tue sdayReddy.pdf](http://www.dtic.mil/ndia/2010MCSC/Tue%20sdayReddy.pdf)