

산업용 드론 시험평가 항목 보고서



2020. 9. 25

라이브비욤드드론즈 주식회사

산업용 드론 시험평가 항목 보고서

2020. 9. 25

라이브비욘드드론즈 주식회사

이 보고서는 “한국정보통신기술협회(TTA)”가 주관하고 “라이트비욘드드론즈 주식회사(LBD)”가 수행하여 그 결과를 수록한 것입니다.

목 차

제1장 사업개요	1
1.1. 사업 배경.....	1
1.2. 사업 목적.....	3
1.3. 연구 범위.....	4
 제 2 장 시험 항목 조사 방법론	5
2.1. 시험 항목 도출.....	5
2.2. 드론 시스템 구성.....	8
2.3. 시험항목 조사 방법.....	11
 제 3 장 시험항목 조사	13
3.1. 해외 동향.....	13
3.2. 국내 동향.....	15
3.3. 오픈소스 비행제어기.....	20
 제 4 장 시험 항목 조사결과	23
4.1 산업용 드론 시험 항목 선정.....	23
4.2 산업용 드론 시험 항목 설명.....	25
 제 5 장 결론	39

표 목차

표 1. ISO 표준 요약	14
표 2. 개발 시험 평가 항목	16
표 3. 통합 시스템 시험평가 항목	16
표 4. 재난 치안 무인기 요구 성능	16
표 5. UAV 성능 개발 비행시험 항목	18
표 6. UAV 통신 개발 비행시험 항목	18
표 7. RQ-101(송골매) 개발 비행시험 항목	18
표 8. UAV 개발 비행시험 절차	18
표 9. 오픈소스 비행제어기 활용 드로 조립 시 검토사항	20
표 10. 오픈소스 비행제어기 활용 드론 첫 비행시 검토사항	22
표 11. 시험 종류와 시험 항목	23
표 12. 제안하는 멀티콥터 드론의 시험항목	25
표 13. GPS 작동상태 시험항목	26
표 14. 탑재 장비 작동 시험항목	26
표 15. 저전압 경고 시스템 작동 여부 시험항목	27
표 16. 통신 두절 대비 시험항목	27
표 17. 호버링 모드 시험항목	28
표 18. 상승 및 하강 비행 시험항목	28
표 19. 전진 및 후진 비행 시험항목	29
표 20. 좌·우 회전 비행 시험항목	29
표 21. 장애물 탐지 시험항목	30
표 22. 통신거리 시험항목	30
표 23. 최대비행속도 시험항목	31
표 24. 최대상승속도 시험항목	31
표 25. 최대하강속도 시험항목	32
표 26. 최대이륙중량 시험항목	32
표 27. 호버링 성능 시험항목	33
표 28. 정밀 착륙 정확도	33
표 29. 운용 가능 통신거리 시험항목	34
표 30. 운용 가능 통신속도 시험항목	34
표 31. 데이터 수신 및 작동 시험항목	35
표 32. 임무 기능 시험항목	35
표 33. 운용 경도 시험항목	36
표 34. 운용 위도 시험항목	36
표 35. 운용 고도 시험항목	36
표 36. 운용온도 시험항목	37
표 37. 내풍성 시험항목	37
표 38. 전자파 적합성 시험항목	37
표 39. 진동 시험항목	38

그림 목차

그림 1. 드론 활용의 유망분야 및 활용 모델 (출처 : 드론산업 발전 기본계획 보도자료)	1
그림 2. 드론 시범사업 분야(출처 : 드론산업 발전 기본계획 보도자료)	2
그림 3. 소프트웨어 개발 모델	5
그림 4. 프로젝트 개발 및 시험 모델	6
그림 5. 체계 검증 활동에 대한 V자 모델	7
그림 6. 산업용 멀티콥터의 드론 시스템 체계도의 예	8
그림 7. 시스템 개발 흐름도	12
그림 8. 재난 치안용 무인기	15
그림 9. 무인항공기 개발 관련 사진	18
그림 10. 산업용 드론의 임무시나리오 사례	24

제1장 사업개요

1.1. 사업 배경

- ◎ 드론(Drone) 산업은 정부가 정한 혁신성장 8대 핵심 선도 사업으로, 항공, ICT(정보통신), 소프트웨어, 반도체, 센서 등 첨단 기술이 융합된 산업이며, 타 산업과 연계 효과가 큰 4차 산업혁명의 기반이 되는 산업임.
- ◎ 드론 산업은 부품 생산 및 완제품 제조 등 드론 관련 제조업과 판매업 이외에도 드론을 직접 운용하여 서비스를 제공하는 서비스 산업까지 다양한 시장을 창출하고 있음.
- ◎ 군사용 목적과 취미 활동으로 시작된 드론 산업은 촬영, 방제, 감시, 경찰, 보안, 측량, 물류운송, 교육 등 다양한 분야로 성장하고 있음.



그림 2. 드론 활용의 유망분야 및 활용 모델 (출처 : 드론산업 발전 기본계획 보도자료)

- ◎ 드론 산업은 성장 잠재력과 그 파급효과 측면에서 기대감이 커지고 있으며, 비약적인 성장도 가능할 것으로 예상됨에 따라, 첨단기술을 융합하는 드론 산업의 특성상 정보통신 분야 등 관련 산업의 발전도 견인할 것으로 예상됨.
- ◎ 현재 제작, 판매, 유통되고 있는 드론은 소형 완구부터 대형 항공기급까지 크기와 형식, 용도, 중량, 운용방식 등 다양하며, 드론에 함께 탑재되는 임무용 장비로 촬영, 방제, 측량 등 다양함.
- ◎ 또한 완제품 형태로 판매되는 제품부터 부품 수준의 부분품을 직접 조립하는 수준까지 드론을 활용하고 있는 다양한 분야에서 사용하는 드론의 제조 방법 또한 다양함.
- ◎ 다양한 용도로 사용됨에 따라, 사용 목적에 적합한 드론의 규격과 요구 성능에 대한 기준도 복잡해지고 있으며, 새로운 기술을 적용하는 빈도가 늘고 있고 성능이 개

선되면서 제작사에서 제공하는 규격 역시 복잡해지고 있음. 또한 빠르게 성장하는 시장 특성상 많은 기업들이 드론 산업에 진출하면서 판매되는 모델도 다양화되고 있어, 소비자들의 판단은 더욱 어려워지고 있음.

- ◎ 오랜 기간을 걸쳐 지속적으로 발전해오며 다양한 사양들을 검증해왔던, 이전 산업들과는 다르게, 빠르게 발전하는 드론 산업은 사양 검증과 표준 수립이라는 활동을 수행할 시간여유 조차 가질 수 없는 상황임.
- ◎ 특히 대부분의 상용 비행제어기의 보안문제로 인하여 연구개발 및 운용현장에서 선호하는 오픈소스 비행제어기를 활용하는 드론 시스템에 대하여 효율적인 운용을 위하여 드론 시험 항목 도출이 필요함.
- ◎ 소비자들의 선택권 보장과 제작사들의 제품 개발 과정을 지원하여 드론 산업 활성화에 이바지하기 위해 신속하지만, 신뢰성 있는 시험 평가 기준 정립이 긴요함.

< 드론 시범사업 분야 >



그림 3. 드론 시범사업 분야(출처 : 드론산업 발전 기본계획 보도자료)

1.2. 사업 목적

- ◎ 비행체이면서 단순하고 간단한 시스템인 드론에 관하여 많은 연구개발과 활용이 시대의 흐름이 되어가는 요즘 드론의 생애주기 및 활용도 측면에서 다양한 이해관계자들에게 드론 시스템이 제대로 제작되고 운용되기 위한 필수사항인 시험항목 도출을 수행하고자 함.
- ◎ 드론에 관한 시험항목은 고정익 드론의 경우에는 사람이 타는 형태의 고정익 비행기의 사례에서 유추하여 사람이 타지 않는 고정익 드론에 대한 시험항목들이 제시된 사례가 있지만 산업용 드론으로 많이 활용되는 멀티콥터 형태의 드론에 관한 사례가 전세계적으로도 전무하다시피 하여 이에 대한 기준을 마련하는 것임.
- ◎ 본 사업은 멀티콥터 형태의 산업용 드론의 활용분야가 늘어날 뿐만아니라 활용빈도도 높아지는 상황에서 효율적인 개발, 제작 및 운용을 위한 시험항목을 도출하고 그 시험항목 도출의 근거를 제시함으로써 클라이언트, 개발 또는 제작자, 및 운용자 등에게 표준적인 시험항목을 제시하고 운용하게 하면서 상호 인터페이스 및 효율적인 활용이 가능하게 함으로써 드론산업을 활성화에 기여하고자 함.

1.3. 연구 범위

1.3.1. 시험 항목 선정 과정과 그 범위

- ◎ 드론에 대한 시험 평가가 필요한 항목을 자료 조사와 전문가 의견 청취를 통해 도출하여 목록화함.
- ◎ 도출된 목록을 기준으로 시험 평가 항목을 분류하고, 각 항목에 대한 시험 평가 필요성 결정함.
- ◎ 시험 평가가 필요한 항목에 대한 선정 기준 및 고려사항, 단위, 평가 방법 도출

1.3.2. 제한 사항

- ◎ 본 시험 평가 항목 도출 과정에는 전문가들의 논의를 통해 다양한 형태의 드론 중 멀티콥터 형태의 드론으로 그 한계를 정함.
- ◎ 다양한 임무에 따라 무수히 늘어날 수 있는 시험 항목의 종류를 적절히 조절하기 위해 농업 방제용 등의 목적으로 활용되는 산업용 드론에 대한 시험 항목으로 한정함.

제 2 장 시험 항목 조사 방법론

2.1. 시험 항목 도출

- ◎ 시험 평가가 필요한 항목은 부품 수준, 모듈 수준, 시스템 수준 등 드론 체계의 구성이나 각 부분의 개발 단계에 따라 상이할 수 있음.
- ◎ 시스템 엔지니어링을 통해서 인정되는 개발 단계에 대한 V자 모델에서는 개발 단계 별로 필요한 시험 항목 정의와 그 방법에 대한 기술을 확인할 수 있음.
- ◎ 따라서 드론과 관련성이 높은 분야의 V자 모델을 관찰하면, 필요한 시험 항목을 도출할 때 과정의 기준으로 활용될 수 있음.

2.1.1. 소프트웨어 개발 모델

- ◎ 그림 1은 소프트웨어의 개발 과정을 구조화한 소프트웨어 개발 모델이며, 체계적인 설계와 개발 시험 과정을 일체화한 V자 형 개발 모델임.
- ◎ 소프트웨어 개발 모델은 요구사항분석, 기능 명세화, 구조설계, 시스템 및 아키텍처, 모듈 설계를 거쳐, 코드작성을 수행하며, 코드 작성 후, 단위 테스트, 통합 테스트, 시스템 테스트, 인수 테스트를 거치게 됨.
- ◎ 각 테스트 과정에서 거쳐야할 시험 평가의 항목은, 단위 테스트의 경우 시스템 및 아키텍처, 모듈 설계에서, 통합테스트의 경우 구조설계에서, 시스템 테스트의 경우 기능 명세화에서, 인수 테스트의 경우 요구사항 분석에서 작성한 설계 항목을 기준으로, 해당 항목을 만족시키는 여부가 시험 항목이 될 수 있음.

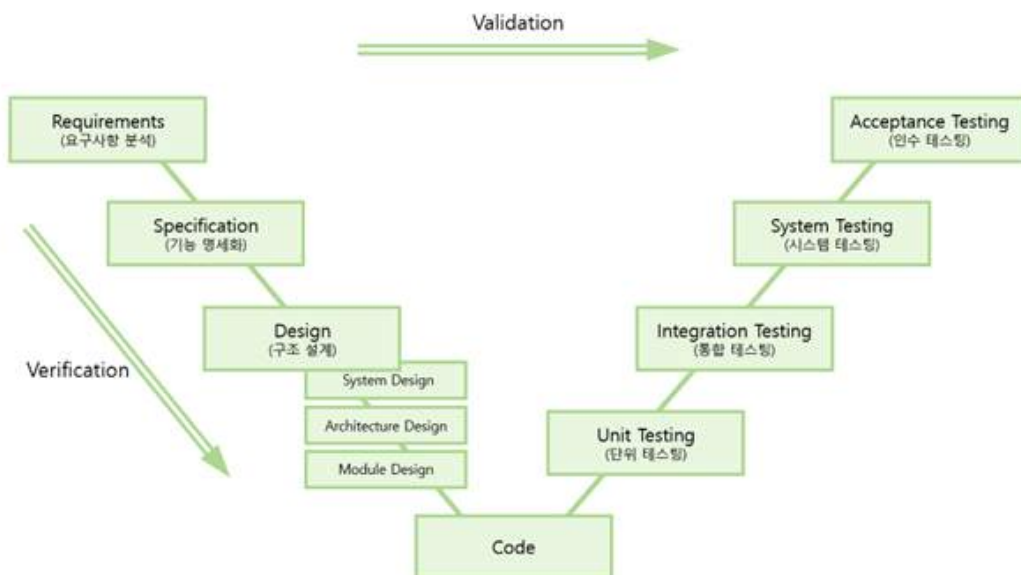


그림 4. 소프트웨어 개발 모델

2.1.2. 프로젝트 개발 및 시험 모델

- ◎ 그림 2는 소프트웨어 개발보다는 규모가 큰 프로젝트 개발 모델을 구조화한 프로젝트 개발 및 시험을 위한 V자 모델임.
- ◎ 프로젝트 수준에서는 시스템과 부품 레벨로 설계 요구조건을 구성하고 이를 시험 준비 검토 과정과 시스템 검증 검토 과정을 적용하여 검증을 수행하게 함
- ◎ 시험 준비 검토과정과 시스템 검증 검토 과정에서는 앞서 작성한 설계 요구조건에 따라 해당 요건의 만족여부를 수험할 시험 항목을 작성함.

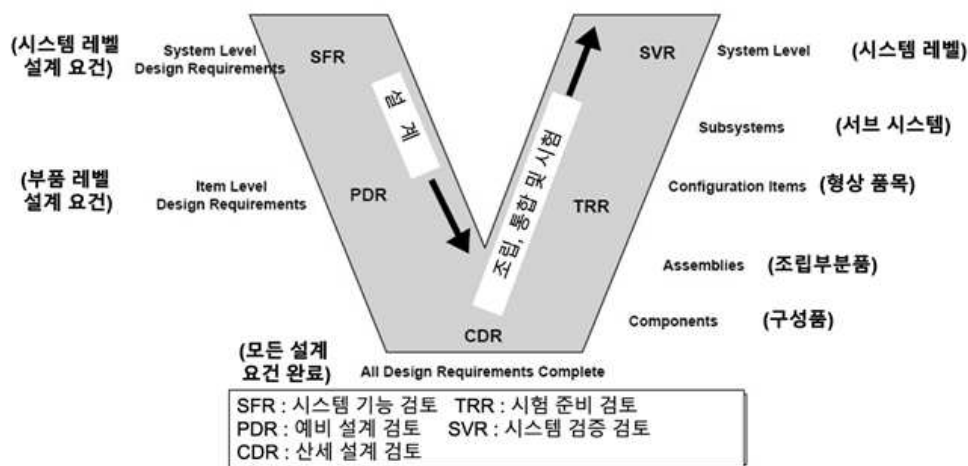


그림 5. 프로젝트 개발 및 시험 모델

2.1.3. 체계 검증 활동

- ◎ 그림 3는 체계 검증 활동을 구조화한 V자 모델임.
- ◎ 체계 검증에서는 시스템과 서브시스템, 부품 수준의 요구사항과 이들에 대한 검증을 수행하는 Level 1과 Level 2, Level 3 단계보다 상위 단계로 해당 체계를 직접 사용할 수 있게 될 소비자들의 요구사항과 이러한 소비자들의 요구사항의 만족 여부를 검증할 시험 단계를 제시.
- ◎ 검증의 기준은 요구조건의 만족 여부이며, 이러한 검증 활동의 근거도, 체계 규격서, 개별 규격서 등의 요구조건 검증 매트릭스가 될 수 있음.
- ◎ 체계의 효율적인 개발에는 요구조건의 적절성에 대한 확인(verification)과 요구조건의 만족을 확인하는 검증(validation)이 중요함.

2.1.4. V자 개발 모델을 기반으로 한 시험 항목 도출

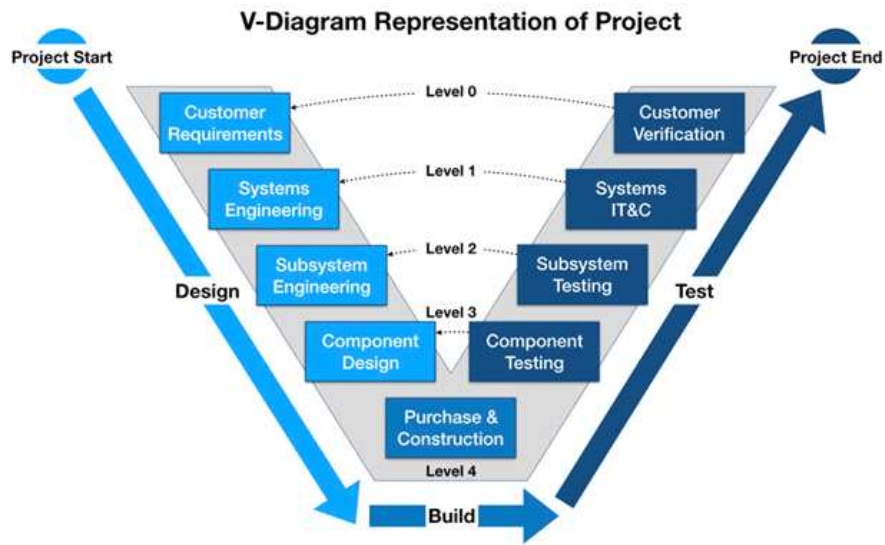


그림 6. 체계 검증 활동에 대한 V자 모델

- ◎ V자 개발 모델을 통해 확인한 것처럼 소비자의 요구조건 만족 여부를 판단하거나, 시스템이나, 서브시스템, 부품 등의 개발이 올바르게 이루어졌는지 검증하는 과정 모두가 드론의 개발 및 사용 과정에서 모두 중요하며, 따라서 시험 항목도 이에 준해, 부품 단계, 서브 시스템 단계, 시스템 및 소비자 요구 사항을 모두 고려하는 것이 중요함.
- ◎ 따라서 부품 개발, 서브 시스템 및 시스템 개발, 소비자 판매 단계의 전문가들의 의견 청취와 이를 시험 항목에 반영하는 것이 긴요하며, 이렇게 수집된 시험 항목을 분류하여 시험의 목적과 시험의 한계를 명확하게 하는 것이 시험 항목에 대한 신뢰 확보와 시험 자체에 대한 이해를 증진할 수 있음.

2.2. 드론 시스템 구성

2.2.1. 드론 시스템 구성

- ◎ 드론의 시험항목 조사 범위를 명확하게 하려면, 대상인 드론 시스템 구성분석이 필요함
- ◎ 드론 시스템은 그림4와 같이 전체를 아우르는 체계수준의 Level 1과 중요 하위 시스템을 칭하는 계통 수준의 Level 2, 해당 계통을 구성하는 구성품 수준의 Level 3로 구분할 수 있음.



그림 7. 산업용 멀티콥터의 드론 시스템 체계도의 예

가. 비행체

- ◎ 비행체를 구성하는 구성품에는 GPS/고도계, 가속도계, 자이로스코프, 지자력계, Vision 계열 센서 등 드론의 자세와 위치를 제어하고 계획된 경로를 이동하기 위한 항법체계에 사용되는 센서류들이 있음.
- ◎ 비행제어컴퓨터로 불리는 FC(Flight Controller) 장치는 오픈소스형과 상용으로 구분할 수 있으며, 앞서 말한 일부 센서들을 포함한 것도 있음.
- ◎ 기체 및 로터 구성품은 기체를 이루는 프레임, 착륙을 위한 스킵 등 기체의 뼈대가 되는 기계 구조물과 추력을 발생시키는 로터, 이를 구동하는 모터, 모터의 속도를 제어하는 ESC(Electronic Speed Controller)를 포함.

- ◎ 모터와 비행제어컴퓨터 등에 전원을 공급하는 배터리는 드론의 성능에 많은 영향을 주는 구성품임.
- ◎ 배터리 전원을 관리하고 분배하는 전원관리 체계와 이를 연결하는 전원 케이블, 센서 신호와 제어 신호를 전달하는 각종 신호 케이블과 통신 케이블 또한 주요 구성품임.

나. 통신

- ◎ 비행체에 설치되는 탑재 통신 안테나와 탑재 통신 모뎀은 지상국의 제어신호를 수신하고 현재 비행체의 상태를 지상국에 전달함.
- ◎ 통신 모뎀과 안테나는 일체형으로 구성된 형태부터 개별 구성품으로 설치되는 경우 등 다양한 형태가 존재함.
- ◎ 통신 방식과 주파수, 출력 크기에 따라 통신 및 통시 가능 거리, 비행가능 거리 등의 성능에 영향을 줄 수 있음.
- ◎ 제어신호를 송신하고 비행체 상태 신호를 수신하는 목적으로 사용되는 지상 통신 안테나와 통신 모뎀은 조종장치와 일체화 된 경우도 있으며, 분리된 경우도 있음.
- ◎ 사용거리와 목적에 따라 드론을 지속적으로 지향하는 추적기능이 포함된 지상통신 안테나도 있음.

다. 지상국

- ◎ 드론의 규모에 따라 지상국을 구성하는 통제/임무 콘솔, 내외부 조종기, 전원장치가 일체화 된 경우가 많으며, 목적에 따라 콘솔 등을 사용하지 않는 경우도 있음.

라. 임무장비

- ◎ 목적에 따라 탑재되는 장비로 그 임무에 따라 매우 다양하며, 동일한 임무에도 다양한 사양을 갖고 있는 구성품이 사용되기도 함
- ◎ 기체의 규모에 따라 탑재할 수 있는 임무 장비의 종류가 제한되기 함.
- ◎ 알려진 바로 가장 많이 활용되는 장비는 카메라와 같은 촬영장비, 농약살포장치와 같은 방제장비임.

- ◎ 가시광선 대역을 촬영하는 일반적인 카메라 장비와 적외선 대역을 촬영하는 카메라 장비 등이 존재하며, 카메라 등의 임무장비의 안정화를 위한 짐벌과 함께 사용되기도 함.
- ◎ 임무장비는 드론에 탑재될 목적으로 개발된 전용장비와 일반적으로 사용되는 장비를 어댑터 등을 이용하여 탑재 가능하도록 구성하여 사용하기도 함.
- ◎ 농약살포장치 등은 액체 또는 분말 형태의 농약을 사용하기도 하며, 사용하는 농약을 탑재하기 위한 용기와 살포장치에 농약을 공급하는 펌프, 넓은 범위를 살포하기 위한 붐(boom)형 구조물, 균일한 살포를 위한 노즐 등이 포함되어 있음.
- ◎ 유사한 장치로 비료 및 종자 등의 입자형 대상을 살포하기 위해 제작된 임무장비도 존재함.
- ◎ 측량, 검사, 감시, 보안 등의 목적으로 LIDAR 등의 다양한 임무 장비도 존재.

2.3. 시험항목 조사 방법

2.3.1. 조사 대상 및 범위

- ◎ 시험평가 항목 도출에 있어, 목표가 명확하게 정의되어, 특정한 목적을 위해 개발하는 드론의 경우, 해당 드론을 위한 사양을 포함하여 작성한 개발계획서나 임무운용 요구서 등을 바탕으로 시험항목을 수월하게 도출할 수 있음.
- ◎ 이에 반해 범용으로 개발되어 임무에 따라 임무 장비를 추가하거나 구성품 일부를 교체할 수 있는 일반적인 드론의 경우 시험항목 도출은 막연한 문제가 될 수 있다. 더구나 문제가 정의되지 않은 상태이므로 가능한 시험항목의 수는 더욱 늘어날 수 있으며, 상대적으로 사용 빈도가 낮은 부문에 대한 시험항목 증가로 시험평가의 효율도 낮아 질 수 있다.
- ◎ 본 조사에는 그럼에도 불구하고 이미 범용으로 운용되고 있는 멀티콥터 드론의 임무수행에 문제가 없는 범위에서 해당 임무를 충실히 수행하기 위해 어떤 항목을 시험해야 하는지 그 항목들을 도출하고자 한다.
- ◎ 따라서 막연한 시험항목을 도출 문제를 좀 더 구체적으로 정의하고 이 문제를 해결하기 위해 산업용 드론, 특히 방제용 드론을 예로 들어서 일반적인 시험항목 도출을 시도하고자 한다.
- ◎ 드론을 개발하고자 할 때 일반적인 절차를 살펴보면, 드론의 사용 용도나 목적(임무)을 검토하고, 그 용도나 목적으로 달성하기 위해 탑재장비 등을 포함한 시스템을 설계 및 개발하며, 개발하는 과정 중에 구성품이나 부품들의 원하는 성능이나 기능을 수행할 수 있는지 단품레벨에서 시험을 수행하고 그 후에 전체적인 시스템을 완성하여 완성된 시스템 레벨에서 임무 수행에 문제가 없는지를 시험하게 된다.
- ◎ 이 때 임무를 제대로 수행하는지를 검토하기 위해 임무수행 시나리오에 따라 드론 시스템을 운용하면서 시험하게 될 것이다.
- ◎ 임무와 관련된 요구사항 만족여부 이외에 시스템 전체에 대한 신뢰성 등을 확인하기 위한 환경시험 등을 고려할 수 있다.

2.3.2. 조사 방법

가. 단품 레벨 시험 및 지상시험 항목 검토



그림 8. 시스템 개발 흐름도

- ◎ 그림 4는 그림에서 단품 레벨 시험은 각 구성품의 제조사의 사양을 확인하는 차원으로 진행하면 좋을 것 같고, 시스템 레벨 시험은 비행시험 전 지상에서 드론 시스템의 통합시험이 되어야 한다. 즉, 시스템 전체를 구성한 후 비행시험 전 시스템 인터페이스(지상국, GPS, 탑재장비 기능 점검 등)를 수행한다. 특히 드론은 무선통신에 의한 운용을 기본으로 하고 있기 때문에 통신 인터페이스가 제대로 작동되는지 등을 검토한다.

나. 시스템 레벨 시험 항목 검토

- ◎ 비행시험은 시스템 레벨에서 비행성능을 측정하는 시험으로 비행기능시험과 비행성능시험 등으로 나누어 검토한다. 비행기능시험 항목으로는 전원 고갈에 의한 대응(경고, 자동착륙 등) 항목, 통신 두절(노-콘)시 대처 항목, 경우에 따른 장애물 탐지 및 회피 항목 등을 고려할 수 있고, 비행성능시험으로는 최대 운용시간, 최대 비행 속도, 최대 상승 및 하강 속도 등의 항목을 고려할 수 있다.
- ◎ 그리고 비행시험에서 고려해야 할 또 하나는 임무시나리오에 따른 비행시험이다. 특정한 임무를 수행할 드론 시스템이기 때문에 그 임무에 맞는 시나리오를 수행할 수 있는지 등을 검토하면서 임무요구서에서 요구되는 성능이나 임무를 요구서에 맞도록 수행할 수 있는지 검토한다.

제 3 장 시험항목 조사

3.1. 해외 동향

3.1.1. ISO 표준

◎ 대표적인 ISO 표준은 현재 아래와 같이 4건 제정되어 있음.

- ISO 21384-3 : Unmanned aircraft systems – Part 3 : Operational procedures
- ISO 21384-4 : Unmanned aircraft systems – Part 4 : Vocabulary
- ISO 21895 : Categorization and classification of civil unmanned aircraft systems
- ISO TR23629-1 : UAS traffic management (UTM) – Part 1 : Survey results on UTM

◎ 위의 표준들은 멀티콥터의 시험 방법이라기보다는, 무인기에 관한 내용이며, 다소 일반적인 사항들에 관한 내용들임.

◎ 하지만 2018년부터 한국과 중국의 전문가들이 (고정익 중점)무인기 시험 방법에 대한 제안을 진행하고 있어서 향후 1~2년 안에 국제 표준으로 정해질 가능성이 있음.

◎ ISO 표준의 주요 내용

Class 1 (UAV Systems)	Class 2	Class 3	Description
Sub Systems	Navigation Systems	GPS	<ul style="list-style-type: none"> •사용된 위성 개수(비행 시) •GPS Fix 수(비행 시) •정확도(비행 시)
		IMU	<ul style="list-style-type: none"> •Gyroscope, Accelerometer 등 •제품 제원표 참조
		Electric Compass	<ul style="list-style-type: none"> •Compass, Magnetometer, Barometer 등 •제품 제원표 참조
		Height Sensor	<ul style="list-style-type: none"> •Barometer, Infrared distance sensor 등 •제품 제원표 참조
		Airspeed	<ul style="list-style-type: none"> •Pitot tube 등 •제품 제원표 참조
		Temperature Sensor	<ul style="list-style-type: none"> •제품 제원표 참조
		Camera	<ul style="list-style-type: none"> •제품 제원표 참조
		Radar	<ul style="list-style-type: none"> •제품 제원표 참조
		Acoustic Sensor	<ul style="list-style-type: none"> •
		SAA (Sense and Avoidance)	<ul style="list-style-type: none"> •적외선 거리(혹은 깊이)센서, •LiDAR, Camera sensor 등 •제품 제원표 참조
		SAA S/W	<ul style="list-style-type: none"> •
	Telecommuni- cation	Control Systems	<ul style="list-style-type: none"> •
		Telemetry Systems	<ul style="list-style-type: none"> •

	Systems	(with GCS)	
		Datalink System	•
	Mission Systems	Infrared Thermography	•적외선 열화상 카메라 •제품 제원표 참조
		Camera Sensor	•제품 제원표 참조

표 2. ISO 표준 요약

3.1.2. 미국

- ◎ 한국의 KS 격인 ASTM 표준은 53건 정도 제정되어 있으나, 모두 Practice, Specification, Guide, Classification, Terminology에 국한되어 있는 것으로 파악됨.
- ◎ 또한 드론에 관한 성능/비행시험방법은 아직 제정되어 있지 않았지만, 향후 진행될 것으로 파악됨.
- ◎ 미국 시험인증기관인 UL에서도 자체 표준(UL-3030)을 제정했으며, 배터리 위주의 성능시험이라 크게 활용도가 높지 않은 것으로 파악됨.

3.1.3. 유럽

- ◎ CE인증이 가능한 Regulation 945-2019를 제정했으며, 구체적인 시험방법 보다는 성능요건이 어느 정도 이상일지를 항목별로 언급한 정도이며, 유일하게 시험방법을 언급한 시험 항목은 소음시험으로 ISO의 일반적인 소음측정 표준을 인용하고 있음.

3.2. 국내 동향

3.2.1. 국내 산업표준

◎ 국내 산업표준(KS)는 총 4종이 있으며 다음과 같다.

- KS W 9000 : 무인 항공기 시스템 – 제1부 : 분류 및 용어
- KS W 9001 : 무인 항공기 시스템 – 무인동력비행장치의 설계
- KS W 9131 : 무인 항공기 시스템 – 프로펠러의 설계 및 시험
- KS W 9132 : 무인 항공기 시스템 – 리튬 배터리 시스템의 설계 및 제작

* www.standard.go.kr 에서 무료로 열람 가능 (출력/저장 시 표준구매 필요)

◎ 이 중 시험방법이 기재된 표준은 2~4번이며, 무인항공기의 성능 시험항목은 2번 표준의 [5. 성능시험] 항목부터 검토가 필요하다. 다만, 비행성능 시험항목은 고정익형에만 적용 가능한 경우가 대부분이고, 시험방법이 타 KS 표준에 비해 구체적이지 않고, 평가기준이 현 무인기 산업현황 대비 높은 경향이 있어 적용 여부가 관건인 것으로 파악됨.

◎ 올해 중에 KS표준 여러 건이 새로이 제정 및 개정될 것으로 예측되는 바, KS W 9001도 위와 같은 문제가 작년부터 지적되어 개정 대상이 된 것으로 파악됨.

3.2.2. “재난 치안용 무인기 검증을 위한 시험평가 종합 계획” 발표

◎ 재난 치안용 무인기의 시험평가는 “개발 시험”과 “통합시스템 시험”평가로 구분.

◎ 최종적으로 운용 평가와 요구도 입증 시험을 계획하였다.



그림 9. 재난 치안용 무인기

출처 : <https://m.blog.naver.com/bigfive1/221698373376>

◎ 개발 시험 평가 항목

구분	항목	상세 항목
개발 시험 평가	단품시험	기체 및 GCS 구성품 시험
		운용 및 관리 시스템, 통신, 안전운항시스템 등 구성품 시험
		특화 임무장비 구성품 시험
	공동 플랫폼 시험	개발 지상 시험
		개발 비행 시험

표 3. 개발 시험 평가 항목

◎ 통합 시스템 시험 평가 항목

구분	항목	상세 항목
통합시스템 시험평가	통합시스템 비행시험	통합시스템 지상시험
		통합시스템 비행성능시험
	특화임무장비 장착시험	시나리오 #1 ~ #14
	환경시험 평가	운용온도
		내풍성
		방진/방수
		내부식성
		부유
		내열성
	운용성 평가	소방
		해경
		경찰

표 4. 통합 시스템 시험평가 항목

◎ 참고

구분	요구 성능		
	MC-1	MC-2	MC-3
운용 온도	-20℃ ~ +50℃		
내풍성	N/A	10m/s	15m/s
방진/방수	IP43		
최대 이륙 중량 (MTOW)	7kg 이하	15kg 이하	35kg 이하
제공시간	20 min 이상		
기본 자동 비행 가능	유		
짐벌 안정화 정밀도	±0.03°		
사용자 휴대성/편의성	유		
임무용 통신 링크 최대 전송률	N/A	7 Mbps	
실내 통신 거리	500m 이상	N/A	N/A
단독 무선국-무인기 통신 거리	N/A	N/A	30km 이상
실외 장애물 탐지 거리	N/A	30m	
차량 번호판 식별 오차	10% 이내 (100m 상공)		

소방 장비 사출(투하) 정확도	N/A	반경 1m 이하	반경 1m 이하
검출 가능 유해 화학 물질 수	N/A	10종 이상	10종 이상
특화 장비 스피커 데시벨	N/A	70dB 이상 (20±1m 상공에서 음성 전달)	TBD
불법 드론 제압 성공률	N/A	90% 이상	N/A
구명환 투하 오차	N/A	N/A	무풍 시 10% 이내
구명환 투하 정확도	N/A	N/A	반경 1m 이하 (2m 상공)
함상 이/착륙 또는 회수 기능 Sea State	N/A	N/A	4 이상
동시 운용 무인기 수	4대		
최대 관리 무인기 수	100대		

표 5. 재난 치안 무인기 요구 성능

3.2.3. “무인항공기 개발비행시험을 위한 절차 및 항목에 대한 연구” 발표

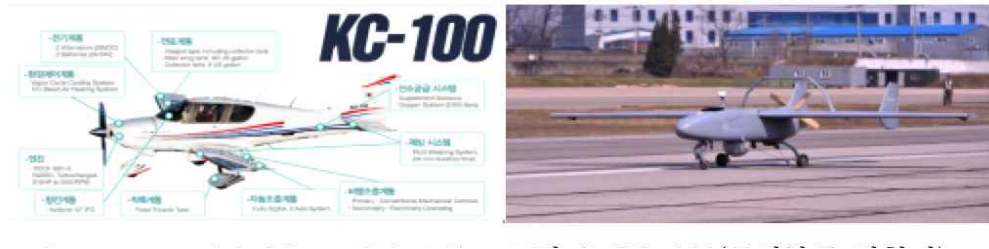


그림 10. 무인항공기 개발 관련 사진

구분	항목
플러터 시험	-
비행 성능 시험	실속 속도
	이착륙 성능
	상승 성능
	강하 성능
	활공 성능
조종 성능 시험	최소 조종 속도
	트림
자동 조종 성능 시험	조종 방식
	비행 안정성
	통신 두절 시 귀환 기능

표 6. UAV 성능 개발 비행시험 항목

구분	항목
통신 성능 시험	통제권/통신링크 변경
	데이터 링크 중계기능
통신 계통 성능 시험	비행 전 점검 기능
	임무/통제 기능
	종합 임무수행능력 기능

표 7. UAV 통신 개발 비행시험 항목

구분	항목
비행 성능 시험	수평 비행
	실속 속도
	상승 속도
	이착륙 성능
	비행안전 신뢰도
자동 조종 성능 시험	비행 안전성
	조종방식
	자동조종
	사전프로그램 비행
	통신두절 시 귀환 가능
통신 성능 시험	통제권/통신링크 변경
	데이터 링크 중계기능
통신 계통 성능 시험	비행 전 점검 기능
	임무/통제 기능
	정보처리 기능
	종합 임무수행능력 기능

표 8. RQ-101(송골매) 개발 비행시험 항목

단계	과정
1단계	인증 요구도 분석
2단계	시험항목 도출 및
	시험평가 계획서 작성
3단계	비행시험 기본 계획서 작성
4단계	분야별 비행시험 계획서
	작성 및 수립
5단계	비행 전 장비 점검
6단계	비행 전 브리핑
7단계	장비 이동/설치 및
	최종 장비 점검
8단계	비행 시험
9단계	브리핑 및 비행시험 후 점검
10단계	비행 시험 결과 분석

표 9. UAV 개발 비행시험 절차

3.2.4. 기타

- ◎ 한국기계원에서 작성한 단체 표준으로 신뢰성(RS) 표준이 있지만 범용으로 활용되지는 않는 것으로 추정되며 확인 중.
- ◎ 농림수산부에 농업용 드론에 대한 Standard Practice 개념의 기준서는 확인 중.
- ◎ 항공안전기술원에서는 현행 항공안전법에 의하여 25kg 초과 드론에 대하여 인증제를 실시하고 있음.

3.2.5. 참고사항: 한국건설생활환경시험연구원(KCL, Korea Conformity Laboratories) 무인 항공기 시스템(UAS) 시험

- ◎ 드론 및 무인이동체의 비행성능·환경시험 등 신뢰성 분야 시험 분석 지원과 부품소재에 대한 시험 평가를 수행함으로써 기업의 기술력과 품질수준 향상을 지원합니다.

■ 시험항목

- * 비행성능시험(내풍성, 최대속도, 비행시간 등)
- * 환경시험(온습도, 강우, 일사, 부식, 화재 등)
- * IP test (KS C IEC 60529)
- * 소음·진동시험
- * 전자파적합성(KC인증)
- * 소프트웨어 및 기타 성능평가

3.3. 오픈소스 비행제어기

3.3.1. 오픈소스 비행제어기 활용 현황

- ◎ 국내 오픈소스 비행제어기 활용은 드론을 개발하는 산업체나 대학교에서 드론의 H/W와 S/W를 학습하고 연구 개발하는 사람들이 주로 사용하는 것으로 파악되고 있다.
- ◎ 국가 기관이나 군을 중심으로 보안과 관련한 기관에서는 최근 오픈소스 비행제어기를 활용하거나 자체적으로 제작한 비행제어기를 사용하는 경향이 나타나고 있다.
- ◎ 드론에서 획득한 정보의 유출문제가 이슈화되긴 했지만, 여전히 민간 부문에서는 중국의 특정 업체의 제품이나 비행제어기를 사용하는 사례가 많은 부분을 차지하고 있는 것으로 나타났다.
- ◎ 본 연구에서는 산업용 드론의 성능 시험 항목을 도출하는 것이 목표인데, 실제 산업용 드론의 경우 DJI사의 비행제어기를 사용하는 사례가 많아서 DJI 비행제어기에 대한 분석이 필요할 것으로 판단된다.

3.3.2. 오픈소스 비행제어기(ArduPilot) 활용 드론 조립 시 검토할 사항

1) 비행 제어기	가) FC 하드웨어 설치 관련 사항 <ul style="list-style-type: none"> - 방향 - 진동 감쇠 수단 사용 나) 모델 명 다) Firmware <ul style="list-style-type: none"> - 설치 프로그램 명 - 버전 라) MAVLink Data Stream 마) Failsafe 기능 <ul style="list-style-type: none"> - 설정 가능 Failsafe - 설정된 Failsafe <ul style="list-style-type: none"> Radio Failsafe Battery Failsafe GCS Failsafe EKF Failsafe Vibration Failsafe Terrain Data Loss Failsafe Crash Check Parachute Independent Watchdog
2) 기체 형식	가) Frame 등급 및 유형 나) 모터 개수
3) 센서 및 연결	가) GPS <ul style="list-style-type: none"> - 안테나 및 수신 모듈 부품명 - FC와 연결 방식 나) Compass

	다) 가속도계 라) 자이로 마) Barometer 바) Airspeed sensor 사) 거리측정장치(Rangefinder)
4) 무선 조정 장치	가) FC와 연결방식 나) RC Protocol 다) 사용 주파수 라) 제조사 마) 채널 수 바) 조종 가능 거리 사) Telemetry 검용 가능여부 아) TX 디스플레이 자) 통신속도 차) 채널 설정 카) 조종기 모드
5) 전원	가) 정격 전압 나) 전원 분배보드
6) 모터 및 ESC	가) 수량 및 구성 나) ESC 용량 다) 모터 사양
7) 프로펠러	가) 수량 나) 고정 방식
8) 주변장비	가) Safety Switch 나) Buzzer 다) 기타 주변 장비 <ul style="list-style-type: none"> - ADS-B 수신기 - 배터리 모니터(파워 모듈) - 외부 기압계 - 카메라&짐벌 - Companion Computer - Crop Sprayer - 디스플레이 - FPV 비디오 - Gripper - 랜딩기어 - 접이식 카메라 마운트 - 외부 LED - Multiple Radio Control Receiver - Non-GPS navigation - On-Screen Display - Optical Flow Sensor - 낙하산 - 비행중 사용 가능한 전원 연결선(Power Tether) - PPM Encoder - IR-Lock Sensor - 거리측정장치(소나, Lidar) - 신호강도 표시(RSSI) - 릴레이 스위치 - RPM 센서 - 서보 - Telemetry 송수신장치 - 비디오 - 윈치(Winch)

표 10. 오픈소스 비행제어기 활용 드로 조립 시 검토사항

3.3.1. 오픈소스 비행제어기(ArduPilot) 활용 드론 첫 비행 시 검토할 사항

비행 모드	가능한 비행 모드 (아래 4개 모드 외 다수 존재) i.Acro ii.Airmode iii.Alt Hold iv.Auto
Pre-Arm Safety Check	자체진단기능
FC 상태 표시 장치 (LED, Buzzer 등)	전압 상태 표시
Tuning 파라미터	배터리 전압 i.최대 전압 ii.최소 전압 iii.셀 개수 Motor 설정 i.PWM 최대/최소 ii.호버링을 위한 모터 추력 PID 제어기 초기 설정 i.INS 가속도계 필터 ii.INS 자이로 필터 iii.Pitch/Roll/Yaw의 최대 가속도 iv.Pitch/Roll 축 속도 제어기 v.수직 가속도 제어기 PI 이득
진동 측정	x, y, z 방향 가속도 값
호버링 추력 설정	CTUN,Th0 : Thrust output 값 등 검토

표 11. 오픈소스 비행제어기 활용 드론 첫 비행시 검토사항

제 4 장 시험 항목 조사결과

4.1 산업용 드론 시험 항목 선정

4.1.1. 시험 종류와 시험 항목

시험 종류	시험 카테고리		시험 항목	비고
단품 시험	구성품 사전 확인		구성품별 작동	제조사 사양, 증빙자료 첨부
지상 시험	인터페이스 (연동)	GPS	수신감도	비행 전 확인
		탑재장비	연결 및 작동 확인	카메라, LiDAR 등
비행 시험	비행기능시험		전원경고_착륙	저전압
			통신두절대비	노-콘 대처 능력(RTH)
			호버링 모드	
			상승 및 하강 비행	속도 및 수평자세 유지
			전진 및 후진 비행	속도 및 자세 유지
			(장애물 탐지)	옵션
			좌우 회전 비행	
	비행성능시험		최대운용시간	시험조건
			최대비행속도	시험조건
			최대상승속도	
			최대하강속도	
			최대이륙중량	
			호버링 성능	수평, 수직 오차
			자동착륙위치 정확도	오차범위
			운용 가능 통신거리	기체와 지상국간 거리
비행 시험 (임무 시나리오)	비행계획 (Mission Planning)에 따른 경로비행		데이터 수신 및 작동	메뉴얼 대비
				기체와 지상국간
			임무 기능	지상국 SW 이용한 이/착륙 및 웨이포인트 지정
			운용 경도	허용치 설정
환경 시험	시스템 환경시험		운용 위도	허용치 설정
			운용 고도	허용치 설정
			운용온도	
			내풍성	바람 영향
			전자파적합성	EMI
시뮬레이션	임무 시험		진동	
			GPS 수신 실패 시, 안전비행 기능	

표 12. 시험 종류와 시험 항목

4.1.2. 비행 시험의 임무 시나리오의 예(산업용 드론 운용 시나리오)

㉔ 산업용 드론의 임무시나리오로 방제를 선정하여 다음 그림과 같이 수행하는 것으로 하였다. 임무 시나리오를 그림과 함께 쉽게 이해하도록 설명하면 다음과 같다.

- 1) 임무 시작지점에서 이륙 -> 운항고도까지 상승
- 2) 운항고도에서 임무지역으로 이동 -> 임무고도로 하강
- 3) 임무 수행(사전에 계획된 방제 패턴으로 비행 및 임무 수행)
- 4) 임무 고도에서 운항고도로 상승 -> 착륙지역으로 이동
- 5) 착륙 -> 임무종료



그림 11. 산업용 드론의 임무시나리오 사례

4.2 산업용 드론 시험 항목 설명

◎ 본 연구에서 고려할 시험항목

분류	시험항목
비행기능시험 (임무비행 전 시험항목)	GPS 수신감도
	탑재장비 연결 및 작동 확인
	저전압 경고 시스템 작동 여부
	통신두절대비
	호버링 모드
	상승 및 하강 비행
	전진 및 후진 비행
	좌우 회전 비행
	장애물 탐지
	장애물 회피
비행성능시험 (임무 비행 중 시험항목)	최대운용시간
	최대비행속도
	최대상승속도
	최대하강속도
	최대이륙중량
	호버링 성능
	자동착륙위치 정확도
	운용가능 통신거리
	운용가능 통신속도
	데이터 수신 및 작동
	임무 기능
	운용 경도
	운용 위도
	운용 고도
	운용 궤적
환경시험	운용온도
	내풍성
	전자파적합성
	진동

표 13. 제안하는 멀티콥터 드론의 시험항목

4.2.1 GPS 작동 상태

(1) 개요

기체에서 수신되는 GPS 작동 상태를 시험하는 항목이다.

(2) 시험항목

시험항목	선정기준
GPS 작동상태	<ul style="list-style-type: none"> * 기준 : 드론의 항법 등에 활용되면서 드론운용의 기본적인 사항 * 고려 사항 : 2006년부터 일반적인 GPSS 수신기는 12개에서 20개의 GPS 위성으로부터 신호를 수신하지만 시간, 위도, 경도 및 고도 등의 수신 여부를 직접 확인하는 것보다 FC를 통해 GPS 시스템이 정상 작동하는지를 시험하는 방법으로 LED 상태라든가 위도, 경도 및 고도 등이 정상적으로 표시되는 지 시험하는 것이 바람직함 * 단위 : LED 상태 또는 위도, 경도 및 고도 표시 여부 * 방법 : GPS 시스템이 정상 작동하는 지의 여부를 나타내는 간접적인 방식의 LED 상태나 위도, 경도 alc 고도 등이 나타나는 지 시험하도록 함

표 14. GPS 작동상태 시험항목

4.2.2 탑재 장비 작동 시험

(1) 개요

특정한 임무를 수행하는데 필요한 탑재 장비의 정상 작동 여부를 시험하는 항목임

(2) 시험항목

시험항목	선정기준
탑재 장비 작동	<ul style="list-style-type: none"> * 기준 : 방재, 비파괴검사, 실종자수색 등 특정한 임무 수행을 위해 필요한 탑재장비를 시험 비행 전에 작동 여부를 확인하는 시험임 * 고려 사항 : 탑재 장비에 따른 정상 작동여부를 미리 정하고 이를 지상에서 확인함 * 단위 : Satisfactory/Unsatisfactory * 방법 : 특정 탑재 장비의 정상 작동 여부를 사저에 정의하고 지상에서 작동 시험을 수행함

표 15. 탑재 장비 작동 시험항목

4.2.3 저전압 경고 시스템 작동 여부

(1) 개요

배터리를 전원으로 사용하는 대부분의 산업용 드론은 비행 종료 직전까지 배터리 전압의 상태를 확인해야 하며 저전압 상태를 미리 설정하고 제대로 작동하는 지 여부를 시험함

(2) 시험항목

시험항목	선정기준
저전압 경고 시스템 작동 여부	<p>* 기준 : 배터리를 전원으로 사용하는 드론에서 적정한 전압을 비행을 종료하기 전까지 공급해 줘야하는데 미리 설정한 저전압 상태에 이르면 경고를 하여 드론이 추락하지 않고 대비를 하도록 함</p> <p>* 고려 사항 : 1) 1차 및 2차 저전압 설정 기능, 2) 1차 및 2차 저전압 경고에 따른 대책 설정, 3) 비행하는 환경에 따라 주변 환경 및 대책의 고려</p> <p>* 단위 :</p> <p>* 방법 : 1차 및 2차 저전압 경고 시스템이 작동하는 지를 점검하는데, 미리 설정한 대비책대로 기능하는지 점검함</p>

표 16. 저전압 경고 시스템 작동 여부 시험항목

4.2.4 통신 두절 대비

(1) 개요

비행 중 통신두절이 발생할 때 이륙장소나 클라이언트가 지정한 장소로 복귀하는 능력 시험

(2) 시험항목

시험항목	선정기준
통신 두절	<p>* 기준 : 무선통신으로 운용되는 드론과 지상국과의 통신 두절 시 드론이 추락하지 않고 이륙지점이나 클라이언트가 지정한 장소로 안전하게 복귀하는 시스템 안전관련 사항임</p> <p>* 고려 사항 : 1) 통신 두절에 대비한 안전 대책을 드론 프로그래밍에서 고려했는지 2) 드론을 안전하게 착륙시키는 방법을 고려했는지 확인함 3) 안전하게 착륙시키는 구체적인 방법이 비행환경에 적합한지를 확인함</p> <p>* 단위 : 특히 복귀 또는 착륙 과정의 고도</p> <p>* 방법 : 드론 프로그래밍에서 복귀방법을 검토하고 비행환경에 적합한 방법으로 시험 즉, 비행환경 주변의 고도와 장애물에 유의하여 비행함을 확인함</p>

표 17. 통신 두절 대비 시험항목

4.2.5 호버링 모드

(1) 개요

비행 시험 전에 기체 상태를 점검하는 방법으로 호버링 모드를 점검

(2) 시험항목

시험항목	선정기준
호버링 모드	<ul style="list-style-type: none"> * 기준 : 드론의 기본적인 비행 상태를 점검하기 위해서 호버링 상태를 점검 정지 상태 및 좌우 회전의 호버링 상태도 점검 * 고려 사항 : 1) 안정적인 시스템을 나타내는 요소로 호버링 상태 유지 기능을 시험 2) 호버링 모드로 기체 상태 점검 시 수평 자세를 어느 정도 유지하는 지 점검 필요 * 단위 : * 방법 : 드론이 정비 비행 및 좌우 회전하는 호버링 모드를 수행할 수 있는지와 또 수평 자세를 유지할 수 있는지 등을 점검함

표 18. 호버링 모드 시험항목

4.2.6 상승 및 하강 비행 점검

(1) 개요

상승 및 하강 비행 기능을 점검할 때 속도 및 자세유지 능력을 시험

(2) 시험항목

시험항목	선정기준
상승 및 하강 비행	<ul style="list-style-type: none"> * 기준 : 드론의 상승 및 하강 비행 기능을 점검할 때 상승 및 하강 속도와 수평 자세유지 기능을 점검함 * 고려 사항 : 1) 최대이륙중량 상태에서 상승 및 하강 기능을 점검 2) 안정적인 상승 및 하강을 위해서는 각 모터와 프로펠러가 동일한 추력을 발생시키는 것이 중요하므로 이 때는 수평 자세유지 상태를 점검함 3) 수평자세를 유지하면 상승 및 하강 시 수직 방향의 상승 및 하강이 유지될 것임 * 단위 : m/s 및 (롤, 피치 및 요 각도) deg * 방법 : 수직 방향의 상승 및 하강이 이루어지는 지 점검하면서 최대상승 및 하강 속도 내에서 상승 및 하강 비행을 하는 지 측정함

표 19. 상승 및 하강 비행 시험항목

4.2.7 전진 및 후진 비행 점검

(1) 개요

전진 및 후진 비행 기능을 점검할 때 속도 및 자세유지 능력을 시험

(2) 시험항목

시험항목	선정기준
전진 및 후진 비행	<ul style="list-style-type: none"> * 기준 : 드론의 전진 및 후진 비행 기능을 점검할 때 자세를 유지하면서 최대비행속도 내에서 비행하는 지를 점검함 * 고려 사항 : 1) 최대이륙중량 상태에서 전진 및 후진 기능을 점검 2) 최대비행속도 내에서 안정적인 (기울어진)자세를 유지하면서 비행하는 지를 점검함 * 단위 : m/s 및 (피치 각도) deg * 방법 : 피치 각이 일정하게 유지되면서 최대비행속도 내에서 전진 및 후진 비행이 이루어지는 지를 점검함

표 20. 전진 및 후진 비행 시험항목

4.2.8 좌·우 회전 비행 점검

(1) 개요

좌·우 회전 비행 기능을 점검할 때 수평자세유지를 유지하면서 좌·우 회전을 하는지 시험

(2) 시험항목

시험항목	선정기준
좌·우 회전 비행	<ul style="list-style-type: none"> * 기준 : 드론의 좌·우 회전 비행 기능을 점검할 때 수평 자세유지하면서 일정한 범위 내에서 좌·우 회전을 하는 지 점검함 * 고려 사항 : 1) 최대이륙중량 상태에서 좌·우 회전을 점검함 2) 안정적인 좌·우 회전을 위해서는 수평 자세를 유지하는 지 점검함 3) 수평자세를 유지하면서 좌·우 회전을 한다면 수평방향으로 (미리 정한) 일정한 범위 내에서 회전하는 지 여부 * 단위 : deg/s * 방법 : 최대이륙중량 상태에서 수평자세를 유지하면서 (미리 정한) 수평 위치 오차 범위내에서 좌·우 회전을 하는지 점검함

표 21. 좌·우 회전 비행 시험항목

4.2.9 장애물 탐지

(1) 개요

시험 비행을 수행하기 전에 장애물 탐지 센서를 탑재한 드론의 장애물 탐지 기능을 시험

(2) 시험항목

시험항목	선정기준
장애물 탐지	<ul style="list-style-type: none"> * 기준 : 장애물 탐지 센서를 장착한 드론의 경우 비행시험을 하기 전에 그 기능을 점검함 * 고려 사항 : 1) 장애물 탐지 거리를 점검함 2) 장애물 탐지 방향 및 탐지 시간 등을 시험 * 단위 : m, deg, sec 등 * 방법 : 장애물 탐지 센서를 장착한 드론이 경우 (미리 설정한) 탐지 조건들(거리, 방향, 시간 등)을 만족하는 지 점검함

표 22. 장애물 탐지 시험항목

4.2.10 최대 운용 시간

(1) 개요

드론의 비행성능 평가 중 하나인 최대운용시간을 측정함

(2) 시험항목

시험항목	선정기준
최대 운용 시간	<ul style="list-style-type: none"> * 기준 : 드론의 성능을 확인하는 방법 중 하나인 최대운용시간을 측정하여 확인함 * 고려 사항 : 1) 배터리를 사용하는 멀티콥터의 경우에는 비행시간이 경과해도 자체중량의 변화가 적음 2) 드론의 임무를 고려할 때 <u>최대이륙중량을 유지한 상태에서</u> 최대운용시간을 점검함 3) <u>드론의 운용 상태(배터리 방전율)에 따라 운용시간이 달라지므로</u> 운용 조건을 사전에 명시하여 점검함 * 단위 : min(분) * 방법 : 임무가 무엇이든지 사전에 규정된 운용상태 및 최대이륙중량 상태에서 최대운용시간을 측정함

표 23. 통신거리 시험항목

4.2.11 최대 비행 속도

(1) 개요

드론의 능력을 나타내는 항목 중 하나로 최대 비행 속도를 측정함

(2) 시험항목

시험항목	선정기준
최대 비행 속도	<ul style="list-style-type: none"> * 기준 : 드론의 비행성능 중 하나의 요소로 최대비행속도를 측정함 * 고려 사항 : 1) 비행속도와 자체중량이 연관되므로 최대이륙중량 상태에서 최대비행속도를 측정함 2) 비행속도는 추력과 자세각과 연관되므로 관련된 설계요소를 고려하여 최대비행속도를 측정함 * 단위 : km/h * 방법 : 파라메타로 설정된 추력과 자세각 상태를 유지하면서 최대비행속도를 측정함

표 24. 최대비행속도 시험항목

4.2.12 최대 상승 속도

(1) 개요

드론의 성능을 점검하는 방법 중 하나로 자세를 유지하면서 상승하는 최대상승속도를 측정함

(2) 시험항목

시험항목	선정기준
최대 상승 속도	<ul style="list-style-type: none"> * 기준 : 드론 비행 성능을 나타내는 요소로 수평자세를 유지하면서 상승하는 최대상승속도를 측정함 * 고려 사항 : 1) 안정적인 수직상승을 위해서는 추력과 자세각을 고려함 2) 상승속도와 관련되는 또 다른 항목인 최대이륙중량 상태에서 최대상승속도를 측정함 3) 추력, 자세각 및 최대이륙중량 등의 상태에서 최대상승속도를 측정함 * 단위 : m/s * 방법 : 정해진 추력, 수평자세각 및 최대이륙중량 등을 유지하면서 수직상승을 하는 최대상승속도를 측정함

표 25. 최대상승속도 시험항목

4.2.13 최대 하강 속도

(1) 개요

드론의 성능을 점검하는 방법 중 하나로 자세를 유지하면서 하강하는 최대하강속도를 측정함

(2) 시험항목

시험항목	선정기준
최대 하강 속도	<p>* 기준 : 드론 비행 성능을 나타내는 요소로 수평자세를 유지하면서 하강하는 최대하강속도를 측정함</p> <p>* 고려 사항 : 1) 안정적인 수직하강을 위해서는 추력과 자세각을 고려함 2) 하강속도와 관련되는 또 다른 항목인 최대이륙중량 상태에서 최대하강속도를 측정함 3) 추력, 자세각 및 최대이륙중량 등의 상태에서 최대하강속도를 측정함</p> <p>* 단위 : m/s</p> <p>* 방법 : 정해진 추력, 수평자세각 및 최대이륙중량 등을 유지하면서 수직하강을 하는 최대하강속도를 측정함</p>

표 26. 최대하강속도 시험항목

4.2.14 최대 이륙 중량

(1) 개요

정해진 운용조건(최대 운용 시간 등) 하에서 최대 이륙 중량을 점검함

(2) 시험항목

시험항목	선정기준
최대 이륙 중량	<p>* 기준 : 정해진 운용조건(최대 운용 시간 등) 하에서 드론 성능을 나타내는 항목</p> <p>* 고려 사항 : 1) 드론 성능을 나타내는 중요한 제원 중 하나는 최대 운용 시간이므로 최대 운용 시간을 고려한 운용 조건을 충족할 최대 이륙 중량을 점검함</p> <p>* 단위 : kg</p> <p>* 방법 : 미리 정해진 최대 운용 시간 등을 고려한 운용조건에서 최대 이륙 중량을 점검함</p>

표 27. 최대이륙중량 시험항목

4.2.15 호버링 성능

(1) 개요

오차범위 내에서 호버링 상태 유지 성능을 시험

(2) 시험항목

시험항목	선정기준
호버링 성능	<p>* 기준 : 드론의 안정적 비행상태를 상태를 점검하기 위해서 어느 정도의 수평 및 수직 오차 범위내에서 호버링을 유지하는지 시험</p> <p>* 고려 사항 : 1) 안정적인 시스템을 나타내는 요소로 호버링 상태 유지 성능을 시험 2) 호버링 시 수평 및 수직 오차를 고려 3) 수평 오차는 자세유지 능력과 연관되고, 수직 오차는 기압계 등 센서의 능력과 연관됨</p> <p>* 단위 : cm 또는 m</p> <p>* 방법 : 클라이언트나 설계자에 의해 설정된 수직 및 수평 오차를 점검하여 확인함</p>

표 28. 호버링 성능 시험항목

4.2.16 자동 착륙 정확도

(1) 개요

드론의 비행성능을 측정하는 요소 중 하나로 자동 착륙 정확도를 측정함

(2) 시험항목

시험항목	선정기준
자동 착륙 정확도	<p>* 기준 : 지상국 등의 운용에 의한 자동 착륙 정확도를 측정함</p> <p>* 고려 사항 : 1) 자동 착륙 정확도 등은 드론 운용 시 비상절차(RTH 등)을 위해서 필요할뿐만 아니라 성능을 나타내는 중요한 요소임 2) 자동 착륙 정확도를 측정하는 방법으로 수평 위치 오차를 고려함 3) 지상국에 의하지 않은 수동 조종만을 하는 드론의 경우에는 적용하기 어려움</p> <p>* 단위 : cm 또는 rms</p> <p>* 방법 : (비행절차 등 자세한 사항은 따로 정의하여야 하며) 일정한 거리 이상 자동 비행 후 착륙하는 정확도를 미리 정한 수평위치 오차 범위 내로 착륙하는지 측정함</p>

표 29. 정밀 착륙 정확도

4.2.17 운용 가능 통신 거리

(1) 개요

지상관제국(GCS)와 기체간의 통신거리를 확인하는 시험항목이다.

(2) 시험항목

시험항목	선정기준
운용 가능 통신 거리	<p>* 기준 : 무선 통신에 의한 드론운용을 고려할 때 시스템 성능에 중요한 요소임</p> <p>* 고려 사항 : 1) 송신기의 출력(Transmit Power), 2) 수신감도(Receive Sensitivity), 3) 안테나 이득(Antenna Gain), 4) 경로소실(Path Loss)를 고려해야 함</p> <p>* 단위 : m/s 또는 km/s</p> <p>* 방법 : LOS(Line Of Sight)가 확보된 상태에서 송신기와 드론간의 운용 가능한 통신거리를 측정한다.</p>

표 30. 운용 가능 통신거리 시험항목

4.2.18 운용 가능 통신속도

(1) 개요

지상관제국(GCS)와 기체간의 운용 가능 통신속도를 확인하는 시험항목이다.

(2) 시험항목

시험항목	선정기준
운용 가능 통신 속도	<p>* 기준 : 무선 통신에 의한 드론운용을 고려할 때 시스템 성능에 중요한 요소임</p> <p>* 고려 사항 : 1) 신호속도, 2) 변조속도, 3) 전송속도, 4) 베어러 속도 등을 고려</p> <p>* 단위 : 문자/s, 블록/s, 비트/s, 워드/s, 패킷/s</p> <p>* 방법 : LOS(Line Of Sight)가 확보된 상태에서 송신기와 드론간의 운용 가능한 통신속도를 측정함</p>

표 31. 운용 가능 통신속도 시험항목

4.2.19 데이터 수신 및 작동

(1) 개요

드론의 시험 비행 중 지상국과 드론 간에 데이터 수신 및 작동 여부를 시험함

(2) 시험항목

시험항목	선정기준
데이터 수신 및 작동	<p>* 기준 : 드론의 시험 비행 시 미리 정한 운용 가능한 통신 거리 및 속도 등을 점검할 때 운용 가능 통신 거리 및 운용 가능 통신 속도에 따라 데이터를 수신 및 작동하는 지 여부를 시험함</p> <p>* 고려 사항 : 1) 지상국과 드론간의 운용 가능한 통신 거리 및 통신 속도 2) 미리 설정한 데이터가 지상국과 드론 간에 수신 및 작동하는 지 점검</p> <p>* 단위 :</p> <p>* 방법 : 미리 정해진 데이터(패킷 등)을 운용 가능한 통신 거리 및 통신 속도에 따라 지상국과 드론 간에 수신 및 작동하는지 시험함</p>

표 32. 데이터 수신 및 작동 시험항목

4.2.20 임무 기능

(1) 개요

드론의 임무 비행 시 지상국 SW를 이용한 비행 궤적(이·착륙 및 웨이 포인트)에 따라 비행하는지 기능을 점검함

(2) 시험항목

시험항목	선정기준
임무 기능	<p>* 기준 : 드론의 임무 비행 시 미리 정한 지상국 SW를 이용한 비행 계획(Mission Planning)에 따라 비행 궤적(이·착륙 및 웨이 포인트)에 따라 비행하는지 기능을 점검함</p> <p>* 고려 사항 : 1) 지상국 SW 사용한 임무 계획(Mission Planning) 2) 이·착륙 및 웨이 포인트를 미리 설정함</p> <p>* 단위 : m 또는 rms</p> <p>* 방법 : 미리 정해진 오차 범위 내로 비행하는지 여부를 수평위치 오차를 측정하여 확인함</p>

표 33. 임무 기능 시험항목

4.2.21 운용 경로

(1) 개요

드론의 임무 비행 시 비행궤적의 운용 경도를 측정함

(2) 시험항목

시험항목	선정기준
운용 경도	* 기준 : 드론의 임무 비행 시 비행궤적의 운용 경도를 점검함 * 고려 사항 : 1) 드론의 운용 시 궤적은 중요한 요소이므로 궤적을 나타내는 운용 경도를 점검함 * 단위 : * 방법 : 미리 정해진 오차 범위 내로 비행하는지 여부를 운용 경도를 측정하여 확인함

표 34. 운용 경로 시험항목

4.2.22 운용 위도

(1) 개요

드론의 임무 비행 시 비행궤적의 운용 위도를 점검함

(2) 시험항목

시험항목	선정기준
운용 위도	* 기준 : 드론의 임무 비행 시 비행궤적의 운용 위도를 점검함 * 고려 사항 : 1) 드론의 운용 시 궤적은 중요한 요소이므로 궤적을 나타내는 운용 위도를 점검함 * 단위 : * 방법 : 미리 정해진 오차 범위 내로 비행하는지 여부를 운용 위도를 측정하여 확인함

표 35. 운용 위도 시험항목

4.2.23 운용 고도

(1) 개요

드론의 임무 비행 시 비행 궤적의 운용 고도를 점검함

(2) 시험항목

시험항목	선정기준
운용 고도	* 기준 : 드론의 임무 비행 시 비행 궤적의 운용 고도를 점검함 * 고려 사항 : 1) 드론의 운용 시 궤적은 중요한 요소이므로 궤적을 나타내는 운용 고도를 점검함 * 단위 : * 방법 : 미리 정해진 오차 범위 내로 비행하는지 여부를 운용 고도를 측정하여 확인함

표 36. 운용 고도 시험항목

4.2.24 운용온도

(1) 개요

드론의 임무 비행 시 작동온도를 점검함

(2) 시험항목

시험항목	선정기준
운용온도	<ul style="list-style-type: none"> * 기준 : 드론의 임무 비행 시 각종 센서 등의 기능에 이상이 없는 온도를 점검함 * 고려 사항 : 1) 드론의 운용 시 센서의 기능에 이상이 없는 운용온도를 점검함 * 단위 : ℃ * 방법 : 낮은 온도나 높은 온도에서도 센서 등의 오작동이 일어나지 않는 온도범위를 설정하고 확인함

표 37. 운용온도 시험항목

4.2.25 내풍성

(1) 개요

드론의 임무 비행 시 드론이 견뎌낼 수 있는 풍속 범위를 점검함

(2) 시험항목

시험항목	선정기준
내풍성	<ul style="list-style-type: none"> * 기준 : 드론의 임무 비행 시 드론 운용이 가능한 풍속을 확인함 * 고려 사항 : 1) 드론의 운용 시 드론이 견뎌낼 수 있는 풍속을 시험함 2) 드론의 사양 중 운용이 가능한 범위 내에서 최대풍속을 시험함 * 단위 : m/s * 방법 : 드론 임무 비행 시 드론을 운용할 수 있는 최대풍속을 시험

표 38. 내풍성 시험항목

4.2.26 전자파 적합성

(1) 개요

드론은 무선통신에 의한 임무를 수행하는 시스템이므로 전자파 적합성 시험을 한다.

(2) 시험항목

시험항목	선정기준
전자파 적합성	<ul style="list-style-type: none"> * 기준 : 무선통신에 의한 시스템 운용의 적합여부를 판단하기 위한 시험항목임 * 고려 사항 : 1) 무선통신에 의한 드론의 운용 시 적합성 여부를 시험함 * 단위 : P/F * 방법 : 전자파 적합성 여부를 판단하는 시험

표 39. 전자파 적합성 시험항목

4.2.27 진동

(1) 개요

드론은 성능을 좌우하는 항목 중 부품 및 시스템의 진동이 중요한 요소이므로 환경 시험 중 하나로 시험을 수행함

(2) 시험항목

시험항목	선정기준
진동	<ul style="list-style-type: none"> * 기준 : 부품 및 시스템 레벨에서 전기 및 전자 용품 등에 적용되는 진동 환경 시험 * 고려 사항 : 1) 진동 시험에 적용되는 항목들을 확인 2) 부품 및 시스템의 환경 시험에 적합한 운동을 설정 3) 시험하는 방법 및 구격을 미리 설정함 * 단위 : * 방법 : 부품 및 시스템의 진동에 적용하는 환경 시험 규격에 따라 운동, 진동 주파수, 파형 등에 따라 진동 시험을 수행하고 적합성 여부를 판단함

표 40. 진동 시험항목

4.2.28 임무 비행 중 GPS 수신 실패시 안전 비행 기능 작동 시험

(1) 개요

임무 비행 수행중에 GPS 신호 수신 실패 상태를 시험하는 항목이다.

(2) 시험항목

시험항목	선정기준
GPS 수신 실패시 안전 기능 여부	<ul style="list-style-type: none"> * 기준 : 임무 비행 중 GPS 수신 실패 상황 발생시 안전하게 비행을 종료하거나 유지하는 기능 탑재 여부 * 고려 사항 : 시뮬레이션을 활용하여 GPS 수신 실패 상황을 임의로 설정하여 테스트 가능. 다양한 실제 비행체에서 임무 비행 중 GPS 수신 실패 상황을 테스트하기 어려우므로 시뮬레이션을 통해 비행 기능을 확인하는 것이 바람직함. 시각화 가능한 시뮬레이션을 이용하는 경우 시간 변화에 따른 비행체 자세 및 상태를 모니터링 가능. * 기능 : FC에서 지원하는 GPS 수신 실패시 안전 비행 기능 (ex. 현재 위치에서 착륙) * 단위 : 지원/미지원 * 방법 : 미리 계획한 비행 경로에 따라 임무 비행 수행 중에 GPS 신호를 차단시킨다. 이 경우 임무 비행을 중단하고 GPS 수신 실패 지점에서 착륙하는지 시험

표 41. GPS 수신 실패시 비행 기능 시험항목

제 5 장 결론

- 고정익 형태의 드론에 대한 시험항목 도출 및 시험절차서 등에 대하여는 사람이 타는 고정익 비행기에 대한 시험항목으로부터 유추하여 제안된 상태임
- 멀티콥터 형태의 산업용 드론이 다양한 분야에서 활용되면서 효율적인 운용에 대한 관심이 증대하면서 드론의 개발, 제작 및 운용의 효율성 측면에서 시험항목 도출이 필요하여 본 보고서를 통하여 제안함
- 본 보고서에서 제안하는 시험항목들은 이해당사자들에게 다양한 측면에서 기여할 것으로 기대되면서 후속으로는 시험절차서를 통한 좀 더 구체적인 시험방법과 표준이 만들어지기를 기대함