<표지>

3㎝

11-15430
00-00236
5-01

4㎝

병충해
모니터링용
무인기 및
항공방제용
무인기
개발을
통한
방제시스템
구축

최
종
보
고
서

2018

농림축산식품부

첨단생산기술개발사업 R&D Report

(견 고 딕
25p)

5㎝

3
㎝

발 간 등 록 번 호
11-1543000-002365-01

병충해 모니터링용 무인기 및 항공방제용 무인기 개발을 통한 방제시스템 구축

최종보고서

(0.1㎝)

2018. 9. 13.

주관연구기관 / 한국항공대학교
협동연구기관 / ㈜멀티에어
협동연구기관 / ㈜인포웍스
협동연구기관 / 경북대학교

농 림 축 산 식 품 부
(전문기관) 농림식품기술기획평가원

<제출문>

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “병충해 모니터링용 무인기 및 항공방제용 무인기 개발을 통한 방제시스템구축”(개발기간 : 2016. 08. 14 - 2016. 08. 13)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2018. 9. 13.

주관연구기관명 : 한국항공대학교 산학협력단 (대표자) 이 상 철 (인)
협동연구기관명 : ㈜멀티에어 (대표자) 송 태 훈 (인)
협동연구기관명 : ㈜인포웍스 (대표자) 박 현 주 (인)
협동연구기관명 : 경북대학교 산학협력단 (대표자) 최 제 용 (인)

주관연구책임자 : 송 용 규
협동연구기관책임자 : 송 태 훈
협동연구기관책임자 : 박 현 주
협동연구기관책임자 : 윤 병 욱

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

<보고서 요약서>

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>315014-3</td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>2016. 08. 14 -
2016. 08. 13</td><td>단 계 구 분</td><td>1/1</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 사 업 명</td><td>단 위 사 업</td><td colspan="4">농식품기술개발사업</td></tr>
<tr><td>사 업 명</td><td colspan="4">첨단생산기술개발사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>대 과 제 명</td><td colspan="4">(해당 없음)</td></tr>
<tr><td>세부 과제명</td><td colspan="4">병충해 모니터링용 무인기 및 항공방제용 무인기
개발을 통한 방제시스템구축</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 책 임 자</td><td rowspan="2">송 용 규</td><td>해당단계
참여연구원
수</td><td>총: 16명
내부: 16명
외부: 0명</td><td>해당단계
연구개발비</td><td>정부:900,000천원
민간:300,000천원
계:1,200,000천원</td></tr>
<tr><td>총 연구기간
참여연구원
수</td><td>총: 16명
내부: 16명
외부: 0명</td><td>총 연구개발비</td><td>정부:900,000천원
민간:300,000천원
계:1,200,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소 속 부 서 명</td><td colspan="3">한국항공대학교 산학협력단
첨단무인기연구센터</td><td colspan="2">참여기업명</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">상대국명:</td><td colspan="2">상대국 연구기관명:</td></tr>
<tr><td>위 탁 연 구</td><td colspan="3">연구기관명:</td><td colspan="2">연구책임자:</td></tr>
</table>

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 갈음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	일반

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설·장비	기술요약 정보	소프트웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명정보	생물자원	정보	실물
등록·기탁번호	4	3	3	0	1	2	0	0	0	0	0

국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설·장비명	규격(모델명)	수량	구입연월일	구입가격(천원)	구입처(전화)	비고(설치장소)	NTIS 등록번호

요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)	보고서 면수
	96

<요약문>

연구의 목적 및 내용	본 과제에서는 항공방제용 무인항공기와 병충해 예찰용 무인기를 개발하되 인터넷통신과 연동되도록 개발할 것이며 방제용 무인항공기는 사용자 편의성을 최대한 고려하여 자율항공방제기능을 갖추고 가격이 저렴하면서도 내구성이 강한 상용화 시제품을 개발하고 병충해 예찰과 함께 체계적으로 대응할 수 있는 토탈 방제시스템을 구축하는 것이 목표임				
연구개발성과	- 항공방제에 최적합하고 고성능이면서도 저가인 무인기 개발 (16L, 2ha 급) - 방제성능이 향상되고 자율방제가 가능한 스마트 무인기 설계/제작 기술 획득 - 고성능 카메라를 탑재한 병충해 모니터링 무인기 및 모니터링 시스템 획득 - 방제상황을 파악하고 신속하고 효과적인 대처를 할 수 있는 방제맵 획득 - 전자지도 기반 자율항공방제 프로그램 개발 - GPS 좌표를 통한 작물 생육지도 및 방제맵(map) 구축 - 병해충 상황에 맞게 대응 방제할 수 있는 토탈 방제시스템 구축				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	- 신속정확한 모니터링 및 적확 방제를 통한 방제효과 극대화 및 토양오염 최소화 - 친환경 방제기법 개발로 저농약 친환경 방제 확대 - 항공방제용 무인기 및 시스템 생산을 위한 고용 창출 - 농민들을 농약살포의 중노동과 농약중독으로부터 탈피				
국문핵심어 (5개 이내)	무인항공기	방제시스템	병충해 예찰	GPS	방제실증
영문핵심어 (5개 이내)	Drone	Pest control system	pest monitoring	GPS	Pest control proof

<본문목차>

〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요 ····· 6
2. 연구수행 내용 및 결과 ····· 9
3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 ····· 104
4. 연구결과의 활용 계획 등 ····· 106
붙임. 참고 문헌 ·····

<별첨> 주관연구기관의 자체평가의견서

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발 목적

본 과제에서는 항공방제용 무인항공기와 병충해 예찰용 무인기를 개발하되 인터넷통신과 연동되도록 개발할 것이며 방제용 무인항공기는 사용자 편의성을 최대한 고려하여 자율항공방제기능을 갖추고 가격이 저렴하면서도 내구성이 강한 상용화 시제품을 개발하고 병충해 예찰과 함께 체계적으로 대응할 수 있는 토탈 방제시스템을 구축하는 것이 목표이다.

제 2 절 연구개발의 필요성

1. 국내외 현황 및 문제점, 전망

- 항공방제용 무인기는 일본 YAMAHA의 무인 헬리콥터인 R-MAX가 주종을 이루고 있으며 국내 일부회사에서 무인헬리콥터를 국산화하였으나 아직 일본제의 성능을 따라가지 못함
- 무인헬리콥터는 대당 1.5억 ~ 2억으로 매우 고가이며 엔진형이어서 유지운용비용이 연 3천만원 이상 들어갈 뿐만 아니라 안정성이 약하고 조종이 어려워 사고가 많이 발생하고 사고 피해도 큼 (사고율 40% 이상, 농협중앙회 2013, 2014 워크샵 자료)
- 항공대는 세계 최초로 배터리로 구동되는 농약살포용 멀티콥터를 개발하여 2014년에 실제 30ha 의 방제를 실시한 바 있으며 충분히 사용 가능함을 확인하였음.
- 항공대에서 개발한 멀티콥터 항공방제기는 안정성이 높고 사용하기가 매우 간편하나 방제용량이 다소 작은 편(10L, 1 ha 급)이며 자율항공방제기능이 장착되어있지는 않고 배터리를 많이 장착해야하므로 현장에서 신속히 방제하는 데는 다소 번거로움이 있었음.
- 현재의 항공방제용 무인기는 전자지도와 연동되어 있지 않아 어느 지역에서의 방제 상황을 종합적으로 알 수 있는 방제맵을 구축할 수 없음.

2. 국내 연구 개발의 필요성

- 따라서 방제 성능이 보다 크고 (16L, 2 ha급) 전자지도상의 간단한 GPS 좌표 설정이나 필지선택에 따라 자율항공방제를 할 수 있는 멀티콥터 개발의 필요성이 있음
- 또한 전자지도 및 LTE 통신망 등과 연동되어 방제상황을 종합적으로 알 수 있는 방제맵을 구축하여 운용할 필요성이 있음
- 병충해를 조기 발견할 수 있도록 고성능 카메라를 탑재한 무인기로 작물을 주기적으로 촬영하여 센터로 보내 병충해를 상시 모니터링 할 수 있는 시스템의 개발이 필요함
- 병충해 발견시 저농약 친환경 방제를 위해 꼭 필요한 곳에 최소량으로 신속히 방제할 수

있고 또 대량 징후가 나타나면 대량방제를 할 수 있는 토탈 방제시스템을 갖추어야할 필요성이 있음

- 위에 기술한 방제시스템은 세계 어느 곳에서도 개발되어 있지 않으므로 국내에서 먼저 개발하여 국내 농경지 방제에 적용하고 외국에 그 시스템을 수출할 필요성이 있음

3. 연구개발 범위

(1) 개발 목표

- 주관연구기관(한국항공대학교) : 무인 항공방제 시스템 체계 종합 및 통합시험 수행
- 협동연구기관1((주)멀티에어) : 항공방제 및 병충해 모니터링 무인기 제작 및 방제시험/성능시험 수행
- 협동연구기관2((주)인포웍스) : GCS 성능 개선 및 방제맵서버 운영 시험
- 협동연구기관3(경북대학교) : 방제효과 분석 및 기후, 환경 등 여건에 따른 관찰/실증

(2) 개발 내용 및 범위

- 주관연구기관(한국항공대학교) :
  ① 16L급(2 ha) 항공방제용 무인기 상용화 최종 시제품 기체 설계
  ② 병충해 모니터링용 소형 무인기 상용화 최종 시제품 기체 설계
  ③ 농약살포용 무인기 비행제어시스템 상용화 최종 시제품 제작
  ④ 항공방제용 무인기 BMS 시제품 제작 및 테스트
  ⑤ 전체 시스템 통합 운용시험 수행 및 보완

- 협동연구기관1((주)멀티에어) :
  ① 16L급(2 ha) 항공방제용 무인기 상용화 시제품 제작
  ② 병충해 모니터링용 소형 무인기 상용화 시제품 제작
  ③ 분무 및 입제살포 시스템 상용화 시제품 제작
  ④ 방제실증 작업 종합 수행

- 협동연구기관2((주)인포웍스) :
  ① GCS 시제품 연동시험 및 종합 성능 검증/보완
  ② 방제맵 서버 및 통합 방제시스템 구축

- 협동연구기관3(경북대학교) :

① 작물 생육정보 및 병해충 종류별 매뉴얼 작성 보완

② 방제효과 분석 및 기후, 환경 등 여건에 따른 관찰 및 실증

③ 친환경 저농약 방제 기법 개발 및 활용방법 탐색

제 2 장 연구수행 내용 및 결과

제 1 절 주관연구기관(항공대학교) 연구수행 내용

1. 16L급(2ha) 항공방제용 무인기 상용화 시제품 기체 설계

항공방제용 스마트 무인기 상용화 시제품 기체설계를 위하여 1차년도부터 농촌 현장에서의 요구사항을 반영하여 아래와 같은 요구조건을 고려하여 항공방제용 무인기를 설계 하였다.

표 1. 16L급 방제용 무인항공기 설계 요구 조건

요구조건
- 일회 비행 시, 2 ha의 면적을 방제할 수 있어야한다. - 일회 비행 시, 16 L의 약재를 탑재하여 16분 이상 방제할 수 있어야한다. - 일일 방제 가능면적이 50 ha 이상 되어야한다. - 모든 구성품은 섭씨 5 ~ 35도에서 정상 작동 되어야한다. - 이륙 총중량이 50kg이 넘지 않아야한다. - 방제폭이 7m 이상 되어야한다. - 조종을 위한 통신 도달거리는 500m 이상 되어야한다. - 랜딩기어는 최대 60 kg 의 하중을 견딜 수 있어야한다. - 분무장치는 분당 0.8 ~ 1 L 를 토출할 수 있어야한다. - 기체 크기는 1톤 트럭에 탑재가 가능해야한다. - 비상 시, 안전 조치를 취할 수 있어야한다.

방제용 무인항공기는 설계 요구조건 뿐만 아니라 실제 제작을 위한 부품 및 소재에 대한 요구조건도 매우 중요하다. 가벼우면서도 높은 하중강도를 견디며 여름의 더운 날씨에 변형이 일어나지 않도록 하며, 연속 동작시 문제가 없도록 아래 표 같이 리스트를 만들어서 설계에 반영하였다.

표 2. 16L급 방제용 무인항공기 부품 및 소재 요구 조건

요구조건
- 기체 구조물은 하중강도를 견디며 최대한 경량이어야 한다. - 프로펠러와 암은 탄소복합재를 원칙으로 한다. - 모터 1개당 부상능력은 10 kg 이상이며 외기온도 35° 이내에서 연속으로 작동이 가능하고 과열되지 않아야한다. - 랜딩기어는 최대 60kg의 하중을 견딜 수 있는 복합재 소재로 한다. - 곤돌라는 16L 의 약품과 분무장치를 탑재할 수 있는 공간을 갖으며 50kg 하중을 견딜 수 있는 GFRP 소재로 한다. - 모터 변속기는 최대 외기온도 35 이하에서 연속적으로 작동할 수 있는 부품이어야한다. - 약제 펌프는 농약 등 약품에 부식되지 않는 재질로 구성되어야한다.

1차년도에 설계된 방제용 무인기의 모델은 그림 1과 같으며 그 제원은 아래 표와 같다. 이 설계도대로 제1협동기관((주)멀티에어)에서 기체를 제작하였다. (뒷부분에서 추가설명)

그림 1. 16L급 방제용 무인기 3D모델링

2차년도에는 1차년도에 개발되었던 16리터급의 멀티콥터 하부 곤돌라(농약통)를 재설계 하여 하나의 무인기로 농약살포뿐만 아니라 볍씨나 비료 등 입제살포도 간편하게 할 수 있도록 설계/제작하고 시험까지 완료하였다. 이는 농약통은 동일하게 사용하고 하단에 연결부위를 공통으로하여 농약살포장치나 입제살포장치를 간단히 교체하여 운용할 수 있게 설계함으로써 가능하게 하였으며 개선사항은 아래와 같다.

표 3. 16L급 무인항공기 개선사항

항목	1차년도	2차년도
탑재량	최대 16리터	최대 18리터
농약살포장치/입제 살포장치 교체 장착	장착 불가	장착가능
노즐	체크벨브 미사용	체크벨브 적용
통신	최대 200m 반경	최대 1km
조종 장치	R/C	R/C 또는 전용 조종장치 사용

1차년도 기체를 테스트 하면서 개선 설계 요구조건은 표 2와 같이 정의하고 설계를 개선하였다.

표 4. 16L급 방제용 무인항공기 설계 개선 요구 조건

요구조건
- 입제 살포 및 농약방제기능을 모두 포함하여야 한다. - 유지보수가 간편해야 한다. - 일일 방제 가능면적이 50 ha 이상 되어야한다. - 랜딩기어는 최대 80 kg 의 하중을 견딜 수 있어야한다. - 분무장치는 분당 1~1.5 L 를 토출할 수 있어야한다.

노즐의 경우 기존에는 경량화를 위하여 체크밸브가 없는 파트를 구성하였지만 실제 운용 시 체크밸브가 없을 경우 약재통 교환시 농약이 노즐에서 흘러나오는 단점이 있어서 파트를 교환하고 재설계 하였다. 동체의 경우 약재살포와 입제살포를 모두 운용 할 수 있도록 곤돌라를 재 설계 하였다. 설계된 무인기는 그림 와 같다. 기존 곤돌라 안에 약재통이 있어서 실제 방제시 작업능률이 떨어지는 점을 일체형으로 변경하여 개선하였다.

3차년도에는 1차년도 및 2차년도에 설계 제작하여 시험한 무인기를 개선하여 최대20리터(운용 16리터)의 농약 또는 볍씨나 비료 등의 입제살포도 가능하도록 설계를 변경하였고 제1협동기관에서 제작한 비행체로 기능테스트 및 통합 시험을 수행하였다.

가. 공통 농약통(곤돌라) 설계 개선

2차년도 시제품 설계에서 볍씨나 입제를 공급할 때 하방으로 입제가 잘 내려오도록 곤돌라의 내부 각도 및 입구부분을 변경하였으며 하부 장치 연결부분도 개선을 하였다. 곤돌라 하방에 랜딩기어를 장착할 수 있도록 개선하였고 랜딩기어의 높이는 농약을 주입하거나 배

터리를 교체할 때 성인 남성이 불편하지 않는 높이로 개선하였다.

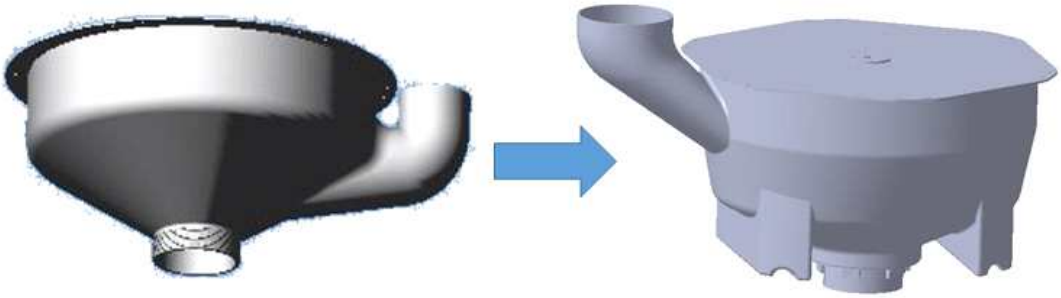


그림 2. 곤돌라 개선 사항 (좌)2차년도 (우) 최종 시제품

다음 설계도를 보면 약제 및 입제 투입 통로의 경사 각도를 개선하여 고체 내용물이 곤돌라 안으로 잘 들어갈 수 있도록 하였다. 곤돌라 하단 부에는 분무장치와 입제살포기가 호환이 될 수 있도록 금속 어댑터가 배치되어있다. 그리고 랜딩기어가 중량을 분산시킬 수 있도록 직경 25mm 카본 파이프 2개가 장착될 수 있도록 설계를 개선하였다.

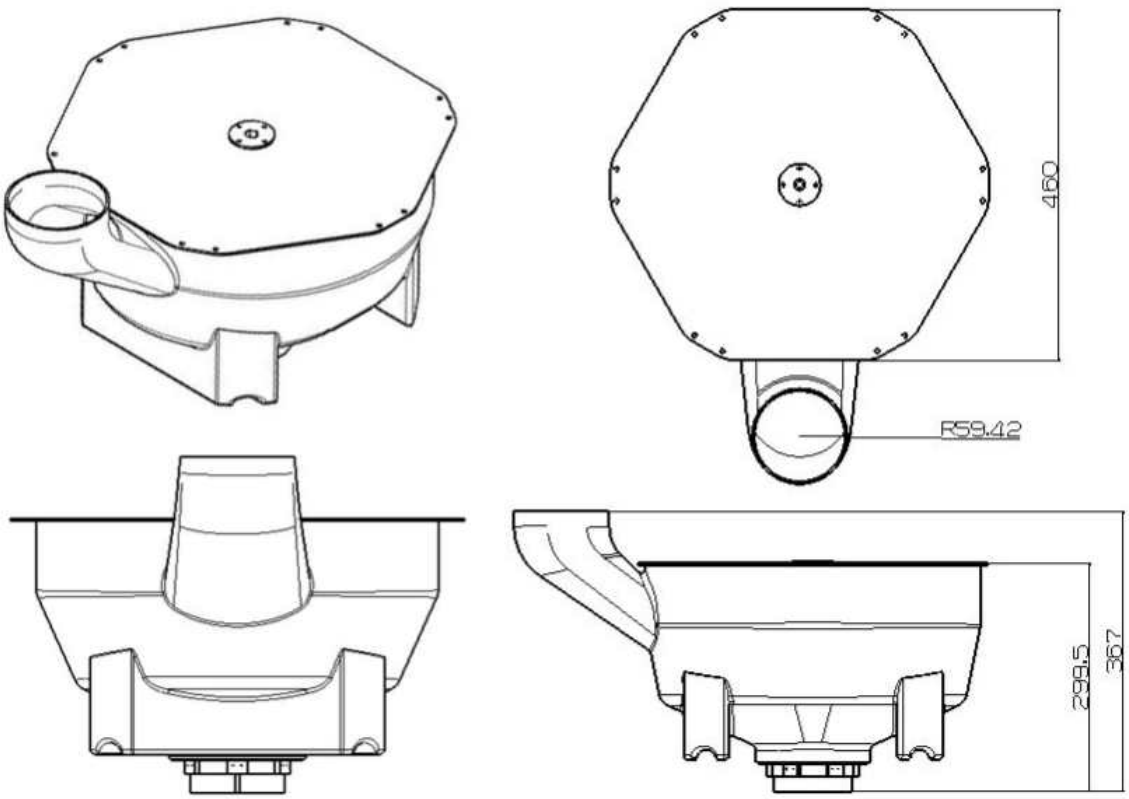


그림 3. 곤돌라 설계 도면

나. 입제살포장치 설계

입제살포 장치는 기존 감속기가 탑재된 DC모터를 BLDC로 교체하여 회전속도를 증가시켰고 입제가 토출되는 속도와 거리가 향상되었다. 실제로 BLDC모터로 교체 후 코팅 볍씨 살포 실험 결과 살포 반경 및 속도가 개선되었음을 확인하였다.

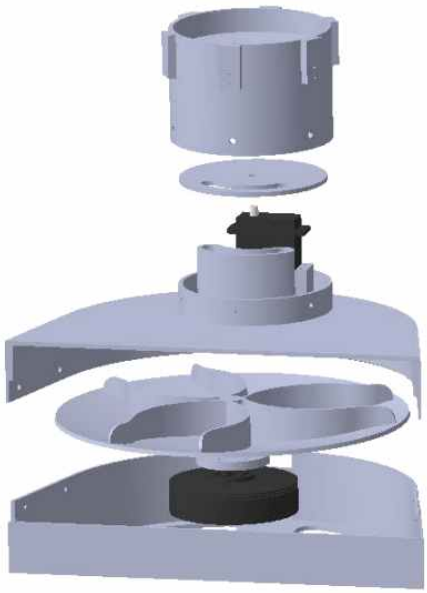


그림 4. 입제살포장치 3D 모델링

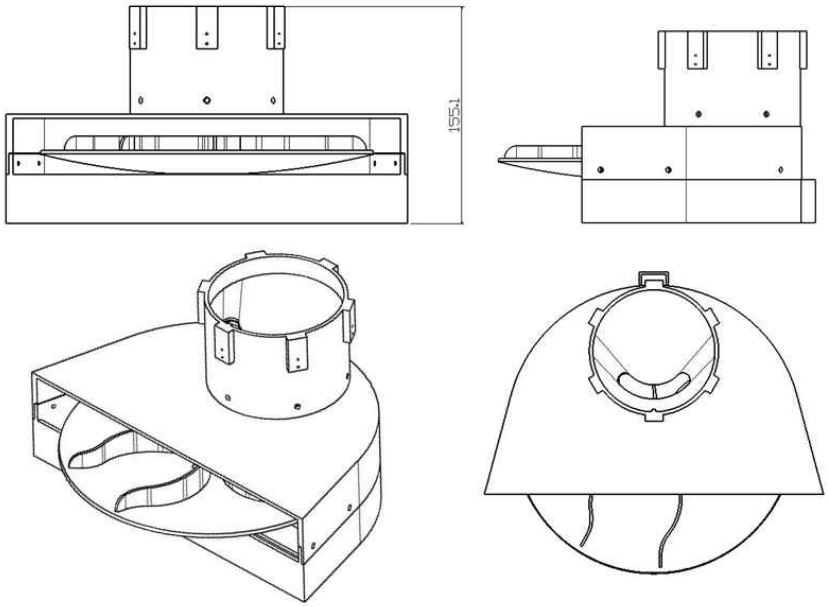


그림 5. 입제살포장치 도면

아래 그림과 같이 입제 조절용 디스크가 연결된 서보모터에 제어 신호를 인가하여 원격에서 살포 여부를 조절할 수 있도록 구성하였다. 그리고 임펠라 회전용 모터의 회전 속도를 제어하여 살포량 조절할 수 있도록 장치를 설계하였다.

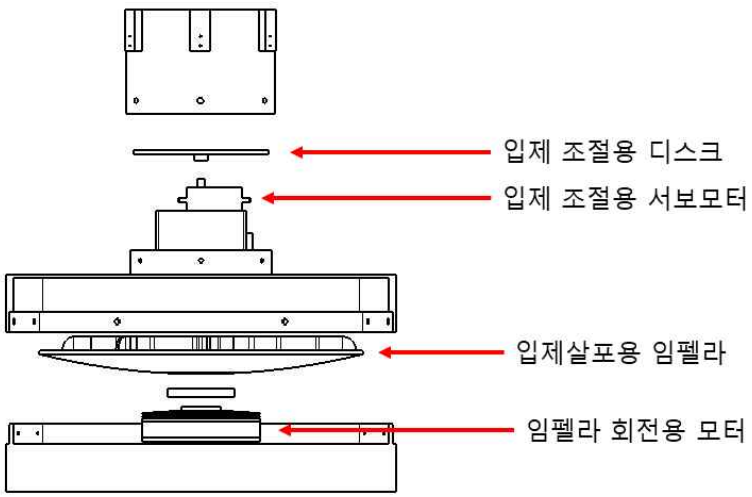


그림 6. 입제살포장치 구성

아래 도면과 같이 입제살포장치는 기체의 전방 또는 후방을 선택해서 장착할 수 있게 설계되어있다.

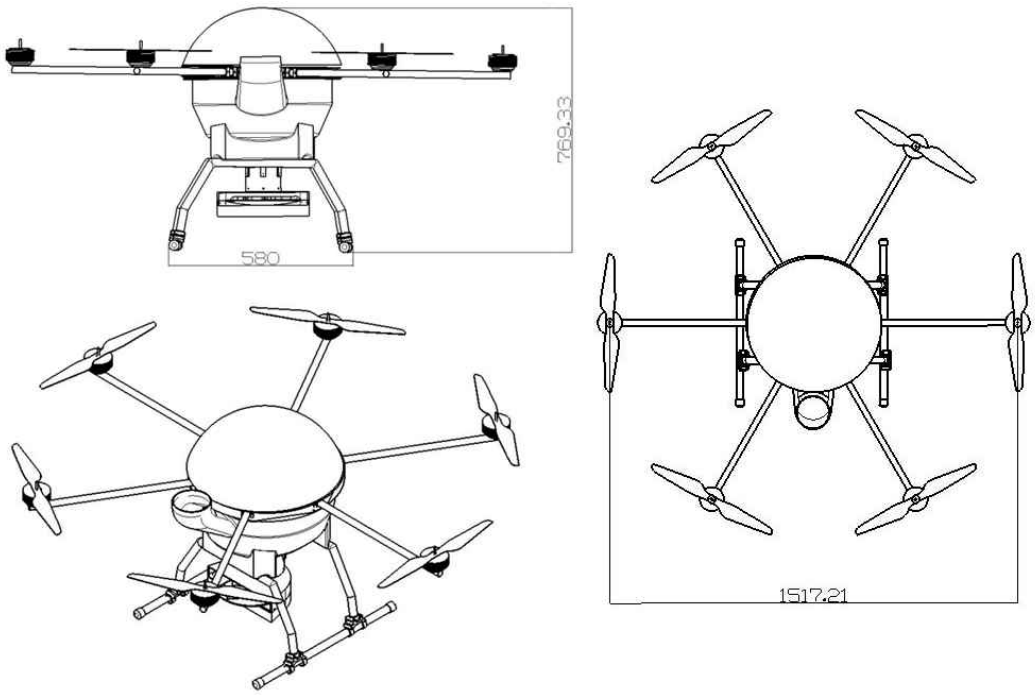


그림 7. 입제살포장치가 장착된 방제용 무인기 도면

그림 8. 입제살포 장치를 장착한 방제용 무인기

다. 분무장치 설계

펌프 모터를 기존의 DC모터에서 BLDC모터로 교체하면서 입제살포장치와 같이 모터의 속도 조절이 간편하게 되었고 효율은 높아졌으며 펌프의 크기는 감소되었다.

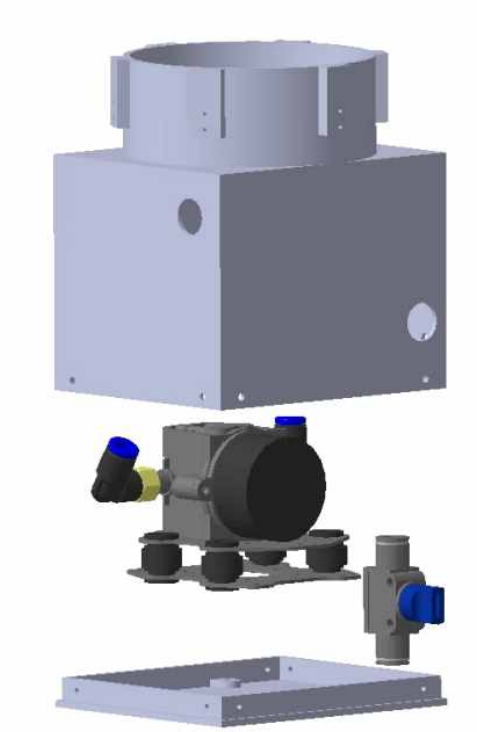


그림 9. 분무장치 3D 모델링

곤돌라로부터 공급되는 약제를 주입구를 상단에 배치하여 약제가 고이도록 설계하였고 펌프에서 약제를 빨아들여 하단의 배수구로 배출하도록 형상을 설계하였다. 제1협동기관에서 제작한 장치의 분무 테스트를 통해 펌프가 제 성능을 발휘함을 확인하였다.

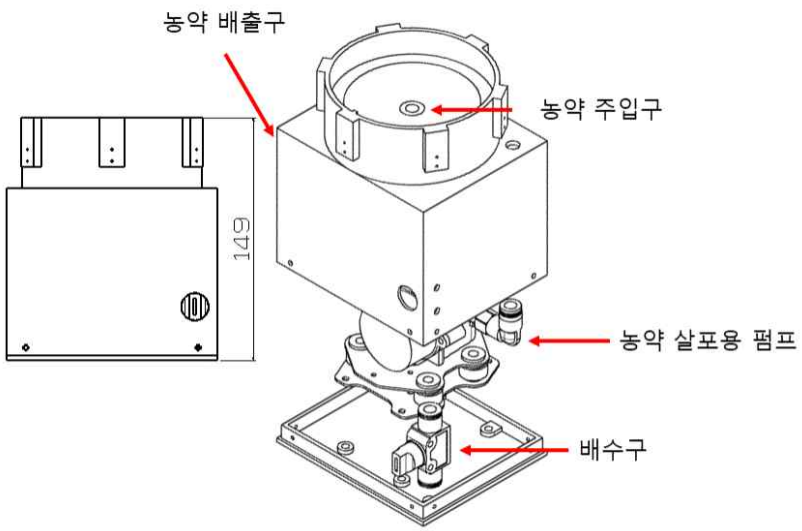


그림 10. 분무장치 도면 및 구성요소

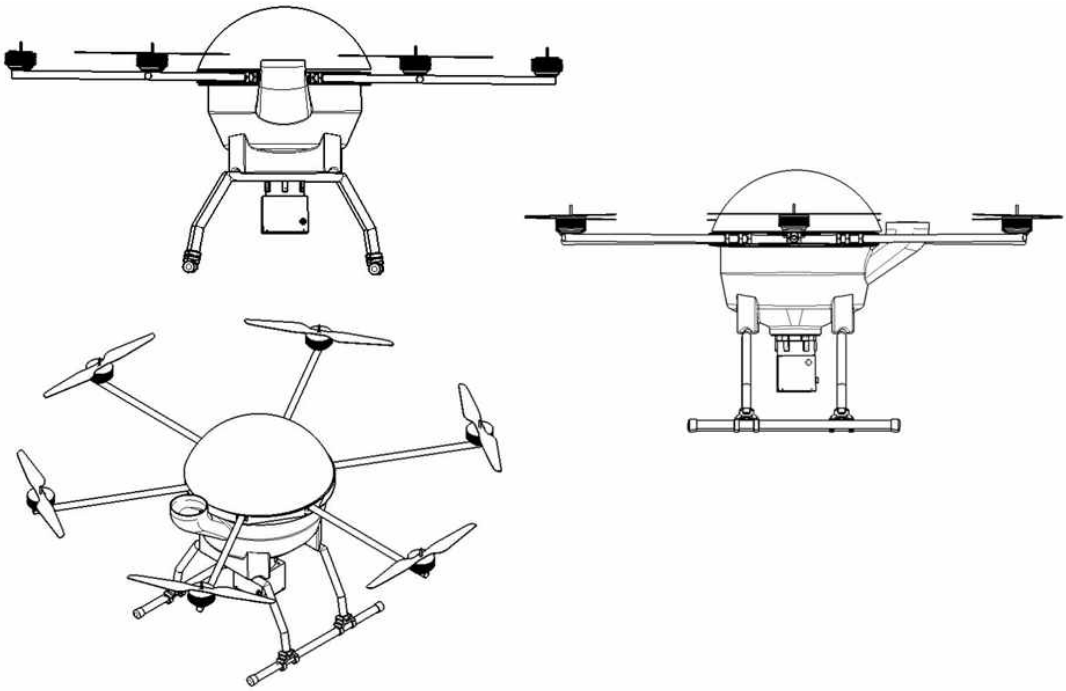


그림 11. 분무장치가 탑재된 방제용 무인기 도면

분무 기능의 향상을 위해 Teejet사의 노즐을 대상으로 실험을 진행하였다. 결과적으로 약제의 점도에 따라 결과가 달라질 수 있겠지만 플랫타입 노즐을 사용했을 때 더 균일게 분사되었다.

그림 12. 콘 타입과 플랫타입 노즐

외부로 노출되어있는 입제살포장치와 분무장치에 전원과 신호를 인가하기 위해서는 방수가 지원되는 커넥터가 필요하였다. Military spec의 커넥터를 사용하여 각 장비가 호환되어 연결될 수 있도록 마운트를 추가적으로 설계하였다.

그림 13. 입제살포장치 및 펌프장치 연결 컨넥터(개선)

그림 14. 분무장치를 장착한 방제용 무인기

위의 사항을 종합하여 2차년도와 비교하여 개선된 설계 요소는 아래 표에 나타내었다.

표 3. 16L급 항공방제용 무인기 주요 사항

항목	1차년도	2차년도	3차년도
탑재량(운용)	최대 16리터(15L)	최대 18리터(15L)	최대 20리터(16L)
농약살포장치/입제 살포장치 교체 장착	장착 불가	장착가능	탈부착 개선
노즐	체크벨브 미사용	체크벨브 적용	체크벨브 적용 및 노즐변경
통신	최대 200m 반경	최대 1km	최대 1km
조종 장치	R/C	R/C 또는 전용 조종장치	R/C 또는 전용 조종장치

표 4. 16L급 무인항공기 개선사항

항목	2차년도	3차년도
탑재량(운용)	최대 18리터(15L)	최대 20리터(16L)
농약살포장치/입제 살포장치 교체 장착	장착가능	장착가능
장비 교체 컨넥터	전원, 통신컨넥터 별도	일체형으로 변경
노즐	콘타입	플랫 타입
랜딩기어	알루미늄	카본
펌프	DC	BLDC
입제살포기 모터	DC	BLDC
최대 추력	50kg	60kg

2. 병충해 모니터링용 소형 무인기 상용화 최종 시제품 기체 설계

병충해 모니터링용 무인기는 구동부 교체를 통해 2차년도 대비 비행 시간을 증가시켰고 시스템을 통합하여 짐벌의 운용을 더욱 편리하게 하였다.

그림 15. 병충해 모니터링용 무인항공기 최종 시제품 모델링

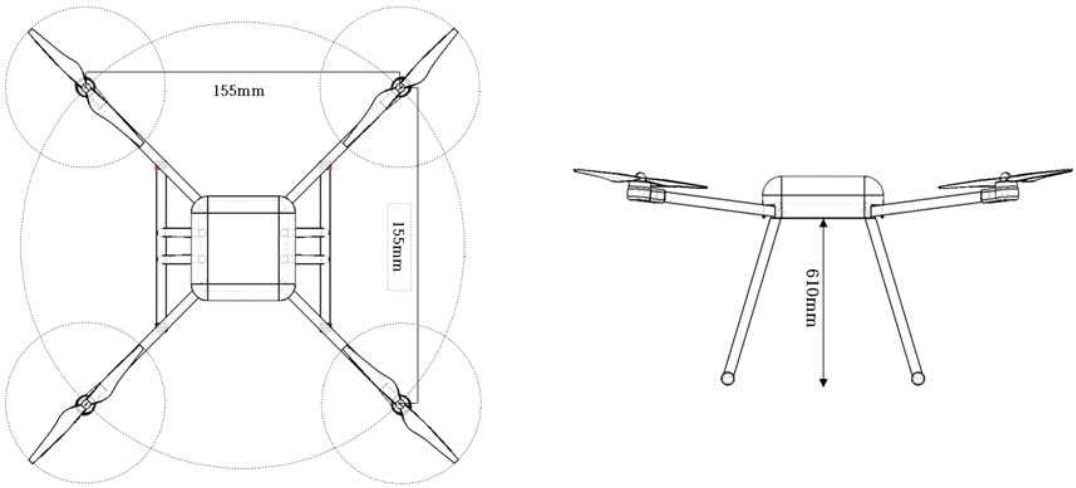


그림 16. 병충해 모니터링용 무인항공기 설계도

그림 17. 병충해 모니터링용 무인기 제작 기체

Tarot사의 Peeper X10 제품을 비행제어 시스템에 융합하여 효율적인 항공촬영이 가능하도록 하였다. 또한 양질의 사진을 얻기 위해서 기체로부터 발생하는 진동에 대하여 댐퍼를 보강하였다.

3. 농약살포용 무인기 비행제어시스템 상용화 최종 시제품 제작

가. 비행제어시스템 제작

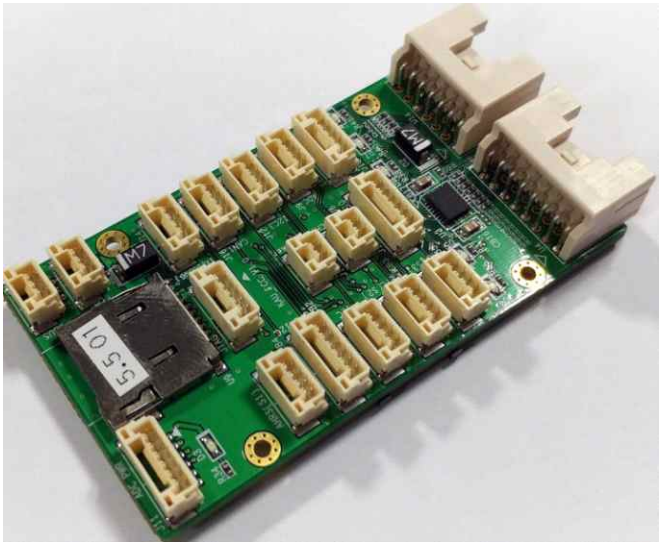


그림 18 . 비행제어 시스템 최종 시제품

자세센서(AHRS), 항법센서(GPS), 고도센서, 충돌방지 센서등의 데이터를 취합하여 무인항공기의 자세제어 및 고도제어를 수행 할 수 있는 비행제어 시스템을 개발하였다. 장착 컨넥터는 JST사의 잠금타입의 컨넥터를 사용하여 진동에 의한 컨넥터 분리현상을 억제하였다. 입출력 I/O 포트 부분에는 노이즈 제거를 위한 필터 소자를 장착하여 펌프나 입제살포기 작동시 발생될 수 있는 노이즈를 제거할 수 있도록 하였다.

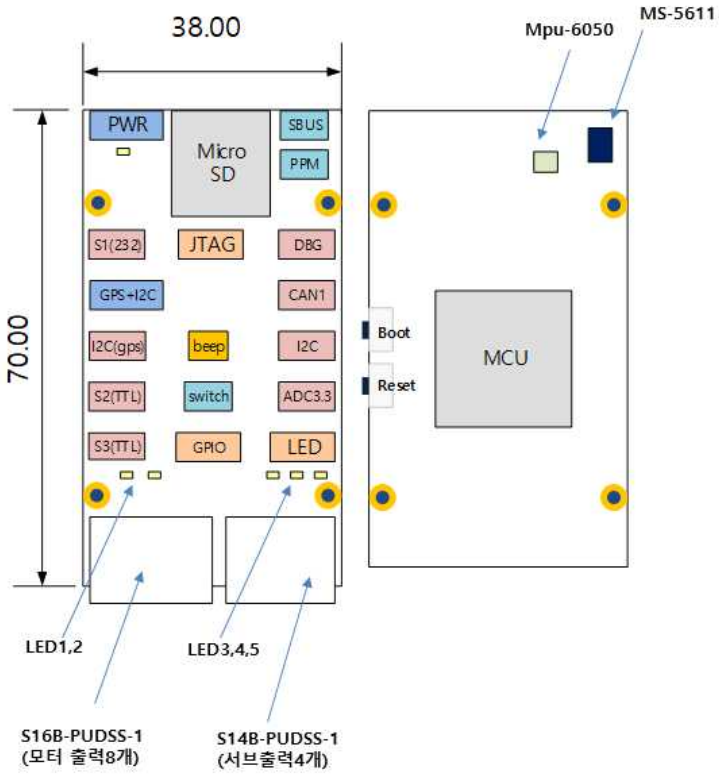


그림 19 . 비행제어 시스템 컨넥터 배치 및 설명

또한 사용자의 운용시 안전을 위하여 안전 스위치를 장착 할 수 있도록 하였다. 따라서 현장에서 시동 명령을 인가하더라도 최종 안전 스위치를 작동시키지 않으면 무인항공기의 프로펠러가 작동되지 않도록 하였다.

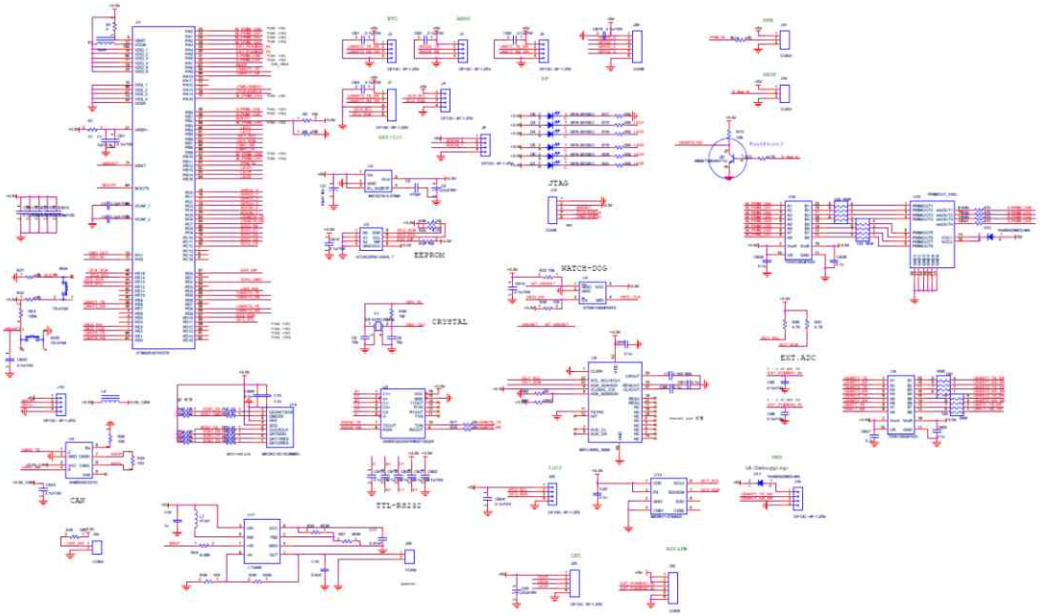


그림 20 . 비행제어 모듈 회로도

나. 자율방제를 위한 비행제어 알고리즘 개발

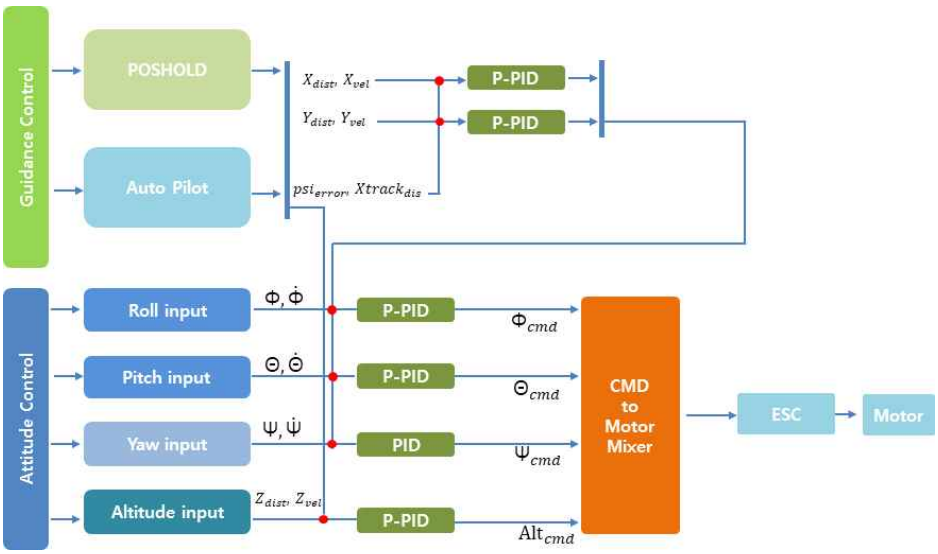


그림 21 . 드론 제어 블록 다이어그램

무인항공기의 위치, 자세, 고도 제어를 위하여 PID제어를 적용하였고. 일부 제어부분은 속도 제어를 위하여 거리오차에 대한 P제어를 수행 한 후 계산된 값으로 속도 제어를 위한 PID를 추가적으로 구성하였다.

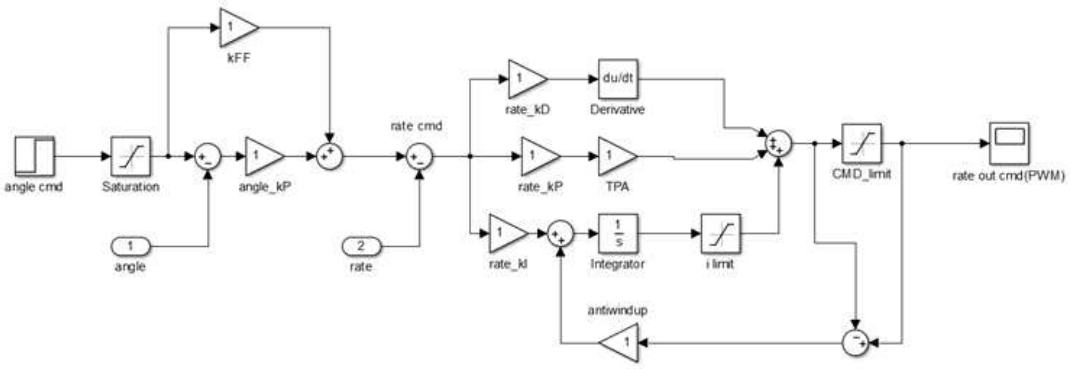


그림 22 . FeedForward 및 AntiWindup이 적용된 제어기 구성

무인기가 자동비행을 하기 위해서 본 과제에서는 X-Track Error 알고리듬을 적용하였다. 경로선상에서 기체가 멀어진 거리를 계산하여 에러량 만큼 다시 경로선 안쪽으로 제어 입력값을 생성하도록 하였다.

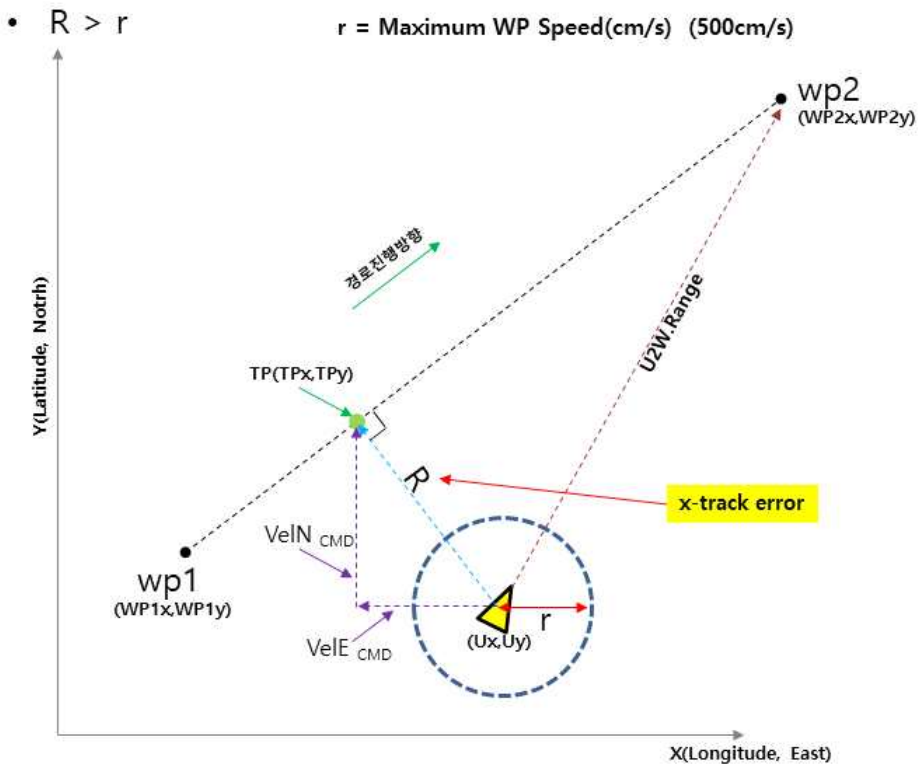


그림 23. 경로점 비행 알고리듬 개념(x-track error)

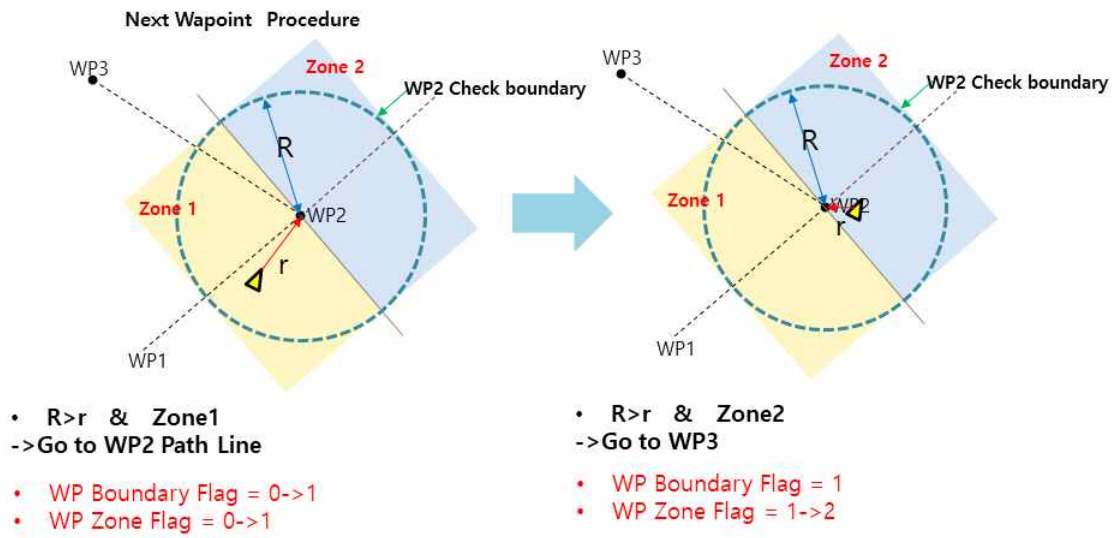


그림 24. 경로점 통과 검출 개념

경로점 통과를 확인하기 위해서 경로점과 무인기와의 거리를 계산하고, 설정 반경 안에 진입하게 되면 경로점간의 헤딩각과 무인기와 통과할 경로점과의 헤딩각을 비교하여 위상이 바뀌게 되면 통과하였다고 판단하고 다음 경로점으로 비행을 하도록 설계되어 있다.

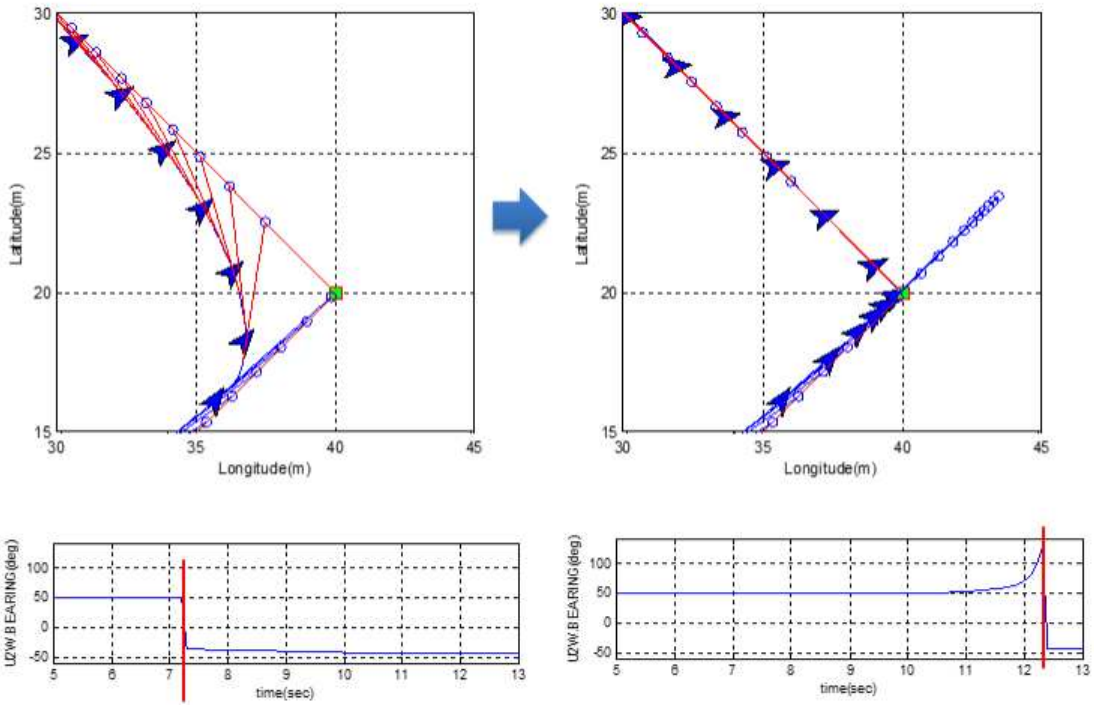


그림 25. 경로점 통과방식 개선전(좌) 개선후(우)

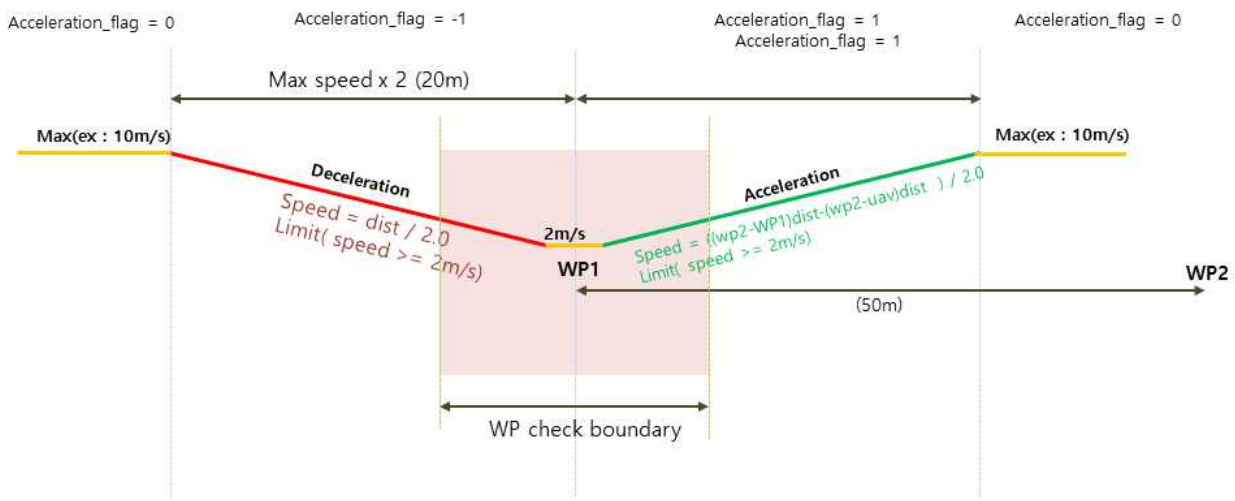


그림 26. 경로점 비행체 가속 및 감속 조건

또한 경로점 비행시 경로점을 통과 직후나 초기 경로점 진입 시작시 거리에 따른 에러로 인하여 초기 동작이 기체에 급격한 기동의 변화를 줄 수 있기 때문에 경로점간 이동시에는 항상 가감속이 설정된 범위 안에서 이루어지도록 설계하였다. 다음 그림은 위에서 기술한 제어기를 적용한 결과로 경로점 자동 비행이 잘 수행되었음을 알 수 있다.

그림 27. 경로점 자동 비행 궤적

다. 병충해 예찰을 위한 카메라 짐벌 조종알고리즘 설계/제작

병충해 예찰용 무인기에 탑재된 카메라가 농작물을 고화질로 촬영하기 위해서는 카메라를 구동하는 짐벌을 비행제어시스템과 연동하여 조종하는 것이 필요하다. 짐벌은 임무장비

제어시스템과 연결이 되어있으며 임무장비 제어시스템과 비행제어 시스템이 연결되어 해당 예찰 경로점으로 짐벌을 움직이도록 한다.

그림 28. 모니터링용 기체 짐벌

카메라 짐벌의 제원은 아래 표에 나타내었다.

표 5. 모니터링용 기체 짐벌 제원

입력전원	11~26V
무게	365g
최대줌	10 배줌
FOV	66.6~7.2deg
출력해상도	출력 720P, 저장 1080P

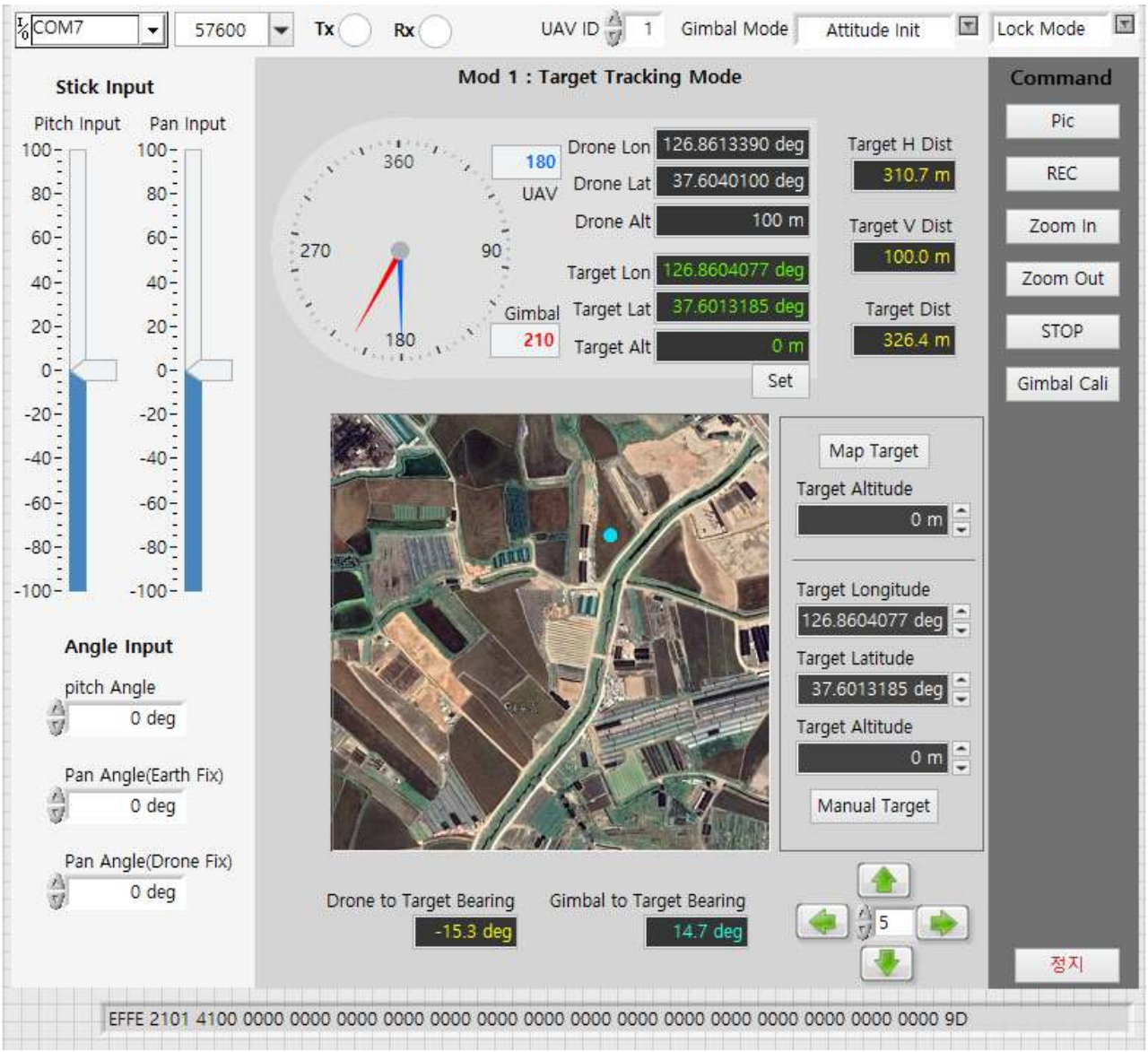


그림 29. 병충해 예찰용 카메라 짐벌 운용 S/W

목표물을 카메라가 지속적으로 바라보기 위해서는 짐벌의 트래킹 기능이 구현되어야 한다. 이를 위해 목표물의 위도, 경도 데이터를 획득해야 한다. 목표물의 데이터를 획득한 후 기체의 위도, 경도, 고도 데이터를 사용하여 목표물을 자동 추적하도록 짐벌 제어를 실시한다. 이 때 짐벌은 3축 짐벌을 사용한다.

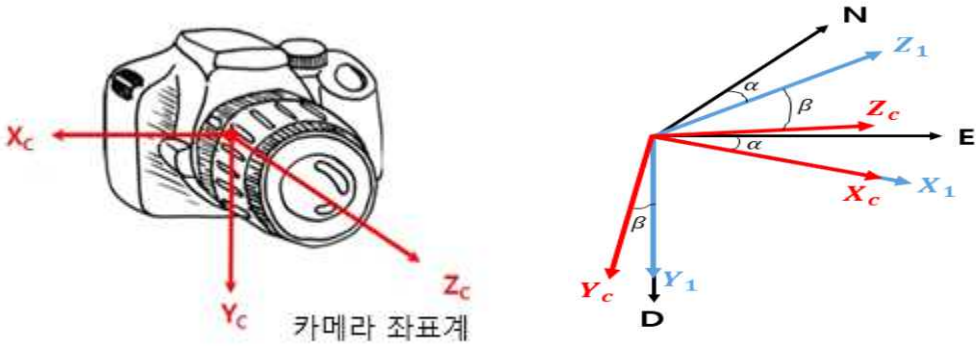
제어에 필요한 Input 값은 기체의 위도, 경도, 고도와 기체의 헤딩각, 바라보는 지점의 위도, 경도, 목표물과 기체의 고도차이다. 이때 목표물과 기체의 고도차는 기체의 고도와 같다고 가정을 하였다.

기체와 목표물의 GPS 위도, 경도는 도, 분, 초의 단위를 가지므로 우선 각도 단위로 변환 후, 미터 단위로 변환 하여야 한다. 기체와 목표물의 위도, 경도를 이용해 둘 사이의 거리

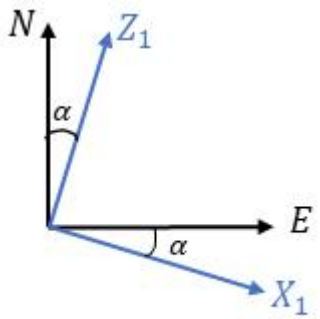
를 미터단위로 구하는 공식은 다음과 같다. 공식에서는 각도 단위의 위도, 경도를 사용한다. 한편, GPS 고도는 m 단위이므로 변환하지 않는다.

$$X_{distance} = (Lon_{목표물} - Lon_{기체}) \times \cos(Lat_{목표물}) \times 11119494$$
$$Y_{distance} = (Lat_{목표물} - Lat_{기체}) \times 1119494$$

위에서 구한 X_distance, Y_distance 와 기체의 고도를 이용하여 짐벌의 지향각을 계산한다.



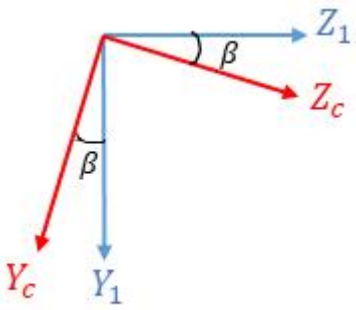
우선 NED 좌표계로 표현된 벡터 성분을 카메라 좌표계에 대한 성분으로 변환시켜야 한다. 이 때, α각은 기체의 헤딩각과 짐벌의 팬각을 더한 값이고, β각은 짐벌의 틸트각을 의미한다.



$$\hat{i_1} = -\sin\alpha \hat{e_N} + \cos\alpha \hat{e_E}$$
$$\hat{j_1} = \hat{e_D}$$
$$\hat{k_1} = \cos\alpha \hat{e_N} + \sin\alpha \hat{e_E}$$

위와 같은 식이 성립하므로 이를 아래와 같이 행렬을 이용하여 정리하면 다음과 같다.

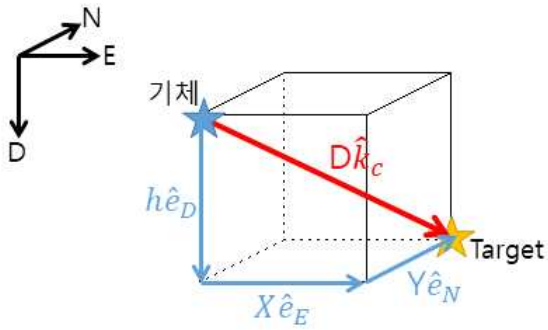
$$\left[\hat{i_1}\ \hat{j_1}\ \hat{k_1}\right] = \left[\hat{e_N}\ \hat{e_E}\ \hat{e_D}\right] \begin{bmatrix} -\sin\alpha & 0 & \cos\alpha \\ \cos\alpha & 0 & \sin\alpha \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$



$$\hat{i_c} = \hat{i_1}$$
$$\hat{j_c} = \cos\beta\hat{j_1} - \sin\beta\hat{k_1}$$
$$\hat{k_c} = \sin\beta\hat{j_1} + \cos\beta\hat{k_1}$$

$$\begin{aligned}\left[\hat{i_c}\ \hat{j_c}\ \hat{k_c}\right] &= \left[\hat{i_1}\ \hat{j_1}\ \hat{k_1}\right]\begin{bmatrix}1 & 0 & 0\\ 0 & \cos\beta & \sin\beta\\ 0 & -\sin\beta & \cos\beta\end{bmatrix}\\ &= \left[\hat{e_N}\ \hat{e_E}\ \hat{e_D}\right]\begin{bmatrix}-\sin\alpha & 0 & \cos\alpha\\ \cos\alpha & 0 & \sin\alpha\\ 0 & 1 & 0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}1 & 0 & 0\\ 0 & \cos\beta & \sin\beta\\ 0 & -\sin\beta & \cos\beta\end{bmatrix}\\ &= \left[\hat{e_N}\ \hat{e_E}\ \hat{e_D}\right]\begin{bmatrix}-\sin\alpha & -\cos\alpha\sin\beta & \cos\alpha\cos\beta\\ \cos\alpha & -\sin\alpha\sin\beta & \sin\alpha\cos\beta\\ 0 & \cos\beta & \sin\beta\end{bmatrix}\end{aligned}$$

$$R_{NED\to Camera} = \begin{bmatrix}-\sin\alpha & -\cos\alpha\sin\beta & \cos\alpha\cos\beta\\ \cos\alpha & -\sin\alpha\sin\beta & \sin\alpha\cos\beta\\ 0 & \cos\beta & \sin\beta\end{bmatrix}$$



$$h\hat{e_D} + X\hat{e_E} + Y\hat{e_N} = D\hat{k_c}$$

$$D = \sqrt{X^2 + Y^2 + h^2}$$

$$h\hat{e_D} + X\hat{e_E} + Y\hat{e_N} = \sqrt{X^2 + Y^2 + h^2}\,\hat{k_c}$$

위 식을 행렬식으로 표현하면 아래식과 같다.

$$\begin{bmatrix}\hat{e_N} & \hat{e_E} & \hat{e_D}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}Y\\X\\h\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\hat{i_c} & \hat{j_c} & \hat{k_c}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0\\0\\\sqrt{X^2+Y^2+Z^2}\end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix}\hat{e_N} & \hat{e_E} & \hat{e_D}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}Y\\X\\h\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\hat{e_N} & \hat{e_E} & \hat{e_D}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}-\sin\alpha & -\cos\alpha\sin\beta & \cos\alpha\cos\beta\\\cos\alpha & -\sin\alpha\sin\beta & \sin\alpha\cos\beta\\0 & \cos\beta & \sin\beta\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0\\0\\\sqrt{X^2+Y^2+Z^2}\end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix}Y\\X\\h\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\sqrt{X^2+Y^2+h^2}\,cos\alpha\cos\beta\\\sqrt{X^2+Y^2+h^2}\,\sin\alpha\cos\beta\\\sqrt{X^2+Y^2+h^2}\,\sin\beta\end{bmatrix}$$

$$X=\sqrt{X^2+Y^2+h^2}\,\sin\alpha\cos\beta$$
$$Y=\sqrt{X^2+Y^2+h^2}\,\cos\alpha\cos\beta$$
$$h=\sqrt{X^2+Y^2+h^2}\,\sin\beta$$

$$\frac{X}{Y}=\tan\alpha \qquad \therefore \alpha=\tan^{-1}\frac{X}{Y}$$

$$\sin\beta=\frac{h}{\sqrt{X^2+Y^2+h^2}} \qquad \therefore \beta=\sin^{-1}\frac{h}{\sqrt{X^2+Y^2+h^2}}$$

짐벌이 목표물을 지향하기 위한 팬각과 틸트각은 아래와 같다.

$$\angle pan=\alpha-\text{기체헤딩각}$$
$$\angle tilt=\beta$$

라. 농업용 무인기와 서버의 통신 구성도

항공방제용 무인기와 병충해 모니터링용 무인기는 LTE통신을 이용하여 지상에 있는 서버로 데이터를 전송할 수 있는 시스템으로 구성되어 있다.

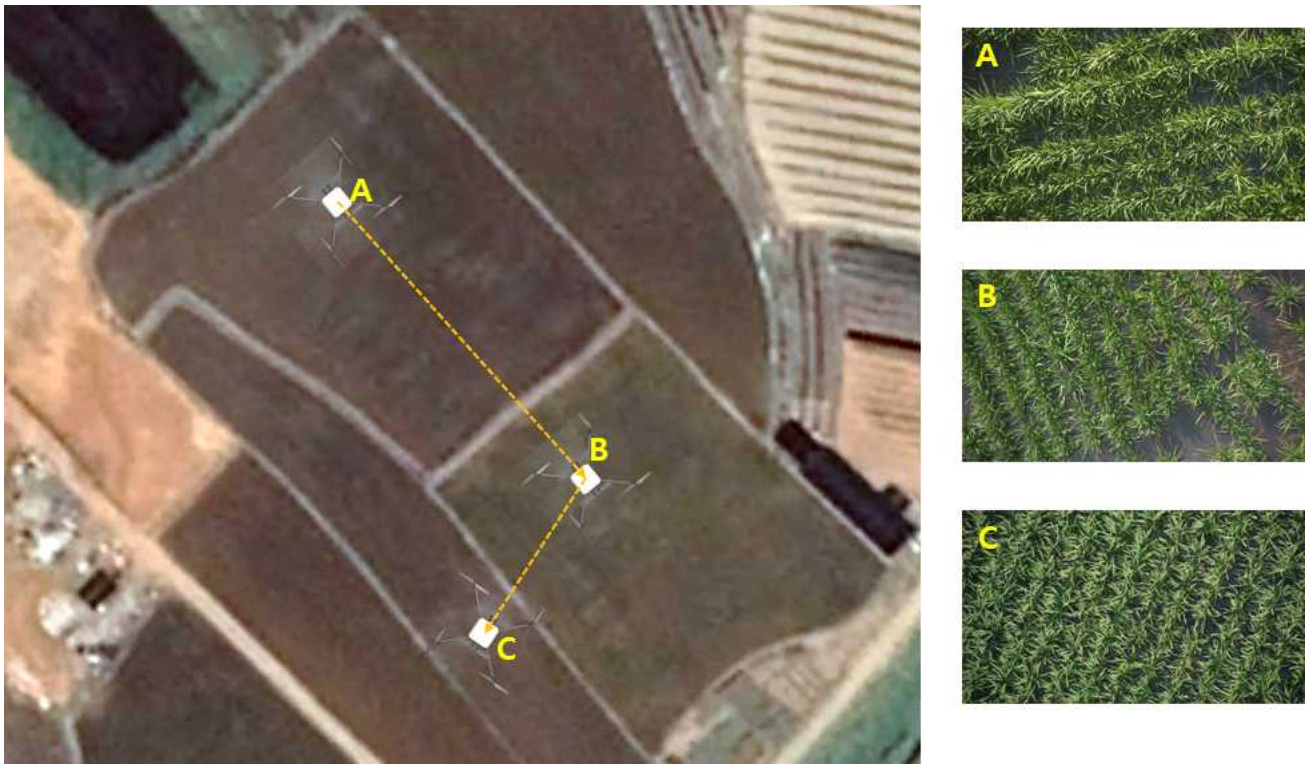


그림 35. 병충해 모니터링용 무인기 사진 전송

병충해 모니터링용 무인기는 설정된 경로점에 도달하였을 때 잠시 멈춘 후 카메라에서 들어오는 영상을 캡쳐하여 기체내부에 탑재된 LTE모뎀을 통하여 찍을 당시 날짜 시간, 찍은 GPS 위도, 경도, 고도 데이터를 전송한다. 전송한 자료를 제2협동 기관에서 제작한 서버에 전달되어 지상에서 지속적인 관리가 가능하도록 하였다.

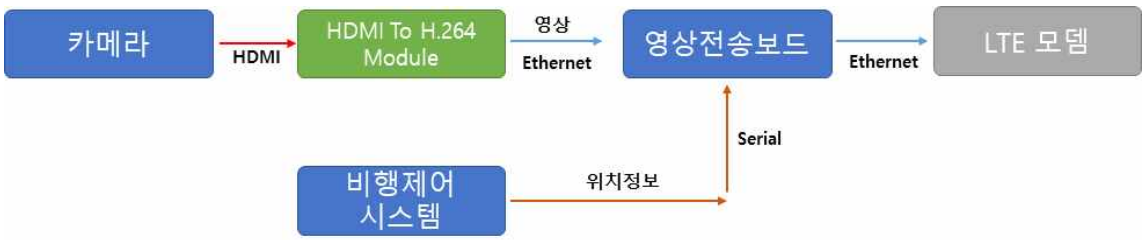


그림 36. 병충해 모니터링용 무인기 LTE전송 구조

항공방제용 무인기는 지상 조종시스템에 장착된 LTE기능이 포함된 태블릿PC에서 비행데이터를 서버로 전송한다. 전송할 때 무인기의 경로정보, 고도정보, 날짜정보가 전송되며 서버에서 비행 상태를 확인 할 수 있다.

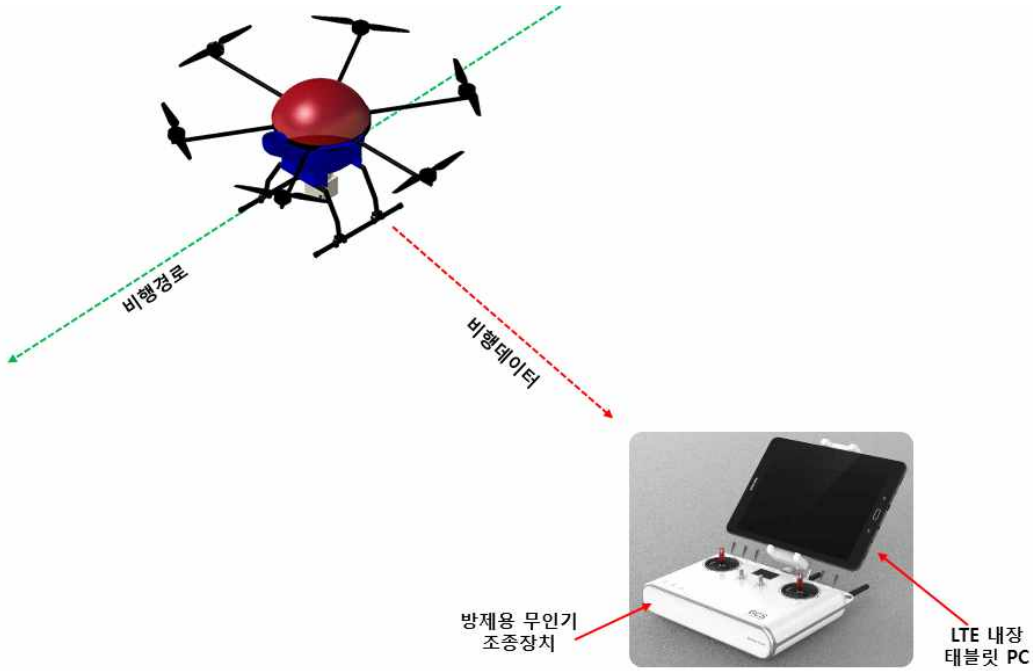


그림 37. 항공방제용 무인기 LTE전송 구조

정기적으로 촬영된 농작물은 지점별로 날짜별로 DB화되어 방제맵에서 관심지점을 선택하면 날짜별로 농작물의 정밀사진을 관찰하여 병충해 발생 여부를 알 수 있다.

마. 농업용 무인기 전용 조종장치 최종 시제품 제작

방제용 무인기와 병충해 예찰용 무인기를 안전하고 효율적으로 운용하기 위해서는 전용 조종장치가 필요한데 조종 장치는 2차년도에 개발한 전용컨트롤러의 프로그램을 개선하고 외관 디자인을 변경하였다. 조종자가 편하게 조종할 수 있도록 내부 공간을 최소화하면서 R/C 조종장치 수준으로 경량화를 진행하였다. 태블릿PC를 사용하지 않고서도 조종이 가능하며 태블릿 PC를 사용할 경우 자동비행 및 자동 항공방제 비행이 가능하다.

그림 38. 2차년도 조종장치 시제품(좌) 최종 시제품(우)

그림 39. 조종 장치 최종 시제품

통신 모듈은 2.4GHz 대역을 사용하고 있으나 모듈을 교체하면 5GHz 대역으로도 운용이 가능하다. 기체와의 직접 통신 거리는 약 2km로 조종 장치 안에 있는 통신 모듈의 성능에 의해 좌우된다. LTE 모뎀을 제어링크로 사용하면 범위의 제한 없이 LTE가 송수신 가능한 지역에서는 운용이 가능하다.

그림 40. 항공방제기 전용 조종 장치 비행테스트

바. 충돌방지 알고리즘 개발

항공방제의 경우 잘못된 경로 설정이나 수동 조종할 때 전신주등의 장애물과 맞닥뜨릴 수 있다. 이 경우에 방제용 무인기에 장착된 충돌방지 센서가 탐지거리 내에서 장애물을 인식하고 정지 또는 정지 후 회피 기동을 할 수 있도록 알고리즘을 구현하였다.

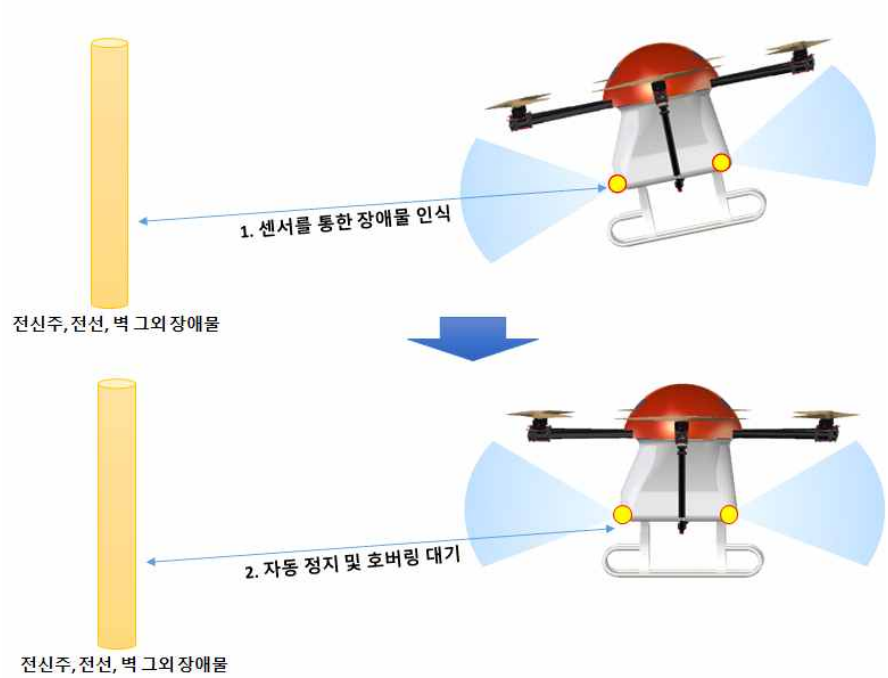


그림 41. 센서를 이용한 장애물 감지 시 자동정지 및 호버링 개념

경로점 비행 시 라이다 센서를 통해 전방 시야에 있는 장애물 계속하여 감지하고, 충돌 위험이 감지되면 기체의 속도를 줄여 설정된 거리 앞에서 3초간 정지하여 호버링(Hovering: 제자리 비행)을 한다. 정지 후 장애물이 감지되지 않으면, 이동 장애물이라고 판단하여 다시 원래의 경로점으로 이동한다.

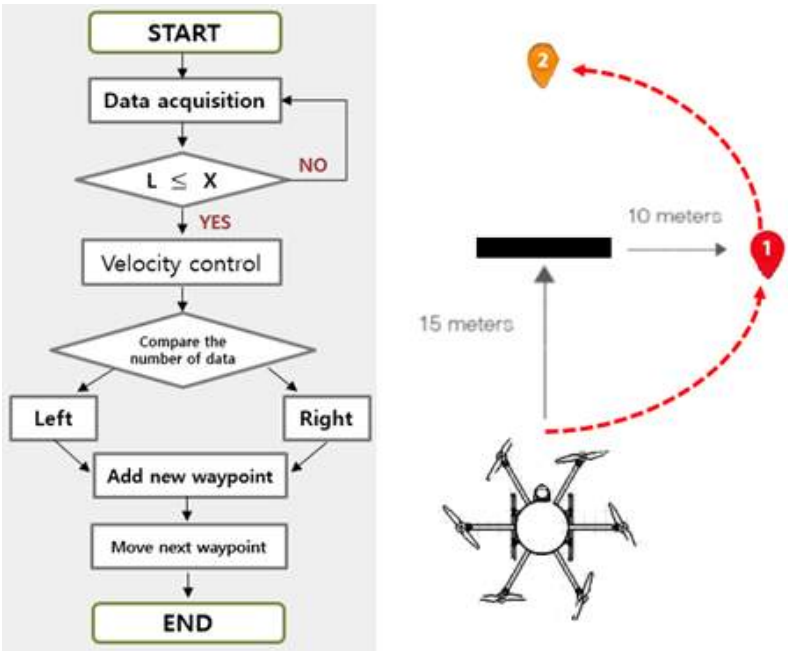


그림 42 . 장애물 회피 알고리듬 및 경로 회피 기동 개념

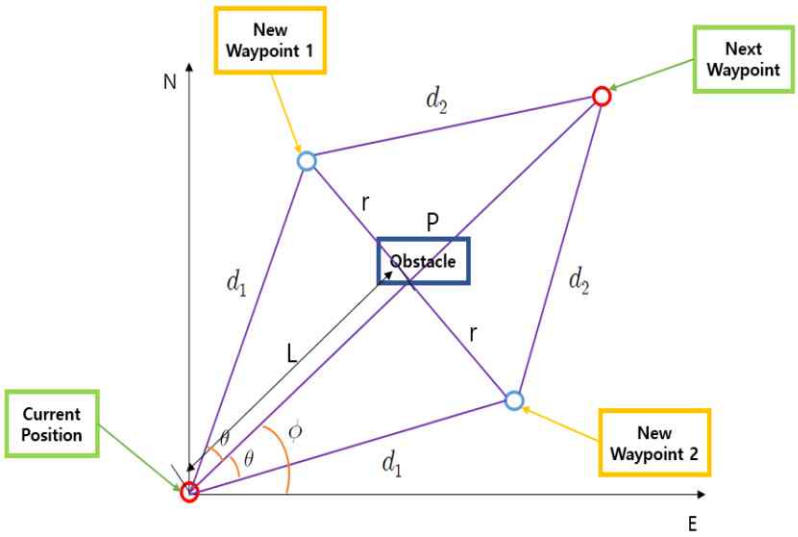


그림 43. 경로점 좌표

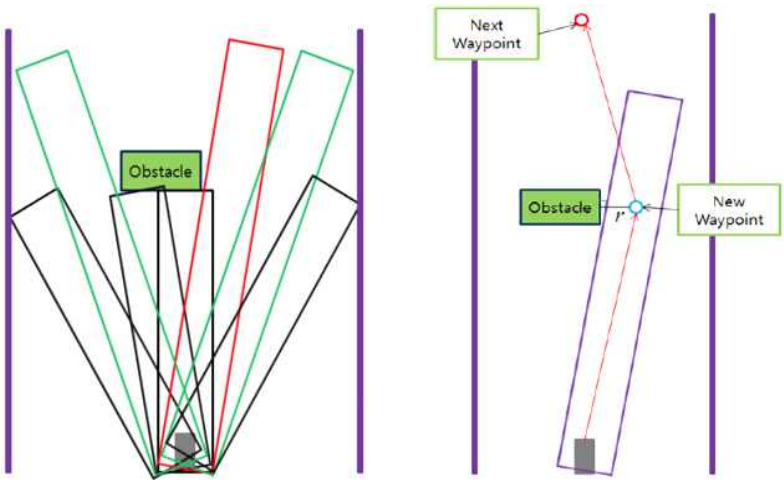


그림 44. 진행 방향에 대한 경로 탐색

정지 3초 후 장애물이 여전히 탐지되면, 고정 장애물이라고 판단하여 경로점을 실시간으로 추가하여 장애물을 회피한다. 각도에 따른 여러 장애물을 탐지 할 수 있는 라이다 센서를 이용하여 기체 전방을 중심으로 탐지되는 장애물의 개수를 계산하여 상대적으로 장애물이 적은 방향으로 새로운 회피 지점을 설정하여 이동한다. 새롭게 지정된 경로점에 도착하면 기존에 가야했던 경로점으로 이동을 재개한다. 회피 거리와 새로운 경로점에 대한 거리는 지정해 줄 수 있고 회피 기동에 대한 테스트 결과는 다음 그림에 나타내었다.

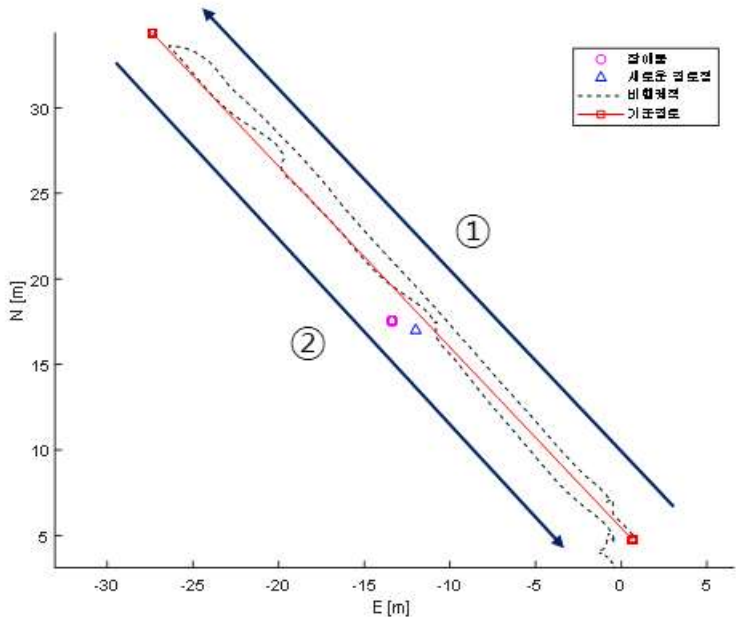


그림 45. 장애물 회피 테스트 결과 그래프

본 과제에 사용된 Lidar는 약 30m의 탐지거리를 가지며 기능에 따라 수평으로 20, 40, 120도의 탐지각도를 가지고 있다. 본 과제어서는 20도의 탐지각도를 가진 라이다를 사용하였다.

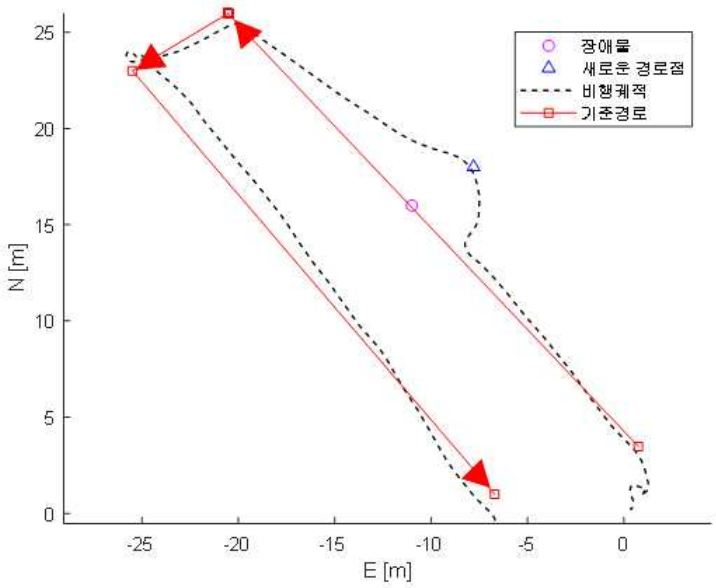


그림 46. 장애물 회피 테스트 결과 그래프

감지된 장애물에 대하여 우회하여 나머지 경로 비행을 완수했음을 알 수 있다.

그림 47.장애물 회피 테스트(방제기)

4. 항공방제용 무인기 BMS 시제품 제작 및 테스트

3차년도 BMS최종 시제품은 2차년도에 제작한 시제품을 기반으로 소프트웨어 안정화 및 테스트 기능들을 정리하였다. 최종적으로 필요한 기능만을 선별하여 소형화 설계를 거쳐 제작을 완료하였다. 항공방제용 무인기는 최대 4개의 배터리가 탑재되고 배터리와 BMS가 1:1로 연결되기 때문에 최대 4개의 BMS의 정보를 비행제어 시스템과 주고 받아야한다. BMS 각 모듈에 개별 ID를 할당하여 비행제어 시스템과 병렬연결을 하여 각 장치가 연결된 해당 배터리의 정보를 전달하여 비행제어 시스템과는 1개의 통신 포트로도 데이터 획득이 가능하도록 구성하였다.

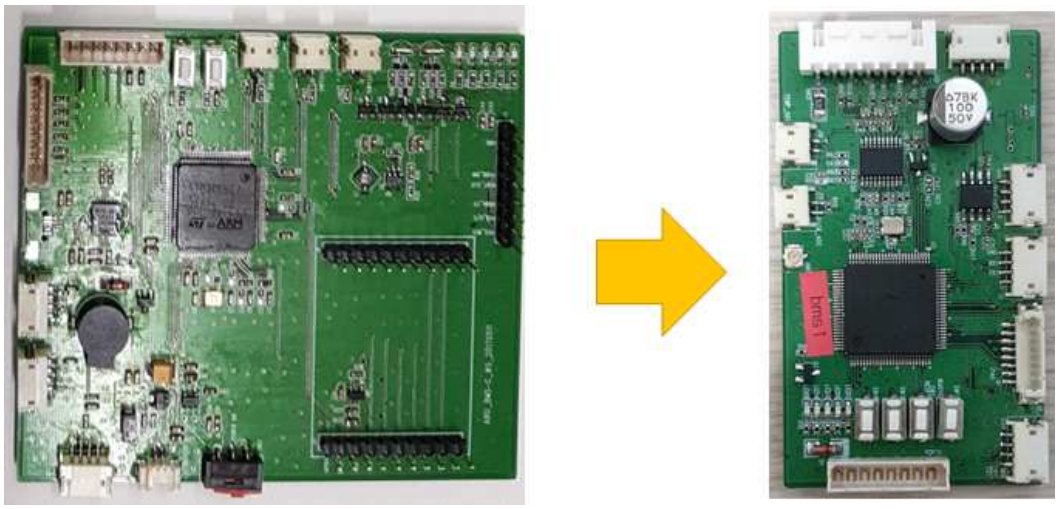


그림 48. BMS 2차년도 시제품(좌) 3차년도 최종 시제품(우)

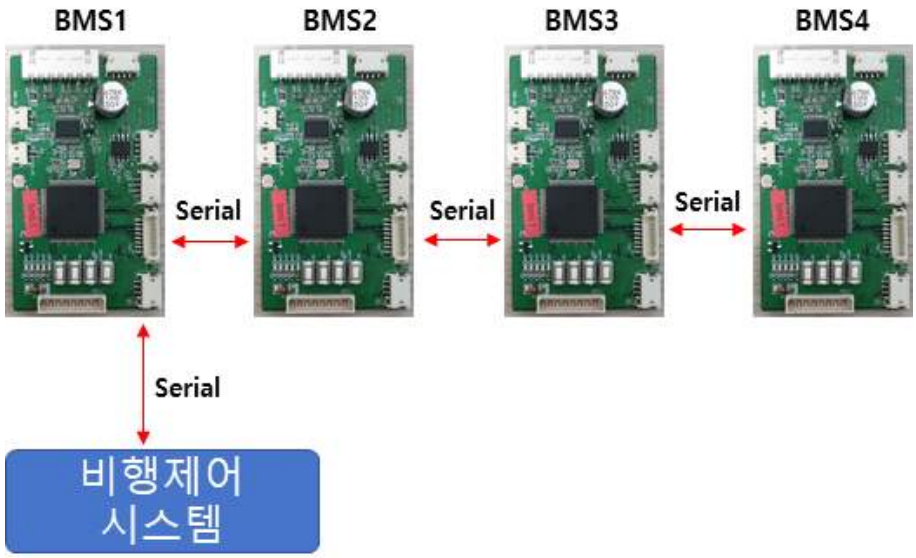


그림 49. 비행제어 시스템과 BMS연결 구성

그림 50. BMS 지상테스트

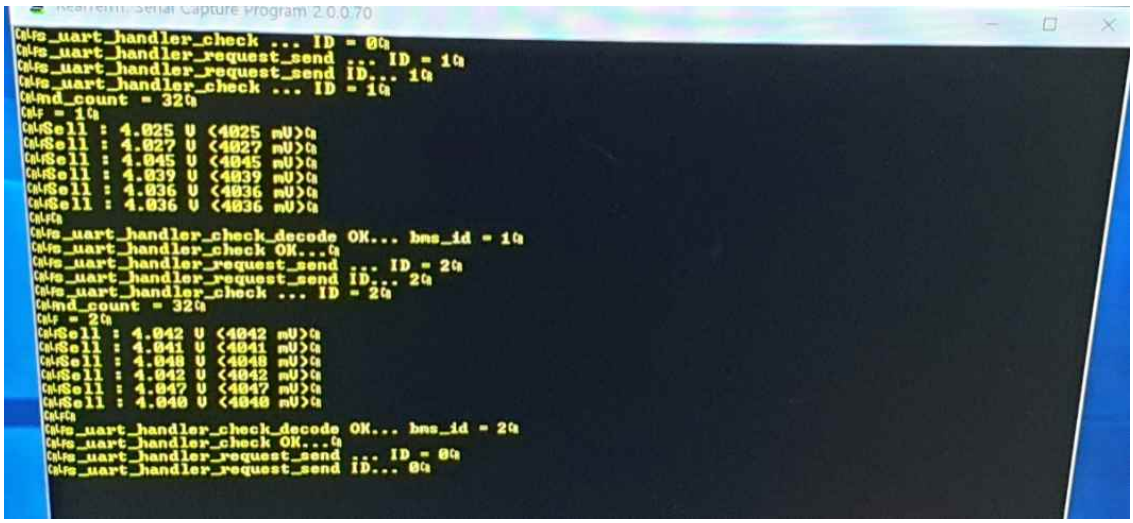


그림 51. BMS 측정 전압 확인

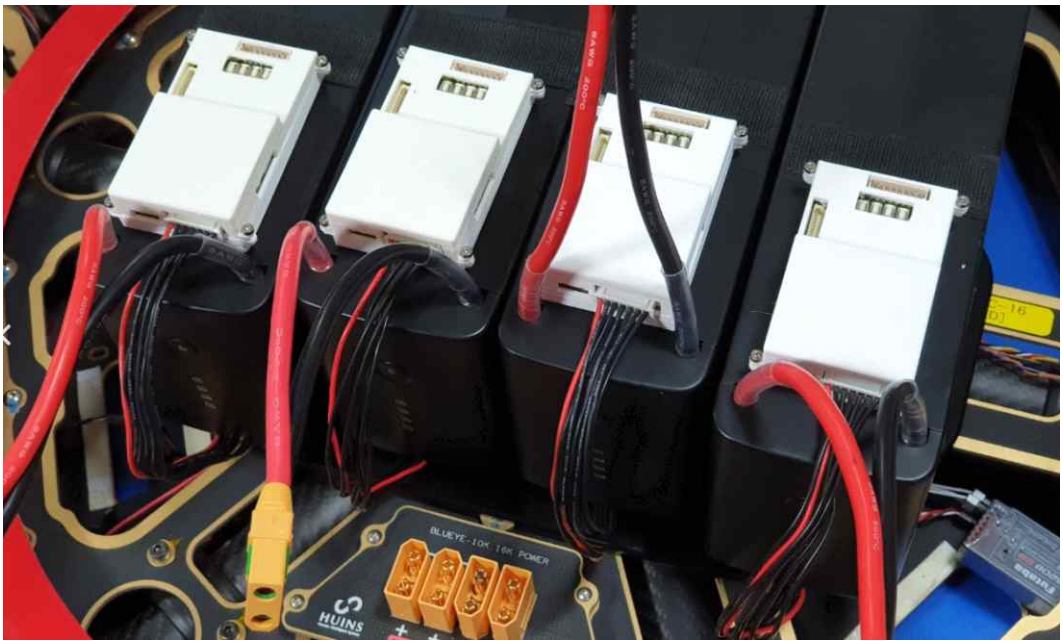


그림 52. 항공방제용 무인기에 장착된 BMS

5. 전체 시스템 통합 운용 시험 수행 및 개선

가. 병충해 모니터링용 무인기 농작물 촬영 시험 수행

병충해 모니터링용 무인기를 이용하여 사전에 생성된 예찰 경로점을 비행하면서 정기적으로 사진촬영 임무를 수행하였고 자료가 전달된 서버에 접속하여 예찰 경로점에서 촬영된 지상의 사진들을 확인하였다.

그림 53. 병충해 모니터링용 무인기 예찰 경로점(1구역)

그림 54. 병충해 모니터링용 무인기 예찰 경로점(2구역)

그림 55. 병충해 모니터링용 무인기 예찰비행

1회 최대 비행시간은 호버링 상태에서 26분 7초로 측정되어 요구 비행성능 25분을 충족하였다.

그림 56. 병충해 모니터링용 무인기 비행시간 테스트

실증지역에서 촬영한 생육 사진으로 밤나무, 파, 고추, 사과, 고구마, 벼 등의 다양한 작물에 대해 고화질의 디지털 사진 기록을 확보하였다. 촬영은 지상고도 30~40 m에서 수행 되었으며 병충해 유무를 알 수 있을 정도로 고화질 영상이며 이를 확대하면 더 자세히 볼 수도 있다.

그림 57. 벼

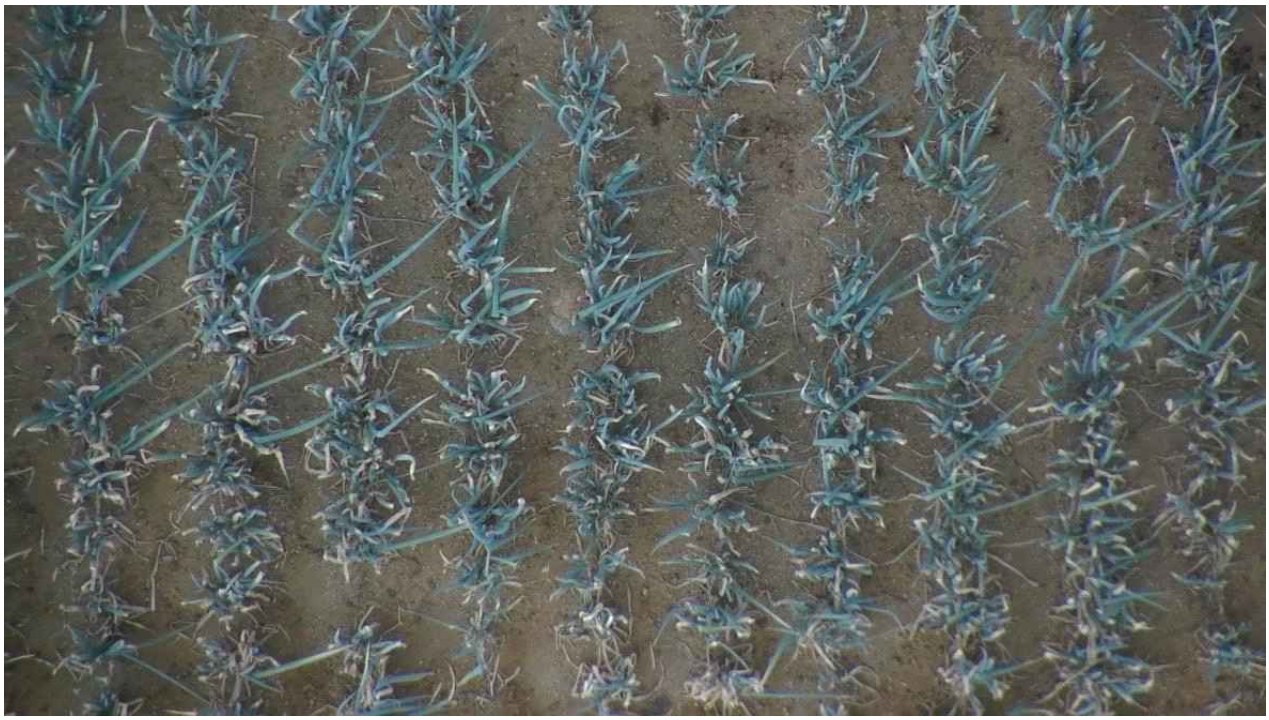


그림 58. 대파

그림 59. 고추

그림 60. 고추와 참깨

그림 61. 깻잎

그림 62. 과수 나무

그림 63. 고구마

그림 64. 밤나무

모니터링용 무인기로 촬영한 이미지는 통합 방제맵 서버에 저장되어 다음 그림과 같이 표출이 되고 해당 지점을 클릭하면 촬영된 사진들을 열어볼 수 있도록 인터페이스가 구성되어있다.

그림 65. 예찰 경로점 확인(통합 방제맵 서버)

그림 66. 주기적 촬영된 작물 생육 사진 확인(통합 방제맵 서버)

아래 그림은 병충해 예찰 결과를 토대로 방제를 실시한 후 그 상황을 표출한 것이며 방제 후 날짜 경과에 따라 색깔을 달리하여 알아보기 쉽도록 구성하였다.

그림 67. 방제 상황 확인 (통합 방제맵 서버)

나. 항공방제용 무인기 비행시험 수행

항공방제용 무인기의 비행시험은 새만금 실증지역과 경북대 실증지역에서 수행하였다. 각 협동기관과 함께 시스템을 운용하며 기능 확인 및 보완점을 도출하였으며 먼저 새만금 실증지역에서는 주로 입제 살포 기능에 대한 테스트를 수행하였다. 잘 정비된 논에 볍씨를 직파하여 고르게 씨앗이 토출되는 것을 확인하였다.

그림 68. 항공방제용 무인기 입제살포 비행시험(새만금 실증지역)

그림 69. 항공방제용 무인기 입제살포 비행시험(새만금 실증지역)

그림 70. 볍씨 직파 시험

경북대 실증지역에서는 각 협동기관과 방제 기능을 확인하였다. 제초제를 살포하였으며 약제가 고르게 분사되는지 확인하였고 전체 시스템에 대한 확인이 이루어졌고 방제 효과 분석은 경북대 부분에서 기술하였다.

그림 71. 항공방제용 무인기 농약살포 비행시험(경북대 실증지역)

그림 72. 항공방제용 무인기 농약살포 비행시험(경북대 실증지역)

한편, 비행이 경로를 따라 정확히 되었는지를 살펴보면 GCS에서 자동으로 생성된 경로점에 대해 비행이 잘 이루어졌음을 확인할 수 있다. 한편, 방제용 무인기와 모니터링용 무인기는 농업 현장에서 운용되므로 고온 다습한 환경에서도 운용이 가능해야 한다. 열화상 카메라로 시스템 온도 및 환경 온도를 체크해본 결과, 통합 운용 시험에서 방제용 무인기와 모니터링용 무인기는 7, 8월의 고온 다습한 환경에서도 운용이 가능하였다.

그림. 73 방제비행 GCS에서 자동 경로점 생성

그림 74. 자동방제 비행 후 실제 비행궤적 확인

그림 75. 통합 운용 시험 환경

그림 76. 비행 후 모터 온도 확인

그림 77. 비행 후 기체 외부 온도

그림 78. 비행 후 배터리 온도 확인

제 2 절 제1협동(㈜멀티에어) 연구수행 내용

1. 16L급(2 ha) 항공방제용 무인기 상용화 시제품 제작

1차년도에는 1세부에서 설계된 16L급 방제기 설계도를 기반으로 하여 실제 16L급 기체제작 작업을 수행하였다. 제작하기 위해 사용된 구성품들은 아래 표에 나타내었으며, 상용화를 고려하여 향후 안전성 인증검사를 받을 때에 활용 하도록 하였다. 기체는 아래와 같이 총 2대를 제작하였다.

그림 80. 제작된 항공방제용 무인기(1, 2호기)

2차년도에서는 개선사항을 반영하여 아래와 같이 방제용 무인기를 제작하였다.

그림 81 . 완성된 항공방제용 무인기(2차년도 개선품)

3차년도에는 1세부에서 설계된 16L급 방제기 설계도를 기반으로 하여 상용화 시제품 제작 작업을 수행하였다. 기체 제원과 제작하기 위해 사용된 구성품들은 아래 표에 나타내었으며, 상용화를 고려하여 안전성 인증검사를 받을 때에 활용 하도록 하였다. 곤돌라는 1세부에서 설계한 최종 형상으로 제작하였고 모듈식으로 설계된 농약살포장치와 입제살포장치 연결에 공통으로 사용되는 어댑터를 제작하여 체결에 문제가 발생하지 않는지 확인하였다.

표 7. 16L 급 방제용 멀티콥터 무인기 제원

항목	대형
동력	전기모터 구동방식
모터 개수	6 (hexa)
길이x폭x높이	1.6mx1.6mx0.9m
총중량 (농약포함)	45.5 Kg
1회 농약 탑재량	최대 20 L

항목	대형
1회 방제면적	2 ha
1회 비행 가능시간	20 분
일일 최대 방제능력	50 ha/day
분무장치 너비	1.6 m
방제폭	7 m

표 8. 16L 급 방제용 멀티콥터 구성품

분류	품목	수량	상세
구조물	상판플레이트	1	멀티에어 제작
	하판플레이트	1	멀티에어 제작
	카본파이프	6	35∅, 1.5T
	카울	1	멀티에어 제작
	랜딩기어	2	25∅, 1.5T
	곤돌라	1	멀티에어 제작
구동부	모터	6	Tmotor P80
	ESC	6	Tmotor Alpha80A
동력원	배터리	4	Tattu 22000mAh(6S1P)

기체 제작과정은 다음과 같다.

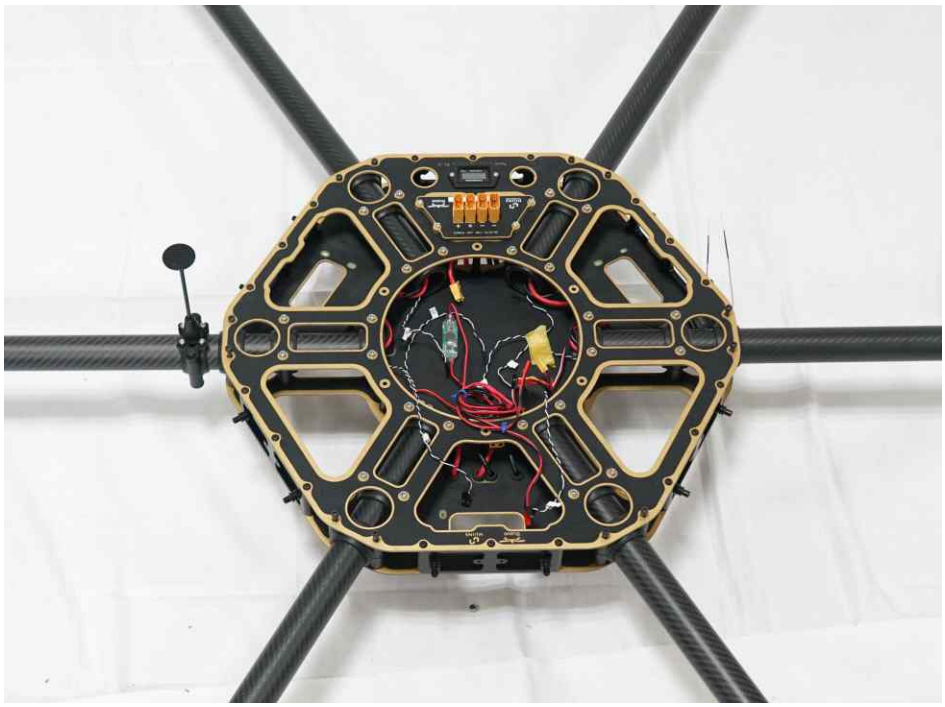


그림 82. 센터플레이트와 카본 암 체결

하판플레이트에서 변속기와 모터 그리고 시스템에 전원을 공급하는 배선 작업을 완료하였다. 그리고 플레이트 체결 시 나사 풀림 방지제를 볼트에 발라 진동에 의해 나사가 풀리는 것을 방지하였다.

그림 83. 곤돌라와 랜딩기어 체결

곤돌라의 기본 구조물은 에폭시로 제작하였고 FRP(Fiber Reinforced Plastics)소재를 사용하여 보강하였다. 곤돌라 내부와 외부의 부식 방지와 심미적 요소를 개선하기 위해 페인트 작업을 수행하였다. 랜딩기어는 최대하중 80kg을 견딜 수 있도록 아치형의 카본 파이프로 교체하였다.

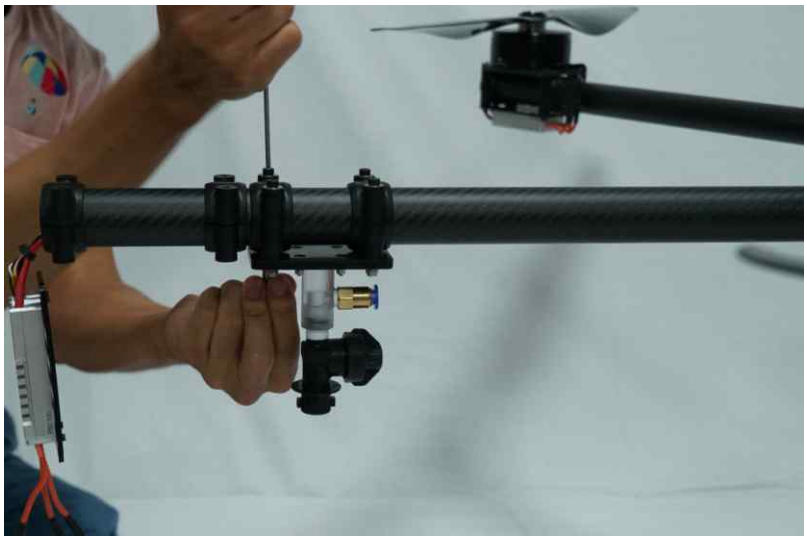


그림 84. 노즐 마운트 장착

전선이 외부로 노출되지 않도록 파이프 안으로 삽입하였고 나사 풀림 방지제를 사용하여

진동에 대비하였다.

그림 85. 변속기와 모터 장착

외부로부터 배터리와 시스템을 보호할 GFRP 소재의 카울을 제작하였고 배터리 교체와 시스템 정비성 증대를 위해 경첩과 매미 고리를 장착하였다.

그림 86. 카울 장착

그림 87. 제작 완료된 항공방제용 무인기 시제품

2. 병충해 모니터링용 소형 무인기 상용화 시제품 제작

표 9. 모니터링용 소형 무인기 제원

항목	소형
동력	전기모터 구동방식
모터 개수	4 (Quad)
길이x폭x높이	1.1mx1.1mx0.76m
총중량 (배터리 포함)	7.84 Kg
카메라 성능	1000만 화소 이상. 광학 10배 줌
1회 비행 시간	25분

방제용 무인기와 마찬가지로 진동에 대비하여 볼트 사용시 나사 풀림 방지제를 사용하여 제작을 진행하였다. 카메라 등의 임무 장비를 탑재해야 하므로 비행제어 시스템뿐만 아니라 짐벌, 통신 장비 등에도 전원 공급이 필요하다. 각 장비에서 필요로 하는 전원을 공급하기 위해 레귤레이터 및 PMU 배선 및 장착 작업을 수행하였다.

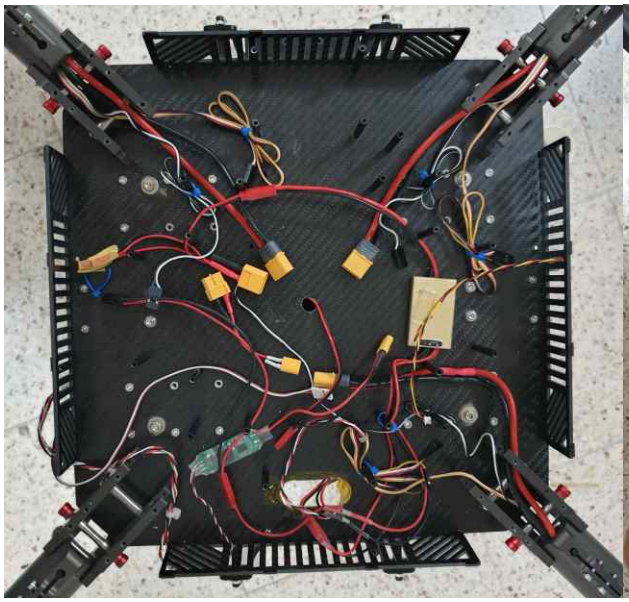


그림 88. 변속기 및 비행제어 시스템 전원 배선

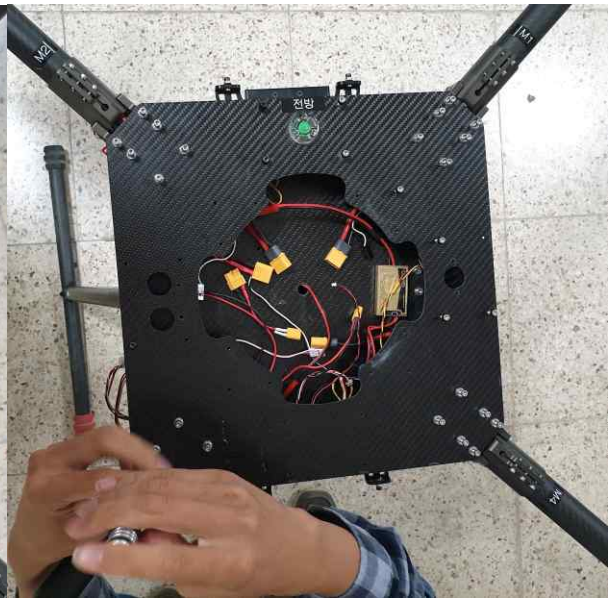


그림 89. 상판플레이트 체결

상판플레이트 체결 후 모터 수평 조정과 프로펠러를 장착한 뒤 마지막으로 카울을 덮고 다음 그림과 같이 고정시킨다.

그림 90. 모터 수평 조정

그림 91. 프로펠러 장착

그림 92. 제작 완료된 병충해 모니터링용 소형 무인기 시제품

시제품 제작 완료 후 1세부와 함께 비행 테스트를 수행하여 기체에 문제가 없는지 확인하였다.

3. 분무 및 입제살포 시스템 상용화 시제품 제작

1세부에서 설계한 분무 장치 시제품을 제작하였고 곤돌라와의 체결 부위에서 농약이 새지 않도록 고무 소재의 실링 부품을 추가하였다.

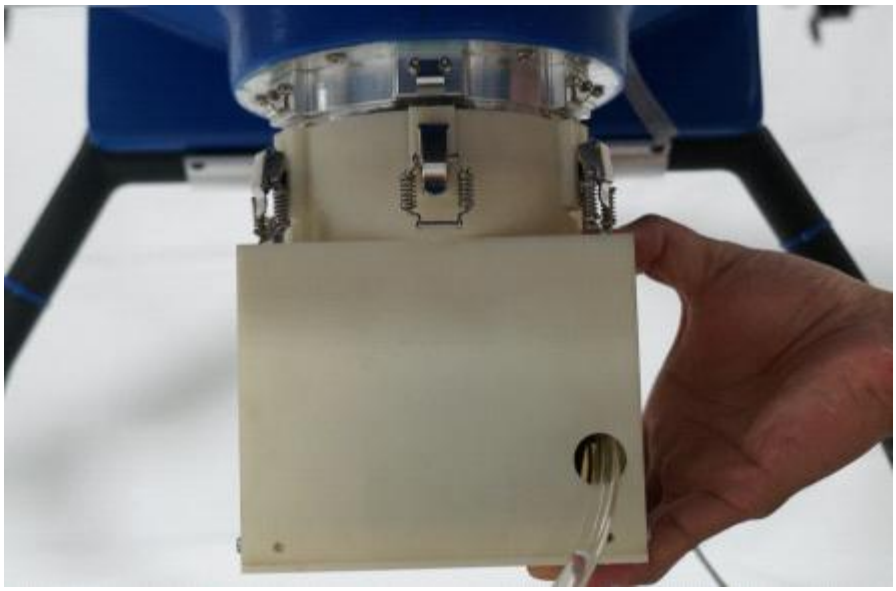


그림 93. 농약살포장치 체결

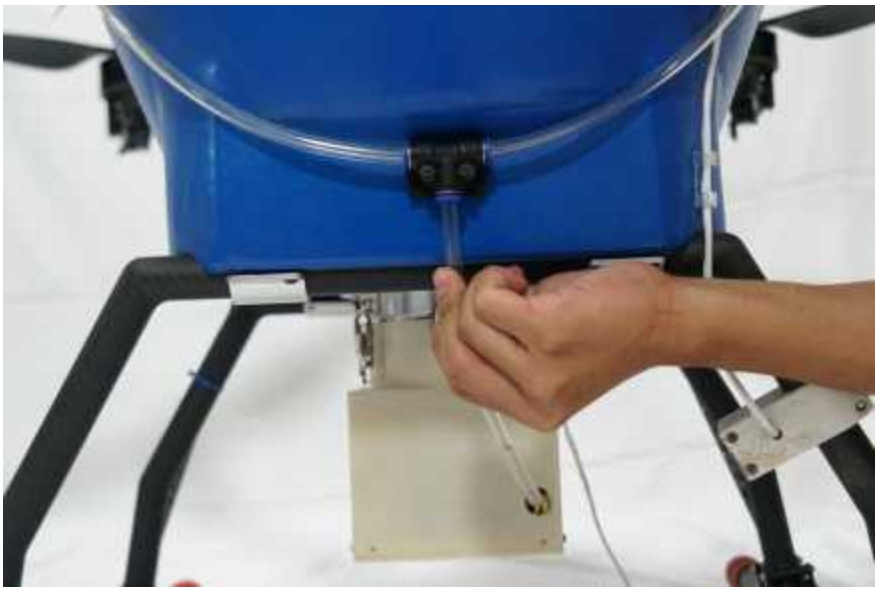


그림 94. 농약을 공급하기 위한 호스 연결

연결 후 펌프를 동작하여 액체가 새는 부분이 없는지 확인하였다. 농약살포장치는 탈부착이 가능해야하지만 외부로 노출되어 있기 때문에 방수등급이 보장되는 커넥터를 사용하여 배선을 완료하였다.

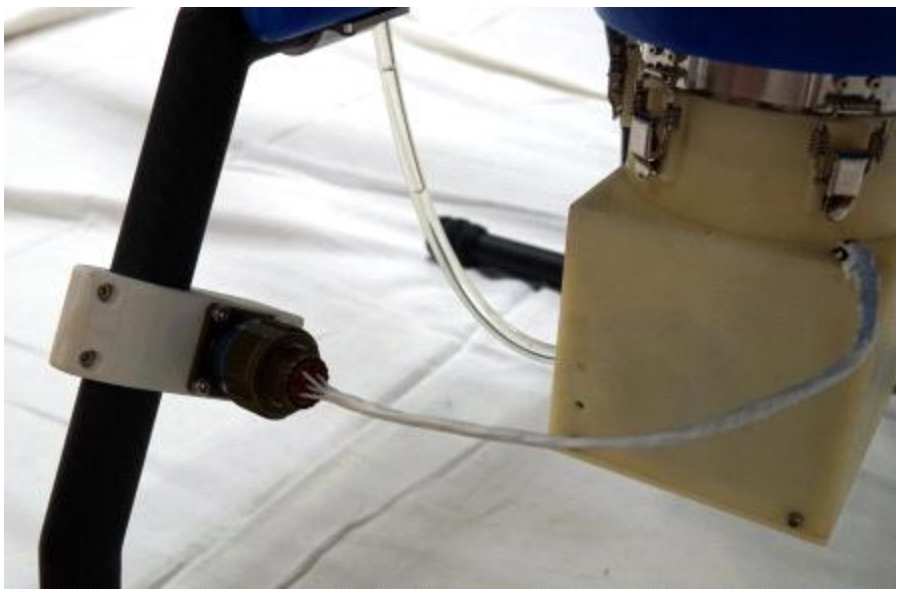


그림 95. 전원 공급과 제어를 위한 배선 작업

1세부에서 설계한 입제살포기 시제품을 제작하였고 곤돌라와의 체결이 단단히 이루어지는지 확인하였다.

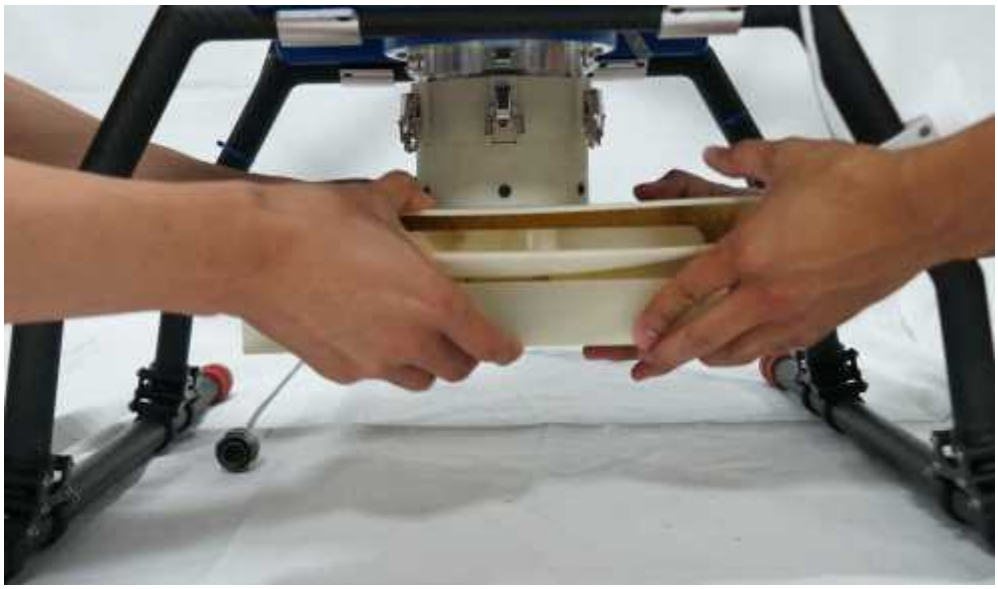


그림 96. 곤돌라와 입제살포기 체결

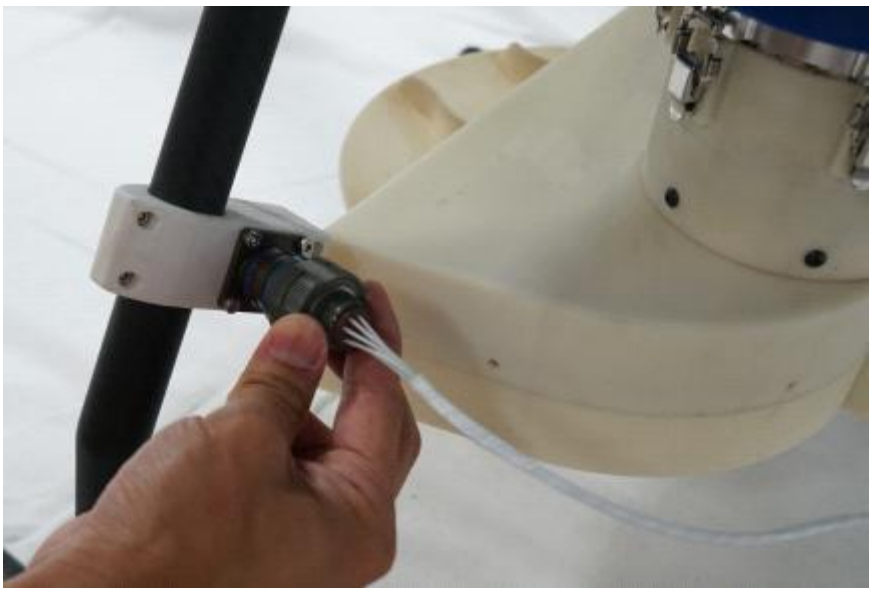


그림 97. 전원 공급과 제어를 위한 배선 작업

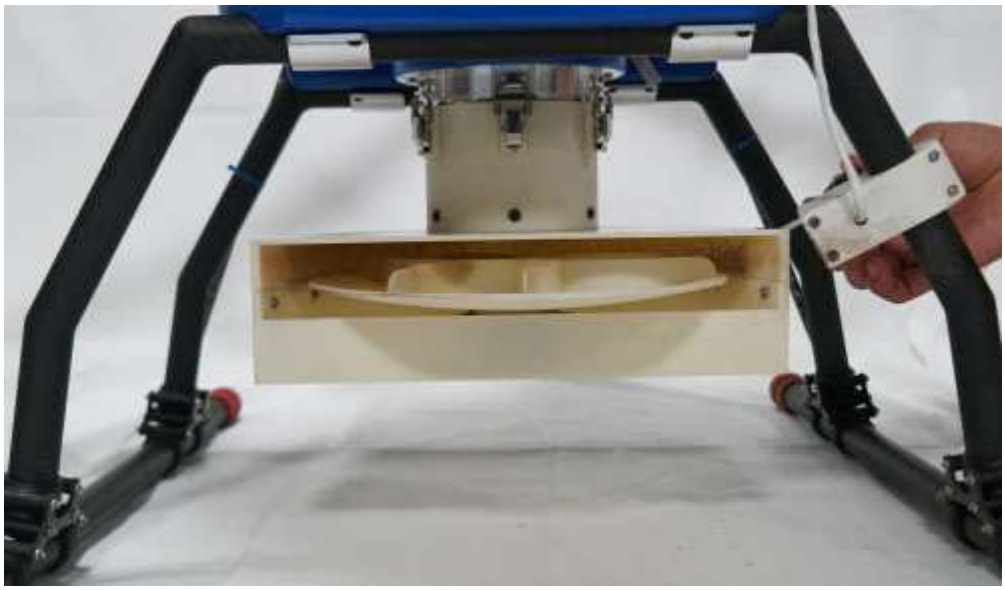


그림 98. 장착이 완료된 입제살포장치

농약살포장치와 마찬가지로 교체를 위한 탈부착이 가능해야하고 외부로 노출되어있는 특성상 방수가 지원되는 커넥터를 사용하여 배선을 완료하였다.
이상에서 제작된 액제 분무장치와 입제 살포장치의 성능 및 제원은 아래와 같다.

항목	액제 살포장치	입제 살포장치
용량	20 L	20 kg
토출 성능	1 L/분	1.5 kg/분
원격 조작	가능	가능

4. 방제실증 작업 종합 수행

1세부 한국항공대학교, 제2협동기관 인포웍스 그리고 제3협동기관 경북대학교와 방제실증을 위한 종합 비행시험을 수행하였다. 새만금지구에서는 철분이 코팅된 볍씨를 정비된 논에 직파하는 입제 살포 테스트에 참여하였고 경북대에서는 농약 방제실증 작업에 참여하여 비행체 조종 및 점검을 수행하였다.

그림 99. 입제 살포 테스트(새만금지구 실증지역)

그림 100. 볍씨 살포 수행(새만금지구 실증지역)

그림 101. 볍씨 살포 확대 사진(새만금지구 실증지역)

그림 102. 방제 실증 비행테스트(경북대 실증지역)

그림 103. 농약 분사 확대 사진(경북대 실증지역)

그림 104. 농약 살포 수행(경북대 실증지역)

제 3 절 제2협동((주)인포웍스) 연구수행 내용

1. GCS 시제품 연동시험 및 종합 성능 검증/보완

1차년도에서는 실시간 비행 모니터링이 수행되는 방제용 무인기 지상통제 소프트웨어를 설계 완료하고 개발하여 시험비행을 수행하였다.

표 11. 지상운용 관제소프트웨어 개발 항목

항목	내용
2D/3D 지도	지상운용 관제소프트웨어는 2D/3D 지도를 이용하여 지형을 확인할 수 있고 이 지형을 기반으로 비행경로를 생성할 수 있는 맵을 구축하였다.
자세정보 시현	기체의 주요 자세 정보를 시현할 수 있도록 구현하였다.
비행경로 편집	비행체가 이동해야 할 경로를 사전에 계획할 수 있고 실시간을 경로를 변경할 수 있도록 구현하였다.
실시간 모니터링	3차원 지도 상에 기체의 3D 모델을 가시화하여 기체의 위치 및 자세정보르 3차원 그래픽적으로 실시간 모니터링이 가능하도록 구현하였다.
업링크 명령 전송	각종 비행모드 전환 명령과 영상 카메라를 구동하기 위한 영상 짐벌용 명령 패킷들을 생성하여 비행체로 송신할 수 있도록 구현하였다.

소프트웨어 설계 요구조건은 아래 표와 같이 요구사항을 추적할 수 있도록 추적매트릭스를 정의하고 진행하였다. 또한 업/다운링크되어 표출되어야 하는 데이터의 항목에 대해서 아래 표와 같이 정의하고 각 기능들을 구현하였다.

표 12. 지상운용관제시스템 비행통제 TM수신 개발 요구사항 추적 매트릭스

요구사항 식별자	요구사항 정의 내용
SRS-RW-TM-001	기체의 고유 아이디를 수신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TM-002	현재 Data Mode를 수신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TM-003	현재 기체의 Control Mode를 수신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TM-004	기체 내 Gyro값의 X축 상태를 수신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TM-005	기체 내 Gyro값의 Y축 상태를 수신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TM-006	기체 내 Gyro값의 Z축 상태를 수신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TM-007	기체 가속도 센서의 X 방향의 값을 수신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TM-008	기체 가속도 센서의 Y 방향의 값을 수신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TM-009	기체 가속도 센서의 Z 방향의 값을 수신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TM-010	기체 마그네토 미터의 X 방향의 값을 수신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TM-011	기체 마그네토 미터의 Y 방향의 값을 수신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TM-012	기체 마그네토 미터의 Z 방향의 값을 수신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TM-013	기체 자세의 Roll 상태값을 수신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TM-014	기체 자세의 Pitch 상태값을 수신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TM-015	기체 자세의 Yaw 상태값을 수신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TM-016	기체 압력고도계의 고도값을 수신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TM-017	기체 내/외부 Temperature 값을 수신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TM-018	기체의 위치정보 중 Latitude를 수신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TM-019	기체의 위치정보 중 Longitude를 수신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TM-020	기체의 위치정보 중 Altitude를 수신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TM-021	기체의 North 방향의 속도성분을 수신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TM-022	기체의 East 방향의 속도성분을 수신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TM-023	기체의 Down 방향의 속도성분을 수신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TM-024	기체의 대지속도(GS: Ground Speed)를 수신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TM-025	수신된 GPS 정보 중 HDOP를 수신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TM-026	수신된 GPS 정보 중 VDOP를 수신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TM-027	수신된 GPS 정보 중 PDOP를 수신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TM-028	수신된 GPS 정보 중 SVN을 수신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TM-029	수신기의 PWM 채널 1의 값을 수신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TM-030	수신기의 PWM 채널 2의 값을 수신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TM-031	수신기의 PWM 채널 3의 값을 수신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TM-032	수신기의 PWM 채널 4의 값을 수신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TM-033	수신기의 PWM 채널 5의 값을 수신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TM-034	기체 배터리의 현재 전압값을 수신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TM-035	기체 시스템 가동시간을 수신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TM-036	조종신호의 롤 입력값을 수신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TM-037	조종신호의 피치 입력값을 수신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TM-038	조종신호의 헤딩 입력값을 수신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TM-039	조종신호의 추력 입력값을 수신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TM-040	현재 모터 출력값을 수신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TM-041	시스템 점검 상태를 수신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TM-042	업링크 수신 상태를 수신할 수 있어야 한다.

표 13. 지상운용관제시스템 비행통제 TC송신 개발 요구사항 추적 매트릭스

SRS 식별자	요구사항 정의 내용
SRS-RW-TC-001	기체의 고유 아이디를 송신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TC-002	현재 CMD Mode를 송신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TC-003	전체 Waypoint의 개수를 송신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TC-004	각 Waypoint의 번호를 송신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TC-005	각 Waypoint의 위도 정보를 송신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TC-006	각 Waypoint의 경도 정보를 송신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TC-007	각 Waypoint의 고도 정보를 송신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TC-008	비행체의 경로점 수평속도를 송신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TC-009	비행체의 경로점 수직속도를 송신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TC-010	각 Waypoint에 머무는 시간값을 송신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TC-011	전체 경로의 반복 순회비행 회수를 송신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TC-012	경로점의 헤딩 모드 설정값을 송신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TC-013	경로점의 Waypoint 모드 설정값을 송신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TC-014	경로점의 회전 반경을 설정하여 송신할 수 있어야 한다.
SRS-RW TC-015	경로점의 회전 수를 설정하여 송신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TC-016	영상 짐벌을 컨트롤 모드를 송신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TC-017	짐발 초기화 명령을 송신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TC-018	짐벌의 롤(Roll) 명령값을 송신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TC-019	짐벌의 피치(Pitch) 명령값을 송신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TC-020	짐벌의 요(Yaw) 명령값을 송신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TC-021	짐벌의 추가 모드를 변경하는 명령을 송신할 수 있어야 한다.
SRS-RW-TC-022	비행체로 이륙명령을 송신할 수 있다.
SRS-RW-TC-023	비행체로 착륙명령을 송신할 수 있다.
SRS-RW-TC-024	비행체로 다음 경로점 이동명령을 송신할 수 있다.
SRS-RW-TC-025	비행체로 선택 경로점 이동명령을 송신할 수 있다.
SRS-RW-TC-026	비행체로 귀환 명령을 송신할 수 있다.

지상운용 관제 소프트웨어 구현 내용

. 3차원 지도

지상운용 관제소프트웨어에서 사용하는 맵은 기본적으로 3차원 지도를 활용하여 구현하였다. 이는 국토부에서 제공하는 브이월드라는 서비스를 이용하여 각 지형 및 주변 건물을 렌더링하여 보여줄 수 있는데 이를 활용한 지도에서는 10Hz로 수신되는 비행 데이터를 표출하여 지도상에 렌더링 갱신을 할 경우 지도의 실시간 업데이트 성능이 잘 따라주지 않는다. 그에 따라 국토부 브이월드 서비스 담당자에게 문의하여 본 결과 향후 브이월드 Open API 2.0 버전이 배포될 것이며 이를 이용하는 것을 권장하였고 비행경로를 공중에 표현하고자 하였을 경우 비행경로가 지표면에 표출되는 버그 상황이 연출되어 브이월드 지도 서비스의 항공 분야에 활용하기 위한 개선안에 일조한 것은 고무적이다 할 수 있다. 따라서 본 1차년도 과제진행에 있어서의 3D 맵은 3차원 비행체의 형상 모델링도 가능한 구글 지도를 활용하여 3차원 지도를 구축하여 방제에 필요한 비행 업무를 수행하였다. 다음은 구글 지도를 활용하여 비행을 모니터링 하는 예제 화면이다.

① 기본 지도 화면

지상운용 관제소프트웨어는 지도가 가지고 있는 기본기능은 구글어스를 활용하여 모두 구현하였다.

그림 105 . 기본 사용 지도

② 줌 인/아웃 기능

그림 106 . 줌인된 지도의 해상도

③ Pan / Tilt 기능

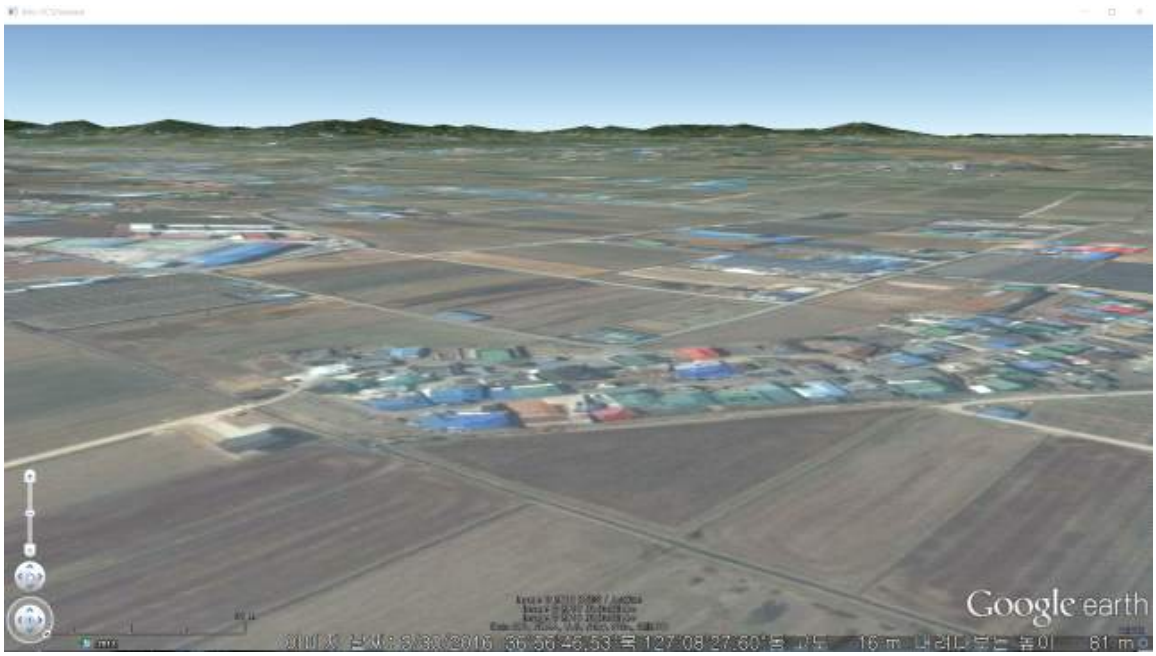


그림 107 . 삼차원 지도 Pan/Tilt

④ 지점 즐겨찾기 기능

지도 위에 지도를 컨트롤 할 수 있는 기능들을 배치하여 즐겨찾기 추가된 지역에 대해서 빠른 지점으로 이동하는 기능을 구현하였다.

그림 108 . 지점 즐겨찾기 기능

3차년도에 지상통제 시스템(GCS)는 실시간으로 비행체에 비행정보를 업로드하고 다운로드 할 수 있는 기능과 비행모드를 설정할 수 있도록 구성되었다. 지도 위에 아이콘화하여 각 경로점 마다 비행체가 위치하는 헤딩과 각종 정보를 직관적으로 확인할 수 있도록 개발되었다.

그림 109. 지상통제소프트웨어(자동 경로 생성 패턴)

각 세부 기능을 살펴보면 다음과 같다.

- 세부 기능 리스트

① 맵 기능

기본적인 맵 기능은 전국 지도 기반의 줌인/아웃 기능이 마우스 뿐만 아니라 터치 기반으로 연동되고 있으며 지도 위에 기체의 위치 아이콘이 지나온 궤적과 함께 도시된다.

② 실시간 명령인가 기능

원격 명령으로 전원 인가 및 전원 끔 기능을 지원하고 원격 이륙 및 착륙 기능이 가능하다. 또한 실시간으로 현재의 비행경로 리스트를 원격으로 업로드하고 다운로드 받기가 가능하다.

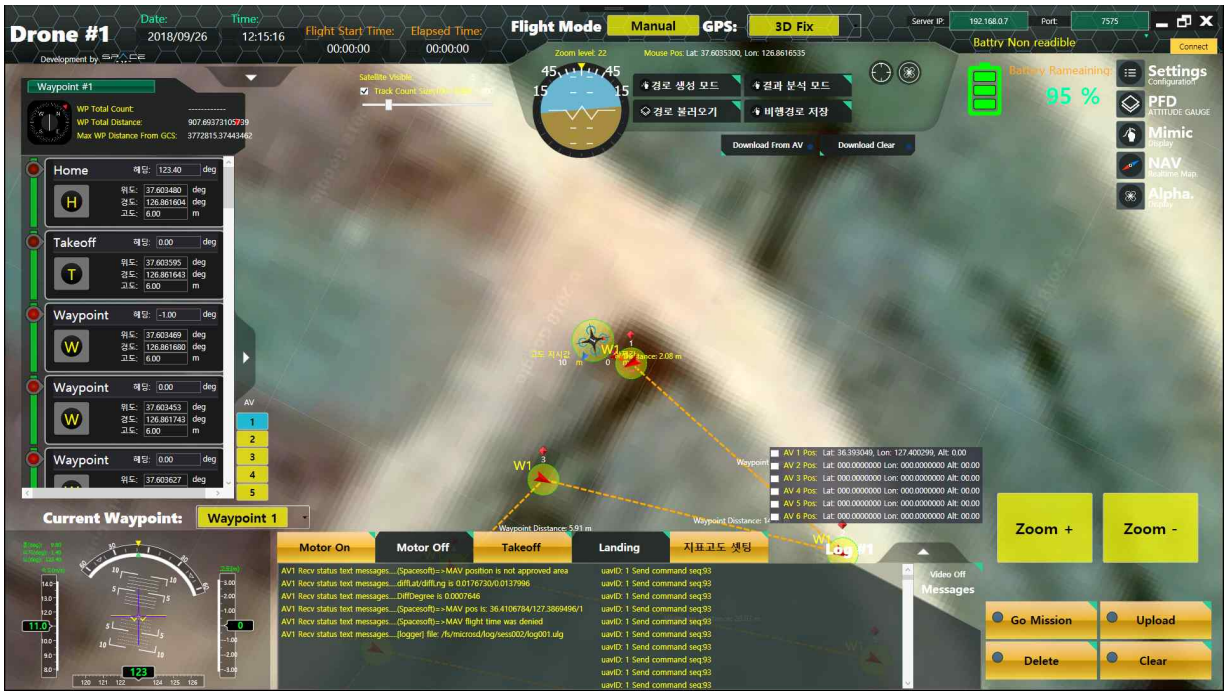


그림 110. 지상통제소프트웨어 자동 경로 생성 패턴)

③ 비행정보 모니터링 기능

화면 중앙 상단과 화면 좌측 하단에 현재 비행체의 자세정보를 확인할 수 있고 좌측 하단에 있는 주비행계기창(Primary Flight Display)에서는 촬영되는 영상정보를 오버레이하여 확인할 수 있다.

④ 비행제어 및 항법 데이터 분석 모니터링

현재 이동중인 경로점으로 직선 거리와 타겟정보를 확인할 수 있고 각 경로점마다 제 위치에 이동되어 경로점의 항법 정밀도가 1 미터 이내로 들어오는지를 확인할 수 있는 기능이 탑재되어 있다.

그림 111. 지상통제소프트웨어 현재 이동중인 경로점까지의 잔여 거리 정보

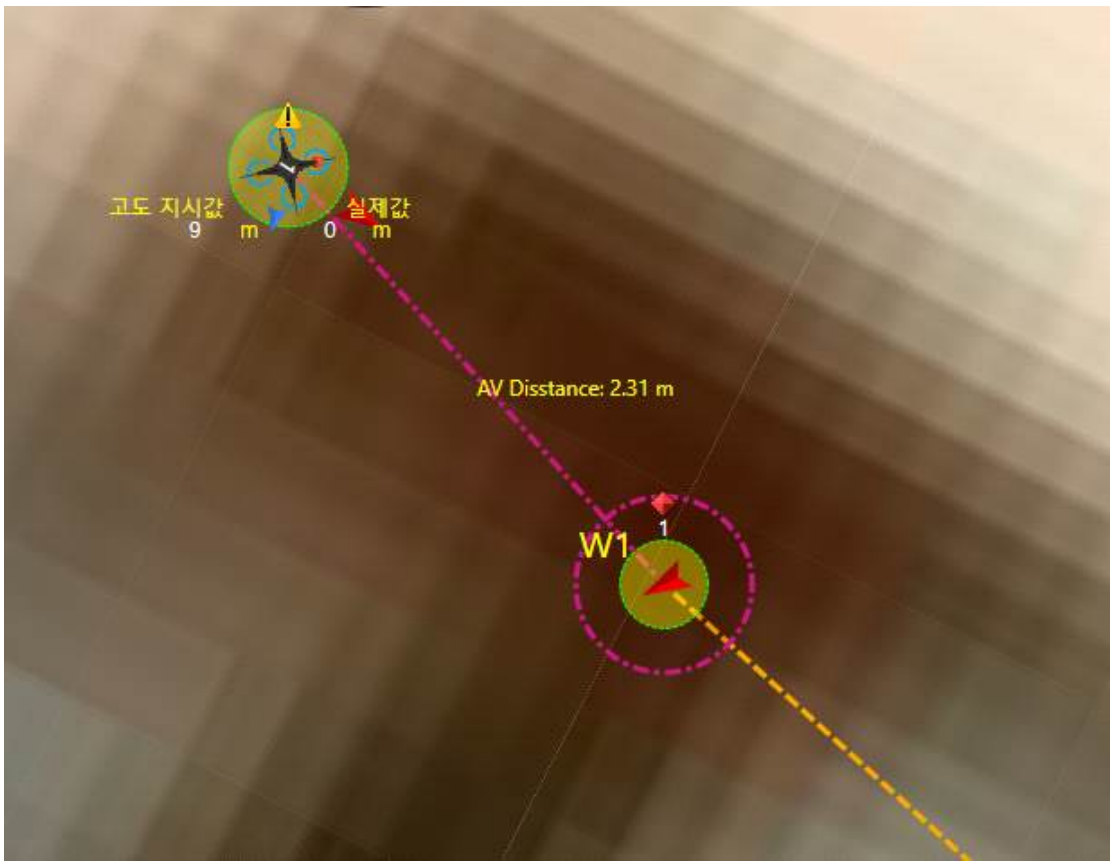


그림 112. 경로점까지의 거리 2미터 접근 전

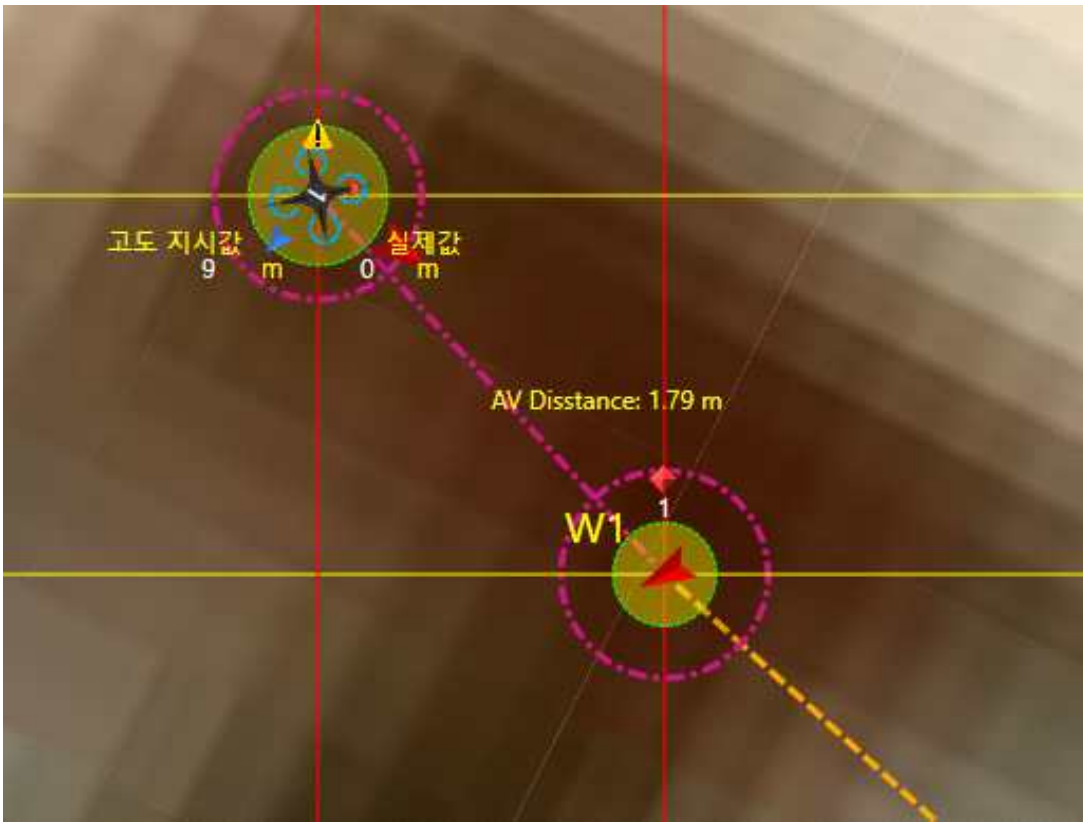


그림 113. 경로점까지의 거리 2미터이내 진입 후

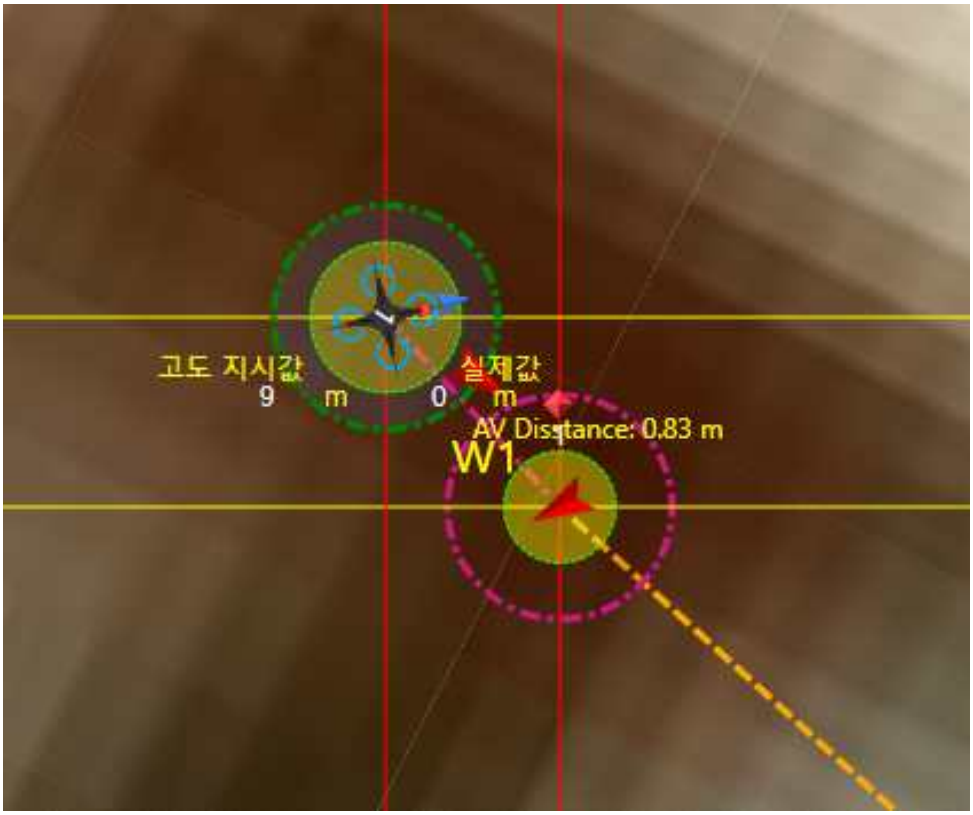


그림 114. 경로점까지의 거리 1미터이내 진입 후

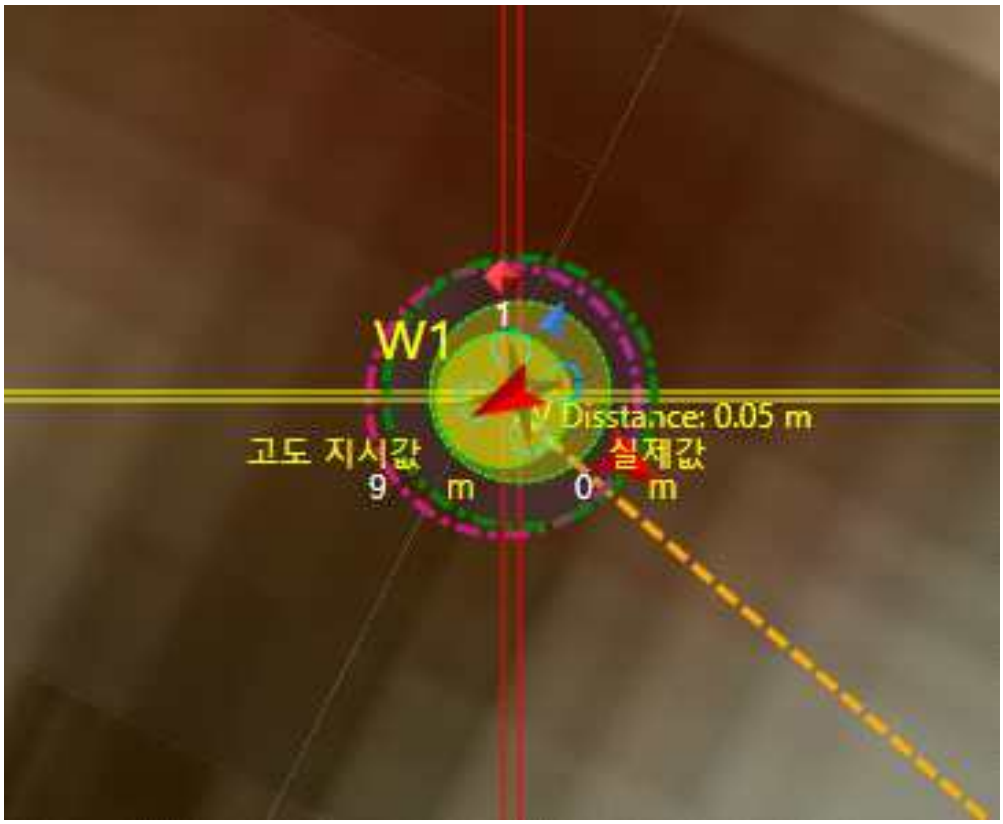


그림 115. 경로점 진입 완료 확인

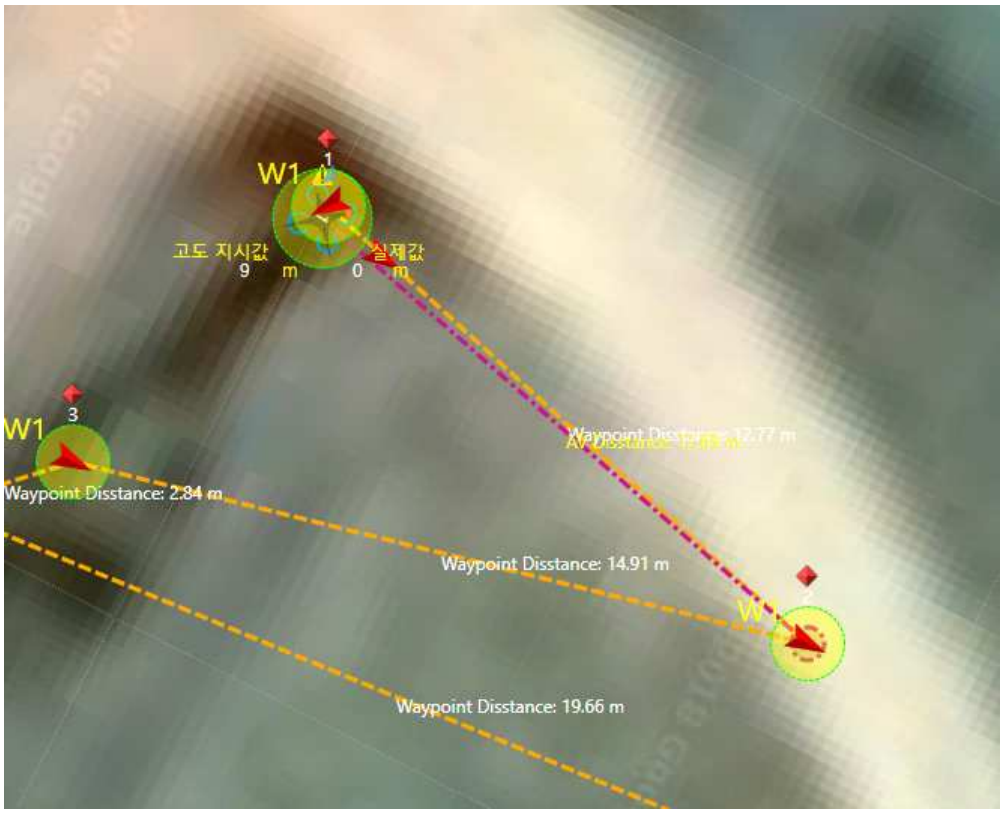


그림 116. 다음 경로점 타겟 변경 확인

그림 117. 다음 경로점 도착 확인

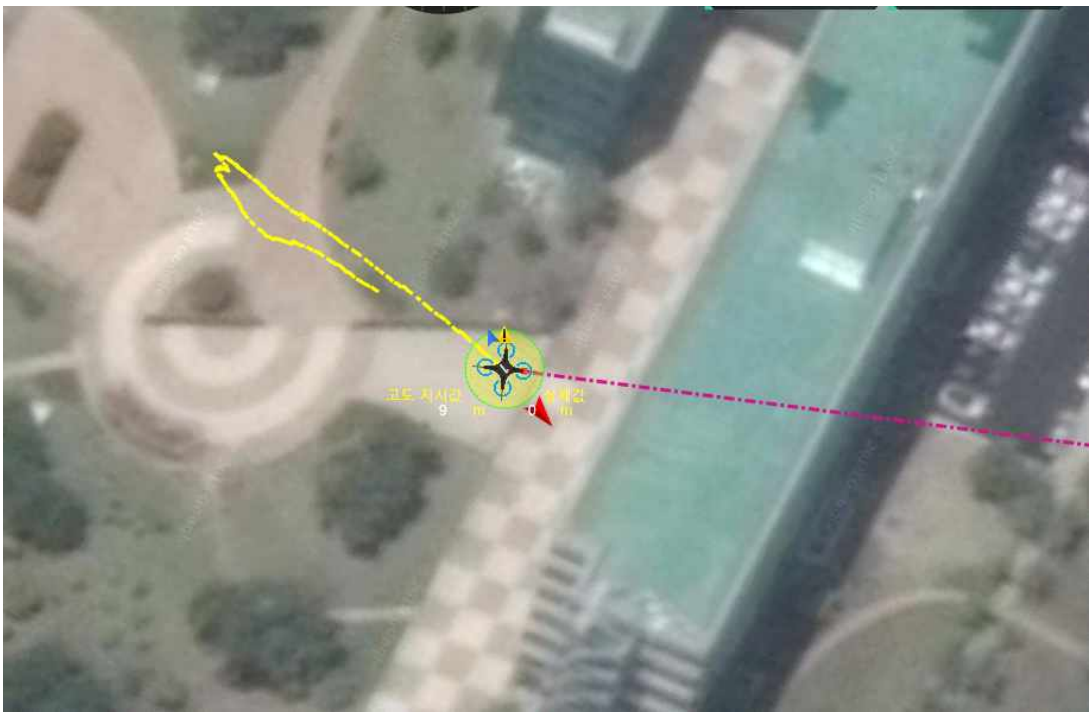


그림 118. 비행체 이동 궤적보기 켜기/끄기

2. 방제맵 서버 및 통합 방제시스템 구축

방제맵 서버는 병충해 예찰 결과 사진을 방제맵에 준실시간으로 저장하여 표출하는 시스템과 방제 결과를 일자별로 전자지도상에 표출하여 방제상황을 한눈에 알아볼 수 있도록 개발하였다. 먼저 전체적인 시스템 통신 프레임워크는 아래 그림과 같다.

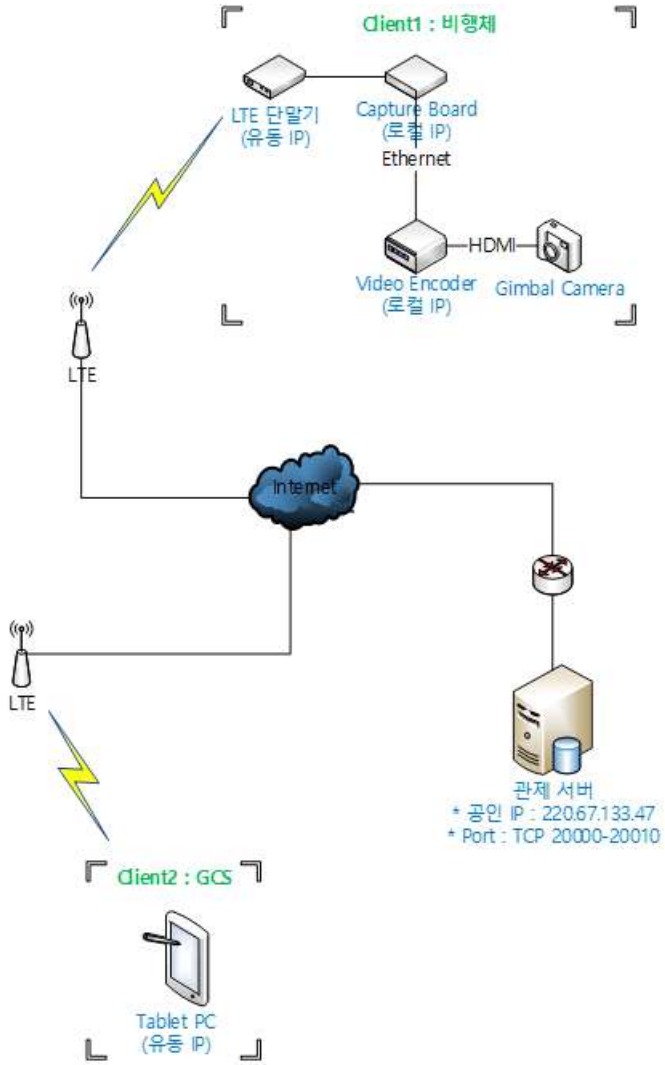


그림 119. 방제기 및 모니터링 기체 통신 연결도

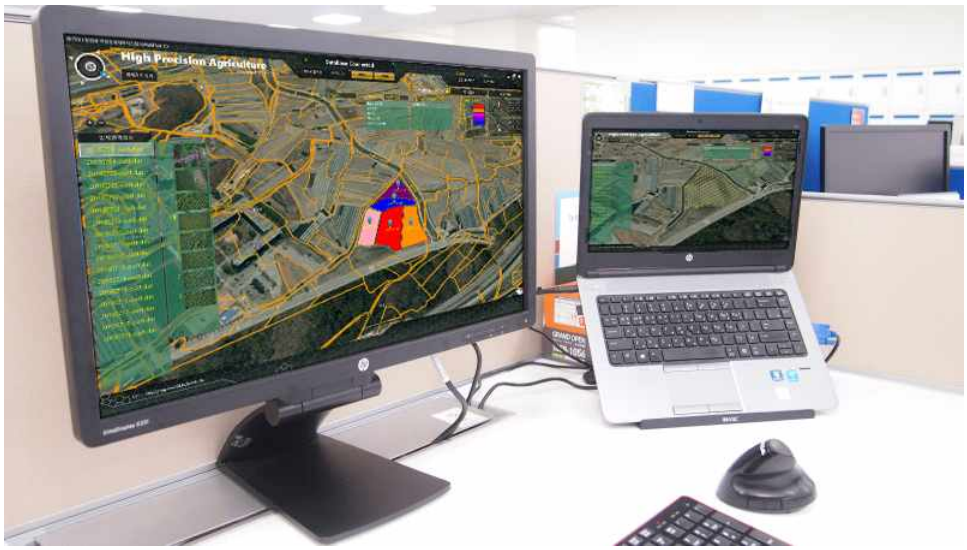


그림 120. 방제맵 서버 구축

방제맵 서버는 자체 DB를 구축하여 각 방제 정보와 방제 경과일을 기록하고 이를 3차원 지도와 연계하여 색상정보로 방제 경과일을 표출한다. 관제 서버는 기본적으로 국토부의 브이월드 엔진을 활용하여 각 비행경로 및 방제패턴과 방제 경과일자 및 촬영 지점을 표출한다. 다음은 관제서버의 주요 기능이다.

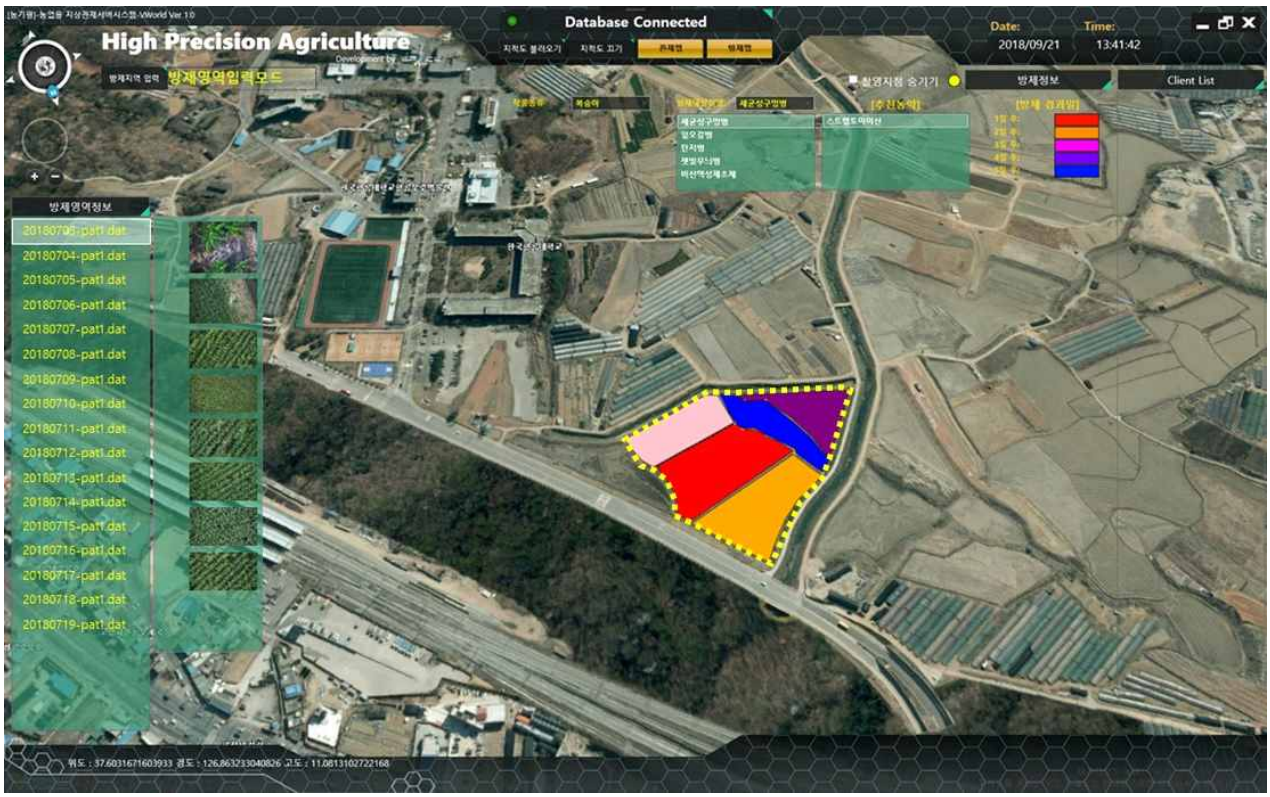


그림 121. 개발한 방제맵 서버 표출시스템

- 주요 기능 리스트

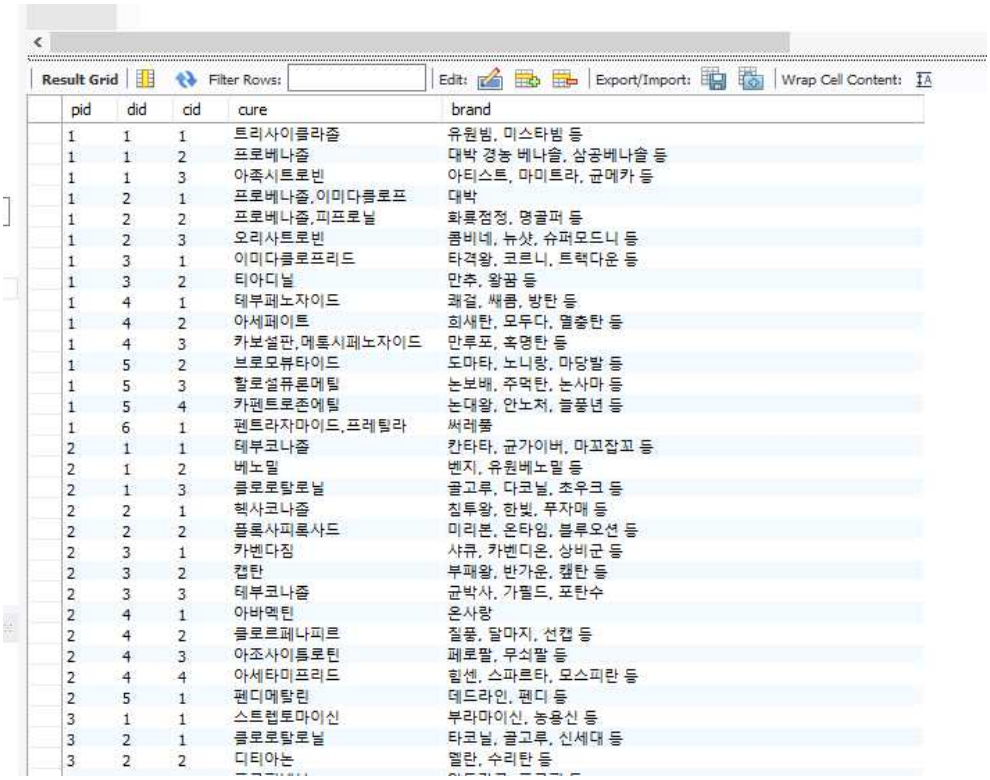
① 맵 기능

3차원 지도 기반의 항공 방제 경로 표출과 지도위 방제 경과일 각 병해충에 필요한 DB 정보로부터 데이터 가시화 기능을 개발하였다. 방제 서버맵은 기본적으로 3차원 맵을 기반으로 사용하며 2차원 맵도 상호 호환되어 사용할 수 있도록 개발하였다.

이는 지적도와 기타 지형정보를 국토부 지형정보와 호환하여 사용할 수 있도록 호환된다.

② DB 기능

병해충 대비 약제 정보 DB 테이블은 다음과 같다.



Result Grid | Filter Rows: | Edit: | Export/Import: | Wrap Cell Content:

pid	did	cid	cure	brand
1	1	1	트리사이클라졸	유원빔, 미스타빔 등
1	1	2	프로베나졸	대박 경농 베나솔, 삼공베나솔 등
1	1	3	아족시트로빈	아티스트, 마미트라, 균메카 등
1	2	1	프로베나졸,이미다클로프	대박
1	2	2	프로베나졸,피프로닐	화룡점정, 명궁퍼 등
1	2	3	오리사트로빈	콤비네, 뉴샷, 슈퍼모드니 등
1	3	1	이미다클로프리드	타격왕, 코르니, 트랙다운 등
1	3	2	티아디닐	만추, 왕꿈 등
1	4	1	테부페노자이드	쾌걸, 쌔콤, 방탄 등
1	4	2	아세페이트	희새탄, 모두다, 열충탄 등
1	4	3	카보설판,메톡시페노자이드	만루포, 흑명탄 등
1	5	2	브로모뷰타이드	도마타, 노니랑, 마당발 등
1	5	3	할로설퓨론메틸	논보배, 주먹탄, 논사마 등
1	5	4	카펜트로존에틸	논대왕, 안노저, 블풍년 등
1	6	1	펜트라자마이드,프레틸라	써레풀
2	1	1	테부코나졸	칸타타, 균가이버, 마꼬잡꼬 등
2	1	2	베노밀	벤지, 유원베노밀 등
2	1	3	클로로탈로닐	골고루, 다코닐, 조우크 등
2	2	1	헥사코나졸	침투왕, 한빛, 푸자매 등
2	2	2	플록사피록사드	미리본, 온타임, 블루오션 등
2	3	1	카벤다짐	샤큐, 카벤디온, 상비군 등
2	3	2	캡탄	부패왕, 반가운, 캡탄 등
2	3	3	테부코나졸	균박사, 가필드, 포탄수
2	4	1	아바멕틴	온사랑
2	4	2	클로르페나피르	질풍, 달마지, 선캡 등
2	4	3	아조사이틈로틴	페로팔, 무쇠팔 등
2	4	4	아세타미프리드	힘센, 스파르타, 모스피란 등
2	5	1	펜디메탈린	데드라인, 펜디 등
3	1	1	스트렙토마이신	부라마이신, 농용신 등
3	2	1	클로로탈로닐	타코닐, 골고루, 신세대 등
3	2	2	디티아논	멜란, 수리탄 등

그림 122. 지상관제서버 약제 DB

Result Grid | Filter Rows: | Edit:

pid	stype	type	diseasename
1	rice	벼	도열병류/세균벼알마름병
2	rice	벼	흰잎마름병
3	rice	벼	벼물바구미, 멸구류
4	rice	벼	이화명나방, 혹명나방
5	rice	벼	일년생 및 다년생 잡초
6	rice	벼	광엽잡초
7	apple	사과	탄저병
8	apple	사과	갈색무늬썩음병
9	apple	사과	겹무늬썩음병
10	apple	사과	응애/진딧물
11	apple	사과	제초제
12	peach	복숭아	세균성구멍병
13	peach	복숭아	잎오갈병
14	peach	복숭아	탄저병
15	peach	복숭아	잿빛무늬병
16	peach	복숭아	비선택성제초제
17	mandarin	감귤	검은점무늬병
18	mandarin	감귤	궤양병
19	mandarin	감귤	더뎅이병
20	mandarin	감귤	귤굴나방
21	mandarin	감귤	진딧물/응애
22	pepper	고추	역병
23	pepper	고추	탄저병
24	pepper	고추	세균성점무늬병
25	pepper	고추	담배나방
26	pepper	고추	일년생잡초
27	cabbage	배추	무름병
28	cabbage	배추	노균병
29	cabage	배추	배추좀나방
30	cabbage	배추	일년생잡초
31	pear	배	검은별무늬병

그림 123. 지상관제서버 병충해 DB

그림 124. 지방제맵 서버 DB 접속 및 연동 결과 정보 표출

그림 125. 통합 방제시스템 - 방제영역 방제 경과일 표출 및 촬영 지점 아이콘 표출

③ 클라이언트 접속정보 확인(접속 기체 정보)

관제서버에 접속한 기체 정보는 우측 상단의 현재 기체 위치와 기체 정보를 확인할 수 있다.

그림 126. 방제영역 방제 경과일 표출 및 촬영 지점 아이콘 표출

그림 127. 클라이언트 접속 정보(접속기체 정보)

④ 방제정보 및 촬영 이미지 확인 기능

그림 128. 촬영 영상 확인 기능

방제맵 서버는 현장에서 포터블한 형태로 이동형 지상통제 시스템과 병행하여 현재 방제 경과율을 확인할 수 있다.

그림 129. 방제서버 이동형 노트북 운용

그림 130. 지상통제시스템과 방제맵 서버와의 연동시험

3. 서버 DB데이터의 활용

서버에는 병충해 예찰을 위한 농작물 사진이 준실시간으로 지점별, 날짜별로 저장되어 농민 또는 전문가가 병충해 유무를 판별할 수 있으며 또한 방제후 방제 효과도 살펴볼 수 있으며 추후에는 병충해 확산 또는 방제 분석에 대한 연구자료로도 쓰일 수 있을 것이다. 뿐만 아니라 방제가 필요하여 방제 수행시에는 필지별로, 날짜별로 방제 결과를 그래픽으로 표시할 수 있어서 진행상황을 한 누눈에 볼 수 있게 하였으며 종합 통제가 가능하다.

제 4 절 제3협동(경북대학교) 연구수행 내용

1. 작물 생육정보 및 병해충 종류별 매뉴얼 작성 보완

가. 벼의 환경조건에 따른 생육정보 조사

최근 기온상승과 더불어 다양한 환경의 변화를 통해 야기되는 환경스트레스는 벼의 생육에 영향을 주고 있다. 온도,습도 등의 기온 변화는 벼에 발생하는 병해에 직접적인 영향을 끼치는 요인이다. 최근 벼 재배 기술 및 방법의 향상과 육묘상 처리제 사용으로 인해 발아 초기 및 이앙시기에 발생하는 질병들은 감소하고 있다. 질병과 더불어 벼는 생육 단계별 생육적온 유지가 필요하다. 아래 표는 벼 생육단계 및 생육시기별 온도에 따른 생육 피해 증상을 나타낸다.

표. 벼 생육단계 및 각 단계별 온도에 의한 생육 피해 증상

생육단계	생육적온(℃)	장해온도(℃)	피해증상
발아기	30~34	10>	발아 불량
출아기 (직파)	20~25	12>	발아 및 출아 지연 불량, 유앙생장 억제
묘대기	15~25	13>	적고발생, 생작억제, 입고병 및 뜸모 발생
활착기	25~28	13>	활착불량, 잎선단 고사
분열기	25~32	15>	분얼수 감소, 적고 발생, 생장 억제 및 지연
유수형성기	23~30	17>	유수분화 지연, 지경 및 영화수 감소, 추출 지연
감수분열기	23~33	17>	화분발육 저해, 출수지연, 불임유발, 추출지연
출수개화기	23~33	17>	출수 및 개화 지연, 수정장해, 불임유발, 추출도 불량
등숙기	20~26	14>	등숙 지연 및 불량, 입중저하, 미질저하

효율적인 방제 매뉴얼 작성을 위해 실제 경작지에서 발생하는 대표적인 질병의 발병 시기 및 병증을 확인하고 생육단계별 발생 질병 확인 및 방제 실험을 위해 경상북도 군위군에 위치한 경북대학교 실험실습장(논 포장)에 시험구를 조성하였다.

(A)발아 초기 (B) 유묘기 (C) 이앙 후 (D) 이앙 초기

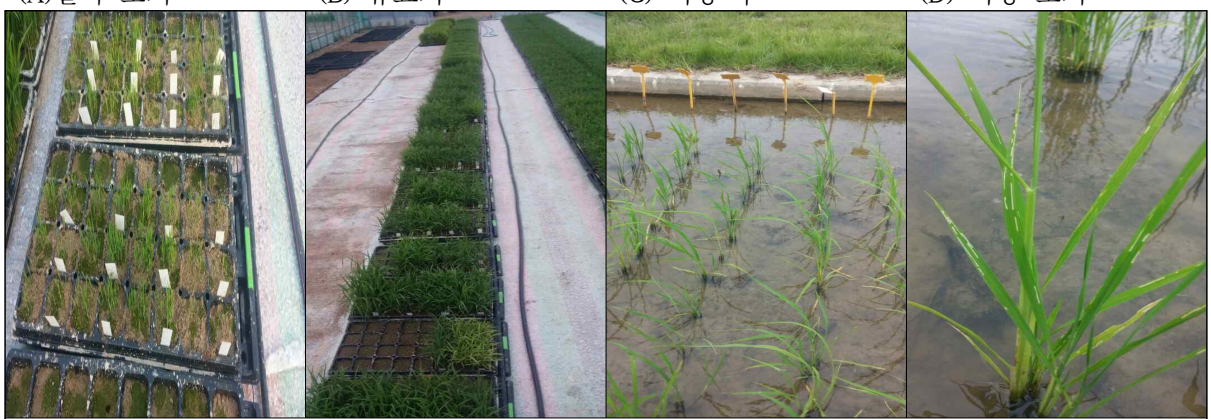


그림. 경작지에서 발생하는 질병과 질병의 발병 시기와 병징 조사 및 방제 실험을 위한 시험구 조성. (A) 종자 소독 후 발아 초기 모종, 적정한 발아율을 보였으며, 병해로부터 안전한 것을 확인. (B) 발아 후 유묘기 벼, 병해 발생이 없음. (C, D) 이앙 후 2주 가량 벼, 벼 물바구니등의 곤충에 의해 피해를 입어 잎에 반점 및 식흔의 병징을 보임.

나. 병해충 종류별 발생 시기 및 방제 약제 조사

벼는 파종 후 발아→생장→출수→성숙의 단계를 거쳐 일생을 마치며, 잎과 줄기 및 뿌리의 영양기관이 형성되고 커지는 영양생장기와 벼 이삭이 생겨나고 익는 생식생장기로 구분된다. 벼의 생육은 기상환경과 토양환경의 지배를 받는다. 기상환경에는 기온, 일조(일사), 강우량 등이 있으며, 토양환경에는 토성, 토양의 구조, 토양의 물과 양분을 흡착하는 능력 등이 있다. 기상환경은 직접적으로 벼 생육과 관련되는 양분흡수, 물질이동 등의 생리적인 기능과 밀접한 관계가 있으며, 간접적으로는 병충해 발생 또는 도복 등을 통하여 수량에도 관여한다. 벼의 각 생육단계별로 발생하는 병충해는 여러 가지가 있으며 이에 대해 체계적으로 언제 어떤 환경에서 발생이 되며, 무인항공기를 활용한 대처를 위해서는 어느 시기에 어느 약제를 선정하여 방제하는가도 중요한 요인이라고 할 수 있다. 아래는 현재 발생하고 있는 벼의 주요 병충해이다.

- 주요 병해

○ 줄무늬잎마름병

발생조건 : 애멸구 월동량과 직접 연관, 이앙시기가 빠를 때

○ 도열병

발생조건 : 이병성품종, 질소비료 과다, 잦은 강우, 여름철 저온(15~23℃)

○ 잎집무늬마름병

발생조건 : 고온다습, 질소질 비료 과용, 밀식재배 시 발생

○ 흰잎마름병

발생조건 : 지난해 발병 포장, 질소과용, 평균 22~26℃(7월상~8월중)

○ 깨씨무늬병

발생조건 : 거름떨어짐현상, 잡초방치 시, 규산, 고토, 철분, 칼슘, 유기질 부족

○ 세균성벼알마름병

발생조건 : 이병종자, 출수기 전후 5일간 최저 23℃, 강우 시

○ 이삭누룩병

발생조건 : 질소질비료 과용, 산간지 등에서의 일조 부족, 낮은 온도 높은 습도

그림. 벼 주요 병해에 의해 발생된 병징

- 주요 충해

○ 벼멸구

발생조건 : 비래해충, 비래시기 빠르고 횟수 및 양이 많을 때

○ 혹명나방

발생조건 : 6~7월에 일찍 날아오고 7~9월 고온과 비가 적을 때

○ 먹노린재

발생조건 : 연 1세대 발생, 비가 적은 해에 많이 발생, 반점미, 흑점미

- 주요 잡초

○ 일년생잡초 : 피, 가막사리, 물달개비, 자귀풀, 사마귀풀 등

○ 다년생잡초 : 너도방동사니, 벗풀, 올방개, 올챙이고랭이 등

무인항공기에 등록된 주요 농약들은 드론 방제에 동일하게 적용 가능할 것으로 판단되며, 병균과 병충 그리고 제초를 목적으로 동시에 약제를 혼합할 경우 약제 혼합으로 발생할 수 있는 혼용 물리성을 비롯한 이화학적 검토 등의 검정이 필요하며 2~3년차 실증시험 시 고려하여 현장에 적용하고자한다.

무인헬기 사용되는 농 약 과 방제방법 (살균제)

사용적기 // 1L당 약량 // 안전사용기준 수확전 사용시기 // 안전사용기준 사용횟수

상표명	적용대상 목도열병	잎도열병	키다리병	잎집무늬마름병	세균벼알마름병	흰잎마름병	이삭누룩병
넘보원 헬멧 2회 이내	출수 7일전 125ml 30일전	발병초 125ml 30일전			출수직전 7일간격 125ml 30일전	발병직전 7일간격 125ml 30일전	
헬리건 2회 이내	출수 7일전 125ml 30일전		출수7일전 7일간격 125ml 30일전		출수직전 7일간격 125ml 30일전	발병직전 7일간격 125ml 30일전	
명물 3회 이내	출수 7일전 125ml 30일전			유수형성기, 수잉기 125ml 30일전	출수직전 7일간격 125ml 30일전		
논사랑 3회 이내	출수 7일전 125ml 21일전				출수직전 7일간격 125ml 21일전	발병직전 7일간격 125ml 21일전	발병초 125ml 21일전
벼천왕 2회 이내	출수 7일전 125ml 30일전			유수형성기, 수잉기 125ml 30일전	출수직전 7일간격 125ml 30일전		
솔라자 2회 이내	출수 7일전 125ml 30일전				출수직전 7일간격 125ml 30일전	발병직전 7일간격 125ml 30일전	
올크린 3회 이내	출수 7일전 100ml 30일전			유수형성기, 수잉기 100ml 30일전		발병직전 7일간격 100ml 30일전	
유도탄 3회 이내	출수 7일전 125ml 30일전			유수형성기, 수잉기 125ml 30일전		발병직전 7일간격 125ml 30일전	
골드미 4회 이내	출수 7일전 125ml 21일전			유수형성기, 수잉기 125ml 21일전	출수직전 7일간격 125ml 21일전		

무인헬기 사용되는 농 약 과 방제방법 (살충제)

사용적기 // 1L당 약량 // 안전사용기준 수확전 사용시기 // 안전사용기준 사용횟수 = 3회 이내

상표명	적용대상 흑명나방	이화명나방	애멸구	벼멸구	노린재류
청실홍실	발생초기 125ml 14일전	발아최성기 5~7일후 125ml 14일전	다발생기 125ml 14일전	다발생기 125ml 14일전	다발생기 125ml 14일전
마징가	발생초기 62.5ml 14일전	발아최성기 5~7일후 62.5ml 14일전	다발생기 62.5ml 14일전	다발생기 62.5ml 14일전	
슐탄	다발생기 125ml 14일전		다발생기 125ml 14일전	다발생기 125ml 14일전	다발생기 125ml 14일전
세베로	발생초기 62.5ml 20일		다발생기 62.5ml 20일전	다발생기 62.5ml 20일전	다발생기 62.5ml 20일전
쾌속탄	다발생기 62.5ml 14일전		다발생기 62.5ml 14일전	다발생기 62.5ml 14일전	다발생기 62.5ml 14일전
바로확	발생초기 125ml 14일전			다발생기 125ml 14일전	발생초기 125ml 14일전
쏘로스	발생초기 100ml 14일전	발아최성기 5~7일후 62.5ml 14일전			

무인헬기 사용되는 농 약 과 방제방법 (제초제)

- 제초제의 경우 무인항공기 사용 시 원액 그대로 사용하며, 비행 높이는 3~4 미터 수준에서 15km/hr의 비행속도로 바람이 불지 않을 때 처리 한다.
- 드론형 무인항공기의 경우 하향풍이 무인항공기에 비해 약하게 발생하는 장점이 있어 보다 낮은 높이 1~2 미터 수준에서 살포하여 농약의 비산을 예방 할 수 있다.

상표명	적용대상 사용적기 및 방법 // 1000㎡(10a)당 사용량
조아라	일년생잡초 (피, 가막사리, 물달개비, 자귀풀, 사마귀풀) 다년생잡초 (너도방동사니, 벗풀, 올방개, 올챙이고랭이) 이앙후 15일 원액수면적하처리 // 500ml
아리온노내	일년생잡초 (피, 가막사리, 물달개비, 자귀풀, 사마귀풀, 여뀌바늘) 다년생잡초 (너도방동사니, 벗풀, 올방개, 올챙이고랭이) 파종후 15일 원액수면적하처리 // 500ml
마그마	일년생잡초 (피, 가막사리, 물달개비, 자귀풀, 사마귀풀, 여뀌바늘, 밭뚝외풀) 다년생잡초 (너도방동사니, 벗풀, 올방개, 올챙이고랭이) 이앙후 15일 원액수면적하처리 // 500ml

다. 벼 재배 시기별 발생되는 방제대상 병해충

표 . 벼 생육 시기별 발병하는 병해충

구분	못자리 시기	본논 초기 (5월중~6월중)	본논 중기 (6월하~8월상)	본논 후기 (8월중~ 수확기)
병	모잘록병 모도열병 깨씨무늬병 키다리병	잎도열병	잎도열병 잎집무늬마름병 흰잎마름병 깨씨무늬병 이삭도열병(조생종)	이삭도열병, 잎집무늬마름병, 흰잎마름병, 세균벼알마름병, 이삭누룩병, 이삭마름병 깨씨무늬병,
해충	벼잎선충	애멸구 벼물바구미 벼잎벌레 벼굴파리류	벼멸구, 애멸구 흰등멸구, 벼물바구미 이화명나방 흑명나방, 노린재류	벼멸구, 흰등멸구, 이화명나방, 흑명나방, 노린재류

라. 재배 시기별 병해충 방제 매뉴얼

- 파종 및 못자리 시기

해당시기에 발생하는 대부분의 병해충은 종자로부터 전염되거나 불량한 육묘자재 및 환경으로부터 비롯된다. 따라서 파종 전 종자 소독은 반드시 필요하다. 종자소독은 볍씨 담그기 전에 약제별로 소독방법을 잘 지켜서 소독하되 약액 온도를 14°C이하가 되지 않도록 하는 것이 좋으며, 특히 키다리병이 방제를 위해서는 약액 온도가 30°C정도로 유지하도록 한다. 또한 벼잎선충이 많이 발생하는 지역에서는 살충제로 종자소독을 실시한다 (표).

살균제	살충제	살균·살충 혼합제
리프롤(트리후민), 베노람(큰나락, 씨소독), 지오람(큰나락, 호마이), 지오판리프졸(군타임), 프로라츠(스포탁), 프로라츠구리(스포탁골드), 후루디옥소닐(사파이어, 스위파)	다수진(다이아금, 다이아톤, 시나나), 메프(메프치온, 스미치온, 새메프)펜치온 (리바이짓드, 저넉놀)	카프로파미드이미다크로프리드후루디옥소닐 (자바라), 카프로파미드이미다크로프리드 (기라성), 프로라츠망간이미다크로프리드카프로파미드 (종자탄)

*()는 약제의 상표명임. 반드시 약제 사용법을 지켜야 함.

표. 대표적인 종자소독용 약제

그림. 벼 종자 침종. 볍씨 종자 소독을 위해 약제가 혼합된 물에 벼 종자를 28°C에 1일간 침지

- 이앙부터 생육 초기

생육 초기에 발생하여 피해를 주는 병해충은 도열병, 벼물바구미, 애멸구, 벼잎벌레, 굴파리류가 있는데, 대부분의 육묘상 처리제는 약제의 약효 지속 기간이 약제 처리 후 약 30~35일까지 이므로 생육 초기에 발생되는 병해충을 방제할 수 있다. 육묘상에 처리하는 약제로는 살균제, 살충제, 살균·살충 혼합제가 많이 사용된다(표). 그러나 기상이변 등으로 돌발적인 병해충이 발생하는 경우에는 육묘상에 약제를 처리하였더라도 보완 방제가 필요하다.

표 3. 본 논 초기 병해충 방제를 위한 육묘상처리제의 종류

살균제	살충제	살균 · 살충 혼합제
카프로파미드(솔라자), 트리졸(디데이), 티아디닐(슈퍼논청)	벤즈(신드롬), 에카록스, 치아메톡삼(자스), 치아크로프리드(칼립소), 카보(후라단, 큐라텔), 카보설판(마샬, 쌀지기), 크로치아니딘(오메가)	이미다클로프리드카프로파미드(카메나), 치푸루자마이드티아디닐클, 로치아니딘(풀코스), 카보설판트, 리싸이클라졸(무사미), 카보설판, 프로베나졸(뉴명콤비), 티아디닐, 카보설판(롱킥), 티아디닐크로치, 아니딘(다카바), 프로베나졸치아, 클로프리드(상자탄), 프로베나졸, 카보설판치푸루자마이드(해오름), 프로베나졸클로치아, 니딘(투톱)

*( )내는 등록된 약제의 상표명임.

- 생육 중기

생육 중기는 기온이 상승하고, 장마철이 겹쳐지는 시기로 온도와 습도가 높아져 도열병, 잎집무늬마름병 발생이 증가하며, 벼멸구, 흑명나방 등 비래해충이 발생하는 시기이다. 따라서 주기적으로 예찰하여 병해충이 발생되어 피해를 받을 우려가 있을 경우에는 적용약제를 살포하여 방제해야 한다. 해당 시기 이후는 무인항공기를 이용한 항공 방제가 가능하다 (표)

표 4. 벼 생육 중기의 방제 대상 병해충

시기	입제, 수화제	유제
6월 하~7월 중	잎도열병+벼물바구미	잎도열병+벼물바구미 잎도열병+잎집무늬마름병
7월 하~8월 상	잎집무늬마름병+벼멸구(흑명나방) +이삭도열병(조생종)	잎집무늬마름병+벼멸구(흑명나방) +이삭도열병(조생종)

- 생육 후기부터 수확기

생육 후기에 발생되는 병해충은 수량과 쌀 품질에 직접적인 피해를 줌으로 병해충 방제 작업이 반드시 필요하다. 이 시기에 중점 관리해야 할 병해로는 이삭도열병, 세균성벼알마름병, 흰잎마름병, 이삭누룩병, 깨씨무늬병, 이삭마름병이며, 해충은 벼멸구, 흑명나방, 이화명나방, 노린재류 이다. 생육 후기의 병해충 종합방제는 이삭도열병과 벼멸구(나방류)에 초점을 맞추어 약제를 선택해야 하며, 세균성벼알마름병, 이삭누룩병, 깨씨무늬병, 이삭마름병은 이삭도열병과 동시방제가 가능하다. 해충은 벼멸구와 나방류를 동시에 방제할 수 있는 약제들이 많이 등록되어 있으며 무인기 살포가 가능한 약제를 이용하여 항공방제가 가능하다. 정밀예찰 결과에 따라 방제수단을 강구해야 한다.

마. ‘농업용 무인항공살포기 검정방법 및 기준’을 바탕으로 경북대학교 농업생명과학대학교 부속 군위 친환경실험실습포장 실증시험 실시

- 배출 성능시험

약제 배출량 측정 : 맑은 물로 하며 펌프의 배출부에 분무 액을 모을 수 있는 메스실런더를 배치하고, 배출장치가 작동한 후 최소 1분 이후에 2분 동안 측정하며 배출량은 전체 노즐에 분무된 액을 모아 측정하였다. 측정 결과 비행 시간 및 방제 면적을 고려했을 때, 방제 효과를 낼 수 있는 배출량인 1~1.5 L/min으로 분사되는 것을 확인하였다.

- 포장 살포 성능 시험 방법

1) 포장 시험은 경사도 2°이하의 평탄한 포장에서 실시하며, 시험에 필요한 시험장소는 장방형으로서 길이는 80 m, 폭은 50 m 이상으로 하고 4면에 각 5 m의 별도의 완충지대를 둔다.

2) 비행경로는 작업성능, 비행경로·자세유지 성능 및 최대작업시간 등을 측정하기 위한 것으로서 총 6 행정으로 하되 각 행정의 길이는 80 m로 하고 유효살포폭내에서 중복 비행을 실시하여 인접행정으로 연속적으로 살포작업을 하도록 구성한다.

3) 비행경로 확인을 위해 비행중심선을 깃발 등으로 표시하여 진행

(그림살포작업 성능시험 비행경로 참조)

4) 안전을 위하여 시험장소의 경계와 헬리포트 주변에 분홍색 깃발을 설치하여 경고 표시하며, 이착륙 장소는 시험 장소에 최단거리로 3 m 이상 10 m 이내에 미리 지정한다.

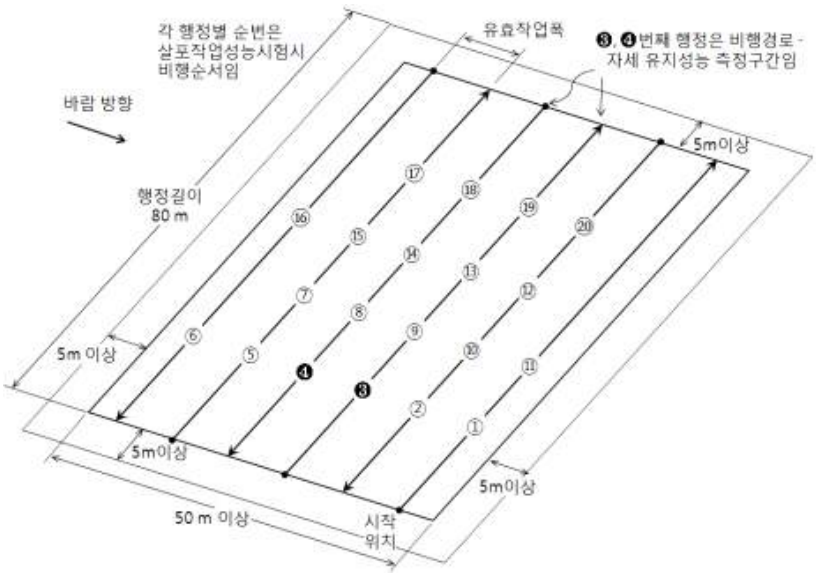


그림 . 살포작업 성능시험 비행경로 예시

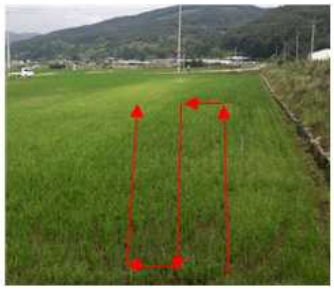


그림. 방제 구역 자동 비행경로 설정

그림. 살포 성능 시험 비행 장면

‘농업용 무인항공살포기 검정방법 및 기준’에 따라 유효살포폭을 고려하여 위 그림과 같이 ㄹ자 형태로 비행하도록 자동 비행경로를 설정하고 작물보호제를 탑재하여 살포 성능 실험을 진행하였다.

5)동력방제기를 이용한 살포와 무인항공기(드론)를 이용한 방제 효과 차이 비교

그림. 동력살포기와 드론을 활용한 약제 살포

그림. 약제 살포 전과 후의 방제 효과 비교 사진

2. 방제효과 분석 및 기후, 환경 등 여건에 따른 관찰 및 실증

가. 온실 내 포트실험으로 병해의 병증 및 농약 방제 효과 사전 조사

무인항공기(드론)를 활용한 효과적인 방제 매뉴얼 작성을 위해 온실 조건 하에서 인위적인 병 발생이 가능하고 방제 효과 검증 및 판별이 가능한 주요 병원균 1종(벼 흰잎마름병, 4개의 strain (K1,K2,K3,K3a)을 국립식량과학원에서 분양을 받아 포트 실험을 진행하였다. 4개의 strain 중 가장 병증발생빈도가 높은 것을 사용하고자 한다. 벼 흰 잎마름병은 초기에 방제에 실패할 경우 방제가 어려움으로 방제가 중요한 질병 중 하나이다. 흰잎마름병의 경우 세균성 병원균으로 벼 잎의 기공 및 상처를 통해 감염되며, 또한 논 주변 잡초 (농수로 주변의 줄풀, 겨풀)에 증식하다 물이나 이슬 등을 통해 전염되기도 한다. 초기 증상은 벼 잎의 상처부분이나 잎 가장자리의 한쪽에 작은 병반이 생기며 온실에서 진행한 포트 실험을 통해 흰잎마름병의 발병과정을 확인할 수 있었다.

그림. 흰잎마름병 온실 포트 실험. 발아 후 35일간 생육시킨 식물체에 접종가위를 이용하여 지엽 선단부로부터 5~10cm되는 곳을 잘라서 BLB균을 접종

그림. 흰잎마름병 접종 실험. 저항성 품종과 민감성 품종에 병원균주를 접종하여 병반의 진행과정과 초기 증상등을 관찰하였다.

나. 무인항공기(드론) 살포 능력 검증

농업용으로 이용되는 무인항공살포기에 대한 검정방법과 기준이 마련되어 있지 않아 '농업용 무인항공살포기 검정방법 및 기준'을 바탕으로 한국 항공대 대운동장에서 균일 살포 성능 시험을 아래 (그림)와 같이 실행하였다. 시험 장소는 경사도 2°이하의 평탄한 지상에서 실시하였으며, 시험이 가능한 기상 조건은 온도는 23 ~ 25 ℃, 상대습도는 80 % 이하였으며, 풍속은 액제의 경우 1.0 m/s 이하일 때 비행을 진행하였다. 단, 순간 풍속이 2 m/s가 이상 일 경우 시험에서 제외하였다.

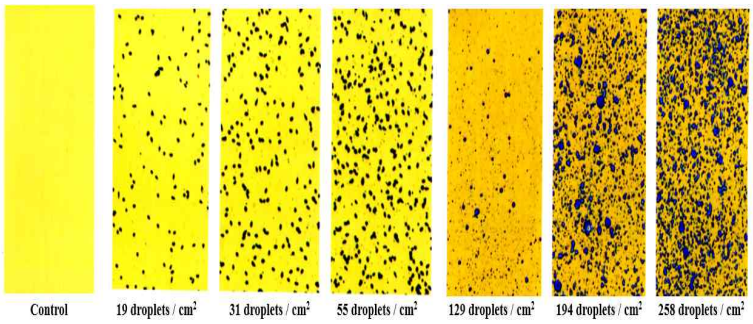


그림. 살포 분포별 감수지 변화 예시

3. 무인항공기(드론) 살포 패턴 조사 및 조건 변화에 따른 방제 효율성 조사

조사지는 면적이 35 ㎠ 인 감수지 카드를 이용하여 비행중심선의 직각방향으로 고정하여 배치하였다. 조사지의 간격은 비행중심선으로부터 좌우로 각각 유효살포폭의 범위에는 50 cm 간격으로 배치하였다 (그림). 무인항공기를 통해 살포된 물은 감수지를 변화를 통해 살포 균일도 및 살포 패턴 분석을 실시하였다 (그림).

그림. 무인항공기 균일 살포 성능 시험을 위한 감수지 배치

그림. 무인항공기를 이용한 균일 살포 성능 시험 모습

(1) 비행 높이 및 풍속 변화에 따른 살포 패턴 변화 분석

무인항공기 비행 높이 및 풍속 변화에 따른 살포 패턴을 분석한 결과, 낮은 비행 높이(2 미터(m)) 보다 높은 비행(4 미터(m))에서 그리고 풍속변화가 심하지 않을 경우 비행 평균 풍속 0.2 m/s)일 때 유효살포범위 내에 골고루 살포되는 것을 확인하였다 (그림).

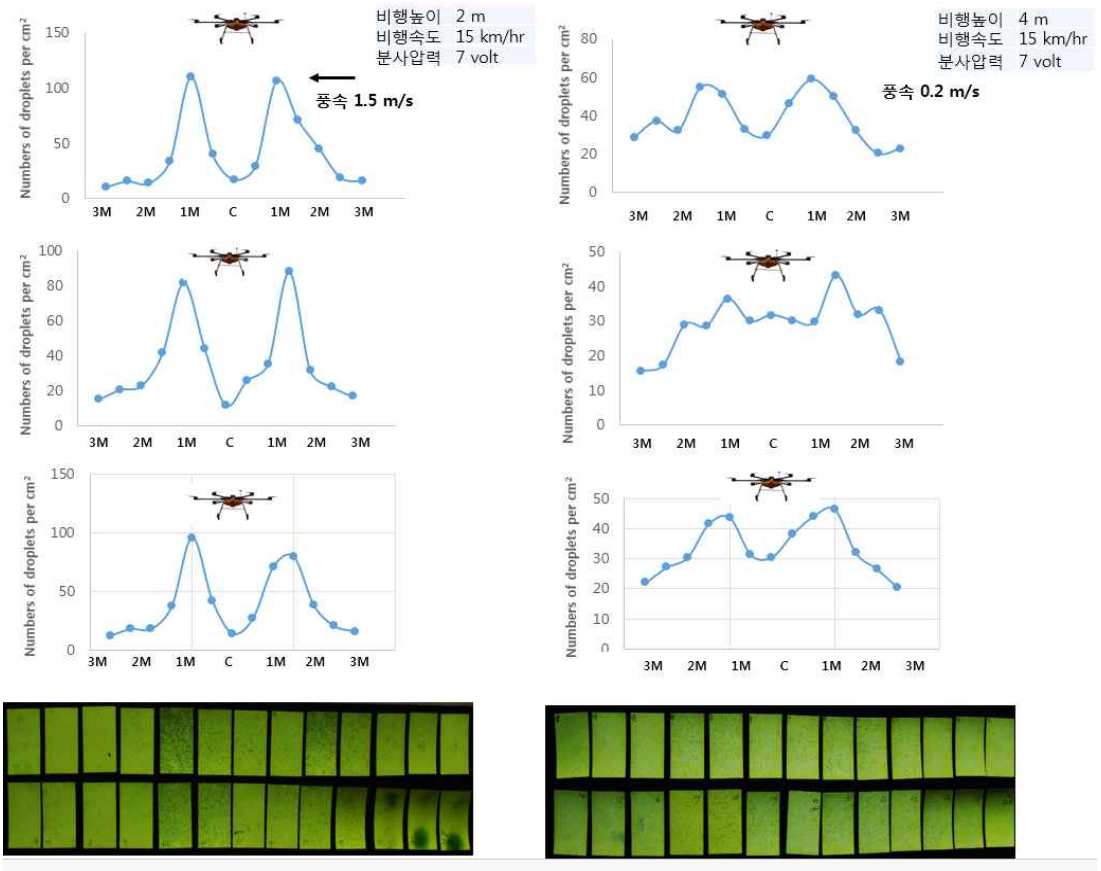


그림. 비행 높이 및 풍속 변화에 따른 살포 패턴 분석 결과

(2) 비행 속도 및 배출 성능(펌프 압력)에 변화에 따른 살포 패턴 분석

무인항공기의 비행 높이를 4미터로 고정하고 비행 속도를 달리하여 살포 패턴 분석을 실시한 결과, 빠른 속도 (15 km/hr)로 풍속이 잔잔할 경우에 균일하게 분사되는 것을 확인하였다. 또한 바람 부는 방향으로 살포액이 50 cm ~ 1m 가량 비산되어 분사되는 것을 확인하였다(그림). 추가적으로 비행 높이와 속도를 동일한 조건으로 두고 배출 펌프의 분사 압력을 증가 시켜 배출량을 늘려 살포해 본 결과, 노즐에서 배출되는 살포액의 양이 많은 경우 상대적으로 바람의 영향을 적게 받으며 중심라인을 기준으로 유효살포폭의 절반 수준(1.5m)에 골고루 살포 되는 것을 확인하였다 (그림).

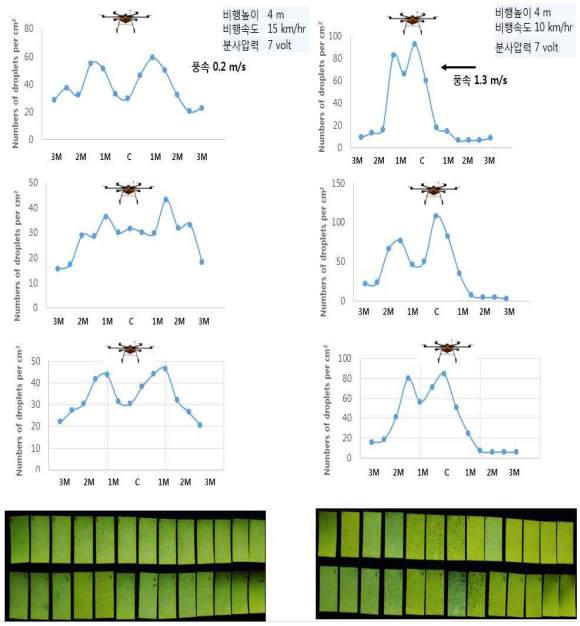


그림. 비행 속도 및 풍속 변화에 따른 살포 패턴 분석 결과

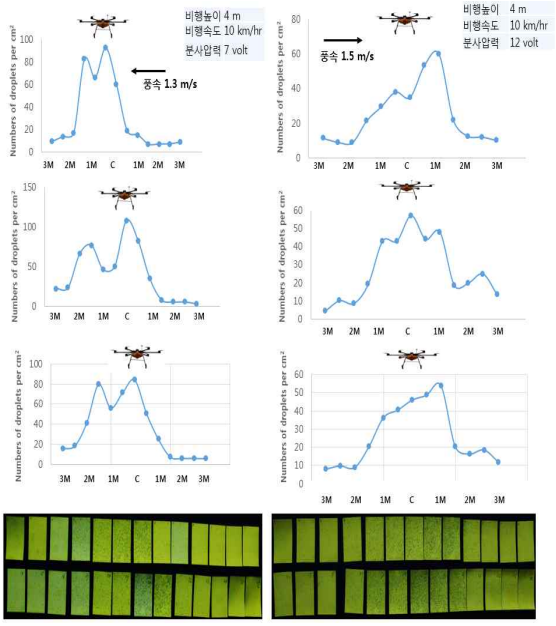


그림. 배출량(분사압력) 변화에 따른 살포 패턴 분석 결과

(3) 유효 살포폭 범위 내 중복 살포에 따른 패턴 분석 결과

무인항공기의 비행 높이, 속도 및 배출량 변화에 따른 살포 결과 무인항공기의 유효 살포폭 전체에 골고루 살포가 되지 않는 점을 확인하였다. 이를 개선하기 위해 중심선을 기준으로 좌우 1.5m 지점을 비행선으로 하여 중복 살포해 본 결과 무인항공기의 유효 살포폭인 6m에 골고루 살포되는 것을 확인하였다(그림).

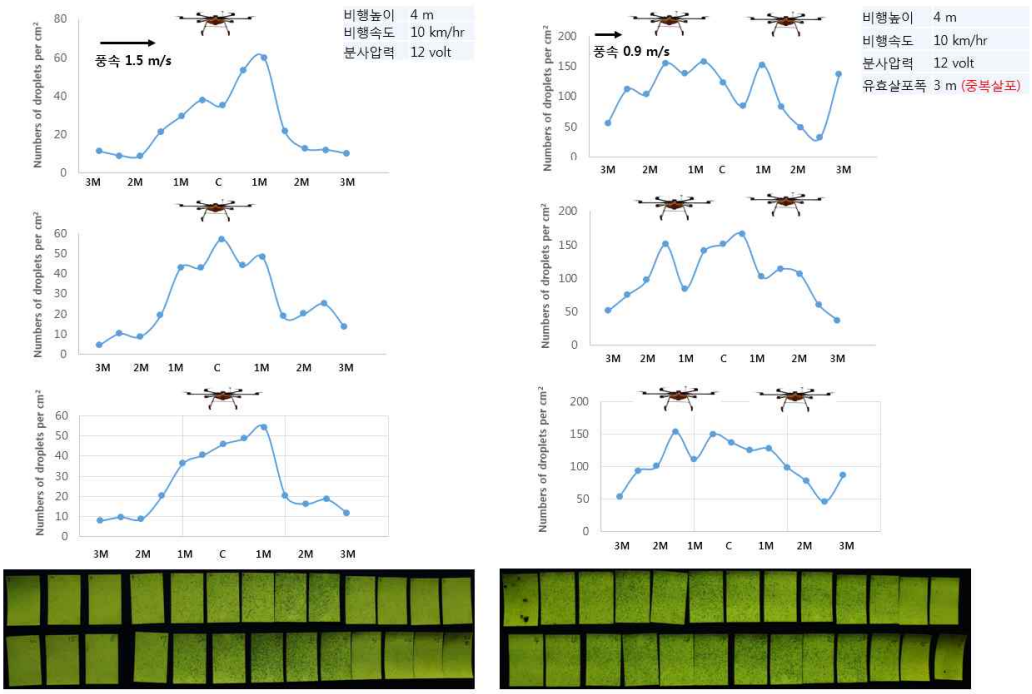


그림. 유효살포폭 범위내 중복살포 후 패턴 분석 결과

다. 균일살포 성능시험

농약 제형에 따른 살포 성능 차이 확인

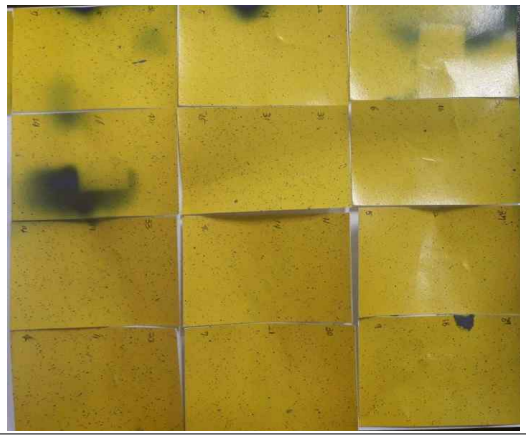
농약 제형에 따라 사용되는 약제의 입자, 보조제 등의 차이가 있으며, 이러한 요인들은 농약의 확산 및 분사에도 영향을 미치게 된다. 제초제로 많이 사용되는 대표적인 약제를 선정하여 미탁제, 유제 두 가지의 형태를 대상으로 살포 균일성 및 방제 효과를 비교 분석하였다.

농약 종류별	감수지 cm^2 당 적정 살포량
살충제	20 ~ 30 droplets
초기 제초제	20 ~ 30 droplets
후기 제초제	30 ~ 40 droplets
살균제	50 ~ 70 droplets

균일성 분석결과 아래 그림에서 나타난 것처럼 약제의 살포는 골고루 이루어졌으며 농약 종류별 권장되는 적정 살포량의 2배가량의 균일 살포가 이루어지는 것을 확인하였다. 미탁제의 경우 감수지 cm2 당 120 droplets으로 감수지 전체에 골고루 균일하게 살포되는 것을 확인하였다. 유제도 마찬가지로 감수지 전체에 균일하게 살포되는 것으로 확인되었으며 cm2 당 110 droplets 으로 미탁제와 비슷한 수준 이였지만 살포량에 약간의

차이를 보이는 것으로 나타났다.

실제 작물보호제 살포 후 약제 살포에 의한 방제 효과를 확인해 본 결과 그 효과가 기존에 실시하던 동력살포기 방제와 비교했을 때와 차이가 없음을 확인하였으며, 동일한 면적을 방제하는데 걸리는 시간을 효율적으로 줄일 수 있음을 확인하였다. 아래 그림은 약제 살포 전 후 모습이다. 동력 살포와 무인항공기를 통해 살포한 두 시험 포장 모두에서 작물(벼)를 제외한 잡초의 방제가 100% 이루어지는 것을 확인하였다.

<table>
<tr><td>  </td><td> </td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>그림. 미탁제 균일 살포 성능 시험 결과</td><td>그림. 유제 균일 살포 성능 시험 결과</td></tr>
</table>

- 비행 방향 차이에 따른 살포 성능 차이 분석

제초제의 경우 3~4m 수준 비행하여 약제 처리를 권장하고 있다. 따라서 비행 방향에 따라 발생하는 하향풍 및 주변 바람의 영향에 의해 살포 균일성 및 효율성에 대한 차이가 나타 날수 있다. 따라서 감수지를 비행 방향과 역방향 그리고 작물의 상단과 중간 하단 부위에 배치하여 약제의 균일 살포여부를 확인하였다. 그 결과 비행의 역방향에서 살포 효율이 정방향에 비해 떨어지는 것을 확인하였다. 따라서 ㄹ자 형태 비행 시 유효살포폭내의 중복 살포를 통해 방제 효과를 높여야 할 것으로 판단된다.

그림. 비행 방향에 따른 살포 성능 차이 분석을 위한 감수지 교차 배치

그림. 비행에 따른 살포 성능 비교 분석을 위한 감수지 각도 및 높이 변화 실험

3. 친환경 저농약 방제 기법개발

가. 기존친환경 저농약방제 기법에 대한 사전조사

친환경제제는 제품군이 다양하지 않고 농약 제품과 달리 오일류, 추출물을 기본으로 사용하고 있어 기기를 이용하여 살포시 찌꺼기 등에 의해 노즐이 막히고 처리 농도가 높으면 여러 가지 혼용물리성의 변화로 인해 약해가 발생하기도 한다. 친환경 자재 중 무인헬기로 적용할 만한 제품은 세이프그로 (잎집무늬마름병), 베스탑 (벼물바구,흑명나방), 경농(니나노, 살균/살충/기피 효과제)를 비롯하여 고려바이오, 에코윈 회사의 제품들이 있다. 친환경 제품들은 대부분 경엽처리제 형태이다. 본 연구에서는효율적인 방제를 위하여 친환경저농약 방제 기법적용을 다음의 기본 원칙 하에서 수행하고자 한다.

- 적용 약제를 살포할 경우 살포 횟수는 농약 안전사용 기준의 1/2 이하, 사용 시기는 기준의 2배

- 잔류농약은 농산물의 농약 잔류허용 기준의 1/2 이하

- 유기 합성농약은 일체 사용하지 않으며 생물약 또는 식물 추출제, 미생물제와 자가 제

조 친환경 농자재 활용

나. 농약의 살포횟수 및 살포량을 줄이는 재배법 확립

- 생물농약을 단독으로 처리하지 않고 농약과 교호 처리하는 새로운 기법을 도입하여 농약이 살포간격을 5일에서 10일 이상 연장할 수 있는 방법을 개발

- 방제 방법

A. 초기 발병 지역 살포

B. 살포 횟수 : 2~3회

C. 방제 후 방제 효과 및 주변 지역 및 작물 피해 조사

다. 기존친환경 저농약방제 무인항공기 적용 가능성 검토

친환경 자재 중 무인헬기로 적용할 만한 제품은 세이프그로 (잎집무늬마름병), 베스탑 (벼물바구, 혹명나방), 경농 (니나노, 살균/살충/기피 효과제)를 비롯하여 고려바이오, 에코윈 회사의 제품들이 있다. 현재까지 무인항공기용으로 등록된 약제는 없으며, 무인헬기용 약제의 무인항공기 사용은 허용되고 있다. 기존 약제 살포에 사용되는 노즐을 대상으로 친환경 저농약 혼합제제를 투입하여 살포 실험 및 살포 효과 테스트를 진행하였다. 병 발생 및 작물 피해 방제 효과를 상대적으로 확인하기 쉬운 친환경제초제 (목초액 혼합제품)와 친환경제초제와 기존에 활용되는 제초체를 혼합한 형태의 혼합 약제를 대상으로 분사 효과 및 적용 가능성 실험을 실시하였다. 살포 실험결과 기존의 작물보호제에 비해 살포의 균일도 및 살포효율이 현저히 떨어졌으며 무인항공기 적용을 위해서는 보조제 첨가 등의 조치를 통해 개선이 필요한 것으로 사료된다.

그림. 친환경 제초제의 무인항공기 균일 살포 성능 시험을 위한 약제 혼합 및 살포 시험

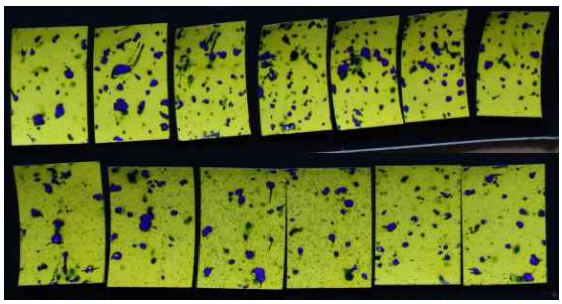


그림. 친환경 제초에의 균일 살포 성능 시험 결과

제 3 장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

제 1 절 목표

연 구 목 표
- 주관연구기관(한국항공대학교)
1. 16L급(2 ha) 항공방제용 무인기 상용화 최종 시제품 기체 설계
2. 병충해 모니터링용 소형 무인기 상용화 최종 시제품 기체 설계
3. 농약살포용 무인기 비행제어시스템 상용화 최종 시제품 제작
4. 항공방제용 무인기 BMS 시제품 제작 및 시험
5. 전체 시스템 통합 운용 시험 수행 및 개선
- 협동연구기관1((주)멀티에어)
1. 16L급(2 ha) 항공방제용 무인기 상용화 시제품 제작
2. 병충해 모니터링용 소형 무인기 상용화 시제품 제작
3. 분무 및 입제살포 시스템 상용화 시제품 제작
4. 방제실증 작업 종합 수행
- 협동연구기관2((주)인포웍스) :
1. GCS 개발 시제품 연동시험 및 종합 성능 검증/보완
2. 방제맵 서버 및 통합 방제시스템 구축 완료
- 협동연구기관3(경북대학교) :
1. 작물 생육정보 및 병해충 종류별 매뉴얼 보완
2. 방제효과 분석 및 환경 조건에 따른 관찰 및 실증
3. 친환경 저농약 방제 기법의 활용방안의 지속적인 개선

제 2 절 목표 달성여부

연 구 목 표	달성도(%)	결과
- 주관연구기관(한국항공대학교)		
1. 16L급(2 ha) 항공방제용 무인기 상용화 최종 시제품 기체 설계	100	설계완료
2. 병충해 모니터링용 소형 무인기 상용화 최종 시제품 기체 설계	100	설계완료
3. 농약살포용 무인기 비행제어시스템 상용화 최종 시제품 제작	100	제작완료
4. 항공방제용 무인기 BMS 시제품 제작 및 시험	100	시험완료
5. 전체 시스템 통합 운용 시험 수행 및 개선	100	수행완료
- 협동연구기관1((주)멀티에어)		
1. 16L급(2 ha) 항공방제용 무인기 상용화 시제품 제작	100	제작완료
2. 병충해 모니터링용 소형 무인기 상용화 시제품 제작	100	제작완료
3. 분무 및 입제살포 시스템 상용화 시제품 제작	100	제작완료
4. 방제실증 작업 종합 수행	100	수행완료
- 협동연구기관2((주)인포웍스) :		
1. GCS 개발 시제품 연동시험 및 종합 성능 검증 후 보완	100	보완완료
2. 방제맵 서버 및 통합 방제시스템 구축	100	구축완료
- 협동연구기관3(경북대학교) :		
1. 작물 생육정보 및 병해충 종류별 매뉴얼 개선 및 보완	100	개선완료
2. 방제효과 분석 및 환경 조건에 따른 관찰 및 실증	100	실증완료
3. 친환경 저농약 방제 기법의 활용방안의 지속적인 개선	100	개선수행

제 3 절 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성 등)

제 4 장 연구결과의 활용 계획 등

본 과제에서 수행한 연구내용은 방제를 효과적으로 하기 위해 무인기를 이용한 자율방제 기능과 병충해 예찰 및 방제맵을 개발하여 토탈방제시스템 구축하는 것이므로 이는 농촌에서 직접 활용할 수 있는 상태이다. 따라서 농업기술센터나 농협 등을 통하여 체계적으로 적용할 수 있다. 이를 위해 관련 기관에 홍보를 하여 개발된 방제시스템을 채택을 권장할 것이다.

사업화로는 본 과제를 통해 개발된 자율방제무인기는 전자지도와 연동되고 충돌 회피 기능 등을 갖추어 직접 판매할 수 있으며 이를 위해 관련 인증을 국토부, 농업실용화 재단으로부터 받아 참여기업이 사업을 이어갈 것이다. 또한 병충해 예찰용 무인기도 넓은 범위에서 주기적으로 예찰이 가능하도록 개발되었으므로 이의 판매도 추진할 것이다.

1. 사업화 전략

가. 상품화 대상 품목 선정

사업화를 위하여 다음과 같은 품목들을 전략적으로 판매 품목으로 선정하여 단품 또는 패키지로 판매하고자 한다.

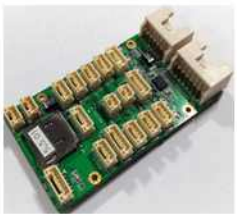
자율항공 방제용 무인기

병충해 예찰용 무인기

전용조종장치

통합 방제시스템

지상운용시스템



비행제어시스템

나. 성능비교 및 장점 홍보

	본 과제 무인기	국내 타사 무인기
농약 살포 및 입제살포 겸용	있음	없음
자동비행 경로 생성	있음	없음
충돌회피 성능	있음	없음
원천기술 보유 여부	있음	없음
탑재 용량	20L	대부분 10L, 일부 15 L

다. 단가를 낮추는 전략

경쟁력을 높이고 농촌에서 많이 사용할 수 있도록 단가를 낮추는 것이 필요한데 이를 위해 다음과 같은 노력을 할 것이다.

- 저가 재료의 탐색 및 선정을 통한 단가 인하
- 가공의 단순화 및 표준화를 통한 단가 인하

다. 홍보 전략

본 과제에서 개발한 제품은 농약살포와 입제살포를 모두 할 수 있는 드론, 광범위한 지역을 정밀 예찰할 수 있는 병충해 예찰용 드론, 병충해 예찰과 지역방제의 통합 제어를 할 수 있는 방제맵이므로 이들의 강점을 농업기술센터, 농협, 농업법인, 개인 등에게 홍보를 하여 판매를 촉진할 것이다.

라. 무인기의 안전성 강화

노령이나 여성 작업자들도 운용할 수 있도록 전용조종기의 화면 크기 확대, 조종 오조작에 대한 안전 알고리듬을 갖추고 있으나 여러 경우를 대비하여 강화할 것임.

마. 인증획득

드론의 판매를 위해서는 인증획득이 필요하므로 국토부 산하기관의 인증과 농업실용화 재단의 인증을 획득을 위한 절차에 바로 들어갈 것이다.

바.

<뒷면지>

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 첨단생산기술개발사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 첨단생산기술개발사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.