

보안 과제( ), 일반 과제( ○ ) / 공개( ), 비공개( ), 발간등록번호( ○ )

발간등록번호

11-1543000-002671-01

# 드론과 CCTV를 이용한 조류 독감 예찰 플랫폼 개발 최종보고서

2019. 4. 15.

주관연구기관 / 서울대학교 산학협력단  
협동연구기관 / 시스텍

농 립 축 산 식 품 부  
(전문기관) 농림식품기술기획평가원

<제출문>

## 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “드론과 CCTV를 이용한 조류 독감 예찰 플랫폼 개발”(개발기간 : 2017.05 . ~ 2018. 12.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2019 . 2 . 13 .

주관연구기관명 : 서울대학교 산학협력단 (대표자) 윤의준 (인)  
협동연구기관명 : 시스텍 (대표자) 박은경 (인)

주관연구책임자 : 이 중 용  
협동연구책임자 : 김 기 석  
박 성 진

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의  
합니다.

<보고서 요약서>

보고서 요약서

|                  |                         |                               |                              |               |   |
|------------------|-------------------------|-------------------------------|------------------------------|---------------|---|
| 과제고유번호           | 317026                  | 해 당 단 계<br>연 구 기 간            | 2018.01.01. ~<br>2018.12.31. | 단 계 구 분       | 2/<br>2   |
| 연구사업명            | 단 위 사 업                 | 농식품기술개발사업                     |                              |               |   |
|                  | 사 업 명                   | 가축질병대응기술개발                    |                              |               |   |
| 연구과제명            | 대 과 제 명                 | (해당 없음)                       |                              |               |   |
|                  | 세부 과제명                  | 드론과 CCTV를 이용한 조류 독감 예찰 플랫폼 개발 |                              |               |   |
| 연구책임자            | 이 중 용<br>김 기 석<br>박 성 진 | 해당단계<br>참여연구원<br>수            | 총: 15명<br>내부: 5명<br>외부: 10명  | 해당단계<br>연구개발비 | 정부:393,000천원<br>민간:131,000천원<br>계:524,000천<br>원 |
|                  |                         | 총 연구기간<br>참여연구원<br>수          | 총: 15명<br>내부: 5명<br>외부: 10명  | 총 연구개발비       | 정부:650,000천원<br>민간:217,000천원<br>계:867,000천<br>원 |
| 연구기관명 및<br>소속부서명 | 서울대학교 농업생명과학대학<br>시스템크  |                               |                              | 참여기업명<br>시스템크 |   |
| 국제공동연구           | 상대국명:                   |                               |                              | 상대국 연구기관명:    |   |
| 위탁연구             | 연구기관명:                  |                               |                              | 연구책임자:        |   |

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

|                         |  |
|-------------------------|--|
| 연구개발성과의<br>보안등급 및<br>사유 |  |
|-------------------------|--|

9대 성과 등록·기탁번호

| 구분          | 논문 | 특허 | 보고서<br>원문 | 연구시설<br>·장비 | 기술요약<br>정보 | 소프트<br>웨어 | 화합물 | 생명자원     |          | 신품종 |    |
|-------------|----|----|-----------|-------------|------------|-----------|-----|----------|----------|-----|----|
|             |    |    |           |             |            |           |     | 생명<br>정보 | 생물<br>자원 | 정보  | 실물 |
| 등록·기탁<br>번호 |    | 2  | 1         |             |            |           |     |          |          |     |    |

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

| 구입기관 | 연구시설·<br>장비명 | 규격<br>(모델명) | 수량 | 구입연월일 | 구입가격<br>(천원) | 구입처<br>(전화) | 비고<br>(설치장소) | NTIS<br>등록번호 |
|------|--------------|-------------|----|-------|--------------|-------------|--------------|--------------|
|      |              |             |    |       |              |             |              |              |
|      |              |             |    |       |              |             |              |              |

요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)  
 ○ 이 연구과제는 조류독감 예찰과 방역에 드론이라는 장비를 효율적으로 활용할 수 있는 하드웨어와 소프트웨어 통합 시스템을 개발하는 것으로서 개발하는 범위는 적정 드론의 선정, 드론을 이용한 영상분석기술, 예찰과 방역 정보의 효과적인 보고와 관리, 예찰 방역 수행자가 쉽게 업무를 수행하게 하는 통합 소프트웨어 개발과 예찰 방역 수행자의 기초 교육을 위한 사용 매뉴얼의 개발까지를 포함함.

보고서 면수  
358

- 본 과제 의 최종 목표를 달성하기 위하여 다음의 세부적 목표를 가짐.
- (1) 드론을 활용한 철새 폐사체 예찰 및 방역 모니터링 통합 운영 프로그램 개발
  - (2) 철새 폐사체, 사람·차량 이동 식별 및 위치분석을 위한 영상 처리 기술 개발
  - (3) 정밀 예찰 및 방역 감시용 드론 선정 및 작동 시스템 연구

○ 결과물

- 드론 통합 운영 프로그램
- 개발 플랫폼 및 데이터베이스의 현장실용화를 위한 운영매뉴얼
- 철새 폐사체 예찰 및 방역대 감시를 위한 드론
- 철새 폐사체 식별 시스템
- 방역대 내부 미허가 차량·사람 이동 식별 시스템
- 철새 폐사체 예찰을 위한 드론 최적 비행 조건 규명
- 방역대 내부 감시를 위한 드론 최적 비행 조건 규명



<요약문>

|                        |  |
|------------------------|--|
| <p>연구의<br/>목적 및 내용</p> | <p><b>[연구의 목적]</b></p> <p>○ 본 연구는 조류독감 예찰과 방역에 드론이라는 장비를 현장에서 즉시 활용가능하면서 효율적으로 활용할 수 있는 하드웨어와 소프트웨어 통합 시스템을 개발하는 것을 목적으로 함. 개발하는 범위는 적정 드론의 선정, 드론을 이용한 영상분석기술, 예찰과 방역정보의 효과적인 보고와 관리, 예찰방역 수행자가 쉽게 업무를 수행하게 하는 통합 소프트웨어 개발과 예찰 방역 수행자의 기초 교육을 위한 사용 매뉴얼의 개발까지를 포함함</p> <p><b>[연구의 내용]</b></p> <p>○ 정밀 예찰 및 방역 감시용 드론 선정 및 작동 시스템 연구</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 예찰 및 방역 감시 극대화를 위한 구조 및 flight system 개발</li> <li>● 실시간 영상 및 드론과 원활한 통신을 위한 3중 통신 system 구축 (LTE포함)</li> <li>● 지상 고도유지 비행 system 구축</li> <li>● Multi-Sensor system 구축을 위한 장착 Kit 개발</li> <li>● 정밀한 비행과 위치정보를 위한 RTK GPS system 구축</li> <li>● 작업별 드론 최적 운영법 연구</li> <li>● 조류 분변 채집을 위한 Gripper system 기초 연구</li> <li>● 시스템 경제성 분석 및 사업화 방안 연구</li> </ul> <p>○ 철새 폐사체, 사람·차량 이동 식별 및 위치분석을 위한 항공영상 처리기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 드론촬영 항공영상 매핑 및 관심영역 분리 기술 개발</li> <li>● 항공영상 전처리 기술 개발</li> <li>● 철새 폐사체, 사람, 차량 이동영상 추출기술 및 식별모델 개발</li> <li>● 적외선 항공 열영상 온도보정, 온도추출 및 분석 기술 개발</li> <li>● 개발기술의 성능평가 및 보완</li> </ul> <p>○ 고정식 CCTV를 활용한 방역대 이동제한 범위내 사람·차량 이동영상 처리기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 고정식 CCTV를 이용한 영상수집장치 구축</li> <li>● 방역대 이동제한 범위내의 사람·차량이동 영상식별기술 개발</li> <li>● 사람·차량 수 카운팅기술 적용</li> <li>● 차량 번호판 추출 및 번호판 문자인식기술 적용</li> <li>● 영상정보 데이터베이스 및 네트워크 기반 운영시스템 구축</li> <li>● 개발기술과 장치의 성능평가 및 보완</li> </ul> |
|------------------------|--|

|               |  |
|---------------|--|
|               | <p>○ 드론을 활용한 철새 폐사체 예찰 및 방역 모니터링 통합 운영 프로그램 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 드론 예찰 및 방역 활동을 위한 통합 운영 프로그램 설계</li> <li>● 드론 예찰 및 방역 활동에서 발생하는 데이터 분석 및 DB 설계</li> <li>● 드론 최적 예찰 방법 연구</li> <li>● 드론 예찰 및 방역대 감시 시스템 구축을 위한 법규·제도 분석</li> <li>● 개발 플랫폼 및 데이터베이스의 현장실용화를 위한 운영매뉴얼 개발</li> </ul>   |
| <p>연구개발성과</p> | <p>○ 본 과제의 연구개발 목표인 “드론을 활용한 정밀 예찰 및 방역 기술 개발” 을 달성하기 위하여 3개의 세부과제를 구성하였으며 각 세부과제별 연구개발성과는 아래와 같음</p> <p><b>[드론을 활용한 철새 폐사체 예찰 및 방역 모니터링 통합 운영 프로그램 개발 : 서울대학교]</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 드론 예찰 및 방역 통합 운영 프로그램 연구 및 시스템 설계       <ol style="list-style-type: none"> <li>가. 드론 지상제어시스템(GCS) 구축</li> <li>나. 데이터 전송 프로토콜 선정 및 데이터베이스 구축</li> <li>다. 주행 경로 효율화를 위한 경로 알고리즘 연구</li> <li>라. 폐사체 위치 정보 전송 및 알림 시스템 구축</li> <li>마. 국가방역시스템, 지자체 운영시스템 및 현장본부와의 연동성 확보</li> <li>바. 통합 모니터링 플랫폼 시스템 설계</li> </ol> </li> <li>2. 드론 예찰 및 방역 통합 운영 프로그램 연구 및 시스템 설계       <ol style="list-style-type: none"> <li>가. 드론 지상제어시스템(GCS) 구축</li> <li>나. 데이터 전송 프로토콜 선정 및 데이터베이스 구축</li> </ol> </li> </ol> <p><b>[철새 폐사체, 사람·차량 이동 식별 및 위치분석을 위한 항공영상 처리 기술 개발 : 서울대학교]</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 드론촬영 항공영상 처리기술 개발       <ol style="list-style-type: none"> <li>가. 항공영상 매핑기술 개발</li> <li>나. 항공영상 반사도 보정기술 개발</li> <li>다. 지상체 방사율 측정 및 보정기술 개발</li> </ol> </li> <li>2. 조류, 사람 및 차량 영상처리기술 개발       <ol style="list-style-type: none"> <li>가. 항공영상기반 조류, 사람 및 차량 추출기술 개발</li> <li>나. 조류 및 차량 항공영상 빅데이터 구축</li> <li>다. 항공영상을 이용한 딥러닝 기반 조류 및 차량 검출모델 개발</li> </ol> </li> <li>3. 적외선 항공열영상 처리기술 개발       <ol style="list-style-type: none"> <li>가. 적외선 항공열영상 보정용 휴대형 대면적 흑체시스템 개발</li> <li>나. 측정고도, 대기환경에 따른 적외선 항공열영상 온도보정기술 개발</li> <li>다. 영상보정을 이용한 다중 항공영상 정합기술 개발</li> </ol> </li> </ol> |

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
|                                    | <p>4. 고정식 CCTV를 활용한 방역대 이동제한 범위내 사람·차량 이동영상 처리기술 개발</p> <p>가. 고정식 CCTV를 활용한 사람·차량 이동영상 수집 장치 구축</p> <p>나. 주야간 출입차량 번호판 인식기술 구현</p> <p>다. 주야간 출입자 수 인식 및 카운팅기술 구현</p> <p><b>[정밀 예찰 및 방역 감시용 드론 작동 시스템 연구 : (주)시스템크]</b></p> <p>1. 정밀 예찰 및 방역 감시용 드론 선정 및 개선 연구</p> <p>가. 예찰 및 방역 감시 극대화를 위한 구조 및 flight system 설계</p> <p>나. 지상 고도유지 비행 system 구축을 위한 디자인 및 설계</p> <p>라. Multi-Sensor system 구축을 위한 장착 Kit 설계</p> <p>2. 정밀 예찰 및 방역 감시용 드론 구축, 현장 검증 및 비행법 연구</p> <p>가. 드론 활용 극대화를 위한 구조 및 flight system 개발 및 현장검증</p> <p>나. 비행시간 극대화를 위한 적정전원계통 구축</p> <p>다. 지상 고도유지 비행 system 구축</p> <p>라. 실시간 영상 및 드론통신을 위한 3중 통신시스템 구축</p> <p>마. Multi-Sensor system 구축을 위한 장착 Kit 개발</p> <p>바. 정밀한 비행과 위치정보를 위한 RTK GPS system 구축</p> <p>사. 작업별 드론 최적 운영/비행법 연구</p>  |
| <p>연구개발성과의<br/>활용계획<br/>(기대효과)</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 개발된 기술과 제품은 지방자치단체나 지역생산자조합 등에 보급하<br/>되 자주 발생하는 곳부터 우선 보급하여 향후 3년 이내에 전국 모든<br/>시군구에 보급하는 정책을 추진함       <ul style="list-style-type: none"> <li>● 기술과 제품이 보급됨에 따라 예찰방역 정보 Bigdata 구축하여 AI<br/>발생 예보나 발생위험 지수 등 발표 (추가적인 연구개발 필요)</li> <li>● 기술과 제품은 개발업체에 의하여 지속 보완 추진함</li> </ul> </li> <li>○ 조류독감의 확산 차단과 피해 예방에 기여함 : 국가 예산과 농업인과<br/>국가경제 피해 최소화       <ul style="list-style-type: none"> <li>● 국가방역시스템과 연동하여 철저히 관리하여 예찰효과와 차단방<br/>역의 효과를 높임</li> <li>● 주·야간 운영과 최적 영상처리기술을 적용하여 방역전문 인력 부<br/>족과 비전문성 문제를 해결함</li> <li>● 현재 항공영상 응용기술의 제한사항들을 극복하여 수 km반경의 넓<br/>은 면적의 검사영역을 예찰을 빠르고 정확하게 수행하여 국가 예<br/>산 절감은 물론 소요인력 및 방역활동 시간감축에 기여함</li> <li>● 철새 폐사체, 사람·차량의 식별을 위해 가시광 RGB영상뿐만 아니<br/>라 적외선 항공 열영상과 night vision 영상을 같이 활용함으로써<br/>대상체의 식별성능을 향상</li> </ul> </li> <li>○ 4차산업혁명기술 산업 육성과 기술확대에 기여 : 드론을 이용한 조류<br/>독감 예찰과 방역시스템은 세계최초로 연구개발된 것으로 조류독감<br/>피해국가에 수출 가능하며 에너지, 환경, 보안, 산림, 국방, 엔터테인<br/>먼트 산업 등의 전방위적인 산업분야에 폭넓게 활용</li> <li>○ 기존의 조류 독감 현장 예찰과 방역에 적용된 적이 없는 새로운 기</li> </ul> |

|                  |  |   |       |                              |           |
|------------------|--|---|-------|------------------------------|-----------|
|                  | <p>술로서 관련 기술과 장치가 개발될 경우, 발병이 의심되는 전국 축산 농가 현장에 즉각 투입되어 기존 방역체계에 부족한 신속한 검증, 확진의 초동대응에 활용될 수 있음</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 주·야간에 운영이 가능하고 최적 설계된 영상처리기술을 적용함으로써 기존의 현장방역에서 문제로 지적되는 방역관련 전문 인력 부족과 방역인력의 비전문성 문제를 해결할 수 있을 것이며 신속하고 정확한 예찰 및 방역을 가능하게 함</li> <li>○ 최적설계·제작된 드론, 최신 영상처리기술, 첨단통신, 데이터베이스 및 소프트웨어기술을 융합한 최첨단 기술로써, 기존의 항공영상 응용기술의 제한사항들을 극복하고 수 km반경의 넓은 면적의 검사영역을 예찰을 빠르고 정확하게 수행 할 수 있으므로 기존의 예찰 및 방역에 소요되는 많은 비용과 시간을 절감할 수 있을 것으로 기대함</li> <li>○ 철새 폐사체, 사람·차량의 식별을 위해 가시광 RGB영상뿐만 아니라 적외선 항공 열영상과 night vision 영상을 같이 활용함으로써 대상체의 식별성능을 증대시킬 수 있을 뿐만 아니라 필요에 따라 야간 예찰과 방역을 수행하여 초동대응에 즉각 대응함으로써 많은 비용과 시간을 절감할 수 있음</li> <li>○ 현재까지 대부분 수입에 의존하고 있는 것으로서 제안된 과제가 성공적으로 수행된다면 관련 기술과 장치의 국산화를 달성할 수 있고 에너지, 보안, 환경, 국방, 엔터테인먼트 등의 전방위 산업에 적용함으로써 국산화 기술경쟁력 제고와 드론을 활용한 영상장비 시장 점유율 확대를 통한 경제적 파급 효과를 획득할 수 있음</li> </ul> |   |       |                              |           |
| 국문핵심어<br>(5개 이내) | 조류인플루엔자  | 예찰 및<br>방역기술                                  | 드론    | 항공영상처리                       | 철새 폐사체    |
| 영문핵심어<br>(5개 이내) | Avian<br>Influenza   | Forecasting<br>and prevention<br>of epidemics | Drone | Aviation image<br>processing | dead bird |

## < 목 차 >

|   |     |
|---|-----|
| 1장. 연구개발과제의 개요 .....  | 1   |
| 2장. 연구수행 내용 및 결과 .....  | 6   |
| 1절. 조류 독감 예찰 플랫폼 요구사항 분석 및 기초조사 .....                             | 6   |
| 1. UAV 성능 요구사항 분석서 .....  | 6   |
| 2. 예찰 및 방역 통합 운영 프로그램 개발을 위한 철새 생태 분석 및 방역대 분석 .....              | 12  |
| 3. 예찰 및 방역 통합 운영 프로그램 개발을 위한 법적·제도적 분석 .....                      | 16  |
| 2절. 예찰 및 방역 감시 극대화를 위한 구조 및 flight system 개발 .....                | 24  |
| 1. Auto Flight 운영을 위한 Frame 구조 선정 (Quad, Hexa, V-tol) .....       | 24  |
| 2. 적정 모터, 프로펠러 선정을 위한 연구 .....                                    | 29  |
| 3. 프로토타입 및 시제품 제작 .....   | 33  |
| 4. 기체경량화를 위한 연구 .....   | 42  |
| 3절. 비행시간 극대화를 위한 Battery system 구축 .....                          | 48  |
| 1. 비행시간 극대화를 위한 배터리 선정 .....                                      | 48  |
| 2. 파워 모듈 및 스위치 모듈 개발 .....  | 58  |
| 3. 악천후(영하 -10도 이하) 비행을 위한 System 구축 .....                         | 63  |
| 4. Intelligency Helipad( Landing station)개발 .....                 | 70  |
| 4절. 철새 폐사체, 사람·차량 이동 식별 및 위치분석을 위한 영상처리기술 개발 (I) .....            | 75  |
| 1. 드론촬영 항공영상 매핑 및 관심영역 분리 기술 개발 .....                             | 75  |
| 2. 항공영상의 전처리 기술 개발 (I) : RGB영상 반사도 보정기술 .....                     | 78  |
| 3. 항공영상의 전처리 기술 개발 (II) : 적외선 항공열영상 보정기술 .....                    | 81  |
| 4. 철새 폐사체, 사람, 차량 이동영상 추출기술 개발 .....                              | 84  |
| 5. 고정식 CCTV를 활용한 방역대 이동제한 범위내 사람·차량 이동영상 처리기술 개발 .....            | 86  |
| 6. 철새 폐사체, 사람·차량 이동영상의 식별모델 개발 : 식별모델 개발을 위한 항공영상 수집 .....        | 91  |
| 7. 철새 폐사체, 사람·차량 이동영상의 식별모델 개발 : 딥러닝 기반 항공영상 조류 검출/식별 모델 개발 ..... | 111 |
| 8. 철새 폐사체, 사람·차량 이동영상의 식별모델 개발 : 딥러닝 기반 항공영상 차량 검출/식별모델 개발 .....  | 125 |
| 5절. 드론을 활용한 철새 폐사체 예찰 및 방역 모니터링 통합 운영 프로그램 개발 .....               | 137 |
| 1. 드론 예찰 및 방역 활동에서 발생하는 데이터 분석 및 DB 설계 .....                      | 137 |
| 2. 드론 예찰 및 방역 통합 운영 프로그램 시스템 설계 .....                             | 139 |
| 6절. 드론 예찰 및 방역 통합 운영 플랫폼 개발 .....                                 | 143 |
| 1. 플랫폼 구성 및 특징 .....  | 143 |

|   |     |
|---|-----|
| 2. 실시간 영상 및 드론과 원활한 통신을 위한 3중 통신 system 구축 (LTE포함) .....                    | 153 |
| 3. 지상 고도유지 비행 system 구축 .....   | 162 |
| 4. Multi - Sensor system 구축을 위한 장착 Kit 개발 .....                             | 165 |
| 5. 정밀한 비행과 위치정보를 위한 RTK GPS system 구축 .....                                 | 167 |
| 6. 작업별 드론 최적 운영법 연구 .....   | 169 |
| <br>  |     |
| 7절. 철새 폐사체, 사람·차량 이동 식별 및 위치분석을 위한 영상처리기술 개발 (II) .....                     | 183 |
| 1. 적외선 항공 열영상 온도보정 기술 개발 (I) : 적부지 내부 영상외선 열영상 보정을 위한<br>대면적 흑체시스템 개발 ..... | 183 |
| 2. 적외선 항공 열영상 온도보정 기술 개발 (II) .....   | 188 |
| 3. 적외선 항공 열영상 온도추출 및 분석기술 개발 .....  | 193 |
| <br>  |     |
| 8절. 드론 예찰 및 방역 통합 운영 프로그램 개발 (NMAI) .....                                   | 199 |
| 1. 필요성 및 목적 .....   | 199 |
| 2. 연구방법 .....   | 199 |
| 3. 연구결과 .....   | 200 |
| <br>  |     |
| 9절. 플랫폼 및 데이터베이스의 현장 실용화를 위한 운영 매뉴얼 개발 .....                                | 208 |
| 1. 예찰용 드론(K Mapper) 운영 매뉴얼 개발 .....   | 208 |
| 2. GCS 프로그램(K-GCS) 운영 매뉴얼 개발 .....  | 209 |
| 3. 통합 운영 프로그램(NMAI) 운영 매뉴얼 개발 .....   | 210 |
| <br>  |     |
| 10절. 시스템 경제성 분석 및 사업화 방안 연구 .....   | 211 |
| 1. 연구필요성 및 목적 .....   | 211 |
| 2. 연구 방법 .....  | 211 |
| 3. 연구 결과 .....  | 211 |
| <br>  |     |
| 3장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 .....  | 227 |
| 1절. 목표 .....  | 227 |
| 2절. 목표 달성여부 .....   | 229 |
| 3절. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성 등) .....                               | 232 |
| 1. 목표 미달성 내용 .....  | 232 |
| 2. 목표 미달성 원인 또는 사유 .....  | 232 |
| 3. 차후대책(후속연구의 필요성 등) .....  | 237 |
| <br>  |     |
| 4장. 연구결과의 활용 계획 등 .....   | 238 |

## 〈표 차례〉

|   |     |
|---|-----|
| 표 1 성능 요구서에 의한 기체 개발 제원 .....                   | 7   |
| 표 2 UAV 성능에 따른 사양 (출처 : UAViators) .....        | 8   |
| 표 3 예찰 및 방역 관련 기관들 .....                        | 12  |
| 표 4 연구 대상 조류들의 특징 .....                         | 15  |
| 표 5 초경량비행장치의 주파수대역 .....                        | 17  |
| 표 6 비면허대역 무인기의 전파출력 범위 .....                    | 17  |
| 표 7 비행 및 항공촬영 승인기관 .....                        | 18  |
| 표 8 초경량비행장치 시험 응시료 (단위: 천원) .....               | 19  |
| 표 9 장착 예정 임무장비의 무게 ( 쿼드콥터 ) .....               | 24  |
| 표 10 장착 예정 임무장비의 무게 ( 헥사콥터 ) .....              | 24  |
| 표 11 장착 예정 임무장비의 무게 (수직 이착륙기) .....             | 25  |
| 표 12 Quad copter 와 Hexa copter, 수직이착륙기 비교 ..... | 26  |
| 표 13 Center Plate, Arm Pipe 사용 내용 .....         | 28  |
| 표 14 연구에 이용된 추력 측정기 .....                       | 29  |
| 표 15 소음 테스트 장소 및 장비 내용 .....                    | 29  |
| 표 16 모터별 프로펠러 추력 테스트 결과 .....                   | 30  |
| 표 17 모터별 프로펠러 소음 테스트 .....                      | 31  |
| 표 18 호버링 시간 테스트 .....                           | 32  |
| 표 19 1차 모터와 ESC 및 부속자재 .....                    | 38  |
| 표 20 모터와 ESC 및 캐노피적용 .....                      | 41  |
| 표 21 알루미늄, 카본 플레이트 무게 비교 .....                  | 43  |
| 표 22 배터리별 스펙 비교 .....                           | 48  |
| 표 23 정전류 테스트 기기 스펙 .....                        | 49  |
| 표 24 런타임 실험 조건 .....                            | 50  |
| 표 25 런타임 실험 조건 .....                            | 56  |
| 표 26 스위치 모듈 스펙 .....                            | 63  |
| 표 27 온도계측센서 .....                               | 63  |
| 표 28 헬리패드 디자인 적용 사항 .....                       | 70  |
| 표 29 정밀 착륙을 위한 센서스펙 .....                       | 70  |
| 표 30 헬리패드 제원 .....                              | 72  |
| 표 31 항공촬영용 RGB 카메라 사양 .....                     | 78  |
| 표 32 측색계로 측정한 캘리브레이션 판의 RGB값 .....              | 79  |
| 표 33 적외선 항공열영상 측정카메라 사양 .....                   | 81  |
| 표 34 온도 센서의 주요 사양 .....                         | 81  |
| 표 35 고도 및 대상체의 회귀모델 분석 결과 .....                 | 83  |
| 표 36 항공 영상 촬영 조건 .....                          | 92  |
| 표 37 컴퓨팅 시스템 사양 .....                           | 114 |
| 표 38 CNN기반 조류 검출 모델 별 성능평가 결과 .....             | 117 |
| 표 39 CNN기반 차량 검출 모델 별 성능평가결과 .....              | 127 |

|      |                                    |     |
|------|------------------------------------|-----|
| 표 40 | 항공영상 멀티클래스 검출모델 성능평가 결과            | 131 |
| 표 41 | 드론과 통합운영프로그램 사이 통신                 | 138 |
| 표 42 | 통합운영프로그램과 영상분석프로그램 사이 통신           | 138 |
| 표 43 | CCTV와 통합운영프로그램 사이 통신               | 139 |
| 표 44 | 드론 생산을 위한 증명서                      | 143 |
| 표 45 | 기체 제원                              | 145 |
| 표 46 | 모터 및 변속기 제원                        | 146 |
| 표 47 | FC 제원                              | 147 |
| 표 48 | 조종기 제원                             | 147 |
| 표 49 | 수신기 제원                             | 148 |
| 표 50 | 텔레메트리                              | 148 |
| 표 51 | LTE 송수신모듈                          | 149 |
| 표 52 | RGB 카메라 제원                         | 149 |
| 표 53 | 열화상 카메라 제원                         | 150 |
| 표 54 | 열화상, RGB 동시촬영용 카메라 제원              | 150 |
| 표 55 | 카메라 트리거 센서 제원                      | 151 |
| 표 56 | 두 가지 크기의 Helipad System 센서 적용 헬리패드 | 151 |
| 표 57 | 고도유지 센서 제원                         | 152 |
| 표 58 | 정밀 착륙 센서 제원                        | 152 |
| 표 59 | GCS 시스템 제원                         | 153 |
| 표 60 | 주파수별 최대 조종거리                       | 154 |
| 표 61 | Lidar sensor 의 주요사양                | 164 |
| 표 62 | 시화호 촬영지 정보                         | 170 |
| 표 63 | 영종도 갯골 촬영 정보                       | 171 |
| 표 64 | 영종도 농가 옆 농지 정보                     | 172 |
| 표 65 | Sony RX100 25mm 렌즈의 고도별 GSD 사진     | 173 |
| 표 66 | Flir Vue Pro R 13mm 렌즈의 고도별 GSD 비교 | 174 |
| 표 67 | 중복률에 따른 비행시간 비교                    | 181 |
| 표 68 | 동일한 중복률에서 GSD에 따른 비행시간 비교          | 182 |
| 표 69 | 동일한 중복률에서 GSD 차이에 따른 비행시간          | 182 |
| 표 70 | 픽셀영역 및 인가전압조건별 분석된 온도분해성능 (K)      | 188 |
| 표 71 | 항공촬영용 적외선 카메라 사양                   | 190 |
| 표 72 | UAV 주요 사양                          | 190 |
| 표 73 | 실험에 이용된 휴대용/대면적 흑체                 | 190 |
| 표 74 | 실험에 이용된 측온저항체                      | 191 |
| 표 75 | 고도보정 실험 IR 카메라 사양                  | 194 |
| 표 76 | 상 보정 기술 종류                         | 195 |
| 표 77 | 정합 영상 실험에 사용된 RGB&적외선 일체형 카메라      | 196 |
| 표 78 | 고도별 항공열영상 픽셀분해능 분석 결과              | 197 |
| 표 79 | 서버 시스템의 제원                         | 200 |



|      |                      |     |
|------|----------------------|-----|
| 표 80 | 예찰전용드론 예찰성능 .....    | 211 |
| 표 81 | 주기별 변화 탐지 .....      | 218 |
| 표 82 | 예찰용 드론 시스템 구성도 ..... | 222 |
| 표 83 | 드론 시스템 플랫폼 .....     | 223 |

## 〈그림 차례〉

|  |    |
|--|----|
| 그림 1 세부기관별 연구추진 공정 개략도 .....                         | 1  |
| 그림 2 2005년부터 2017년까지 전세계 조류인플루엔자 발생현황도 .....         | 3  |
| 그림 3 드론을 활용한 정밀 예찰 및 방역 기술의 개략 .....                 | 5  |
| 그림 4 UAV의 종류 (출처 : DRONEII) .....                    | 7  |
| 그림 5 UAV 종류에 따른 체공시간과 무게와의 상관관계 (Floreano ) .....    | 8  |
| 그림 6 두 대 이상의 UAV를 관제하기 위한 통신망 구성도, (Ali, 2008) ..... | 10 |
| 그림 7 카메라 렌즈별 화각 비교 .....                             | 11 |
| 그림 8 GSD Calculator 2 (pix4d) .....                  | 12 |
| 그림 9 겨울철 조류 동시센서스 조사 지점 .....                        | 14 |
| 그림 10 16 ‘-17’ 야생조류 고병원성 AI 발생 현황 .....              | 14 |
| 그림 11 시화호내 체류중인 철새 .....                             | 14 |
| 그림 12 전국 관제권 및 비행금지구역 지도 .....                       | 17 |
| 그림 13 제작 기체 3종류 .....                                | 25 |
| 그림 14 Frame 컨셉디자인 .....                              | 28 |
| 그림 15 Thrust Measuring Stand .....                   | 29 |
| 그림 16 소음테스트 장비 설치 사진 .....                           | 30 |
| 그림 17 기체 장치 모터 .....                                 | 32 |
| 그림 18 1차 프로토 타입 기체 .....                             | 33 |
| 그림 19 모터 변속기 조합 .....                                | 34 |
| 그림 20 2차 프로토 타입 .....                                | 35 |
| 그림 21 모터 변속기 조합 .....                                | 35 |
| 그림 22 1차 시제품 1 .....                                 | 37 |
| 그림 23 1차 시제품 2 ( 접을시 ) .....                         | 37 |
| 그림 24 캐노피 시제품 사진 .....                               | 40 |
| 그림 25 2차 시제품 사진 .....                                | 40 |
| 그림 26 알루미늄 센터플레이트 무게 .....                           | 42 |
| 그림 27 카본 센터플레이트 무게 .....                             | 43 |
| 그림 28 알루미늄 모터 마운트 .....                              | 44 |
| 그림 29 경량 랜딩스키드 .....                                 | 44 |
| 그림 30 알루미늄 모터 마운트 .....                              | 45 |
| 그림 31 Type 2 ( 후방 오픈형 ) 디자인 .....                    | 45 |
| 그림 32 Type 1 ( 배터리투입부 덮개형 ) .....                    | 46 |
| 그림 33 Type 1 ( 배터리투입부 덮개형 ) 무게 측정 .....              | 46 |
| 그림 34 Type 2 ( 후방 오픈형 ) .....                        | 47 |
| 그림 35 Type 2 ( 후방 오픈형 ) 무게 측정 .....                  | 47 |
| 그림 36 전압 강하 정전류 테스트 연결사진 .....                       | 49 |
| 그림 37 정전류 테스트 장비 .....                               | 49 |
| 그림 38 기체 런타임 실험 .....                                | 50 |
| 그림 39 Li-polymer 배터리 시간별 전압변화. ....                  | 51 |

|  |    |
|--|----|
| 그림 40 Li-HV 배터리 시간별 전압변화 .....           | 51 |
| 그림 41 Li-ion 배터리 시간별 전압변화 .....          | 52 |
| 그림 42 배터리별 시간별 전압변화 .....                | 52 |
| 그림 43 배터리별 정전류 부하 테스트 결과 .....           | 53 |
| 그림 44 Li-polymer 배터리 시간별 전압변화 .....      | 54 |
| 그림 45 Li-HV 배터리 시간별 전압변화 .....           | 54 |
| 그림 46 Li-ion 배터리 시간별 전압변화 .....          | 55 |
| 그림 47 배터리별 런타임 비교 .....                  | 55 |
| 그림 48 배터리별 런타임 테스트 결과 .....              | 56 |
| 그림 49 배터리별 정전류 부하 테스트 결과 .....           | 57 |
| 그림 50 배터리별 런타임 테스트 결과 .....              | 57 |
| 그림 51 중국제 저가형 파워모듈 .....                 | 58 |
| 그림 52 전원 모듈 PCB 디자인 컨셉 .....             | 59 |
| 그림 53 전원 모듈 PCB 디자인 컨셉 .....             | 59 |
| 그림 54 전원 모듈 사진 .....                     | 60 |
| 그림 55 전원 모듈 라인 사진 .....                  | 60 |
| 그림 56 스위치 모듈 운용개념도 .....                 | 61 |
| 그림 57 스위치 모듈 포트 구성안 .....                | 61 |
| 그림 58 스위치 모듈 블럭도 .....                   | 62 |
| 그림 59 전원 모듈 사진 .....                     | 62 |
| 그림 60 영하 10°C 이하 비행 테스트 사진 .....         | 65 |
| 그림 61 영하 13.4°C 비행 테스트 사진 .....          | 65 |
| 그림 62 실내 온도 20°C 에서 20분 예열 .....         | 66 |
| 그림 63 배터리 보온재 적용 .....                   | 66 |
| 그림 64 Li-polymer 정상온도 배터리 시간별 전압변화 ..... | 67 |
| 그림 65 저온 배터리 시간별 전압변화 .....              | 67 |
| 그림 66 보온재 적용 배터리 시간별 전압변화 .....          | 68 |
| 그림 67 저온 배터리 시간별 전압변화 .....              | 68 |
| 그림 68 저온 배터리 시간별 전압변화 .....              | 69 |
| 그림 69 Landing Test .....                 | 71 |
| 그림 70 Landing Test ( RTK GPS ) .....     | 71 |
| 그림 71 헬리패드 디자인 .....                     | 72 |
| 그림 72 헬리패드 가방 제작 .....                   | 73 |
| 그림 73 GPS 정확도 비교 .....                   | 73 |
| 그림 74 정밀착륙 센서 적용 .....                   | 74 |
| 그림 75 항공 영상의 SURF 특징점 추출 .....           | 75 |
| 그림 76 항공영상 2차원 매핑알고리즘 적용 순서도 .....       | 76 |
| 그림 77 최종 정합된 항공영상 (I) .....              | 77 |
| 그림 78 최종 정합된 항공영상 (II) .....             | 77 |
| 그림 79 측색계 (CR-300, MINOLTA) .....        | 78 |

|        |   |     |
|--------|---|-----|
| 그림 80  | 항공촬영 RGB영상, 고도 : 20 m .....                           | 79  |
| 그림 81  | 항공영상의 RGB 반사도 보정식 결과 .....                            | 80  |
| 그림 82  | 반사도 보정 전후의 수풀의 RGB변화 비교 .....                         | 80  |
| 그림 83  | 실험에 사용된 적외선 카메라와 온도 센서 .....                          | 81  |
| 그림 84  | 적외선 항공열영상 및 방사율 측정 대상영역 (A: 토양, B: 나무바닥, C: 수풀) ..... | 82  |
| 그림 85  | 20m 고도에서 측정된 적외선 항공열영상에 포함된 대상체별 방사율 분석 회귀과정          | 82  |
| 그림 86  | 대상체별 방사율 보정 전/후 항공열영상 및 온도변화결과 (고도: 20m) .....        | 83  |
| 그림 87  | 보행자 검출 논문들에서 확인된 대표적인 특징 추출 기법 .....                  | 84  |
| 그림 88  | 대표적인 Haar features .....                              | 85  |
| 그림 89  | 보행자와 항공 차량 영상에 대해 Haar feature를 적용하여 추출한 특징정보 .....   | 85  |
| 그림 90  | 보행자와 항공 차량 영상에 대해 Hog feature를 적용하여 추출한 특징정보 .....    | 86  |
| 그림 91  | 고정식 CCTV를 이용한 방역대내 사람·차량 이동 식별시스템 구성 개념도 .....        | 87  |
| 그림 92  | CCTV를 이용한 사람·차량 이동 식별시스템 구성품 .....                    | 87  |
| 그림 93  | 고정식 CCTV를 이용한 사람·차량 이동 식별시스템 영상정보처리 신호도 .....         | 88  |
| 그림 94  | 현장 테스트 실험 세팅 .....                                    | 88  |
| 그림 95  | 번호판 인식 CCTV 차량 인식 결과 .....                            | 89  |
| 그림 96  | 출입자 수 파악용 CCTV 출입자수 인식 결과 .....                       | 89  |
| 그림 97  | 출입자 수 파악 CCTV 야간 작동 성능 확인 .....                       | 89  |
| 그림 98  | 번호판 인식 CCTV 야간 작동 성능 확인 .....                         | 90  |
| 그림 99  | 출입자 수 파악 CCTV 테스트 조건 .....                            | 90  |
| 그림 100 | 번호판 인식 CCTV의 상단 설치 시 작동 성능 확인 .....                   | 91  |
| 그림 101 | 촬영에 사용된 모형새 .....                                     | 91  |
| 그림 102 | 철새 도래지 항공영상 촬영 결과 .....                               | 97  |
| 그림 103 | 모형새 항공영상 촬영 결과 .....                                  | 103 |
| 그림 104 | 차량 항공영상 촬영 결과 .....                                   | 106 |
| 그림 105 | 인터넷 수집 차량 항공영상 .....                                  | 108 |
| 그림 106 | 야생 조류 적외선 항공영상 .....                                  | 110 |
| 그림 107 | 야생조류, 모형새 항공영상 데이터 라벨링 .....                          | 112 |
| 그림 108 | Transfer learning기법을 적용한 강건(robust) 딥러닝 모델 설계 .....   | 113 |
| 그림 109 | 철새 딥러닝 검출모델 구성 과정 개략도 (SSD 모델) .....                  | 114 |
| 그림 110 | Window scanning process .....                         | 115 |
| 그림 111 | Non-maximum suppression .....                         | 115 |
| 그림 112 | 전체 이미지 조류 검출 과정 .....                                 | 116 |
| 그림 113 | IOU(Intersection of Union) .....                      | 117 |
| 그림 114 | 조류 검출모델 CNN기반 모델 별 성능평가 결과 (속도 및 정확도기준) .....         | 118 |
| 그림 115 | 조류 검출모델 Precision-Recall 그래프 .....                    | 118 |
| 그림 116 | Faster R-CNN Resnet 101 알고리즘을 이용한 야생조류 검출영상 .....     | 120 |
| 그림 117 | Faster R-CNN Resnet 101 알고리즘을 이용한 모형조류 검출영상 .....     | 121 |
| 그림 118 | Faster R-CNN 알고리즘을 이용한 철새검출영상 (오검출 영상 포함) .....       | 122 |
| 그림 119 | Hard examples .....                                   | 123 |

|         |  |     |
|---------|--|-----|
| 그림 120  | 전체 이미지에 대한 검출 결과 .....                                     | 125 |
| 그림 121. | 항공영상 데이터 라벨링 .....   | 126 |
| 그림 122. | 차량 검출모델 Precision-Recall 그래프 .....                         | 127 |
| 그림 123. | Retinanet Resnet50 알고리즘을 이용한 차량 검출 영상 .....                | 130 |
| 그림 124  | Retinanet Resnet50 알고리즘 차량 오검출영상 .....                     | 131 |
| 그림 125  | Faster R-CNN Resnet 101 모델 클래스별 Precision-Recall 그래프 ..... | 132 |
| 그림 126  | 멀티클래스 검출모델 검출영상 .....                                      | 135 |
| 그림 127  | 멀티클래스 검출모델 차량 오검출영상 .....                                  | 136 |
| 그림 128  | 전체 운영 시스템 개략도 .....  | 137 |
| 그림 129  | Mission planner .....                                      | 140 |
| 그림 130  | 드론 통합 제어 프로그램 화면 구성 .....                                  | 141 |
| 그림 131  | 완성 시제품 .....   | 144 |
| 그림 132  | LTE 송수신 통신 방식 .....  | 154 |
| 그림 133  | 조종기 화면 .....   | 155 |
| 그림 134  | GCS 화면 디자인 .....   | 155 |
| 그림 135  | LTE 모니터링 화면 .....  | 156 |
| 그림 136  | Ground Control System 디자인 .....                            | 156 |
| 그림 137  | 메인화면 .....   | 157 |
| 그림 138  | 미션 정보 화면 .....   | 157 |
| 그림 139  | 비행 화면 .....  | 158 |
| 그림 140  | 소스코드 (a) .....   | 159 |
| 그림 141  | 소스코드 (b) .....   | 160 |
| 그림 142  | 폼디자인 메인화면 .....  | 161 |
| 그림 143  | 폼디자인 비행계획 설정 .....   | 161 |
| 그림 144  | 테스트 비행과도 .....   | 162 |
| 그림 145  | Google 지도에 따른 비행고도 .....                                   | 163 |
| 그림 146  | 실험에 사용된 Lidar sensor .....                                 | 163 |
| 그림 147  | 센서 비행간 거리별 고도 .....  | 164 |
| 그림 148  | Lidar. 정밀 착륙 센서 장착키트 .....                                 | 165 |
| 그림 149  | 듀얼 카메라 마운트 키트 .....  | 166 |
| 그림 150  | RTK GPS 수신방식 .....   | 167 |
| 그림 151  | 3DR 사의 Here + GPS .....                                    | 168 |
| 그림 152  | 중형중복 50% 비행과도 .....  | 175 |
| 그림 153  | 중형중복 50% 정합영상 .....  | 176 |
| 그림 154  | 중형중복 60% 비행과도 .....  | 176 |
| 그림 155  | 중형중복 60% 정합영상 .....  | 177 |
| 그림 156  | 중형중복 70% 비행과도 .....  | 177 |
| 그림 157  | 중형중복 70% 정합영상 .....  | 178 |
| 그림 158  | 20mm 렌즈 ( 크롭바디 ) .....                                     | 179 |
| 그림 159  | 20mm 렌즈 ( 크롭바디 ) - 확대이미지 .....                             | 179 |

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| 그림 160 | 35mm 렌즈 ( 폴바디 ) .....                                    | 180 |
| 그림 161 | 35mm 렌즈 ( 폴바디 ) - 확대사진 .....                             | 180 |
| 그림 162 | 렌즈 초점거리별 화각 .....  | 181 |
| 그림 163 | 대면적/휴대형 흑체시스템의 구성개략도 .....                               | 184 |
| 그림 164 | 제작된 흑체시스템 실물 .....                                       | 185 |
| 그림 165 | 흑체시스템 성능평가 실험 개략도 .....                                  | 185 |
| 그림 166 | 개발된 흑체시스템의 적외선 열영상 .....                                 | 186 |
| 그림 167 | 160×160 픽셀영역에서 분석된 신호전달함수 .....                          | 187 |
| 그림 168 | 100×100 픽셀영역에서 분석된 신호전달함수 .....                          | 187 |
| 그림 169 | 50×50 픽셀영역에서 분석된 신호전달함수 .....                            | 187 |
| 그림 170 | 적외선 카메라 측정시의 대기환경의 영향 .....                              | 189 |
| 그림 171 | 연구에 이용된 적외선 카메라와 UAV 시스템 .....                           | 190 |
| 그림 172 | 흑체 촬영한 항공열영상 .....                                       | 191 |
| 그림 173 | 적외선 항공열영상을 통하여 취득된 데이터 포인트( x : 고도, y : 흑체시스템의 온도) ..... | 192 |
| 그림 174 | 적외선 카메라에서 측정한 온도의 고도별 비교 .....                           | 192 |
| 그림 175 | 가우시안프로세스를 이용한 회귀 .....                                   | 193 |
| 그림 176 | 적외선 항공 열영상의 고도보정 (Gaussian Process Regression) .....     | 193 |
| 그림 177 | Matlab 기반 영상 정합 과정 .....                                 | 195 |
| 그림 178 | 고도별 항공열영상 .....  | 196 |
| 그림 179 | 상 보정 기술을 활용한 이미지 정합 .....                                | 197 |
| 그림 180 | 이미지 정합 후 추출 이미지 예시(좌: RGB영상, 우: IR영상) .....              | 198 |
| 그림 181 | RGB 영상과 적외선 열영상을 이용한 조류 온도 검출 과정 .....                   | 198 |
| 그림 182 | NAMI의 운용 프로세스 .....                                      | 200 |
| 그림 183 | NMAI의 intro 페이지 .....                                    | 201 |
| 그림 184 | NMAI 메인페이지 .....   | 201 |
| 그림 185 | NMAI 메인페이지(리스트) .....                                    | 202 |
| 그림 186 | 로그인 페이지 .....  | 203 |
| 그림 187 | 상세 작업 페이지 .....  | 204 |
| 그림 188 | 결과 업로드 페이지 .....   | 204 |
| 그림 189 | 조류 예찰 페이지 .....  | 205 |
| 그림 190 | 농가 역학조사 페이지 .....  | 206 |
| 그림 191 | 농가 역학조사 모델링 사진 .....                                     | 206 |
| 그림 192 | 방역대 감시 페이지 .....   | 207 |
| 그림 193 | Kmapper 운영 매뉴얼 표지 .....                                  | 208 |
| 그림 194 | K-CGS 메인 화면 .....  | 209 |
| 그림 195 | NMAI의 intro 페이지 .....                                    | 210 |
| 그림 196 | 예찰전용 드론 운영 시스템 .....                                     | 212 |
| 그림 197 | 농가 정사영상 .....  | 213 |
| 그림 198 | 농가주변 정사영상 ( 주변 저수지 포함 ) .....                            | 214 |

|        |                            |     |
|--------|----------------------------|-----|
| 그림 199 | 농가주변 구글지도 구현 ( 주변 저수지 포함 ) | 214 |
| 그림 200 | 창문 치수계측                    | 215 |
| 그림 201 | 울타리면 치수계측                  | 215 |
| 그림 202 | 측면 내부벽 치수계측                | 216 |
| 그림 203 | 시설물 면적계측                   | 216 |
| 그림 204 | 매립지 체적계측                   | 217 |
| 그림 205 | 차량 유무 확인                   | 217 |
| 그림 206 | 수치지도 정합 도면                 | 218 |
| 그림 207 | 예찰용 드론 운영 개념도              | 220 |
| 그림 208 | 예찰용 드론 운영 모델               | 221 |
| 그림 209 | 자동경로 비행                    | 224 |
| 그림 210 | 작물 사이즈 측정                  | 224 |
| 그림 211 | 작물 NDVI 분석 (1)             | 225 |
| 그림 212 | 작물 NDVI 분석 (2)             | 225 |

# 1장. 연구개발과제의 개요

## 1절. 연구개발 목적

겨울철 반복적으로 발생하여 국내 축산농가에 직접적인 손실을 일으키고 예찰 및 방역 활동으로 인한 간접적 손실을 초래하는 조류 인플루엔자를 예방하기 위하여, 조류 인플루엔자의 전염 원인 중 하나로 지목되는 철새와 그 폐사체 등에 대한 예찰을 효율적으로 수행할 수 있는 드론 예찰 시스템을 구축하고자 하였다.

### 1. 정밀 예찰 및 방역 감시용 드론 작동 시스템 연구

철새 이동 경로·생태 등에 미치는 영향을 최소화하고 철새 예찰에 활용할 수 있고 이동 차량의 감시가 가능한 드론 작동 시스템을 연구하고자 하였다.

### 2. 철새 폐사체, 사람·차량 이동 식별 및 위치분석을 위한 항공 영상 처리기술 개발

드론에서 촬영한 항공 영상에 전처리 기술을 도입하여 자료에 대한 정확도를 상승시키고 이를 바탕으로 철새 폐사체, 사람, 차량 이동영상을 추출 및 식별하는 모델을 개발하고자 하였다.

### 3. 드론을 활용한 철새 폐사체 예찰 및 방역 모니터링 통합 운영 프로그램 개발

드론을 이용한 예찰 및 방역 활동을 위한 통합 운영 프로그램을 개발하고 전체 시스템을 활용하기 위한 운영매뉴얼을 개발한다.

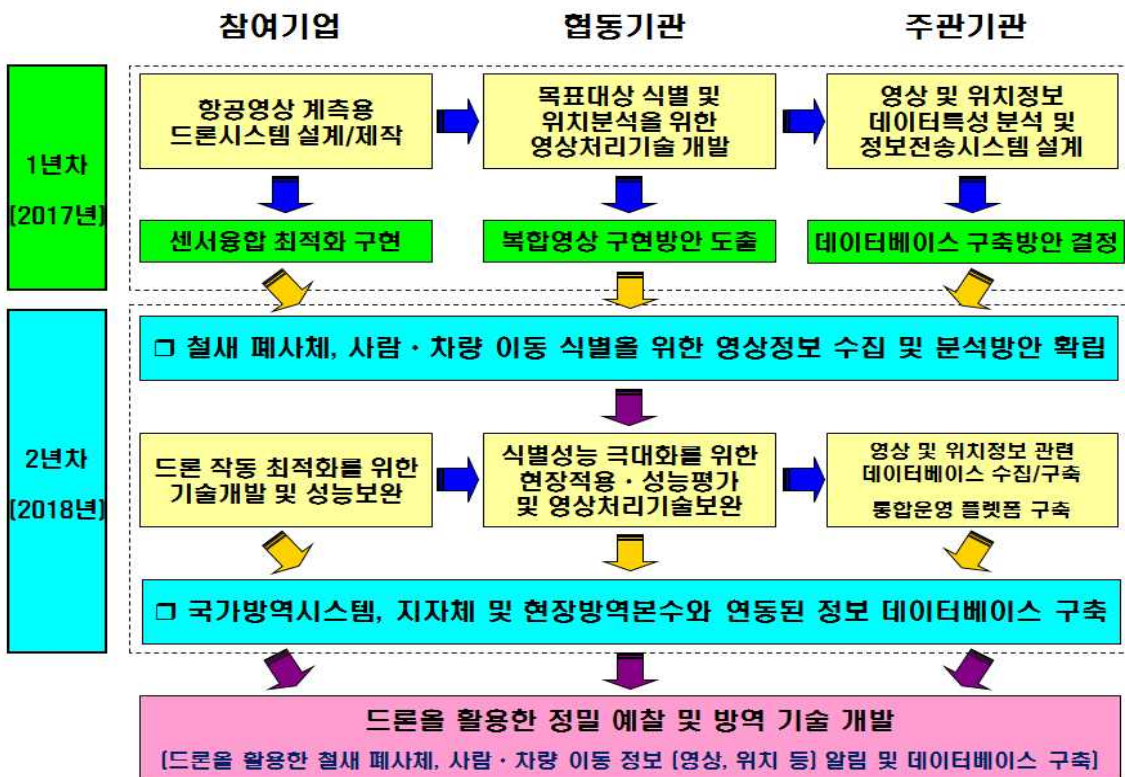


그림 1 세부기관별 연구추진 공정 개략도



## 2절. 연구개발의 필요성

### 1. 조류인플루엔자 예찰 및 방역에 관한 연구개발의 필요성 및 중요성

○ 조류독감은 조류인플루엔자(Avian Influenza, AI)에 의해 발생하는 조류의 급성 전염병으로 닭, 칠면조, 오리 등 가금류에서 피해가 심각하며 바이러스의 병원성에 따라 고병원성과 저병원성 조류인플루엔자로 구분된다. 고병원성은 위험도가 높아 세계동물보건기구(OIE, Office International des Epizooties)에서도 발생 시 의무적으로 보고해야 하는 관리 대상 질병으로 지정하고 있으며, 국내에서는 제1종 가축전염병으로 분류되고 있다.

○ 우리나라는 세계에서 유례없는 철새 도래지로서 2003년 12월 충북에서 처음 조류인플루엔자가 확인된 이후, 거의 매년 같은 패턴으로 발생하고 있으나 조류인플루엔자의 확산을 막기 위한 실질적이고도 능동적인 방역대책은 살처분이 유일한 상황으로서 조류인플루엔자에 대한 정밀한 예찰과 과학적인 방역체계의 구축이 절대적으로 필요하다.

○ 우리나라는 2016년 11월부터 발생한 AI로 인해 835 농가, 3,337만수(닭: 2,788만수, 오리: 262만수, 메추리 등: 287만수) 살처분 매몰하였다. (출처: 농림축산식품부 AI 방역 일일 보고, '17. 2. 26.)

○ 2016년에 개정된 농림축산식품부의 ‘조류인플루엔자 긴급행동지침’에 따르면 방역대별로 통제초소 및 거점 소독장소를 운영하며 방역대별 차량, 사람 통제 방안으로서 사람의 경우에는 아직 특별한 통제 기술이 존재하지는 않고, 발생농장의 방문금지를 당부하고, 발생지역에서는 마을 거주자나 관계관 이외의 통행을 금지하며 발생농장의 방문을 금지하는 수준에서 방역이 이루어지고 있다. 또한, 축산 관련 차량의 경우, 거점 소독장소에 도착하면 GPS를 이용해 축산차량을 선별하고 소독장소 전광판에 차량 정보 (차량번호, 차량 유형, 초소접근거리)를 표시하며, 자율적인 축산차량의 소독을 유도하는 수준으로서 국내의 경우 드론 및 항공촬영기술과 같은 첨단과학기술을 적용한 방역대 내 예찰과 차량, 사람의 식별을 통한 첨단 방역 조치는 이루어지지 않고 있다.

○ AI 바이러스는 원래 조류에서 사람에게 직접 전파되지 않는 것으로 알려져 있었으나, 1997년 홍콩에서 고병원성 AI 인체감염이 발생하여, 2014년 5월 기준으로 총 16개국에서 발생하였다. 2003년 말 인도네시아, 이집트 및 베트남에서 H5N1형 고병원성 AI 인체감염이 발생하였으며, H7N9형 인체감염사례는 2013년 중국에서 처음으로 발생하였고, 2014년에는 H5N6형 인체감염 사례가 중국에서 보고되었다.



그림 2 2005년부터 2017년까지 전 세계 조류인플루엔자 발생 현황도

○ “살처분·이동통제 범위 등에 대한 오리·닭 등 품목별 현 국가 예찰 및 방역 시스템의 평가와 개선방안 연구”에서 전국 가축 방역 담당 공무원과 공중방역 수의사 등을 대상으로 한 설문조사에 따르면 방역 당국의 AI 예찰을 통한 발병 인지가 부족한 이유로 건수 달성 위주의 예찰 응답이 제일 많았으며 농장주 반대로 인한 조사 직접방문이 곤란한 점과 철새 관찰이 쉽지 않다는 문제점 또한 공동 2위로 나타났다. 인력 및 전문성 부족으로 인해 시료 채취가 정밀하지 못하고 상시 방역업무가 지나치게 많은 점 등이 지적되었으므로 철새 관찰의 어려움과 방역업무의 부담을 줄이기 위한 대체 기술 연구와 전문성 부족을 해결할 수 있도록 데이터베이스 관리 및 통합 운영 플랫폼이 필요하다는 의견도 나왔다.

○ 시·공간 군집 분석을 통한 조류인플루엔자 연구에서는 철새와 차량 등에 의하여 원거리에서 고병원성 조류인플루엔자가 유입되고 초기 대응 실패 시에 인접 전파를 통해 주변으로 퍼져 군집을 형성하는 것을 파악하였다. 또한, 주요 철새 도래 지역이 아닌 지역에서도 발생빈도가 높게 나타나는 것을 발견하였으며 지속적인 바이러스 유입을 효과적으로 차단하지 못하여 일대 농가를 지속적으로 오염시킨 것으로 나타나 초기 발견 및 대응이 중요한 것으로 보인다. 사회연결망 유형 분석 방법의 연구에서는 원거리 전파는 축산차량에 의한 것으로 확인되어 차량을 대상으로 한 방역관리도 필수적이다. 예찰 대상 철새와 텃새를 대상으로 한 전염, 확산 모델링으로 조류 인플루엔자의 확산의 흐름을 분석한 연구로 철새에서 인근 농장에 주는 영향을 파악하였고 철새 및 주변 텃새에 대한 예찰 활동으로 AI 발생으로 인한 피해를 최소화 할 수 있을 것으로 판단되었다.

## 2. 사람·차량식별에 관한 연구개발의 필요성 및 중요성

○ 영상측정 센서, 영상처리 (인식/식별) 기술의 비약적인 발전, 확산과 더불어 사용자 편의성에 대한 요구가 증가함에 따라 다양한 분야에서 능동/수동적 인식 환경에서의 사람 및 사물의 인식과 식별을 위한 기술수요가 증대하고 있다.

○ 영상처리기술을 이용한 사람 및 사물의 식별기술은 정보획득의 용이성으로 인하여 사용자 인증 및 출입통제 등의 전통적 보안 분야뿐만 아니라 HRI, 범죄 수사, 미아 찾기, 엔터테인먼트 등의 분야에서도 폭넓은 응용 분야를 확보하고 있다.

○ 사람·차량을 식별하는 외산 기술의 국내 기술 대체 및 수출 효과는 약 1800억 원으로 추정되며 외산의 얼굴인식 엔진 및 솔루션들은 이미 그 성능이 입증된 제품들이 많으나, 고가의 라이선스 비용과 기술지원 미비로 국내업체가 사용하기에는 어려운 점이 있으며 관련하여 국내 기술이 개발되어 이용될 경우, 라이선스 비용 절감 효과뿐만 아니라 적극적인 기술지원에 따른 생산성 증대 효과를 기대할 수 있을 것으로 기대된다.

○ 사람 인식 기반의 지능형 영상보안 기술은 카메라, 지능형 감시 시스템, 보안관계 산업 등과 깊은 연관성을 가지고 있어 IT 전반에 대한 기술적/경제적 파급효과가 클 것으로 예상된다.

○ CCTV/DVR 장비의 지능화를 통하여 지능형 영상보안 및 사용자 친화형 생체인식 분야 분야의 세계시장 주도 및 점유율 확대가 기대된다.

○ 미아방지, 범죄자 검색, 국가 시설물 보호 등 그 활용이 다양한 분야로 퍼지고 이를 통한 간접적인 경제 효과가 클 것으로 예상하며 대량의 CCTV 정보의 검색을 통해 u-City, u-Airport, u-Transport 등 대규모 융합 보안 응용 시스템 개발을 통한 새로운 시장의 창출이 기대된다.

### 3절. 연구개발 범위

○ 이 연구과제는 조류인플루엔자 예찰과 방역에 드론이라는 장비를 현장에서 즉시 활용할 수 있으면서 효율적으로 활용할 수 있는 하드웨어와 소프트웨어 통합시스템을 개발하는 것으로서 개발하는 범위는 적정 드론의 선정, 드론을 이용한 영상분석기술, 예찰과 방역 정보의 효과적인 보고와 관리, 예찰 방역 수행자가 쉽게 업무를 수행하게 하는 통합 소프트웨어 개발과 예찰 방역 수행자의 기초교육을 위한 사용 매뉴얼의 개발까지를 포함함. 개발하는 시스템은 조류 인플루엔자 예찰과 방역업무를 시행하는 지방자치단체나 생산자단체로 구상하였으며 시스템 전체 가격은 8,000만 원으로 추정되며 드론과 통합시스템은 비전문가가 짧은 기초교육을 통해 활용하는 것을 가정하며 개발하고자 한다.



그림 3 드론을 활용한 정밀 예찰 및 방역기술의 개요

○ 본 과제의 최종 목표를 달성하기 위하여 다음의 세부적 목표를 가짐.

- (1) 드론을 활용한 철새 폐사체 예찰 및 방역 모니터링 통합 운영 프로그램 개발
- (2) 철새 폐사체, 사람·차량 이동 식별 및 위치분석을 위한 영상 처리기술 개발
- (3) 정밀 예찰 및 방역 감시용 드론 선정 및 작동 시스템 연구

○ 결과물

- 드론 통합 운영 프로그램(GCS, 영상분석 시스템, KAHIS 연동 시스템 등)
- 개발 플랫폼 및 데이터베이스의 현장실용화를 위한 운영매뉴얼
- 철새 폐사체 예찰 및 방역대 감시를 위한 드론
- 철새 폐사체식별 시스템
- 방역대 내부 미허가 차량·사람 이동 식별시스템
- 철새 폐사체 예찰을 위한 드론 최적 비행 조건 규명
- 방역대 내부 미허가 차량·사람 이동 감시를 위한 드론 최적 비행 조건 규명

## 2장. 연구수행 내용 및 결과

### 1절. 조류 독감 예찰 플랫폼 요구사항 분석 및 기초조사

#### 1. UAV 성능 요구사항 분석서

예찰 및 방역 임무 수행에 필요한 드론의 성능 요소에는 다음과 같은 요구사항이 있다.

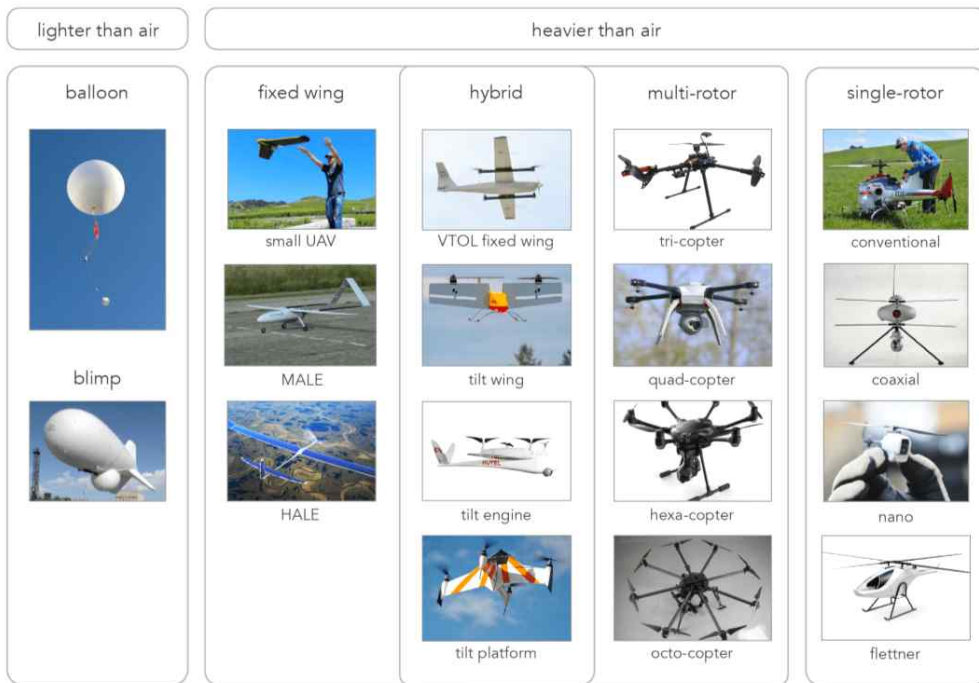
- 철새 도래지 근접 비행을 위한 비 가시권 자동비행
- 운영자 운반의 편리성을 위한 기체 경량화 및 도수 운반 가능
- 정밀 촬영을 위한 고화소 카메라 장착
- 도수 운반 시 생산성 확보를 위한 최대 기체 임무 수행시간
- 철새 도래시기인 흑한기 예찰을 위한 흑한 환경에서의 비행성
- 취득 영상의 다양성을 위한 임무 장비 부착 가능 및 현장 교체 가능
- 조류 관찰용 저소음 드론 개발
- 영상 매칭의 적합성을 위한 자동항법 및 사용 친화성 그라운드 콘트롤 시스템(GCS)
- 장거리 비 가시권 비행을 위한 통신 시스템

본 연구에서는 위와 같은 요구사항을 충족하는 기체 사양에 대하여 분석하였고, 분석된 성능요구에 적합한 드론을 시스템을 개발하였음.

표 1 성능 요구서에 의한 기체 개발 제원

| 항목        | 세부 항목           | 목표                   |
|-----------|-----------------|----------------------|
| 비행 및 제어성능 | 비행준비시간          | 10분                  |
|           | 최대 비행시간 (호버링기준) | 30분 이상               |
|           | 저온비행            | -10도 이하              |
|           | -10도 이하 비행제어    | 지정경로 자동 및 수동         |
|           | 비 가시권 비행거리      | 반경 5km               |
|           | 헬리패드 위 착륙       | 헬리패드 내 착륙            |
|           | 비행 로그           | 모니터 및 자동저장           |
| 지상 제어시스템  | 데이터 표시          | 실시간 비행데이터            |
|           | 영상 시스템          | 영상모니터 표시             |
|           | 통신 시스템          | 2.4GHz, 433Hz, LTE   |
| 사용 편의성    | 차량탑재 가능         | 소형 승용 차량에 탑재 가능      |
|           | 기체무게 ( 케이스 포함 ) | 10kg                 |
|           | 기체사이즈 ( 케이스포함 ) | 500 * 500 * 600mm 이내 |
|           | 임무 장비 무게        | 1kg 미만               |
| 비행 로그     | 로그 저장속도         | 10Hz                 |
|           | 파일 형식           | PX4 stack 형식         |
|           | SD 용량           | 4MB 이상               |

가. UAV의 종류



MALE: medium altitude long endurance (15,000 – 45,000 ft), HALE: high altitude long endurance (>45,000 ft.)

그림 4 UAV의 종류 (출처 : DRONEII)

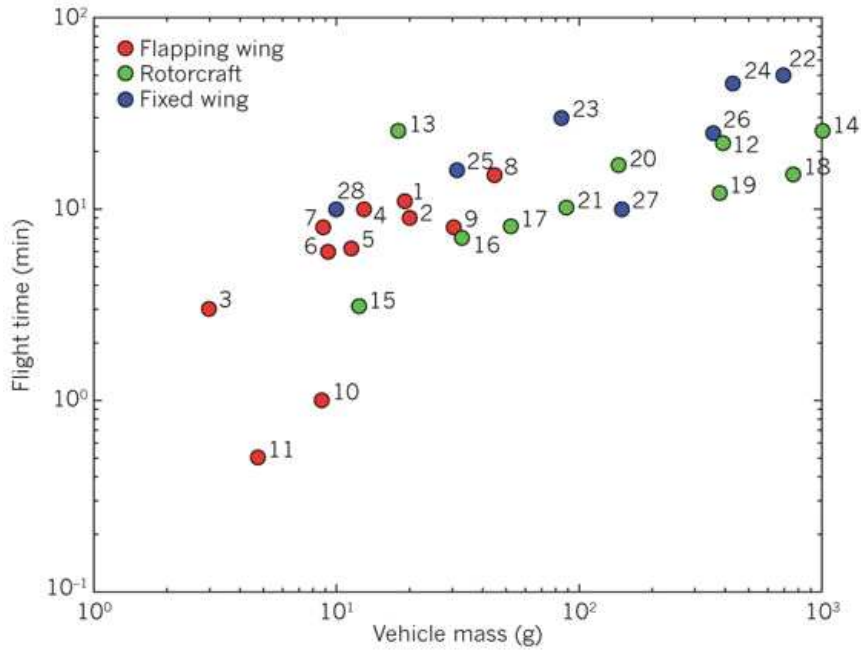
표 2 UAV 성능에 따른 사양 (출처 : UAViators)

| 구분       | 멀티콥터   | 소형 고정익  | 헬리콥터    | 중형 고정익         |
|----------|--------|---------|---------|----------------|
| 가격대 (만원) | 10~500 | 10~500  | 500 이상  | 1,000 ~ 10,000 |
| 제공 시간    | 10~30분 | 20분~4시간 | 15분~2시간 | 1~16시간         |
| 탑재 중량    | 1-2kg  | 1-4kg   | 1-20kg  | 5-50kg         |
| 복잡도      | 낮음     | 보통      | 높음      | 매우 높음          |
| 필요 숙련도   | 낮음     | 일반      | 매우 높음   | 높음             |
| 이륙 방식    | 수직     | 손, 발사대  | 수직      | 발사대, 활주로       |

- UAV는 기체의 형태, 비행방법, 크기 등에 따라 다양하게 나눌 수 있다.
- 예찰 및 방역 감시를 위한 UAV는 현장운영, 숙련도, 이륙 방식, 환경 영향 요소 등을 비교하였을 때 소형 쿼드콥터가 적합한 것으로 판단하였다.

나. 드론 제공 시간

- 드론이 예찰 및 방역 감시에 필요한 사진을 촬영하기 위해서는 목표 대상의 경위도 좌표 및 고도에 도달하고, 촬영하고 이륙 지점으로 돌아오는 제공 시간이 충분해야 한다.
- 일반적으로 제공 시간이 길어지기 위해서는 많은 배터리를 장착해야 하며, 드론의 크기와 무게를 증가시킨다.
- UAV의 크기와 무게를 증가시키면 현장 운영자의 운반과 휴대성에 문제가 발생하게 된다.
- 아래 그림은 UAV의 종류에 따른 제공 시간과 UAV 무게 사이의 상관관계를 나타낸 것이다.
- 예찰 및 방역업무 수행을 위해 목표를 정상적으로 수행하기 위한 최소한의 제공 시간을 정의하였으며, 최소 30분 이상의 제공 시간이 필요한 것으로 파악하였다.



- |                             |                        |
|-----------------------------|------------------------|
| 1. Nano Hummingbird         | 15. Seiko-Epson uFR-II |
| 2. DelFly Explorer          | 16. Ladybird V2        |
| 3. DelFly Micro             | 17. Mini X6            |
| 4. H2Bird                   | 18. 350.QX2            |
| 5. MicroBat                 | 19. AR.Drone 2.0       |
| 6. Bionic Bird              | 20. QR Y100            |
| 7. Avitron V2.0             | 21. QR W100S           |
| 8. 36 cm Ornithopter        | 22. eBee               |
| 9. 28 cm Ornithopter        | 23. Black Widow        |
| 10. 15 cm Ornithopter       | 24. Wasp III           |
| 11. 10 cm Ornithopter       | 25. Univ. Florida MAV  |
| 12. Parrot Bebop drone      | 26. H301S              |
| 13. PD-100 Black Hornet PRS | 27. Diamond 600 EP     |
| 14. DJI Phantom 2           | 28. EPFL MC2           |

그림 5 UAV 종류에 따른 체공 시간과 무게와의 상관관계 (Floreano )



다. 통신 방법

- UAV를 조종 제어하기 위해서는 다양한 통신 기술들이 사용된다.
- UAV의 정밀한 위치를 파악하기 위한 GNSS 위성과의 통신 기술, 지상과의 관제를 위한 GCS와의 통신 기술, 영상을 전송하기 위한 통신 기술 등이 선택적으로 사용될 수 있다.
- 본 과제에서는 한 대의 UAV를 사용하여 사진 촬영을 진행하므로 드론 간 통신 모듈은 사용하지 않으며, 드론과 GCS간의 통신이 끊어지지 않도록 통신 대책을 마련하여야 한다.
- 아래 그림은 두 대 이상의 UAV를 관제하기 위한 통신망의 구성도이다.

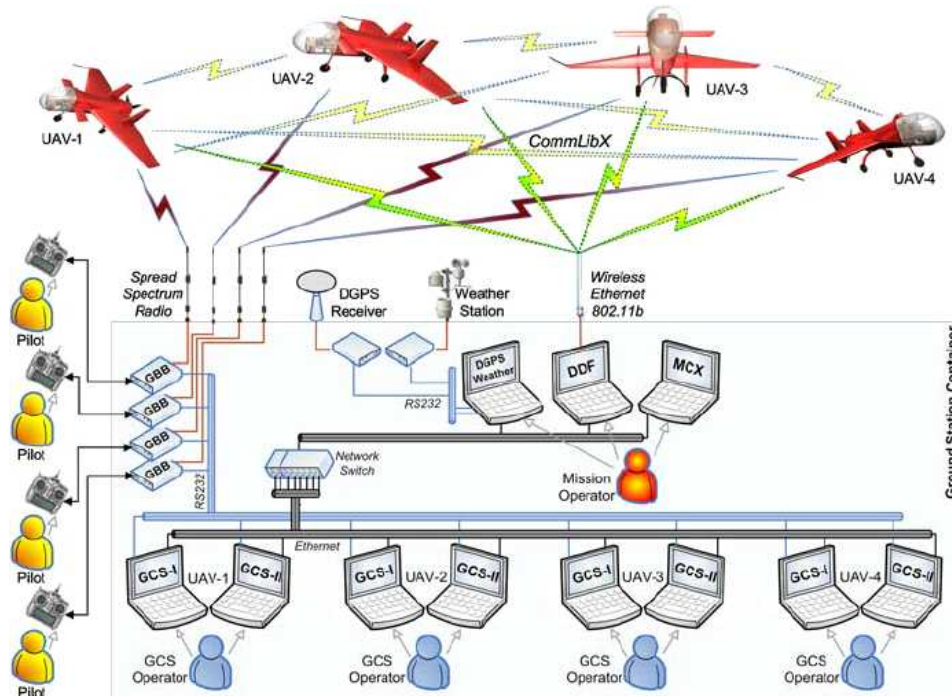


그림 6 두 대 이상의 UAV를 관제하기 위한 통신망 구성도, (Ali, 2008)

- GCS와의 통신은 일반적으로 사용하는 MAVLink 프로토콜을 사용하는 것이 적합할 것으로 판단한다.
- 주파수 대역별로 2.4GHz, 433 MHz, 4G LTE 탑재가 필요하다.

라. 비행 조건

- 예찰 및 방역 활동이 빈번한 시기는 겨울 철새가 출현하는 겨울철 ( 11월 ~ 2월 )로 예상하며 이 시기 영하 -10도의 환경에서 비행이 가능해야 하며 이를 위해 FC에 대한 예열과 배터리의 보온대책이 필요하다.

마. 안전비행 대책 강구

- 비숙련자에 의한 운영에 대비하여 안전비행 대책을 마련해야 한다.
- 방역업무 수행을 위해 농가 지역에 대한 30m 이하의 저고도 비행이 필요할 경우 센서에 의한 고도유지기능이 필요하다.

○ RTK GPS 운영으로 UAV 위치 정확도는 향상되겠지만 안전착륙 및 UAV 오염방지, 정밀 착륙을 위한 Helipad 시스템이 필요하다.

바. GCS 운영

○ 조종자의 노트북 시스템에 의한 UAV의 자동비행이 이루어지고 비행간 카메라의 실시간 영상을 현장에서 모니터링 가능해야 한다.

○ 드론 시스템은 조종자의 승용 차량에 탑재할 수 있어야 하며 기체(케이스포함)를 포함 10kg 이내로 경량화되어야 한다.

사. 사진 촬영 중복도

○ 카메라의 중복도는 촬영 영상의 수량과 비행속도 및 비행시간에 영향을 주는 요소로 모델 품질 및 처리 속도에 영향을 준다.

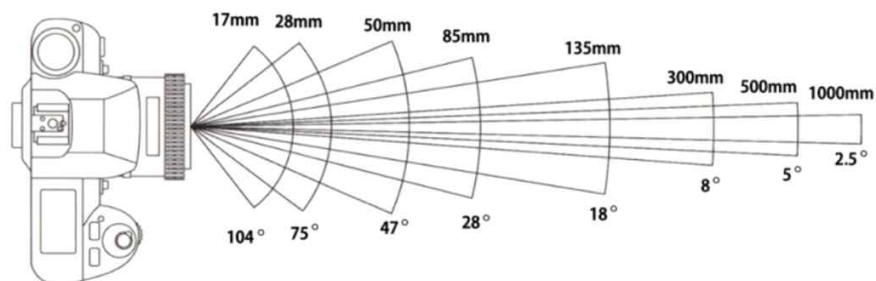


그림 7 카메라 렌즈별 화각 비교

○ 일정한 중복도의 사진을 촬영하기 위해서는 렌즈의 화각, 촬영 고도에 따라 촬영 지점을 조정하여야 한다.

○ 다음 그림은 두 장의 사진 촬영 거리와 횡중복도를 나타낸 것이다.

○ 본 과제에서는 중복도를 45%~50%로 설정하여 드론을 운영한다.

아. GSD ( Ground Sample Distance )

영상에서 표현되는 지상의 거리는 카메라(초점거리와 초점면)와 고도에 의해 결정된다. cm/pixel 즉 픽셀당 cm 거리를 구할 수 있다.

$$GSD(\text{cm/pixel}) = \text{지상 거리 } X(\text{cm}) / \text{이미지 width(pixel)}$$

$$GSD = \text{카메라 센서} * \text{비행고도/초점거리}$$

$$\begin{aligned} \text{지상 거리 } X(\text{width}) &= (\text{고도/초점거리}) * \text{카메라 센서} \\ &= GSD * \text{길이(sensor width)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{지상 거리 } Y(\text{height}) &= (\text{고도} / \text{초점거리}) * \text{카메라 센서 } X \text{ 길이(sensor height)} \\ &= GSD * \text{길이(sensor height)} \end{aligned}$$

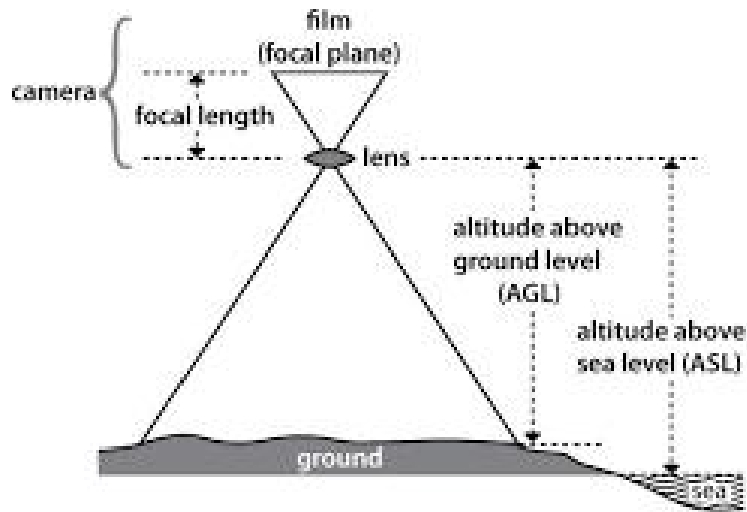


그림 8 GSD Calculator 2 (pix4d)

## 2. 예찰 및 방역 통합 운영 프로그램 개발을 위한 철새 생태 분석 및 방역대 분석

### 가. 필요성 및 목적

드론을 활용한 예찰 및 방역 통합 운영 프로그램을 개발하기 위하여 현재의 예찰·방역 시스템을 파악하고 조류의 생태를 분석할 필요가 있다. 이를 위하여 작업을 수행하는 유관기관들을 방문하고, 현장 전문가들과의 면담을 진행하였다. 그리고 철새 도래지 및 조류인플루엔자 발생 농가 주변을 방문하여 현장의 상태를 파악하고자 하였다.

또, 문헌 조사 등을 통하여 철새의 생태를 분석하여 예찰 및 방역 시스템 구축에 도움이 되고자 하였다.

### 나. 연구방법

철새 예찰 및 방역을 담당하는 유관기관 및 수의전문가 등을 방문 혹은 전화문의 등을 통하여 예찰 및 방역 활동에 대한 현장 상황과 애로사항 및 철새의 생태 및 감염 경로에 관하여 묻고, 드론의 활용 가능성 대하여 문의하였다.

표 3 예찰 및 방역 관련 기관들

| 문의방법 | 기관명   |
|------|---|
| 직접방문 | 농식품부 방역관리과, 가축위생방역지원본부, 농림축산검역본부, 반석가금, 국립생물자원관 |
| 전화문의 | 서울시 보건환경연구원, 한강유역환경청                            |

또, 시화호와 충남 아산시의 축산농가 주변을 방문하여 현지 상황을 점검하였으며, 문헌 조사 등을 통하여 철새에 대한 생태조사를 수행하였다.

## 다. 연구결과

### (1) 예찰 및 방역 방법

조류 예찰 업무는 환경부, 농림축산식품부, 보건복지부에서 협력하여 대응하고 있었으나, 철새에 대한 관리를 환경부에서 주관하는 만큼 점차 야생조류에 대한 예찰 부분은 환경부에서 전담하는 형태로 변화하고 있다.

조류 예찰은 주로 겨울 철새가 국내에 유입되는 10월 말에서 다음 해 2월 말까지 주로 수행하고 있으나 최근 조류 인플루엔자 발생이 이외의 기간에도 발생하는 경우가 있어 예찰 수행 시기가 증가하고 있다. 실제 예찰은 3~4인의 작업자가 철새 도래지 등을 방문하여 수행하며, 철새 시료 확보, 분변 채취, 폐사체 수집 등의 업무를 수행하고 있다. 이 중 주요 업무는 조류 분변을 수거하는 일로, 정해진 목표량만큼 채취하는 식으로 진행하고 있다. 수집된 철새 시료 및 분변은 지방 환경청과 국립환경과학원에서 검사를 수행하게 된다.

방역의 경우 조류 인플루엔자 발생 축사를 폐쇄하여 주변으로부터의 출입을 차단하고, 이후 현장에 기동방역기구를 설치하게 된다. 기동방역기구의 지휘는 주로 검역본부 직원이 담당하게 된다. 방역초소는 방역망에 설치되지만 주로 주요 대로/시-군 경계 도로/시-도 경계 도로 등에 설치하며 발생 상황에 따라 유동적으로 설치하고 거점소독장소는 대체로 고정된 장소에 설치하게 된다.

### (2) 예찰 수행 지역 및 예찰 수행 종의 선정

겨울철 철새 예찰 수행 및 조류 인플루엔자 발생은 아래 그림과 같이 전국에서 발생하고 있는데, 드론의 비행 가능 거리의 한계와 지역별 조류종의 차이로 인하여 모든 지역을 동시에 커버하는 장비를 만드는 것은 현실적으로 불가능하므로 실제 실험을 수행할 지역을 선정할 필요가 있겠다.

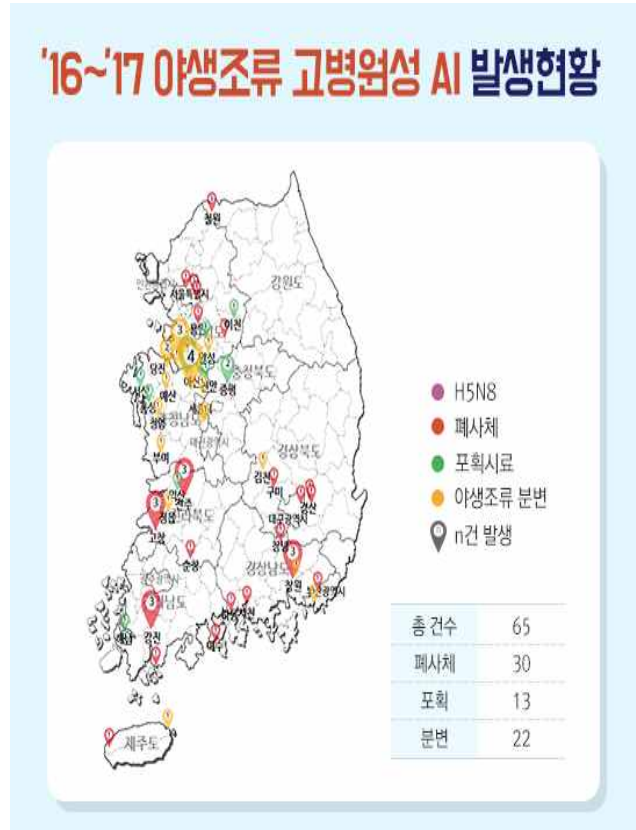
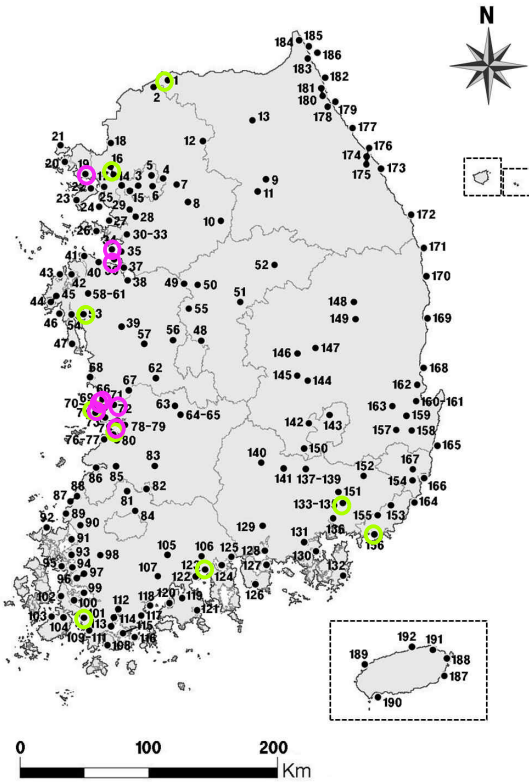


그림 9 겨울철 조류 동시센서스 조사 지점 그림 10 16 '-17' 야생조류 고병원성 AI 발생 현황

본 연구에서는 연구를 수행할 대상지로 시화호를 선정하고 현장을 방문하여 현황을 파악하였다. 시화호 내부의 형태를 중심으로 주변의 조류를 관찰하며 조류의 위치와 생태를 관찰하였다. 조사결과 새의 종류에 따라 다르지만 대체로 낮에는 하천에서 휴식을 취하고 저녁이 되면 인근의 농경지로 이동하여 먹이를 취득하는 것으로 나타났다.




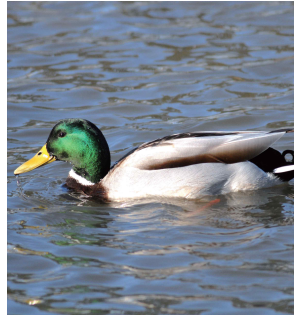
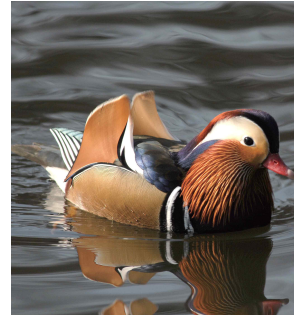
그림 11 시화호 내 체류 중인 철새

연구의 대상으로 삼는 조류는 흰뺨검둥오리 청둥오리, 원앙 세 가지 조류를 주 대상으로



삼고자 하였다. 이는 국내에 가장 많이 유입되는 철새 종은 가창오리지만, 보통의 철새도 조류 인플루엔자에 감염되면 사망률이 높아 병의 전파가 잘 이루어지지 않는데, 위의 3종류는 감염이 되어도 잘 죽지 않아서 병의 전파 원인으로 지목되고 있기 때문이다. 단, 상술한 바와 같이 사망률이 낮아 폐사체 검출이 어렵다고 판단되면 검사대상종을 변경할 수 있도록 하였다. 종별 특징은 다음 표와 같다.

표 4 연구 대상 조류들의 특징

| 명칭 | 흰뺨검둥오리  | 청둥오리  | 원앙   |
|----|---|---|--|
| 외형 |    |                           |                                     |
| 특징 | 몸길이 61cm, 날개 편 길이 26cm이며 풀잎과 풀줄기로 둥지를 만들고 흰색 알을 10~12개 낳아 암컷이 26일 동안 품는다.   | 몸길이 56~64cm, 날개 편 길이 26cm로 집오리보다 몸집이 작다. 땅 위에 둥지를 만들며 알을 8~10개 낳고 27~28일 후에 부화한다.                           | 몸길이 45cm, 날개 편 길이 23cm이며 나무 구멍에 둥지를 틀어 9개에서 많게는 22개까지 알을 낳으며 28~30일 동안 품는다.  |
| 생태 | 우리나라 전역의 하천, 습지, 섬 등에서 번식하는 텃새다. 여름에는 암수 한 쌍씩 짝을 지어 습지에서 생활한다. 수면성 오리로 논, 호수, 간척지, 하천, 하구, 해안의 풀밭에서 이삭, 풀씨, 나무 열매 또는 곤충 같은 무척추동물을 먹는다 | 집오리와 번식해 잡종을 만들거나 겨울철에는 함께 무리를 이루기도 한다. 수면성 오리로 해안, 농경지, 연못, 하천 등에서 무리 지어 생활하며 밤에는 풀씨, 곤충, 새우, 게 등을 잡아 먹는다. | 철새와 텃새가 담수, 내륙 습지에서 흔하게 관찰된다. 활엽수가 우거진 계류나 물이 끈 곳 또는 숲속 연못 등지에 살고 저녁에 나뭇가지 위에서 잔다. 주로 열매, 씨앗, 수생식물, 곤충 등을 상반신만 잠수해 먹는다 |

라. 고찰

예찰 작업에 있어 드론의 활용은 실제 예찰 작업 시 사람의 접근이 어려운 곳에 드론이 가서 확인하거나 공중에서 넓은 범위를 관찰하는 것으로 생각하였으나 현장의 분들은 더 나아가 분변을 채취할 수 있는 장비에 대한 요구가 많았다. (통칭 그리퍼(Gripper)). 주로 섬 지역 같이 접근이 어려운 곳에 분변이나 조류 사체가 발견되는 경우 접근을 하는 데 많은 애로사항이 있으므로 이를 극복하기 위한 분변 채취장치를 개발해 달라는 요구가 많이 있었다. 이는 연구제안 단계에서 본 연구팀이 제안하였다가 심사 과정에서 전염병 확산 위험성 때문에 반려되었던 사항인데 현장의 수요가 있는 만큼 가능한 범위 내에서 연구를 진행해 보고자 한다.

### 3. 예찰 및 방역 통합 운영 프로그램 개발을 위한 법적·제도적 분석

가. 초경량비행장치(드론) 운용 규제 완화의 필요성

(1) 규제 현황

(가) 법령

항공안전법 시행규칙 제305조에 따른 초경량비행장치 안전성인증대상은 다음과 같다.

- 최대이륙중량이 25kg을 초과하는 것
- 무인비행선 중에서 연료의 중량을 제외한 자체중량이 12kg을 초과하거나 길이가 7m를 초과하는 것
- 향후 기체 중량 기준을 25kg으로 증량하고 기체성능과 사용 용도를 종합적으로 고려하여 개정 예정임. 가시 범위 밖 비행이 가능한 기체, 사업용 기체의 경우, 중량과 관계없이 안전성인증대상에 포함됨.

항공안전법 시행규칙 제308조에 따라 초경량비행장치의 비행승인이 필요하지 않은 경우는 다음과 같다.

- 최저비행고도 150m 미만의 고도에서 운영하는 경우
- 관제권, 비행금지구역 및 비행 제한구역 외의 공역을 비행하는 경우
- 가축전염병의 예방 또는 확산방지를 위하여 소독, 방역업무 등에 긴급히 사용하는 경우
- 최대이륙중량이 25kg 이하이거나 연료 중량을 제외한 자체중량이 12kg 이하이고 길이가 7m 이하인 경우
- 단 비행 안전에 지장을 주지 않는 경우, 동일지역에서 반복적으로 이루어지는 비행에 대해서는 6개월의 범위에서 비행 기간을 명시하여 중복승인을 받지 않아도 됨

항공안전법 시행규칙 제310조에 따른 초경량비행장치의 운용 시 조종자는 다음을 준수해야 한다.

- 야간비행금지(일몰후~일출전) 단, 허가를 받아 비행하는 초경량비행장치는 제외함.
- 비행장 관제권 반경 9.3km 이내, 관제구역, 통제 구역, 주의 구역 비행금지
- 최대고도: 150m
- 인구 밀집 지역 또는 사람이 많이 모인 장소의 상공 비행금지
- 비행 중 낙하물 투하금지
- 지상 목표물을 맨눈으로 식별할 수 없는 상태에서 비행금지
- 조종자가 주류, 마약류의 영향 아래에서 비행금지

전과법 시행령 제24조 제4호의 규정에서 정한 신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선기기에 따른 초경량비행장치의 주파수대역 및 전파 출력범위는 다음과 같다.

- 소형드론 임무용 100MHz 대역폭은 비면허로 무선국 허가 없이 주파수를 이용할 수 있음
- 위성을 이용하여 드론을 제어하는 위성제어용 주파수(2,520MHz)와 영상촬영 등을 위한 드론 전용주파수(59MHz)는 무선국의 허가 필요
- 비면허대역 무인기의 전파출력은 2.4GHz에는 300mW, 5.8GHz는 10mW를 넘을 수 없음.

표 5 초경량비행장치의 주파수대역

| 구분 | 용도                    | 주파수대역                  | 대역폭    |
|----|-----------------------|------------------------|--------|
| 드론 | 소형 드론(취미, 레저)         | 5650~5725/5825~5850MHz | 100MHz |
|    | 중대형 드론(영상전송, 농약 살포 등) | 5091~5150MHz           | 59MHz  |

표 6 비면허대역 무인기의 전파출력 범위

| 주파수대   | 공중선전력 또는 공중선 전력밀도   |
|--|---|
| 2,400~2,483.5MHz<br>5,725~5,825MHz                                 | 10mW 이하 또는 10mW/MHz 이하<br>(방사되는 전파의 스펙트럼을 1MHz 채널로 나눌 때 채널파워가 10mW) |
| ● 공중선 전력(안테나공급전력): 안테나에서 실제로 공간 방사되는 전력. 송신기에서 안테나 등의 급전선계로 공급된 전력 |   |

(나) 비행금지구역 및 비행승인허가처

- 전국 관제권 및 비행금지구역

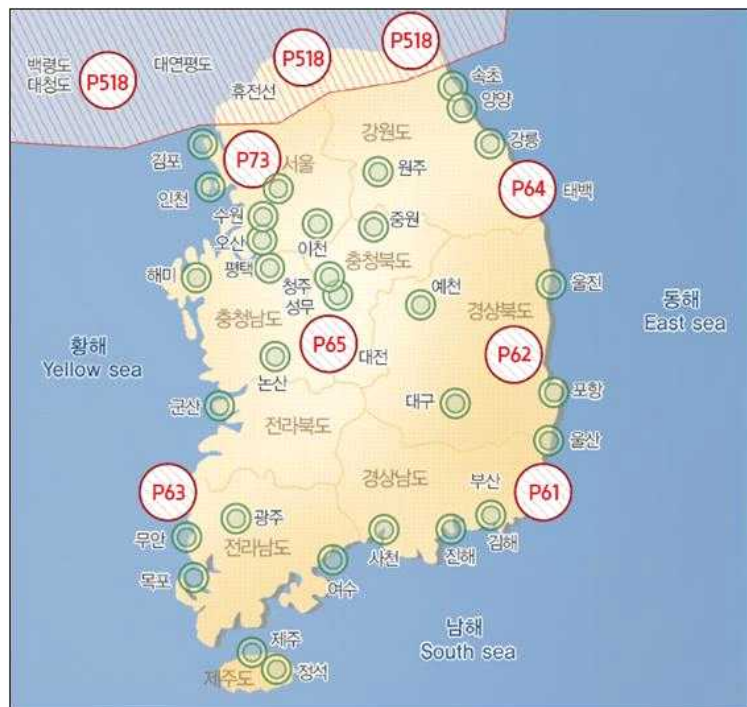


그림 12 전국 관제권 및 비행금지구역 지도



- 비행 및 항공촬영 승인기관

표 7 비행 및 항공촬영 승인기관

| 목적  |        | 지역                           | 담당기관  |
|---|--------|------------------------------|---|
| 비행허가 신청   |        | -                            | 국토교통부, 국방부                                  |
| 장치 신고 및 사업 등록   | 안정성 인증 | -                            | 교통안전공단 항공교통안전처                              |
|   | 조종자 증명 | -                            | 교통안전공단 항공시험처                                |
|   | 비행승인   | -                            | 서울지방항공청 항공운항과, 부산지방항공청 항공운항과, 제주지방항공청 안전운항과 |
|   | 공역관련   | -                            | 서울지방항공청 관제과, 부산지방항공청 항공관제국, 제주지방항공청 항공관제과   |
| 비행승인  |        | P73A, B(서울)                  | 수도방위사령부 화력과                                 |
|   |        | P518(휴전선)                    | 합동참모본부 항공작전과                                |
|   |        | P61A, P62A, P63A, P64A, P65A | 합동참모본부 공중중심작전과                              |
|   |        | P61B, P62B, P63B, P64B, P65B | 부산지방항공청 항공운항과                               |
|   |        | R75                          | 수도방위사령부, 국방부                                |
| 촬영 허가   |        | 서울 A공역                       | 국방부, 청와대 경호처, 수도방위사령부                       |
|   |        | 서울 B공역                       | 국방부, 수도방위사령부                                |
|   |        | 지방                           | 국방부, 부산·제주도 지방 항공청                          |
| ● P73A: 청와대 중심 반경 3.8km 이내, P73B: 청와대 중심 반경 8km 이내, P61: 고리원전, P62: 월성원전, P63: 한빛원전, P64: 한울원전, P65: 원자력연구소 |        |                              |   |

- 드론산업 소관부처: 산업통상자원부(드론산업), 미래창조과학부(전파 관리), 국토교통부(운항, 관리)

- 비행허가 신청

- 비행일로부터 최소 3일 전 국토교통부 원스톱 민원처리시스템(www.onestop.go.kr)을 통해 신청해야 하고, 서울 완충 구역의 경우, 4 근무일 전 수도방위사령관 작전처 화력과에게 승인요청이 필요하다.

- 항공촬영 허가신청

국방정보본부 보안암호정책과가 담당하고 촬영 7일 전 국방부로 “항공사진촬영 허가신청서”를 전자문서(공공기관의 경우) 또는 팩스(일반업체의 경우)로 신청하면 촬영 목적과 보안상 위해성 여부 등을 검토 후 허가가 난다.

항공촬영 허가와 비행승인은 별도로, 항공사진 촬영은 국방부로부터 항공사진 촬영 허가를 받고, 이를 첨부하여 공역별 관할기관에 비행승인을 신청해야 한다. 항공촬영 승인은 1주일 소요되며 서울지역 촬영 시 최소 14일~최대 20일이 필요로 한다.

(다) 초경량비행장치 조종자 자격획득 및 증명

① 초경량비행장치 비행자격 증명제도

- 초경량비행장치 중 동력비행장치, 회전익비행장치, 유인자유기구, 동력패러글라이더, 무인비행기, 무인헬리콥터, 무인멀티콥터, 무인비행선, 패러글라이더, 행글라이더, 낙하산류의 조종자격을 증명하는 제도로 지방항공청에 등록하여 교통안전공단에서 검사한다.

② 초경량비행장치 조종자 자격취득 대상

- 무인비행기/무인회전익비행장치: 연료 제외 자체중량 12kg ~ 150kg
- 무인비행선: 12kg ~180kg, 길이 7m~20m
- 취미, 연구목적은 제외함.

③ 초경량비행장치 자격증 취득방법

- 응시연령: 14세 이상 지원 가능
- 사전교육: 이론 20시간, 모의 비행 20시간, 실기비행 20시간의 과정 수료가 필수요건이다.

필기시험: 당해 업무에 필요한 항공법규, 항공기상의 기초지식, 항공기상통보와 기상도의 해독, 비행의 기초원리, 초경량비행장치 구조와 기능에 관한 기초지식 등의 항공역학, 지상활주, 이착륙 활주, 공중조작 등의 비행 운영이론 등에 관한 내용으로 시험을 본다.

실기시험: 필기시험 합격자로 20시간 이상 비행경력증명서 필요. 기체, 조종자, 기상, 비행장에 관한 사항 및 항공일반 지식에 관한 사항 질문 후 비행 전 절차, 이륙과 상승, 공중조작, 착륙조작, 비행 후 점검에 대한 비행조작능력과 종합평가를 합산. S 등급 이상 합격 여부를 판단한다.

- 시험에 응시하기 위한 응시료는 다음과 같다.

표 8 초경량비행장치 시험 응시료 (단위: 천원)

| 종류 | 국가자격 실기교육생      | 실기교육비 | 기체임대  | 합계    | 본인부담                     |
|----|-----------------|-------|-------|-------|--------------------------|
| A  | 일반교육생           | 2,500 | 2,000 | 4,500 | 16,000mAh battery<br>2EA |
| B  | B class입상자(3위권) | 2,500 | 1,000 | 3,500 |                          |
| C  | C class입상자(3위권) | 2,500 | 500   | 3,000 |                          |
| D  | 본인 소유기체         | 2,500 |       | 2,500 | 교통안전공단에 등록된 기체 등 모든 기자재  |

(2) 규제의 문제점

(가) 규제 필요성

- 전자기기, 통신, 촬영기술 등의 발달속도와 단속기술과의 괴리로 인해 발생할 수 있는 국가적, 개인적 보안 문제, 드론의 추락 및 충돌 등의 사회 안전문제 존재하고 있다.

(나) 현행 규제의 문제점

① 비행 및 촬영 승인

- 대부분의 농업용 드론은 중량기준인 25kg을 초과하여 사전에 비행승인이 필요하다.
- 드론 비행과 항공촬영을 위한 허가승인 기관이 국토교통부, 국방부로 나뉘어져 있고 기관 내에서도 여러 부서로 나뉘어 승인 기간이 매우 오래 걸리고 효율성이 떨어지고 있다.
- 비행 및 촬영 승인기관이 농업, 가축 질병 예찰 및 방역 목적의 비행과 연관성이 떨어져 해당 업무의 특수성을 이해하고 지원, 운영하기 어렵다.
- 수도권 지역은 비행금지구역이 많아 사실상 무허가 비행이 금지되며 특히 R75공역대는 수도방위사령부와 국방부의 해석이 달라 조종자에게 추가적인 혼란을 야기한다.
- 일반적인 항공촬영허가 기간 1주일, 서울 경기지역 항공촬영 승인을 위한 기간이 1주~20일로 매우 길어 철새 예찰을 위한 비행과 촬영 효율성이 떨어진다.
- 전국에 규제프리존 28곳이 존재하나 남부지역에 주로 위치하여 가금류농가가 주로 위치한 경기지역의 예찰 및 방역작업에는 도움이 되지 않는다.
- 규제프리존 28곳의 범위는 평균적으로 수평 반경 2km, 수직고도 152.4m로 넓지 않으며 일부 지역은 산지에 위치하여 접근성이 떨어지거나 주거지, 도로변, 도심 근처에 위치하여 유명무실하다.
- 구체적인 비행 및 촬영 스케줄(일자, 시간, 고도, 경로 등)을 사전에 보고하여 승인받아야 하여 적극적인 예찰 활동에 지장을 초래한다.
- 가축전염병 소독, 방역업무에 긴급사용 시 사전허가를 받지 않아도 되지만 AI 예찰 활동은 포함되지 않아 역학조사 등에 활용할 수 없다.
- 인구 밀집 지역 비행금지로 인해 여전히 광고, 공연 등의 여러 산업에서 이용하기 어렵다.
- ‘인체에 해가 되는 낙하물’, ‘육안거리’ 등 명확하지 않은 기준은 오해의 소지가 있다.
- 드론 비행으로 인해 발생한 소음문제에 대한 명확한 법적인 기준이 없는 실정이다.

## ② 조종자 자격획득

- 대부분의 농업용 드론은 중량 기준인 12kg을 초과하여 조종자 자격증 획득이 필요하다.
- 현행 60시간의 사전교육시간은 지방 관청의 공무원들이 이수하기 어렵다.
- 공통된 필기 및 실기시험의 내용이 농업, 가축 질병예찰 등의 실무와 거리가 있다.
- 자격증 비용이 250만원 이상으로 매우 비싸다.
- 자격증 획득을 위한 실제 비행시간 기준 경감으로 전과간섭이나 조종미숙, 예기치 못한 상황 발생으로 인한 충돌, 추락, 오작동 등의 안전사고를 유발할 가능성이 존재한다.

## ③ 획일적인 규제 기준 적용과 비현실적인 단속 처벌

- 비행체의 목적 및 성능 수준에 대한 고려없이 기체중량에 대한 획일적인 기준을 적용하고 있다.
- 드론의 일련번호 등록 및 보험 가입의 의무가 없다.
- 비행거리, 고도 등을 측정할 수 있는 기술이 부족하여 단속과 처벌이 현실적이지 못하다.

#### ④주파수 대역 및 전파 출력 문제

- 주파수대역 문제

- 위성을 이용하여 드론을 제어하는 위성제어용 주파수(2,520MHz)와 영상촬영 등을 위한 드론 전용주파수(59MHz)는 무선국의 허가가 필요하고, 단순 비행을 위한 드론 외에 다양한 임무를 위한 드론은 주파수 이용허가를 받아야 한다.

- 비면허대역에 대한 규제방안이 없고 소형 드론에게 할당된 주파수가 비면허로 공급되어 선발 사업자에 의한 선점효과가 발생할 위험이 존재한다.

- 새로 분배된 주파수대역이 이미 장기간 사용되어 온 국제기준 무선주파수대역인 2.4GHz, 5.8GHz에 맞지 않으며 시중에서 유통되는 대부분의 일본, 중국제 드론과 무선조종기의 주파수인 2.4GHz, 5.8GHz에 맞지 않는 문제가 있다.

- 전파 출력문제

- 전파출력기준(2.4GHz-300mW, 5.8GHz-10mW)을 넘는 출력은 개별적인 신고, 승인이 필요하다.

- 드론은 소출력무선기기로 분류되어 중앙전파관리소의 허가승인대상이 아니다.

- 현행 기준하에서는 드론의 배터리 감안시, 수신거리가 약 30m로 실용성이 떨어지며 산, 바다에서의 인명구조, AI 예찰 및 방역 등을 위해 사용할 수 없다.

- 비행조종을 위한 출력기준은 상향(10W)되었으나 영상송수신을 위한 기준은 바뀌지 않는다.

#### (3) 규제완화의 필요성

- 현행 법령체제에서는 농업, AI예찰, 영상촬영 및 전송 등의 중대형임무용 목적으로 초경량비행장치(드론)를 운용하고자 할 때 제약이 많다.

- 대부분의 중대형임무용 드론의 이륙중량은 25kg 이상이며 수도권지역은 비행금지구역이 많기 때문에 항공안전법상 안전성 인증을 받고 비행허가를 받아야 하며 조종사 자격증이 필요하다.

- 비행 및 항공촬영허가 승인 기관이 여러 곳에 나뉘어 있고 농업이나 가축질병 방역업무와 관련이 없어 임무의 특수성을 이해하고 지원하는데 한계가 있으며 허가승인 절차가 복잡하고 기간이 오래 걸려 드론활용의 장점인 효율성이 매우 떨어진다.

- 국가적 안보, 사회적 안전, 개인정보 보호 등의 문제가 있으나 현재보다 법령을 완화할 필요가 있다.

#### 나. 초경량비행장치(드론) 운용관련 정책 건의사항

##### (1) 비행 승인 관련 정책

- 항공안전법 시행규칙 제308조의 초경량비행장치의 비행승인이 필요하지 않은 경우를 확대해야 한다.

- 가축전염병의 예방 또는 확산방지 외에 예찰을 위한 비행 시에도 선 비행 후 승인 방식으로 변경

- 가축전염병의 예찰 및 방역업무를 위한 비행허가 승인 자격을 농촌진흥청 산하 드론팀이

나 방역/검역본부의 전담부서에 부과하여 보고체계 간소화 및 업무지원이 용이하게 함

- 가축전염병의 예찰 및 방역업무를 위한 목적의 긴급비행 시 일부 조종자 준수사항에 대해 항공안전법 적용 특례를 받고 자체적으로 운용 가능(야간비행 가능, 가시권 밖 방역대 내 비행 가능 등)

- 국방부와 국토교통부 산하 여러 부서로 나뉘진 비행 및 항공촬영업무 전담부서 창설
- 비행허가 필요여부를 현재의 중량기준으로 획일화된 형태가 아닌 비행목적에 따라 구분
- 수도권지역 규제프리존 확대
- 드론 기체 판매 시 일련번호 부여 및 보험가입 의무화
- ‘인체에 해가되는 낙하물’, ‘육안거리’ 등 명확하지 않은 기준 구체화

### (2) 조종자 자격증 관련 정책

- 현재 기체의 자체중량 12kg 기준을 최대이륙중량 25kg 기준으로 변경하고, 일괄적인 이론 교육 대신 전문성을 갖춘 목적에 맞는 이론, 실기 교육 실시하며, 이론 교육시간을 줄이고 실제 비행 교육시간을 늘리며 응시료를 조절할 필요가 있다.

### (3) 주파수 및 전파 출력 제한 정책

- 1km 이상의 거리에서도 비행조종 및 영상송수신이 가능하도록 1kW 이상으로 전파 출력기준 완화해야 한다. 그리고 드론의 전파출력향상 목적과 범위가 국가 안보, 사회 안전 등에 해가되지 않는 경우, 중앙전파관리소에서 심사를 통해 승인할 수 있도록 변경해야 한다.

## 다. 기대효과

### (1) 비행승인 관련 정책 개선

- 비행승인이 필요하지 않은 경우를 확대하여 가축전염병 예찰 및 방역업무에 드론을 활용하기 용이해져 항공촬영을 통한 맵핑, 분변수거, 약제 살포 등의 업무효율성을 높일 수 있다.
- 비행목적에 따라 승인절차를 뚫게되고 업무의 특수성을 이해하는 기관에서 비행승인 자격을 획득하여 보고체계 간소화 및 업무지원이 용이해진다.
- 전담부서 창설을 통해 비행승인 허가에 필요한 시간과 노력이 절약되어 기존의 1주일 이상 걸리던 기간이 단축될 수 있고 관련 산업이 활성화된다.
- 남부지역에 밀집된 규제프리존이 수도권지역 등 접근이 용이한 위치에 많아지면 시험비행을 하기 편해져서 드론관련 기술과 산업이 발전할 수 있다.
- 일련번호 부여 및 보험가입 의무화를 통해 위법행위 단속과 처벌이 실현가능해지고 드론의 충돌, 추락, 기물파괴 등의 안전성 문제 해결에 도움이 된다.
- 명확하지 않은 법령 유권해석이 줄어 조종자의 혼란을 줄이고 제도 내에서 안전하고 피해없이 운영할 수 있게 된다.

### (2) 조종자자격증 관련 정책개선

- 드론 운영 목적에 맞는 보다 전문적인 자격증을 획득할 수 있게 된다.
- 실무와의 연계성을 높여서 지방 담당 공무원들이 드론을 이용한 예찰, 방역, 인명구조 등에 투입되기 용이해진다.

(3) 주파수 및 전파출력 관련 정책개선

- 실정에 맞는 주파수 및 전파출력 조정을 통해 취미, 레저 등의 소형임무용, 농업, 영상촬영 등의 중대형임무용 드론산업 모두 활성화 가능해진다.

## 2절. 예찰 및 방역 감시 극대화를 위한 구조 및 flight system 개발

조류 예찰 및 농가 방역 감시 극대화를 위해 UAV 성능 요구 분석서를 기반으로 현장사용에 적합한 드론 시스템의 구조와 드론의 최대비행시간 확보를 위한 기체 경량화 및 효율적인 배터리 적용 연구가 필요하고 조류 AI가 발생하는 11월 - 2월 겨울철 저온비행을 위한 연구가 필요했다.

### 1. Auto Flight 운영을 위한 Frame 구조 선정 (Quad, Hexa, V-to)

#### 가. 필요성 및 목적

○ Frame의 구조 결정에는 현장 운영자의 운반 및 운영과 업무 효율성을 높이기 위해 드론의 Frame 구조를 선정해야 함

#### 나. 연구방법

○ 회전익은 쿼드콥터와 헥사콥터를 실험하였고 수직 이착륙기를 제작하여 비행성과 비행시간을 확인하고 비행체의 Flame과 임무 장비 및 배터리의 무게와 모터의 추력을 고려하여 시제품을 제작함.

○ 기체는 25인치 Carbon Arm과 알루미늄 프레임으로 랜딩 스트랙터를 구성함.

○ 비행시간은 무풍조건에서 6 cell 25.2V 10,000 배터리를 탑재하고 10m 높이에서 호버링하여 만충전 4.2V에서 3.5V가 되는 시간을 측정함.

#### 다. 연구결과

○ 구조 결정에 필요한 장착 예정 임무 장비의 Frame 별 예상무게는 표 9, 10, 11과 같음.

표 9 장착 예정 임무 장비의 무게 ( 쿼드콥터 )

| 품목                                      | 최대무게 (g) |
|---|----------|
| RGB Camera (배터리 포함)                     | 600      |
| Battery ( Li-ion )<br>(25.2V 22,000mAh) | 1800     |
| Frame 류                                 | 1800     |
| Flight Controller system                | 300      |
| 통신 모듈                                   | 300      |
| 기타 센서류                                  | 200      |
| 합계                                      | 5000g    |

표 10 장착 예정 임무 장비의 무게 ( 헥사콥터 )

| 품목                                      | 최대무게 (g) |
|---|----------|
| RGB Camera (배터리 포함)                     | 600      |
| Battery<br>(25.2V 20,000mAh ~30,000mAh) | 3500     |
| Frame 류                                 | 3600     |
| Flight Controller system                | 300      |
| 통신 모듈                                   | 300      |
| 기타 센서류                                  | 200      |
| 합계                                      | 8500g    |

표 11 장착 예정 임무 장비의 무게 (수직 이착륙기)

| 품목                           | 최대무게 (g) |
|------------------------------|----------|
| RGB Camera (배터리 포함)          | 600      |
| Battery<br>(25.2V 30,000mAh) | 3500     |
| Frame 류                      | 4100     |
| Flight Controller system     | 300      |
| 통신 모듈                        | 300      |
| 기타 센서류                       | 200      |
| 합계                           | 9,000g   |

○ Frame 구조디자인 및 재질 검토를 위한 기체를 제작 및 Test 비행을 표 12와 같이 Quad Coper, Hexa Copter, 수직 이착륙기에 대해 테스트 비행하여 필요한 구조를 결정함.



그림 13 제작 기체 3종류



표 12 Quad copter와 Hexa copter, 수직 이착륙기 비교

| 구분       | Quad Copter  | Hexacopter  |
|----------|--|---|
| Flame 결정 | 기체 사이즈 및 운영자의 운용에 편리한 Quad copter로 결정  | 탑재 가능한 중량은 많으나 상대적 크기가 너무 커서 운영에 불편하고 소음이 많다.                                       |
| 제작 사진    |  |  |
| 모터 사이즈   | 5208 ( 외경 52mm )   | 4214 ( 외경 42mm )  |
| 프로펠러 사이즈 | 15 Inch  | 12 Inch   |
| 모터 축간거리  | 650mm  | 1100mm  |
| 폴딩시 사이즈  | 400mm * 400mm * 500mm  | 600mm * 600mm * 800mm   |
| 기체 중량    | 5kg  | 9kg   |
| 비행성      | 민첩한 기동에 유리   | 안정적 호버링에 유리   |
| 비행시간     | 25분 10초 (호버링 기준 )  | 13분 35초   |

표12 Quad copter와 Hexa copter, 수직 이착륙기 비교 (continued)

| 구분          | 수직 이착륙기   |
|-------------|---|
| Flame 결정    | 컴포지트 외장재 카본 프레임   |
| 제작 사진       |  |
| 모터<br>사이즈   | 5212( 외경 52mm)  |
| 프로펠러<br>사이즈 | 18 Inch ( 쿼드 ), 13 Inch ( Plane )   |
| 모터<br>축간거리  | 950mm   |
| 기체<br>사이즈   | 2200*1600*350mm   |
| 기체 중량       | 11kg  |
| 비행성         | 수직이착륙으로 기존 고정익보다 이착륙 용이, 20m/sec 고속 비행으로 넓은 지역 비행                                   |
| 비행시간        | 40분 10초 (호버링 기준 )   |

○ 위 3종의 프레임 테스트 비행결과 현장 운영자의 사용 편의성과 비행성을 고려하여 경량 ( 5kg 미만 )의 쿼드콥터를 운영하는 것이 목적에 들어맞는 것으로 판단하였다.

○ Quad copter의 Frame Design은 기본 구조인 H type과 X type 프레임을 디자인하여 폴딩이 가능하고 고속 비행성이 가능한 X Type 기체 유형으로 결정하여 경량화를 위한 디자인을 완료하였다.

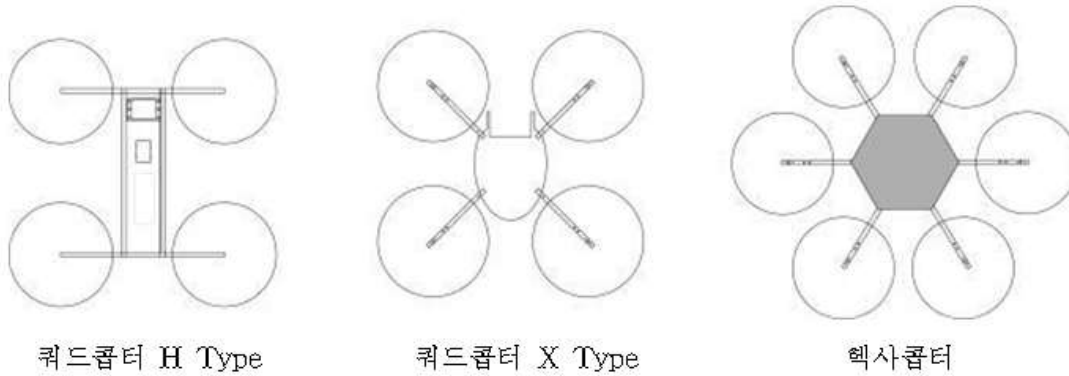


그림 14 Frame 컨셉디자인

○ Center Plate : 가공성과 재료수급이 쉬운 Aluminium 선정하여 prototype 제품을 제작하였고 경량화와 탄성을 위해 시제품은 Carbon plate 1.5T를 제작함.

○ Arm Pipe : 탄성과 강성에 강한 Carbon Pipe로 결정 ( 280mm )

표 13 Center Plate, Arm Pipe 사용 내용

| 구분           | 내용   | 적용 대상                      |
|--------------|--|----------------------------|
| Center Plate | Flight sensor, Power system 등 주요장비가 설치되고 암을 고정해주는 판이다. | Carbon,<br>Aluminium Plate |
| Arm          | 모터와 프로펠러를 고정해준다.                                       | Carbon,<br>Aluminium Plate |

## 2. 적정 모터, 프롭 선정을 위한 연구

### 가. 필요성 및 목적

드론의 현장 운용을 위한 임무 장비를 장착한 드론의 비행 효율을 높이기 위해서 기체의 총 이륙무게와 모터의 적정한 추력을 고려한 기체 운영이 필요하다.

### 나. 연구방법

○ 드론의 비행과 모터의 효율을 위해 모터 추력 검사기기를 사용하여 모터별 프롭별 전압, 전류, 추력, 효율을 측정하였고 이륙중량 5kg의 쿼드콥터를 위한 모터당 1.2kg의 추력을 갖는 모터 2종류를 15인치 프로펠러를 사용하여 그림 15의 Turnigy 추력 측정기로 추력 테스트를 시스테크 드론연구소에서 실시하였다.



그림 15 Thrust Measuring Stand

표 14 연구에 이용된 추력 측정기

| Model | Turnigy Trust |
|-------|---------------|
| 측정항목  | 전압 ( V )      |
|       | 전류 ( A )      |
|       | 전류사용량 ( mAh ) |
|       | 추력 ( g )      |
|       | Time limit    |

○ 드론의 비행으로 인한 소음저감을 위한 모터별, 프롭별 소음테스트를 하여 모터와 프롭 선정에 반영하였다.

표 15 소음테스트 장소 및 장비 내용

| 구분           | 내용   |
|--------------|--|
| 소음테스트 장소     | 한국생산기술연구원 무음테스트실                             |
| Trust tester | Turnigy Thrust Measuring Stand               |
| 대상 모터군       | T-3528, T-4006, T-5208 , T-4014, T-7006 (5종) |
| Prop 사이즈     | 15 Inch, 16 Inch, 24 Inch (3종)               |
| Prop 재질      | Carbon, APC, WOOD ( 3종)                      |
| 측정항목         | 소음도, Current, Trust weight, Efficiency       |
| Throttle     | 70%  |



그림 16 소음테스트 장비 설치 사진

다. 연구결과

드론의 비행과 모터의 효율을 위해 모터 추력 테스터기를 사용하여 모터별 프롭별 전압, 전류, 추력, 효율을 측정하였고 효율이 우수한 모터 2종류를 선택해 호버링 테스트 결과는 표 16과 같음

표 16 모터별 프롭별 추력 테스트 결과

| Motor   | Propeller         | Current (A) | Trust (g)   | Efficiency(g/w) |
|---------|-------------------|-------------|-------------|-----------------|
| MN-4006 | APC 15"           | 3.8         | 1120        | 11.7            |
|         | <b>Carbon 15"</b> | <b>3.7</b>  | <b>1155</b> | <b>12.5</b>     |
| MN-4014 | APC 15"           | 5.9         | 1660        | 11.25           |
|         | Carbon 15"        | 6           | 1680        | 11.2            |
| T-3508  | Tarot 15"         | 1.8         | 375         | 13.5            |
|         | Carbon 15"        | 1.7         | 376         | 14.5            |
| MN-5208 | Tarot 15"         | 2.8         | 700         | 10.1            |
|         | <b>Carbon 15"</b> | <b>2.4</b>  | <b>750</b>  | <b>12.5</b>     |
| T-7005  | Carbon 24"        | 5.10        | 1500        | 11.76           |

표 17 모터별 프롭별 소음테스트

| Motor  | Propeller                 | Current (A) | Trust (g)    | Efficiency (g/w) | Noise Measurement |
|--------|---------------------------|-------------|--------------|------------------|-------------------|
| T-3528 | Wood 15"                  | 3.5         | 659          | 12.1             | 77.9              |
|        | APC 15"                   | 4.43        | 811          | 11.8             | 78.1              |
|        | Folding pc 15"            | 4.6         | 778          | 11.0             | 78.3              |
|        | Folding carbon 15"        | 4           | 752          | 12.2             | 79.1              |
| T-4006 | carbon 16"                | 4.8         | 868          | 11.8             | 79                |
|        | Wood 15"                  | 6.03        | 1,338        | 9.1              | 85.4              |
|        | APC 15"                   | 7.7         | 1,606        | 8.6              | 85.5              |
|        | Folding pc 15"            | 7.8         | 1,527        | 8.1              | 85.3              |
| T-5208 | <b>Folding carbon 15"</b> | <b>7.4</b>  | <b>1,512</b> | <b>8.5</b>       | <b>84.3</b>       |
|        | carbon 16"                | 8.7         | 1,748        | 8.3              | 88.32             |
|        | Wood 15"                  | 7.52        | 1,650        | 9.1              | 84.7              |
|        | APC 15"                   | 10.5        | 2,100        | 8.3              | 88.3              |
| T-4014 | Folding pc 15"            | 11.41       | 1,994        | 7.3              | 86.6              |
|        | <b>Folding carbon 15"</b> | <b>8.2</b>  | <b>1,760</b> | <b>8.9</b>       | <b>87.8</b>       |
|        | carbon 16"                | 11.41       | 2,240        | 8.1              | 91.3              |
|        | Wood 15"                  | 10.05       | 1,896        | 8.0              | 83.7              |
| T-7006 | APC 15"                   | 13.23       | 2,400        | 7.6              | 87                |
|        | Folding pc 15"            | 14.14       | 2,190        | 6.6              | 86.7              |
|        | carbon 16"                | 13.68       | 2,451        | 7.6              | 89.7              |
|        | Folding carbon 24"        | 12.3        | 3,320        | 11.5             | 91.4              |

프롭테스트 결과 상위 2종의 T-4006 모터와 T-5208 모터를 드론에 탑재하여 3회의 호버링



을 실시하여 호버링 시간을 표 18과 같이 확인하였다.

표 18 호버링 시간 테스트

| 구분            | 중량 (Kg) | 배터리 10,000 (min) |
|---------------|---------|------------------|
| T-4006 15inch | 4.2     | 30:50            |
|               | 5       | 25:15            |
| T-5208 15inch | 4.2     | 26:18            |
|               | 5       | 22:24            |

- 임무 장비 장착한 드론의 총중량이 5kg을 예상함으로 개당 모터의 추력이 1.5kg 이상이 되는 모터를 우선 검토하였다.
- 임무 장비를 탑재한 전체 중량이 4.2kg 미만일 경우에는 T-4006 모터가 효율이 높고 5kg 일 때에는 5208 모터의 효율이 높았다. 임무 장비 확정시 중량에 맞는 모터사용이 유리할 것으로 보인다.
- 드론의 비행으로 인한 소음저감을 위한 모터별, 프롭별 소음테스트 결과 재질에 따른 차이는 미미하나 모터 trust에 따른 소음의 차이는 크게 발생하였다.
- Carbon 재질의 프롭의 Efficiency가 높아 사용 프롭으로 채택하였다.
- Wood 프롭은 비행 중 오염물에 의한 훼손이 심해 배제하였다.



T-motor 4208

T-motor 5208

그림 17 기체 장치 모터

### 3. 프로토타입 및 시제품제작

#### 가. 필요성 및 목적

임무 장비 확정 후 드론의 이륙 중량이 결정되기 전 기체 운영 및 비행 테스트를 위해 프로토타입의 기체 제작 및 시제품제작하고 충분한 테스트를 거친 후 완성 기체를 제작하였다.

#### 나. 연구방법

기체 바디인 센터 플레이트는 알루미늄 재질의 CNC 가공을 하고 암대는 경량의 카본 파이프를 활용한 프로토타입 및 시제품을 제작했다.

#### 다. 연구결과

프로토타입 기체 제작 / 1차 프로토타입 제작 3D 프린터를 이용하여 축간거리 550mm 쿼드콥터 형태를 제작하여 비행 테스트를 진행하였다. 이를 통하여 디자인 및 랜딩 스키드 형태를 확정했다.



그림 18 1차 프로토타입 기체



○ 다음과 같은 모터와 ESC 및 프로펠러를 적용함




|                              |  |
|------------------------------|--|
| <p>2213 /920KV<br/>MOTOR</p> |    |
| <p>20A ESC</p>               |   |
| <p>T9545 프롭</p>              |  |

그림 19 모터 변속기 조합

○ 2차 프로토타입 제작 / 축간거리 700mm 쿼드콥터 형태를 3D 프린트 및 알루미늄을 이용하여 제작하여 비행함. 본 프로토타입에는 폴딩형 경량 랜딩 스키드를 적용하였다.



그림 20 2차 프로토타입

다음 그림 21 와 같은 모터와 ESC 및 프로펠러를 적용함



|                  |  |
|------------------|--|
| <p>40A ESC</p>   |    |
| <p>15*5 프롭</p>   |   |
| <p>폴딩암(ø 20)</p> |  |

그림 21 모터 변속기 조합



○ 1차 시제품제작

카본 파이프와 알루미늄 프레임, 모터 마운트, 폴딩 스킴드 및 폴딩 프로펠러를 적용한 본 제품과 같은 사이즈 시제품을 제작하였다. 그 결과 1차 시제품(그림 22)이 제작되었고 2017년 11월부터 영상분석을 위한 철새 영상촬영을 하였다. 기체 총중량은 4.20kg로 측정되었다. ( 임무 장비 제외 )



그림 22 1차 시제품 1



그림 23 1차 시제품 2 ( 접을시 )

표 19와 같은 모터와 ESC 및 부속 자재를 적용함

표 19 1차 모터와 ESC 및 부속 자재

|                     |  |
|---------------------|--|
| 4006/380KV<br>MOTOR |    |
| 40A ESC             |   |
| 15*5 폴딩프롭           |  |

|                  |  |
|------------------|--|
| <p>폴딩 암(∅20)</p> |    |
| <p>폴딩 스키드</p>    |    |
| <p>모터 마운트</p>    |   |
| <p>센터 플레이트</p>   |  |



○ 2차 시제품제작

1차 시제품과 동일한 프레임과 철새에게 위협이 덜가는 연회색과 중회색 컬러의 캐노피를 제작하여 적용하였다. 캐노피 장착으로 중량이 260g 상승하여 모터를 5208 모터로 변경하여 추력을 향상했다. 기체의 총 중량은 4.45kg로 0.25kg 증가하였다. ( 임무 장비 제외 )



그림 24 캐노피 시제품 사진



그림 25 2차 시제품 사진

- 다음과 같은 모터와 ESC 및 캐노피를 적용하였다.

표 20 모터와 ESC 및 캐노피 적용

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| <p>5208/340KV<br/>MOTOR</p> |    |
| <p>50A ESC</p>              |   |
| <p>캐노피</p>                  |  |



#### 4. 기체 경량화를 위한 연구

##### 가. 필요성 및 목적

2차 시제품제작 결과 캐노피 무게(250g) 증가로 인해 기체 총중량이 4.45kg이 되어 비행시간이 5분 감소하여 기체 경량화를 위한 연구가 필요하게 되었다.

##### 나. 연구방법

기체센터 플레이트감량을 위해 알루미늄 프레임에서 카본프레임으로 변경 제작하였고, 모터 마운트 알루미늄 가공 부분을 3D CNC 가공을 통해 경량화하였다.

##### 다. 연구결과

##### ○ 알루미늄 센터 플레이트 제작

: 가공 및 재료수급, 색(아노다이징) 구형이 쉬운 알루미늄가공을 하였음.



그림 26 알루미늄 센터 플레이트 무게

○ 카본 센터 플레이트 제작  
 : 기체무게를 낮추기 위해 카본 가공으로 수정 보완하였음.



그림 27 카본 센터 플레이트 무게

○ 센터 플레이트 무게 비교 / 알루미늄 대비 318g 경량화를 달성하였다. (46.3%)

표 21 알루미늄, 카본 플레이트 무게 비교

| 구분      | 알루미늄 플레이트 | 카본 플레이트 | 무게 감량 |
|---------|-----------|---------|-------|
| 상 판     | 201       | 94      | 107   |
| 하판      | 212       | 101     | 111   |
| 배터리 마운트 | 75        | 35      | 40    |
| 카메라 댐퍼  | 105       | 45      | 60    |
| 합계      | 593       | 275     | 318   |



그림 28 알루미늄 모터 마운트

○ 알루미늄 모터마운터 CNC 가공  
: 모터 쿨링과 경량화를 위하여 알루미늄 모터 마운트를 가공하였음

○ 그림 29와 같이 경량화를 위해 모터 마운트와 결합하는 연결부 역할을 하는 경량 랜딩 스킵드를 가공하였음



그림 29 경량 랜딩스키드

○ 모터 쿨링과 경량화를 위하여 알루미늄 모터 마운트를 가공하였다.



그림 30 알루미늄 모터 마운트

○ 기체 캐노피 제작

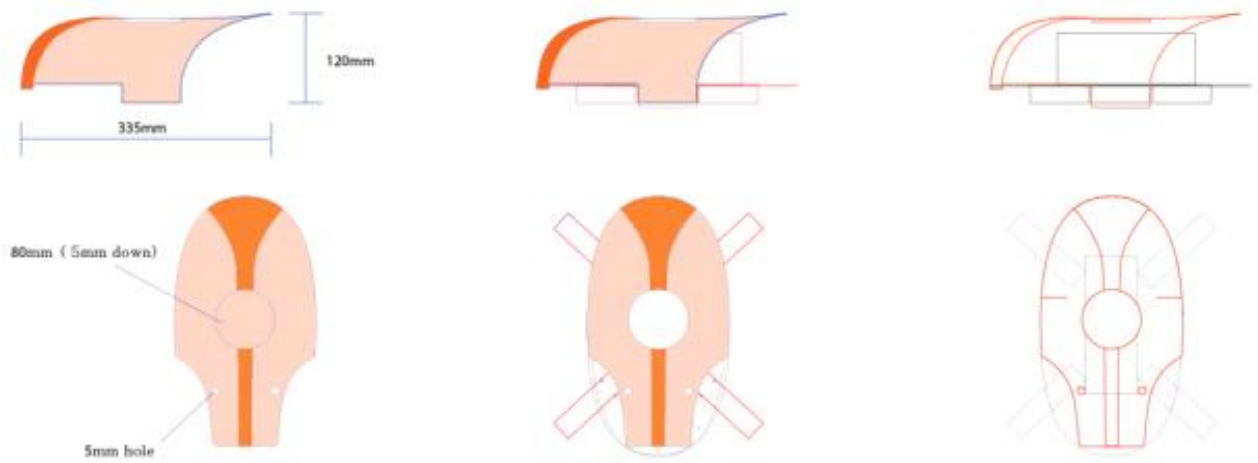


그림 31 Type 2 ( 후방 오픈형 ) 디자인



○ 모터 쿨링과 경량화를 위하여 알루미늄 모터 마운트를 가공하였다. 테스트를 위하여 두 가지 형태로 제작하였다.

○ Type 1은 배터리 투입구를 덮개형으로 붙이고 떼기 쉽게 하였다. 무게는 측정결과 290g 이었다.



그림 32 Type 1 ( 배터리투입부 덮개형 )



그림 33 Type 1 ( 배터리투입부 덮개형 ) 무게 측정

○ Type 2는 모터 쿨링과 경량화를 극대화하기 위하여 후방을 오픈형으로 제작하였다. 무게는 측정결과 157g이었다.



그림 34 Type 2 ( 후방 오픈형 )



그림 35 Type 2 ( 후방 오픈형 ) 무게 측정

### 3절. 비행시간 극대화를 위한 Battery system 구축

#### 1. 비행시간 극대화를 위한 배터리 선정

##### 가. 필요성 및 목적

드론에 사용되는 리튬계 배터리는 중량, 방전율, 물성에 따른 효율이 다르게 나타나 배터리별 비행시간이 다르게 나타나므로 같은 조건에서 장시간 비행이 가능하도록 연구를 진행하였다.

##### 나. 연구방법

배터리 종류별 동일 부하 전압 강하 실험을 통하여 성능 분석을 수행하였다. 테스트에 사용한 배터리의 종류는 표 22와 같다.

표 22 배터리별 스펙 비교

| 구분      | Tatto 10,000   | Infinity 10,000   | sistech 18,000   |
|---------|--|---|--|
| 배터리     |  |  |  |
| 용량      | 10,000mAh  | 10,000mAh   | 18,000mAh  |
| 종류      | Li-polymer   | Li-High voltage   | Li-ion   |
| 최대충전 전압 | 25.2v ( 4.2v )   | 26.1v ( 4.31v )   | 25.2v ( 4.2v )   |
| 무게      | 1500g  | 1450g   | 1400g  |
| 제조국     | 중국   | 중국  | 대한민국(자사제작)   |

○ 배터리 종류별 동일 부하 전압 강하 실험을 통하여 성능 분석을 수행하였다. 정전류 테스트는 의료기기 Power Supply 전문 회사인 대안일렉컴 연구소에서 실시하였다.



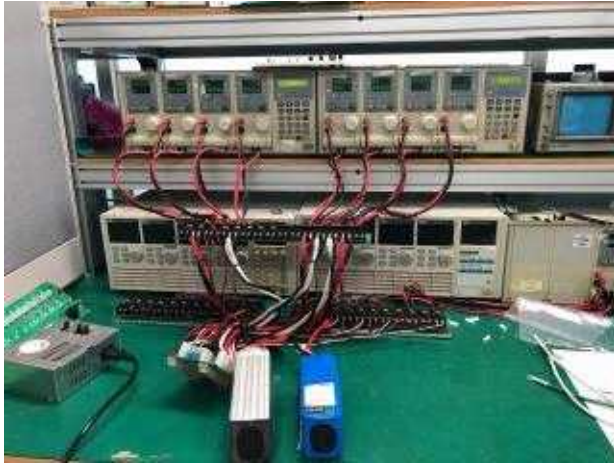


그림 36 전압 강하 정전류 테스트 연결 사진

표 23 정전류 테스트 기기 스펙

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| Oscilloscope                  | PM3394A                                    |
| Frequency Range/<br>Bandwidth | 200 MHz                                    |
| Max. Vertical<br>Sensitivity  | 5V/div                                     |
| Number Of<br>Channels         | 4  |
| Min Vert<br>Resolution        | 2mV/div                                    |
| Sample Rate                   | 200 MS/s                                   |
| Horizontal                    | 0.5 s/div TO 20ns/div<br>IN 1-2-5 SEQUENCE |



그림 37 정전류 테스트 장비

○ 정전류 전압 강하 실험은 배터리에 드론 비행 시 22A의 전류 소모가 발생함으로 완전 충전된 배터리에 22A의 부하를 가하여 Li-polymer 전지와 Li-HV 전지는 3.5V까지 방전되는 시간을 확인하고 Li-ion은 3.0V 까지 방전되는 시간을 확인하였다.



다. 연구결과

배터리 런타임 실험 조건은 다음 표 24과 같다.

표 24 런타임 실험 조건

| 구분     |            | 내 용          |
|--------|------------|--------------|
| 장 소    |            | 한강난지지구 가양비행장 |
| 바 람    |            | 무 풍          |
| 기체 무게  |            | 4.2kg        |
| 배터리용량  | Li-polymer | 10,000 mAh   |
|        | Li-HV      | 10,000 mAh   |
|        | Li-ion     | 18,000 mAh   |
| 기온     |            | 영상 5 도       |
| 호버링 방법 |            | 10m 호버링      |



그림 38 기체 런타임 실험

○ 정전류 전압강하 실험

Li-polymer 정전류전압 강하 실험을 수행한 결과는 그림 39와 같게 나타났다. 19V 까지의 정전류전압 강하에 걸리는 시간은 27분 10초가 소요되는 것으로 나타났다.



그림 39 Li-polymer 배터리 시간별 전압변화.

Li-HV 정전류전압 강하 실험을 수행한 결과는 다음 그림 40과 같게 나타났다. Li-HV 배터리는 30분 05초 만에 19V에 도달하였다.



그림 40 Li-HV 배터리 시간별 전압변화

Li-ion 정전류전압 강하 실험을 수행한 결과는 그림 41과 같게 나타났다. Li-ion 배터리는 34분 25초 만에 19V에 도달하였다.



그림 41 Li-ion 배터리 시간별 전압변화

배터리별 정전류 전압 강하 비교 결과는 아래 그림과 같았다.



그림 42 배터리별 시간별 전압변화

○ 배터리별 정전류전압 강하 비교 실험 결과 Li-polymer 에 비해 Li-HV 의 배터리 방전 시간이 12% 더 길었다.

○ 배터리별 정전류전압 강하 비교 실험 결과 Li-HV에 비해 Li-ion 의 배터리 방전 시간이 15% 더 길었다. 그러나 Li-ion은 최저방전전압을 19V로 테스트 하여 나온 결과로 실제 동일한 조건하에 비행 테스트를 실시하여 비행시간을 테스트하는 것이 필요하다.

○ Li-polymer 배터리와 Li-HV 배터리는 20.4V ( 셀당 3.4V ) 까지 비행이 가능하고 Li-ion 배터리는 18V 까지 비행이 가능하여 실제 배터리 런타임 테스트는 기체의 호버링 테스트를 통해 확인하였다.

| 분  | LIPO  | LIHV  | LI-ION |
|----|-------|-------|--------|
| 1  | 23.30 | 24.65 | 23.28  |
| 2  | 23.21 | 24.42 | 23.16  |
| 3  | 23.08 | 24.20 | 23.04  |
| 4  | 22.88 | 24.04 | 22.91  |
| 5  | 22.69 | 23.78 | 22.83  |
| 6  | 22.63 | 23.59 | 22.67  |
| 7  | 22.50 | 23.30 | 22.59  |
| 8  | 22.37 | 23.20 | 22.46  |
| 9  | 22.28 | 22.98 | 22.39  |
| 10 | 22.25 | 22.80 | 22.23  |
| 11 | 22.19 | 22.66 | 22.03  |
| 12 | 22.14 | 22.58 | 21.87  |
| 13 | 22.09 | 22.45 | 21.78  |
| 14 | 22.01 | 22.32 | 21.64  |
| 15 | 21.90 | 22.23 | 21.46  |
| 16 | 21.87 | 22.14 | 21.30  |
| 17 | 21.67 | 22.09 | 21.15  |
| 18 | 21.43 | 22.05 | 21.05  |
| 19 | 21.23 | 21.96 | 20.94  |
| 20 | 21.01 | 21.85 | 20.79  |
| 21 | 20.93 | 21.71 | 20.61  |
| 22 | 20.68 | 21.53 | 20.45  |
| 23 | 20.43 | 21.09 | 20.32  |
| 24 | 19.84 | 20.74 | 20.25  |
| 25 | 19.52 | 20.31 | 20.13  |
| 26 | 19.23 | 19.91 | 20.00  |
| 27 | 19.05 | 19.75 | 19.87  |
| 28 |       | 19.41 | 19.75  |
| 29 |       | 19.18 | 19.64  |
| 30 |       | 19.01 | 19.54  |
| 31 |       |       | 19.41  |
| 32 |       |       | 19.26  |
| 33 |       |       | 19.13  |
| 34 |       |       | 19.01  |

그림 43 배터리별 정전류 부하 테스트 결과

○ 배터리 런타임 실험

Li-polymer 배터리 런타임 실험 결과는 그림 44와 같게 나타났다. Li-polymer 배터리가 20.4V에 도달하는 데는 28분 30초가 걸렸다.



그림 44 Li-polymer 배터리 시간별 전압변화

- Li-HV 배터리 런타임 결과는 그림 45와 같이 나타났다. Li-HV 배터리가 20.4V에 도달하는 데는 35분 50초가 걸렸다.

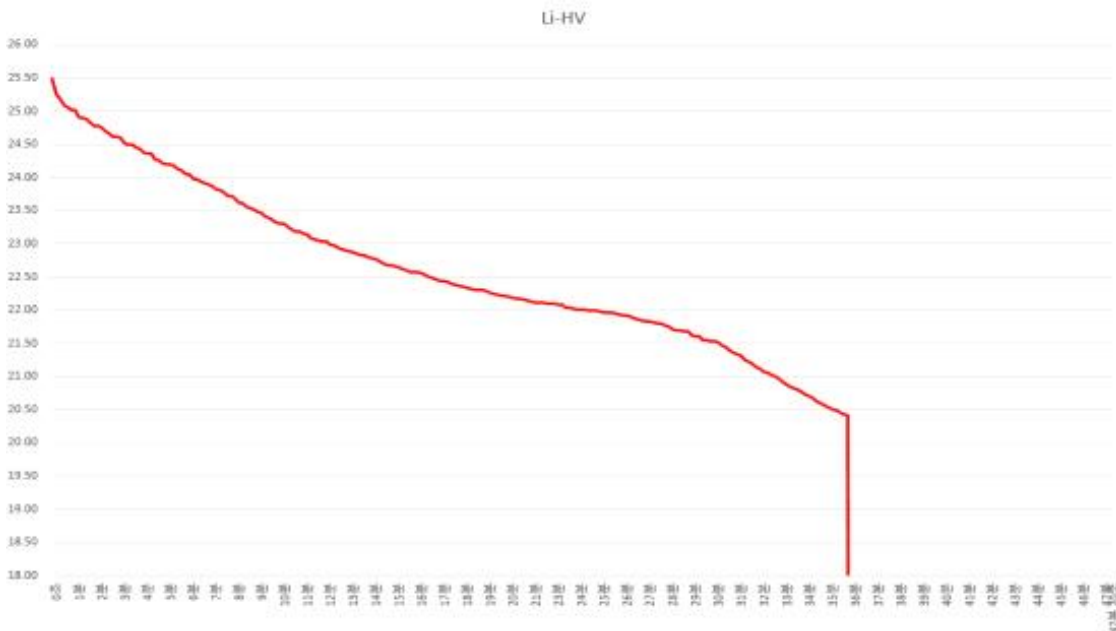


그림 45 Li-HV 배터리 시간별 전압변화

Li-ion 정전류 전압 강하 실험 결과는 그림 46과 같이 나타났다. Li-ion 배터리가 18V에 도달하는 데는 47분 20초가 걸렸다.



그림 46 Li-ion 배터리 시간별 전압변화

배터리별 정전류 전압 강하 비교 실험 결과는 다음 그림과 같았다.

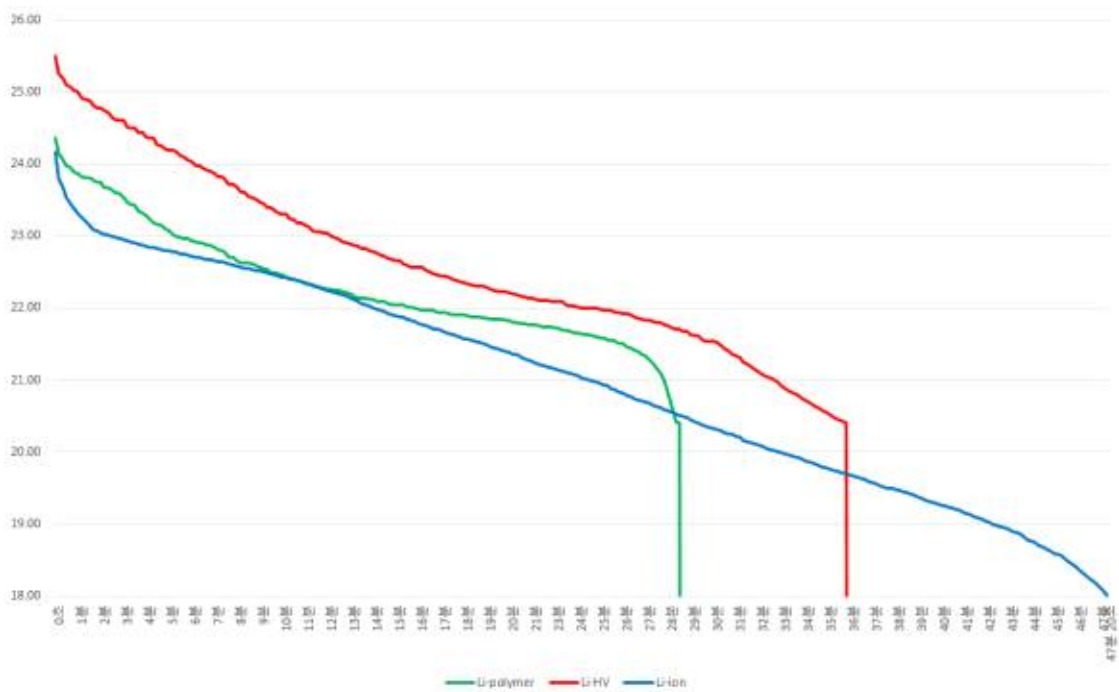


그림 47 배터리별 런타임 비교

○ 배터리별 런타임 비교 실험 결과 Li-polymer보다 Li-HV 의 배터리 방전 시간이 25% 더 길었다.

○ 배터리별 정전류 전압 강하 비교 실험 결과 Li-HV에 비해 Li-ion의 배터리 방전 시간이 25% 더 길었다. Li-ion 배터리보다는 40% 런타임이 더 길게 나타났다.

○ 예찰 및 방역 활동에 활용할 배터리는 Li-ion 배터리가 가장 적합한 것으로 나타났다. Li-ion 배터리의 효율이 가장 우수했고 재료로 국내생산 삼성 18650 배터리를 사용하여 제품 수급과 인증에도 우수한 점을 가지고 있다.

표 25 런타임 실험 조건

| 구분  | Li-Polymer | Li-HV   | Li-ion  |
|-----|------------|---------|---------|
| 런타임 | 28분 30초    | 35분 50초 | 47분 20초 |
| 무게  | 1500g      | 1450g   | 1400g   |
| 효율  | 100%       | 126%    | 166%    |

○ 배터리별 런타임 세부 결과는 다음 그림들과 같다.

| 시간      | Li-polymer | Li-HV | Li-ion |
|---------|------------|-------|--------|
| 0초      | 24.85      | 25.48 | 24.57  |
|         | 24.15      | 25.26 | 23.90  |
|         | 24.06      | 25.18 | 23.67  |
| 10초     | 23.98      | 25.08 | 23.54  |
|         | 23.95      | 25.07 | 23.48  |
|         | 23.88      | 25.02 | 23.38  |
| 1분      | 23.87      | 25.01 | 23.31  |
|         | 23.83      | 24.92 | 23.23  |
|         | 23.81      | 24.90 | 23.21  |
| 1분 30초  | 23.81      | 24.88 | 23.14  |
|         | 23.77      | 24.81 | 23.08  |
|         | 23.76      | 24.77 | 23.07  |
| 2분      | 23.74      | 24.77 | 23.04  |
|         | 23.67      | 24.75 | 23.03  |
|         | 23.67      | 24.71 | 23.01  |
| 2분 30초  | 23.64      | 24.68 | 23.00  |
|         | 23.60      | 24.61 | 22.98  |
|         | 23.60      | 24.61 | 22.97  |
| 3분      | 23.54      | 24.60 | 22.98  |
|         | 23.48      | 24.51 | 22.93  |
|         | 23.44      | 24.50 | 22.91  |
| 3분 30초  | 23.43      | 24.50 | 22.90  |
|         | 23.35      | 24.44 | 22.88  |
|         | 23.33      | 24.44 | 22.87  |
| 4분      | 23.29      | 24.37 | 22.84  |
|         | 23.24      | 24.34 | 22.83  |
|         | 23.18      | 24.34 | 22.84  |
| 4분 30초  | 23.17      | 24.27 | 22.83  |
|         | 23.14      | 24.26 | 22.81  |
|         | 23.10      | 24.21 | 22.80  |
| 5분      | 23.07      | 24.20 | 22.78  |
|         | 23.03      | 24.18 | 22.78  |
|         | 23.00      | 24.18 | 22.78  |
| 5분 30초  | 22.98      | 24.12 | 22.78  |
|         | 22.97      | 24.10 | 22.78  |
|         | 22.97      | 24.08 | 22.73  |
| 6분      | 22.94      | 24.04 | 22.72  |
|         | 22.92      | 23.98 | 22.71  |
|         | 22.91      | 23.98 | 22.70  |
| 6분 30초  | 22.90      | 23.94 | 22.68  |
|         | 22.88      | 23.91 | 22.67  |
|         | 22.87      | 23.90 | 22.67  |
| 7분      | 22.84      | 23.87 | 22.66  |
|         | 22.81      | 23.83 | 22.65  |
|         | 22.80      | 23.82 | 22.64  |
| 7분 30초  | 22.78      | 23.78 | 22.62  |
|         | 22.70      | 23.72 | 22.61  |
|         | 22.70      | 23.72 | 22.58  |
| 8분      | 22.66      | 23.69 | 22.58  |
|         | 22.63      | 23.62 | 22.57  |
|         | 22.63      | 23.61 | 22.56  |
| 8분 30초  | 22.62      | 23.56 | 22.55  |
|         | 22.61      | 23.54 | 22.54  |
|         | 22.60      | 23.51 | 22.53  |
| 9분      | 22.66      | 23.48 | 22.51  |
|         | 22.55      | 23.46 | 22.51  |
|         | 22.54      | 23.40 | 22.49  |
| 9분 30초  | 22.49      | 23.40 | 22.47  |
|         | 22.49      | 23.35 | 22.46  |
|         | 22.48      | 23.33 | 22.45  |
| 10분     | 22.45      | 23.31 | 22.44  |
|         | 22.43      | 23.30 | 22.43  |
|         | 22.39      | 23.24 | 22.41  |
| 10분 30초 | 22.38      | 23.23 | 22.40  |
|         | 22.36      | 23.19 | 22.39  |
|         | 22.37      | 23.18 | 22.37  |
| 11분     | 22.34      | 23.15 | 22.36  |
|         | 22.33      | 23.14 | 22.33  |
|         | 22.31      | 23.08 | 22.32  |
| 11분 30초 | 22.30      | 23.06 | 22.30  |
|         | 22.29      | 23.05 | 22.28  |
|         | 22.27      | 23.04 | 22.26  |
| 12분     | 22.24      | 23.04 | 22.24  |
|         | 22.24      | 23.00 | 22.23  |
|         | 22.23      | 22.98 | 22.21  |
| 12분 30초 | 22.24      | 22.95 | 22.19  |
|         | 22.22      | 22.91 | 22.18  |
|         | 22.22      | 22.90 | 22.18  |
| 13분     | 22.20      | 22.89 | 22.14  |
|         | 22.17      | 22.87 | 22.12  |
|         | 22.14      | 22.86 | 22.09  |
| 13분 30초 | 22.14      | 22.82 | 22.06  |
|         | 22.13      | 22.80 | 22.05  |
|         | 22.13      | 22.79 | 22.02  |
| 14분     | 22.13      | 22.79 | 22.00  |
|         | 22.09      | 22.77 | 21.98  |
|         | 22.09      | 22.74 | 21.96  |
| 14분 30초 | 22.09      | 22.71 | 21.95  |
|         | 22.07      | 22.68 | 21.93  |
|         | 22.05      | 22.67 | 21.91  |
| 15분     | 22.04      | 22.66 | 21.90  |
|         | 22.04      | 22.65 | 21.88  |
|         | 22.04      | 22.61 | 21.87  |
| 15분 30초 | 22.02      | 22.60 | 21.85  |
|         | 22.01      | 22.57 | 21.83  |
|         | 22.00      | 22.57 | 21.81  |

그림 48 배터리별 런타임 테스트 결과



|         |       |       |       |
|---------|-------|-------|-------|
| 8월      | 22.65 | 23.69 | 22.58 |
|         | 22.63 | 23.62 | 22.57 |
|         | 22.63 | 23.61 | 22.56 |
| 8월 30일  | 22.62 | 23.60 | 22.55 |
|         | 22.61 | 23.54 | 22.54 |
|         | 22.60 | 23.51 | 22.53 |
| 9월      | 22.66 | 23.68 | 22.51 |
|         | 22.65 | 23.66 | 22.51 |
|         | 22.64 | 23.60 | 22.49 |
| 9월 30일  | 22.49 | 23.40 | 22.47 |
|         | 22.49 | 23.35 | 22.46 |
|         | 22.46 | 23.33 | 22.45 |
| 10월     | 22.45 | 23.31 | 22.44 |
|         | 22.43 | 23.30 | 22.43 |
|         | 22.38 | 23.24 | 22.41 |
| 10월 30일 | 22.36 | 23.22 | 22.40 |
|         | 22.36 | 23.19 | 22.39 |
|         | 22.37 | 23.18 | 22.37 |
| 11월     | 22.34 | 23.15 | 22.36 |
|         | 22.33 | 23.14 | 22.33 |
|         | 22.31 | 23.08 | 22.32 |
| 11월 30일 | 22.30 | 23.06 | 22.30 |
|         | 22.29 | 23.05 | 22.28 |
|         | 22.27 | 23.04 | 22.26 |
| 12월     | 22.26 | 23.04 | 22.25 |
|         | 22.26 | 23.00 | 22.23 |
|         | 22.25 | 22.98 | 22.21 |
| 12월 30일 | 22.24 | 22.95 | 22.19 |
|         | 22.22 | 22.91 | 22.18 |
|         | 22.22 | 22.90 | 22.18 |
| 13월     | 22.20 | 22.89 | 22.14 |
|         | 22.17 | 22.87 | 22.12 |
|         | 22.14 | 22.86 | 22.09 |
| 13월 30일 | 22.14 | 22.83 | 22.06 |
|         | 22.13 | 22.83 | 22.05 |
|         | 22.13 | 22.79 | 22.02 |
| 14월     | 22.13 | 22.79 | 22.00 |
|         | 22.09 | 22.77 | 21.98 |
|         | 22.09 | 22.74 | 21.96 |
| 15월 30일 | 22.09 | 22.71 | 21.95 |
|         | 22.07 | 22.68 | 21.93 |
|         | 22.05 | 22.67 | 21.91 |
| 16월     | 22.04 | 22.66 | 21.90 |
|         | 22.04 | 22.65 | 21.88 |
|         | 22.04 | 22.61 | 21.87 |
| 16월 30일 | 22.02 | 22.60 | 21.85 |
|         | 22.01 | 22.57 | 21.83 |
|         | 22.00 | 22.57 | 21.81 |

|         |       |       |       |
|---------|-------|-------|-------|
| 25월     | 21.99 | 21.98 | 20.95 |
|         | 21.68 | 21.97 | 20.94 |
|         | 21.66 | 21.97 | 20.92 |
| 25월 30일 | 21.65 | 21.96 | 20.90 |
|         | 21.64 | 21.94 | 20.86 |
|         | 21.51 | 21.94 | 20.83 |
| 26월     | 21.51 | 21.92 | 20.81 |
|         | 21.46 | 21.92 | 20.79 |
|         | 21.45 | 21.91 | 20.77 |
| 26월 30일 | 21.42 | 21.87 | 20.74 |
|         | 21.40 | 21.86 | 20.73 |
|         | 21.38 | 21.84 | 20.71 |
| 27월     | 21.33 | 21.84 | 20.69 |
|         | 21.27 | 21.82 | 20.68 |
|         | 21.24 | 21.82 | 20.66 |
| 27월 30일 | 21.16 | 21.80 | 20.63 |
|         | 21.10 | 21.80 | 20.61 |
|         | 21.00 | 21.76 | 20.59 |
| 28월     | 20.80 | 21.75 | 20.57 |
|         | 20.63 | 21.72 | 20.55 |
|         | 20.42 | 21.70 | 20.52 |
| 28월 30일 | 20.41 | 21.70 | 20.51 |
|         |       | 21.68 | 20.49 |
|         |       | 21.63 | 20.48 |
| 29월     |       | 21.61 | 20.46 |
|         |       | 21.61 | 20.40 |
| 29월 30일 |       | 21.59 | 20.37 |
|         |       | 21.54 | 20.35 |
|         |       | 21.54 | 20.34 |
| 30월     |       | 21.54 | 20.32 |
|         |       | 21.52 | 20.31 |
|         |       | 21.48 | 20.29 |
| 30월 30일 |       | 21.44 | 20.27 |
|         |       | 21.39 | 20.26 |
|         |       | 21.36 | 20.25 |
| 31월     |       | 21.33 | 20.22 |
|         |       | 21.31 | 20.20 |
|         |       | 21.29 | 20.16 |
| 31월 30일 |       | 21.22 | 20.14 |
|         |       | 21.18 | 20.13 |
|         |       | 21.14 | 20.12 |
| 32월     |       | 21.11 | 20.10 |
|         |       | 21.08 | 20.08 |
|         |       | 21.05 | 20.05 |
| 32월 30일 |       | 21.03 | 20.04 |
|         |       | 21.00 | 20.02 |
|         |       | 20.97 | 20.01 |

그림 49 배터리별 정전류 부하 테스트 결과

|         |       |       |
|---------|-------|-------|
| 33월     | 20.92 | 19.99 |
|         | 20.88 | 19.98 |
|         | 20.84 | 19.96 |
| 33월 30일 | 20.82 | 19.94 |
|         | 20.80 | 19.93 |
|         | 20.76 | 19.91 |
| 34월     | 20.73 | 19.89 |
|         | 20.69 | 19.87 |
|         | 20.67 | 19.85 |
| 34월 30일 | 20.63 | 19.83 |
|         | 20.60 | 19.81 |
|         | 20.57 | 19.79 |
| 35월     | 20.54 | 19.78 |
|         | 20.50 | 19.76 |
|         | 20.48 | 19.75 |
| 35월 30일 | 20.46 | 19.73 |
|         | 20.43 | 19.71 |
|         | 20.41 | 19.69 |
| 36월     |       | 19.68 |
|         |       | 19.67 |
|         |       | 19.65 |
| 36월 30일 |       | 19.63 |
|         |       | 19.61 |
|         |       | 19.59 |
| 37월     |       | 19.58 |
|         |       | 19.56 |
|         |       | 19.53 |
| 37월 30일 |       | 19.52 |
|         |       | 19.50 |
|         |       | 19.49 |
| 38월     |       | 19.47 |
|         |       | 19.46 |
|         |       | 19.44 |
| 38월 30일 |       | 19.41 |
|         |       | 19.41 |
|         |       | 19.38 |
|         |       | 19.35 |
| 39월 30일 |       | 19.34 |
|         |       | 19.32 |
|         |       | 19.30 |
|         |       | 19.28 |
| 40월     |       | 19.27 |
|         |       | 19.26 |
|         |       | 19.24 |
| 40월 30일 |       | 19.22 |
|         |       | 19.20 |
|         |       | 19.19 |

|         |  |       |
|---------|--|-------|
| 41월     |  | 19.18 |
|         |  | 19.14 |
| 41월 30일 |  | 19.12 |
|         |  | 19.11 |
|         |  | 19.08 |
|         |  | 19.06 |
| 42월     |  | 19.04 |
|         |  | 19.02 |
|         |  | 19.00 |
| 42월 30일 |  | 18.98 |
|         |  | 18.96 |
|         |  | 18.95 |
| 43월     |  | 18.92 |
|         |  | 18.90 |
|         |  | 18.88 |
| 43월 30일 |  | 18.86 |
|         |  | 18.83 |
|         |  | 18.79 |
| 44월     |  | 18.77 |
|         |  | 18.75 |
|         |  | 18.70 |
| 44월 30일 |  | 18.69 |
|         |  | 18.66 |
|         |  | 18.62 |
| 45월     |  | 18.60 |
|         |  | 18.57 |
|         |  | 18.55 |
| 45월 30일 |  | 18.51 |
|         |  | 18.47 |
|         |  | 18.44 |
| 46월     |  | 18.39 |
|         |  | 18.34 |
|         |  | 18.30 |
| 46월 30일 |  | 18.25 |
|         |  | 18.22 |
|         |  | 18.18 |
| 47월     |  | 18.14 |
|         |  | 18.07 |
| 47월 30일 |  | 18.02 |

그림 50 배터리별 런타임 테스트 결과



## 2. 파워 모듈 및 스위치 모듈 개발

### 가. 필요성 및 목적

○ 저가의 중국제 전원 보드의 전류 용량 부족 및 불량에 의한 비행사고를 최소화하기 위해 전류 용량이 보장된 전원분배 기능과 일체식 이중화 BEC를 탑재한 전원분배장치가 필요하다.

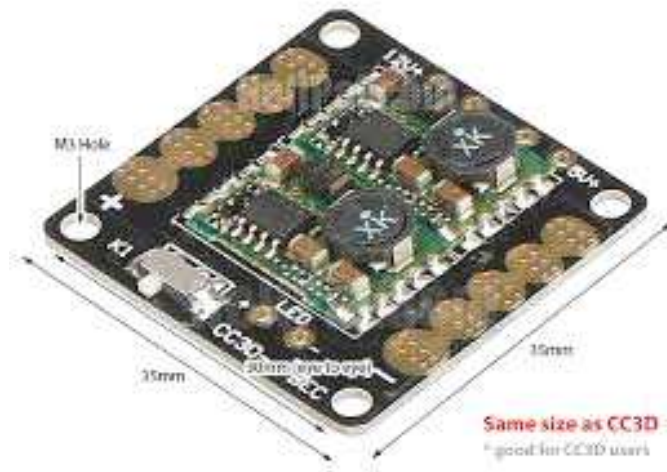


그림 51 중국제 저가형 파워모듈

○ 배터리 잔량 표시 LED와 역전류방지 센서, 셀 밸런스 유지 기능이 탑재된 스위치 모듈을 통해 안정된 전원 공급을 유지한다.

### 나. 연구 방법

○ 전원분배 장치에 적용할 요소를 분석하고 PCB 디자인에 적용하였다.

○ 전원 스위치 모듈을 통해 배터리 용량을 체크하고 셀밸런스를 조정하게 하였다.

다. 연구결과

○ 그림 52와 같이 전원분배 장치에 적용할 디자인을 설계하였다.

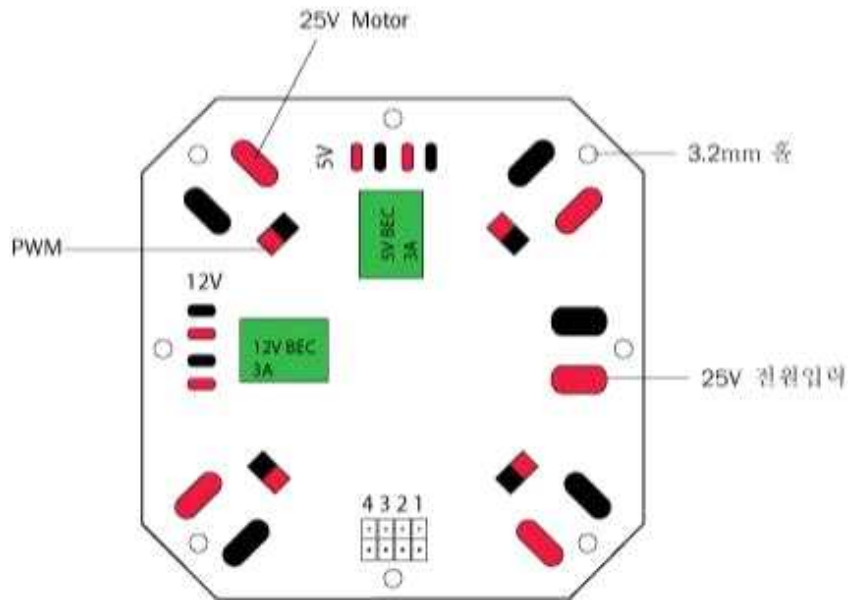


그림 52 전원 모듈 PCB 디자인 컨셉

○ 아래 그림 53과 같이 전원부 시스템을 구성하였다.

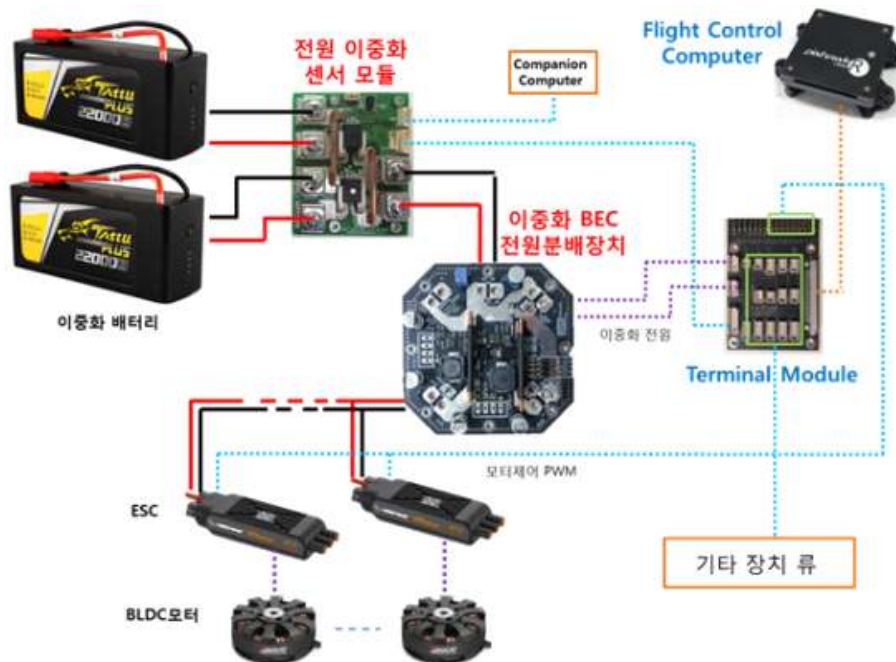


그림 53 전원 모듈 PCB 디자인 컨셉

○ 아래 그림 54와 같이 전원 모듈을 제작하였다.

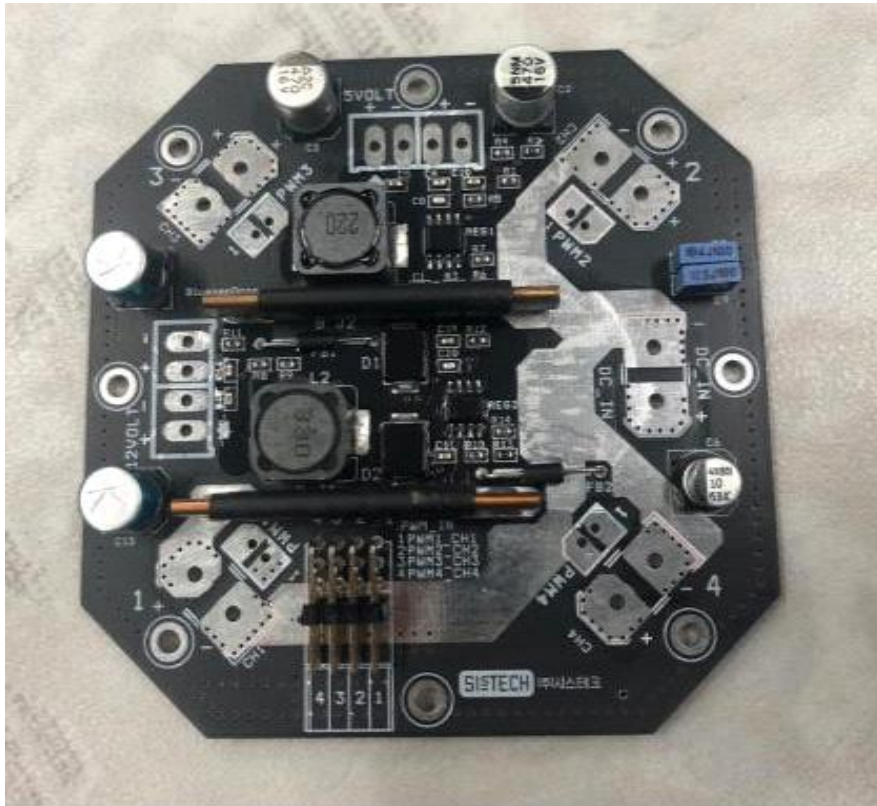


그림 54 전원 모듈 사진

○ 아래 그림 55와 같이 전원 모듈 라인을 구성하였다.

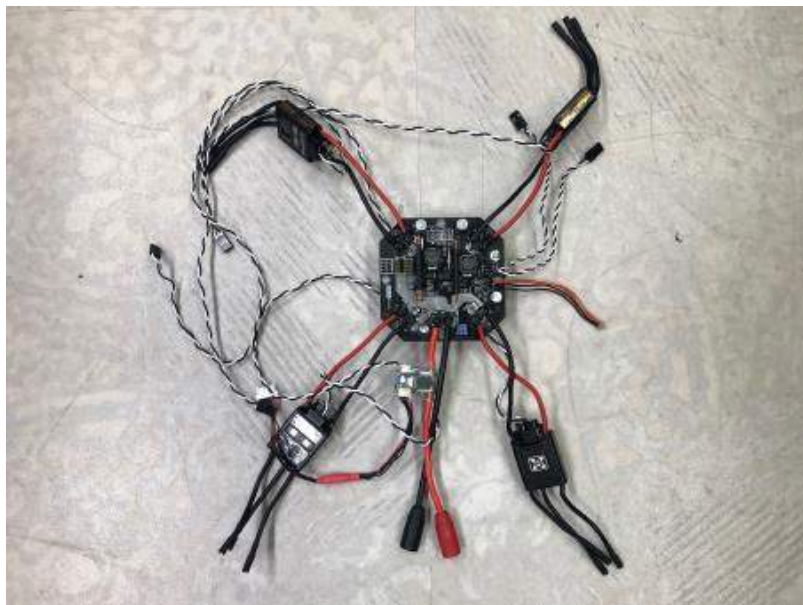


그림 55 전원 모듈 라인 사진

○ 그림 56과 같이 스위치 모듈에 적용할 디자인을 설계하였다.

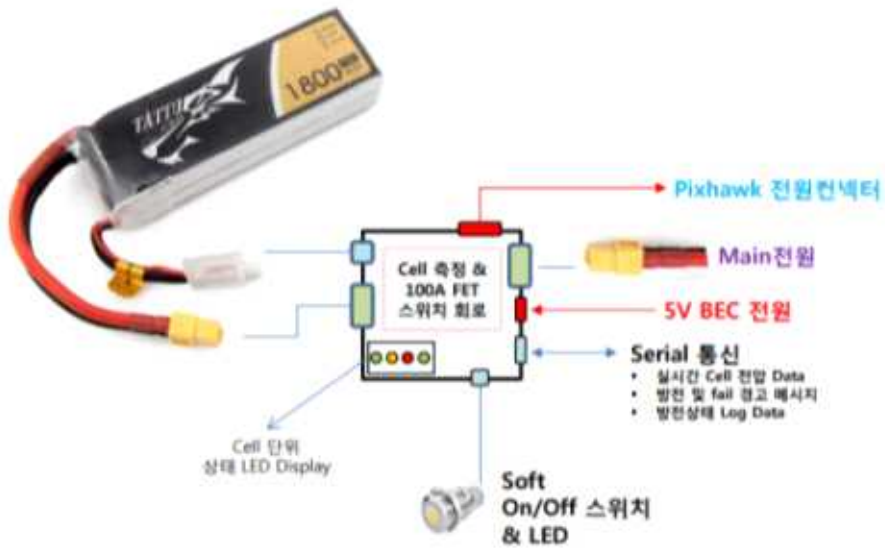
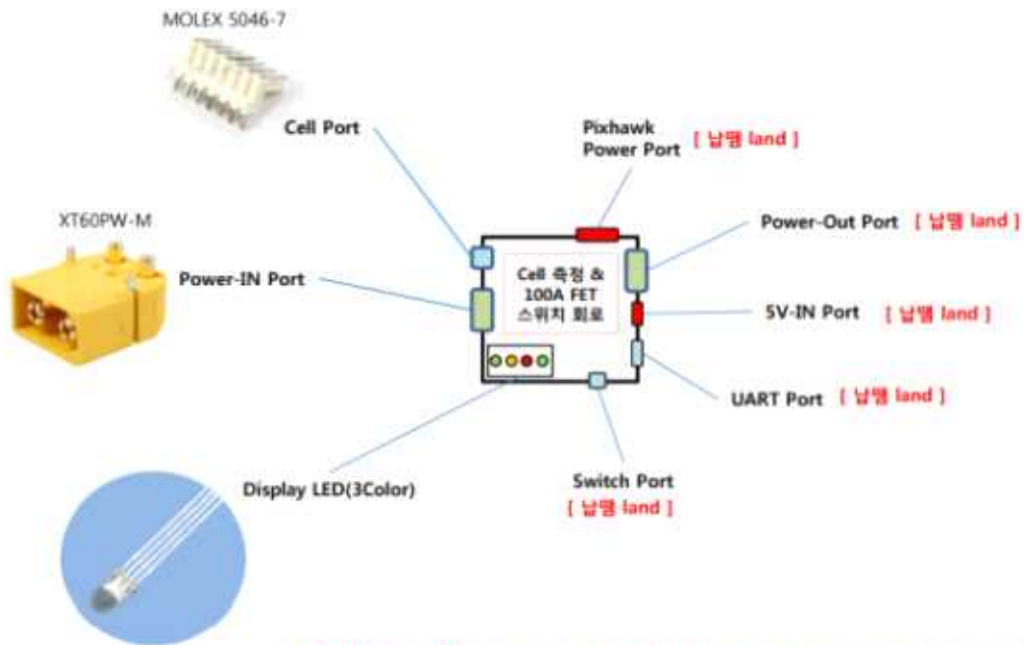


그림 56 스위치 모듈 운용개념도

○ 그림 57과 같이 스위치 모듈에 포트 구성안을 디자인하였다.



★ [ 납땜 land ] -> 납땜 LAND를 기본으로 하며 필요에 따라 부품을 실장 함.

그림 57 스위치 모듈 포트 구성안

○ 그림 58과 같이 스위치 모듈에 블럭도를 디자인하였고, 그림 59와 같이 스위치 모듈을 제작하였다.



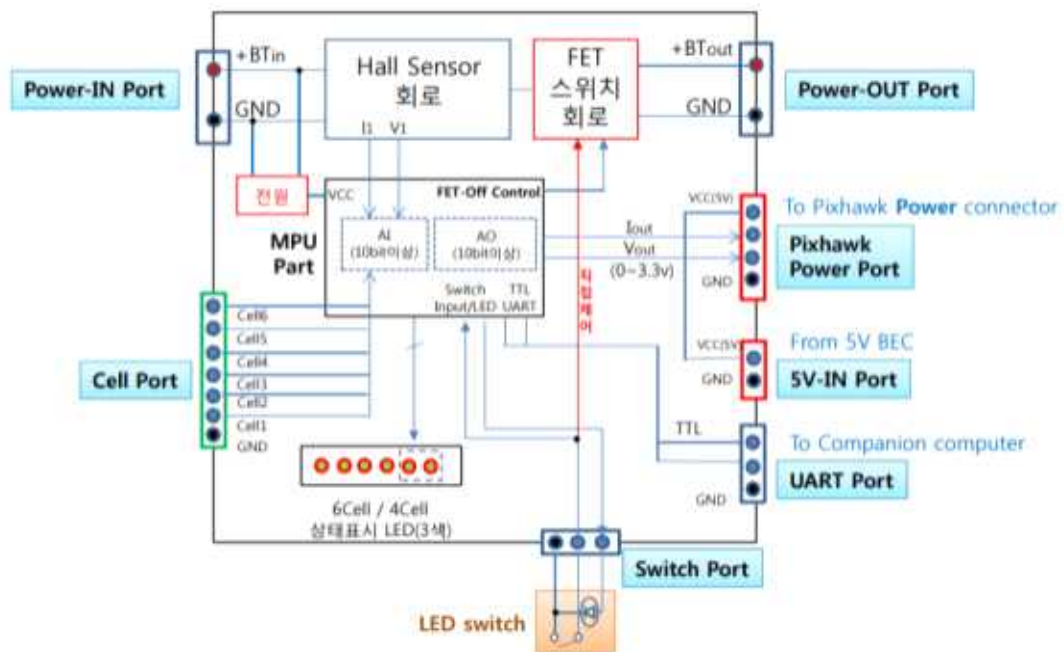


그림 58 스위치 모듈 블럭도



그림 59 전원 모듈 사진

표 26 스위치 모듈 스펙

|             |          |
|-------------|----------|
| 배터리 잔여량 LED | 1 port   |
| 스위치 port    | 1 port   |
| 5V BEC      | 1 port   |
| 12V BEC     | 1 port   |
| 최대 인가 전원    | 6S 25.2V |
| 최대 전류 인가    | 80A 12시간 |
| 무게          | 15g      |

### 3. 악천후(영하 -10도 이하) 비행을 위한 System 구축

#### 가. 필요성 및 목적

철새 예찰이 주로 이루어지는 11월 ~ 다음 해 3월에는 국내 기온이 영하 -10도 이하로 떨어지는 경우가 발생한다. 이런 낮은 기온에서 UAV를 이용한 예찰 시스템을 운영하기 위하여 FC와 배터리에 대한 보온 및 예열대책이 필요하다.

#### 나. 연구 방법

○ 영하 -10 이하의 온도에서 10분간 실온에 존치 후 FC 작동 여부와 비행시간을 확인하여 시스템에 반영하였다.

○ 영하 -10 이하의 온도에서 배터리를 실온에 존치 후 예열 및 보온에 따른 비행 여부 및 비행시간을 확인하여 저장된 Log 값을 통해 온도에 따른 전압의 변화를 확인하였다. 이후 차량 내부 온도(20℃)에서 존치 후 비행 테스트를 진행하였다.

○ 실온 테스트는 시화호 비행 공역에서 시행하였다.

○ 온도측정을 위한 측정장치의 성능은 표 27과 같다.

표 27 온도계측센서

|  |        |  |
|--|--------|--|
|  <p>지상용 온도측정장치</p>    | 항목     | 내용   |
|  | 모델     | TESTO 175H1  |
|  | 측정범위   | -20 ~ +55°C / -40 ~ +50°C th /<br>0~100% RH                |
|  | 분해능    | 0.1°C, 0.1% RH   |
|  | 배터리 타입 | 3X AAA   |
|  | 측정주기   | 10초 ~ 24시간 (선택 가능)   |
|  | 소프트웨어  | ConSioft Basic5,/Professional14,<br>/ CFR 21 part 11       |
|  <p>드론장착용 온도측정장치</p> | 항목     | 내용   |
|  | 모델     | GILTROM GT171  |
|  | 측정범위   | -40 ~ +70°C / 0 ~100% RH                                   |
|  | 분해능    | 0.1°C, 0.1% RH   |
|  | 배터리 타입 | 3.6V 리튬 건전지  |
|  | 측정주기   | 2, 5, 10, 30초 / 1, 5, 10, 30분 /<br>1, 2, 3, 6, 12, 24시간 간격 |
|  | 소프트웨어  | 분석용 소프트웨어 제공   |

○ 현장 비행 테스트는 아래 그림과 같이 진행하였다.



그림 60 영하 10℃ 이하 비행 테스트 사진

○ -10℃ 이하 현장에서 온도계로 대기 온도를 확인하고 기체에 테스트를 진행하였다.



그림 61 영하 13.4℃ 비행 테스트 사진



○ 그림 62와 같이 배터리 예열 후 배터리를 보온재에 보강 후 전압 및 비행시간 테스트를 진행하였다.



그림 62 실내 온도 20℃에서 20분 예열



그림 63 배터리 보온재 적용

다. 연구결과

○ FC 온도적응 연구결과

- 영하 10°C 에 20분간 방치 후 시동이 5회에 걸쳐 테스트하였으나 시동이 걸리지 않았다.
- 차량 내부 온도 (20°C) 에서 20분 보관 후 비행 테스트를 진행한 결과 시동에는 이상이 없었다. 비행 중에는 FC 자체에서 열이 발생하여 이상 없이 비행을 진행하였다.

○ 영하 13°C 저온 배터리 테스트 연구결과

영상 온도에서는 Li-polymer 배터리는 28분 30초에 20.4V에 도달하였다. Li-polymer 배터리 런타임 결과는 다음 그림과 같았다.



그림 64 Li-polymer 정상온도 배터리 시간별 전압변화

○ 영하 13°C 저온에서는 배터리의 전압이 급격하게 저하라는 현상을 확인하였다.

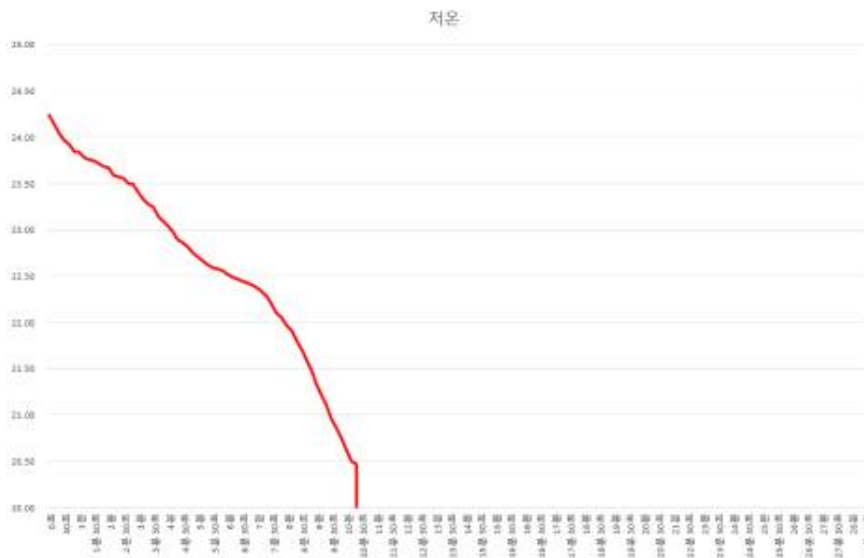


그림 65 저온 배터리 시간별 전압변화

○ 보온재를 활용하여 배터리 온도를 유지해 성능 저하 현상 최소화하였다.



그림 66 보온재 적용 배터리 시간별 전압변화

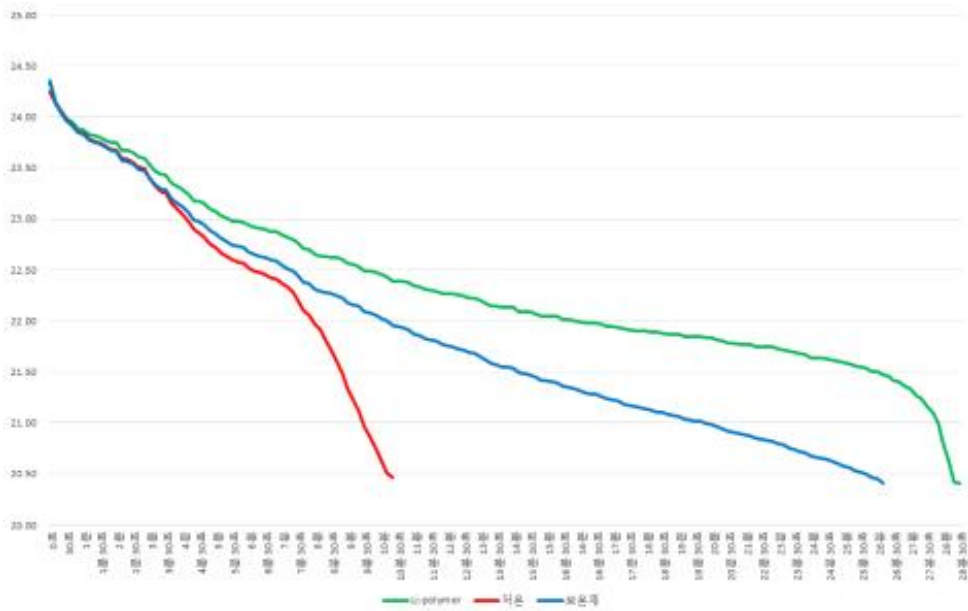


그림 67 저온 배터리 시간별 전압변화

○ 영하 13℃에 노출된 배터리는 10분 20초 비행 후 급격한 전압저하로 비행이 곤란했으나 차량 내부에서 20분 예열 후 보온재에 넣어서 비행했을 때는 92% 비행시간을 유지하였다.

○ 저온 테스트 시간별 세부 온도변화는 그림 68과 같음

| 시간     | Upper | 저온    | 복합    |
|--------|-------|-------|-------|
| 0분     | 24.33 | 24.24 | 24.33 |
|        | 24.15 | 24.14 | 24.14 |
|        | 24.06 | 24.04 | 24.04 |
| 10분    | 23.98 | 23.96 | 23.96 |
|        | 23.96 | 23.92 | 23.91 |
|        | 23.90 | 23.85 | 23.89 |
| 1분     | 23.87 | 23.83 | 23.83 |
|        | 23.83 | 23.78 | 23.77 |
|        | 23.81 | 23.76 | 23.76 |
| 1분 30초 | 23.81 | 23.76 | 23.76 |
|        | 23.77 | 23.71 | 23.72 |
|        | 23.76 | 23.68 | 23.67 |
| 2분     | 23.72 | 23.67 | 23.66 |
|        | 23.67 | 23.60 | 23.67 |
|        | 23.67 | 23.58 | 23.58 |
| 2분 30초 | 23.64 | 23.58 | 23.58 |
|        | 23.60 | 23.50 | 23.49 |
|        | 23.60 | 23.49 | 23.47 |
| 3분     | 23.54 | 23.41 | 23.40 |
|        | 23.48 | 23.33 | 23.44 |
|        | 23.44 | 23.28 | 23.33 |
| 3분 30초 | 23.43 | 23.28 | 23.28 |
|        | 23.38 | 23.18 | 23.19 |
|        | 23.32 | 23.10 | 23.18 |
| 4분     | 23.29 | 23.04 | 23.11 |
|        | 23.24 | 22.98 | 23.06 |
|        | 23.18 | 22.89 | 22.99 |
| 4분 30초 | 23.17 | 22.86 | 22.87 |
|        | 23.15 | 22.82 | 22.84 |
|        | 23.10 | 22.78 | 22.89 |
| 5분     | 23.07 | 22.71 | 22.83 |
|        | 23.03 | 22.67 | 22.81 |
|        | 23.00 | 22.63 | 22.77 |
| 5분 30초 | 22.96 | 22.59 | 22.74 |
|        | 22.97 | 22.58 | 22.72 |
|        | 22.97 | 22.54 | 22.70 |
| 6분     | 22.96 | 22.52 | 22.69 |
|        | 22.92 | 22.49 | 22.65 |
|        | 22.91 | 22.47 | 22.64 |
| 6분 30초 | 22.90 | 22.45 | 22.62 |
|        | 22.88 | 22.43 | 22.59 |
|        | 22.87 | 22.41 | 22.58 |
| 7분     | 22.84 | 22.37 | 22.54 |
|        | 22.81 | 22.33 | 22.51 |
|        | 22.80 | 22.27 | 22.48 |
| 7분 30초 | 22.78 | 22.20 | 22.44 |
|        | 22.70 | 22.10 | 22.38 |
|        | 22.70 | 22.08 | 22.37 |

|         |       |       |       |
|---------|-------|-------|-------|
|         | 22.60 | 21.97 | 22.31 |
|         | 22.50 | 21.91 | 22.29 |
|         | 22.43 | 21.80 | 22.27 |
| 8분 30초  | 22.40 | 21.70 | 22.24 |
|         | 22.41 | 21.69 | 22.24 |
|         | 22.60 | 21.47 | 22.22 |
| 9분      | 22.56 | 21.34 | 22.16 |
|         | 22.50 | 21.22 | 22.16 |
|         | 22.42 | 21.11 | 22.14 |
| 9분 30초  | 22.40 | 20.97 | 22.09 |
|         | 22.49 | 20.87 | 22.08 |
|         | 22.48 | 20.78 | 22.06 |
| 10분     | 22.45 | 20.69 | 22.03 |
|         | 22.40 | 20.51 | 22.00 |
| 10분 30초 | 22.39 | 20.47 | 21.96 |
|         | 22.39 |       | 21.94 |
|         | 22.39 |       | 21.93 |
|         | 22.37 |       | 21.91 |
| 11분     | 22.34 |       | 21.87 |
|         | 22.33 |       | 21.86 |
|         | 22.31 |       | 21.82 |
| 11분 30초 | 22.30 |       | 21.81 |
|         | 22.29 |       | 21.80 |
|         | 22.27 |       | 21.77 |
| 12분     | 22.26 |       | 21.75 |
|         | 22.26 |       | 21.74 |
|         | 22.25 |       | 21.73 |
| 12분 30초 | 22.24 |       | 21.71 |
|         | 22.22 |       | 21.69 |
|         | 22.22 |       | 21.67 |
| 13분     | 22.20 |       | 21.65 |
|         | 22.17 |       | 21.61 |
|         | 22.14 |       | 21.58 |
| 13분 30초 | 22.14 |       | 21.57 |
|         | 22.13 |       | 21.54 |
|         | 22.11 |       | 21.54 |
| 14분     | 22.09 |       | 21.49 |
|         | 22.09 |       | 21.48 |
| 14분 30초 | 22.09 |       | 21.47 |
|         | 22.07 |       | 21.44 |
|         | 22.06 |       | 21.43 |
| 15분     | 22.04 |       | 21.41 |
|         | 22.04 |       | 21.40 |
| 16분     | 22.04 |       | 21.39 |
| 16분 30초 | 22.02 |       | 21.36 |
|         | 22.01 |       | 21.35 |
|         | 22.00 |       | 21.33 |

|         |       |  |       |
|---------|-------|--|-------|
| 16분     | 21.99 |  | 21.31 |
|         | 21.97 |  | 21.29 |
|         | 21.97 |  | 21.26 |
| 16분 30초 | 21.97 |  | 21.26 |
|         | 21.96 |  | 21.26 |
|         | 21.94 |  | 21.23 |
| 17분     | 21.94 |  | 21.22 |
|         | 21.94 |  | 21.21 |
|         | 21.92 |  | 21.19 |
| 17분 30초 | 21.91 |  | 21.17 |
|         | 21.91 |  | 21.16 |
|         | 21.90 |  | 21.18 |
| 18분     | 21.89 |  | 21.14 |
|         | 21.89 |  | 21.12 |
|         | 21.88 |  | 21.11 |
| 18분 30초 | 21.88 |  | 21.10 |
|         | 21.87 |  | 21.06 |
|         | 21.87 |  | 21.07 |
| 19분     | 21.86 |  | 21.06 |
|         | 21.85 |  | 21.04 |
|         | 21.85 |  | 21.03 |
| 19분 30초 | 21.84 |  | 21.02 |
|         | 21.84 |  | 21.01 |
|         | 21.84 |  | 21.01 |
| 20분     | 21.83 |  | 20.99 |
|         | 21.83 |  | 20.99 |
|         | 21.81 |  | 20.96 |
| 20분 30초 | 21.80 |  | 20.94 |
|         | 21.79 |  | 20.91 |
|         | 21.78 |  | 20.89 |
| 21분     | 21.77 |  | 20.88 |
|         | 21.77 |  | 20.87 |
|         | 21.76 |  | 20.85 |
| 21분 30초 | 21.74 |  | 20.84 |
|         | 21.74 |  | 20.83 |
|         | 21.74 |  | 20.82 |
| 22분     | 21.72 |  | 20.79 |
|         | 21.72 |  | 20.78 |
|         | 21.72 |  | 20.78 |
| 22분 30초 | 21.70 |  | 20.74 |
|         | 21.69 |  | 20.74 |
|         | 21.68 |  | 20.72 |
| 23분     | 21.67 |  | 20.70 |
|         | 21.64 |  | 20.67 |
|         | 21.64 |  | 20.64 |
|         | 21.64 |  | 20.64 |

|         |       |  |       |
|---------|-------|--|-------|
| 23분     | 21.63 |  | 20.60 |
|         | 21.58 |  | 20.56 |
|         | 21.54 |  | 20.53 |
| 23분 30초 | 21.52 |  | 20.51 |
|         | 21.52 |  | 20.50 |
|         | 21.41 |  | 20.46 |
| 24분     | 21.41 |  | 20.44 |
|         | 21.44 |  | 20.40 |
|         | 21.49 |  |       |
| 24분 30초 | 21.42 |  |       |
|         | 21.40 |  |       |
|         | 21.36 |  |       |
| 25분     | 21.33 |  |       |
|         | 21.27 |  |       |
|         | 21.24 |  |       |
| 25분 30초 | 21.14 |  |       |
|         | 21.10 |  |       |
|         | 21.00 |  |       |
| 26분     | 20.80 |  |       |
|         | 20.84 |  |       |
|         | 20.43 |  |       |
| 26분 30초 | 20.41 |  |       |

그림 68 저온 배터리 시간별 전압변화

#### 4. Intelligency Helipad( Landing station)개발

##### 가. 필요성 및 목적

GPS로 인한 오차를 벗어나 드론의 정확한 이착륙 유도과 이착륙 시 먼지 발생의 최소화를 통해 모터와 기체 오염을 방지하기 위하여 헬리패드 개발이 필요하다. 또한, 드론 정밀착륙을 위해 센서를 활용한 개발이 필요하다.

##### 나. 연구 방법

##### ○ 헬리패드 기본 디자인

기존의 헬리패드 제품들을 참조하여 헬리패드의 기능 구현을 위한 요소를 분석하였고, 이에 부합되는 디자인을 설계하여 제작하였다.

표 28 헬리패드 디자인 적용 사항


| 구분   | 내용                              |
|------|---------------------------------|
| 시인성  | 시인성 향상을 위해 컬러를 적용               |
| 방위각  | 진북방향으로 지도정치를 위해 방위각을 표시         |
| 대공표지 | 촬영 시 대공표지를 위해 대공표지 마크를 표시       |
| 휴대성  | 8자 형태로 접을 수 있도록 디자인하여 가방에 넣어 휴대 |
| 안정성  | 이착륙 시 하향 풍에 의한 들림 현상이 없도록 적용    |

##### ○ 정밀 센서 랜딩 시스템 적용


기체의 하부에 Lidar센서 와 IR sensor를 동시에 장착할 수 있는 통합 하우징을 설치하고 헬리패드에 IR led lamp를 설치하여 이륙과 착륙 테스트를 각각 5회씩 진행하였다.

드론은 Return to Lunch 명령 시 헬리패드 위치(Home)로 복귀하게 되고 GPS 정확도에 의해 헬리패드 상공에 도착하게 되며 RTK GPS 정확도에 의해 평균 오차 50cm 범위에 착륙하게 되는데 정밀착륙 센서를 사용하여 정확도를 확인했다.

표 29 정밀착륙을 위한 센서스펙

|  | 품명    | Faster               | FOV         | Lens  | Socket       |
|---|-------|----------------------|-------------|-------|--------------|
|   | Pixy2 | 60 frames per second | H60' / V35' | 3.6mm | 4 pos socket |



|  | 품명                  | Detection Range | Update Rate | Beam Angle  | Voltage Input |
|---|---------------------|-----------------|-------------|-------------|---------------|
|   | MarkOne Beacon V2.0 | 15+ meters      | 50Hz        | ~65 degrees | 10.2-18V      |

○ 테스트 방식

일반적 사용방식인 일반 GPS만 적용하여 착륙하는 방식, RTK GPS만 적용한 방식과 정밀 착륙 센서 적용 테스트를 각각 5회씩 실시하여 데이터를 비교하였다. 실험은 서울대학교 학군단 운동장과 시화호에서 실시하였다.



그림 69 Landing Test



그림 70 Landing Test ( RTK GPS )

○ 헬리패드드의 기능 구현을 위한 요소를 분석하여 이에 부합되는 디자인을 적용하였다.

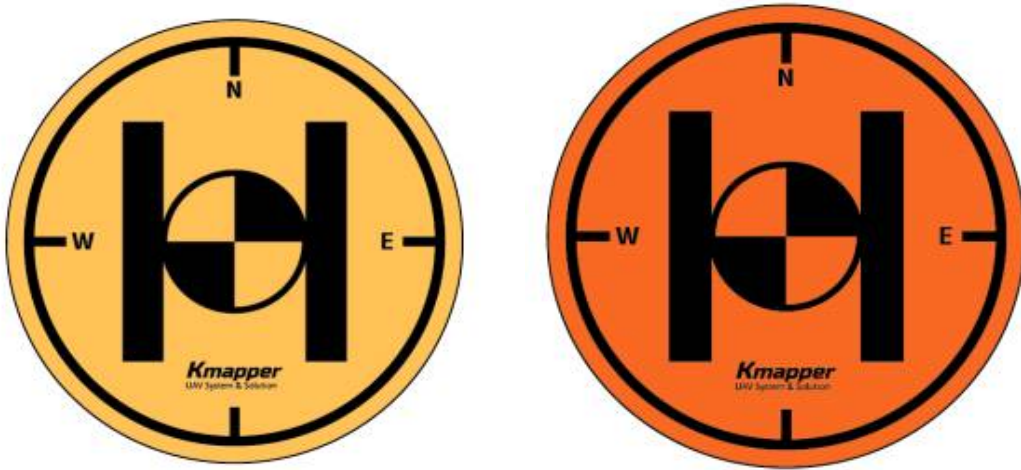


그림 71 헬리패드 디자인

표 30 헬리패드 제원

|            |                          |
|------------|--------------------------|
|            |                          |
| 폭          | 1500mm                   |
| 와이어        | 외곽에 13mm 금속와이어를 넣어 무게 유지 |
| LAMP 센서 전압 | 12V~18V                  |
| 무게         | 3.3kg                    |





가방에 넣을 때



접었을 때(60cm)

그림 72 헬리패드 가방 제작

○ 일반 GPS와 RTK GPS 착륙 포지션 비교

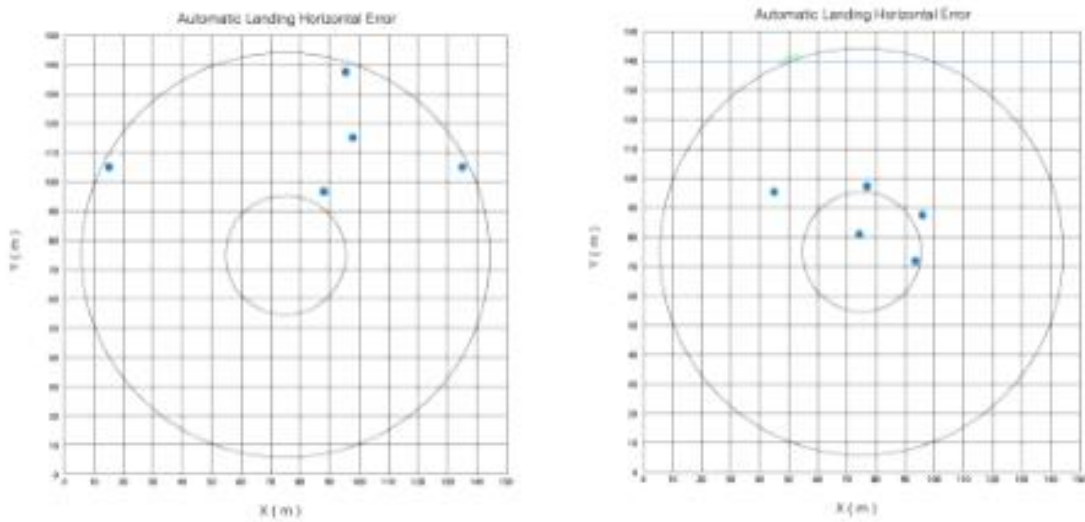


그림 73 GPS 정확도 비교

○ 일반 GPS 사용 시 RTK GPS에 상대적으로 오차가 크므로 정밀한 착륙을 하지 못함을 알 수 있다. 반면에 RTK GPS 사용 시 GPS 오차가 일반 GPS 오차보다 정확하므로 착륙 포지션이 정밀하게 착륙함을 볼 수 있다.

○ 정밀 착륙센서 장착 후 테스트

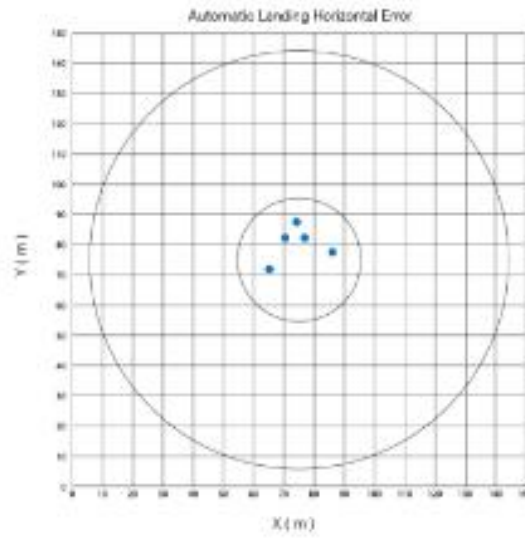


그림 74 정밀착륙 센서 적용

○ 정밀 착륙센서를 장착 후에는 RTK GPS에 비교하였을 때 정밀한 착륙이 개선됨을 알 수 확인하였음.

## 4절. 철새 폐사체, 사람·차량 이동 식별 및 위치분석을 위한 영상처리기술 개발 (I)

### 1. 드론 촬영 항공 영상 매핑 및 관심 영역 분리 기술개발

#### 가. 필요성 및 목적

드론을 이용하여 촬영된 항공 영상의 2차원 영상매핑기술을 개발하기 위해 SURF 특징점 추출기술과 RANSAC 기반의 이미지 정합 알고리즘 및 affine 영상변환기법을 적용하였으며 이를 통해 2차원 영상매핑기술을 구현함

#### 나. 연구 방법

SURF (Speeded-Up Robust Features) 알고리즘 구현 : 그림 75에서와같이 스케일, 조명, 시점 등의 환경변화에 대하여 불변하는 특징점을 추출하는 알고리즘 중 하나로써 SIFT(Scale Invariant Feature Transform) 특징 추출기법과 견줄 만한 성능을 보이면서 속도는 크게 향상된 알고리즘임

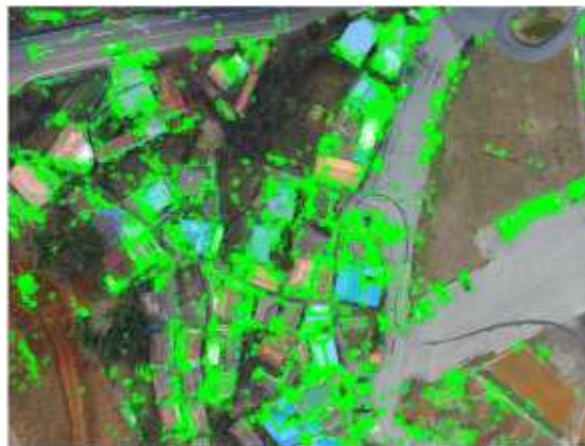


그림 75 항공 영상의 SURF 특징점 추출

RANSAC (Random sample consensus) 알고리즘 적용 : 정합하려 하는 두 이미지의 SURF 특징점을 추출하여 매칭한 후 RANSAC(Random sample consensus)를 통해 유의미하지 않은 매칭 점을 제거함.

영상접합 : 최종적인 영상접합을 위해 이미지 변환과정이 필요하며 기존에 많이 알려진 영상변환 방법 (translation, euclidean, similarity, affine, projective) 중 본 연구에서는 매칭을 통한 영상정합을 위해 affine 변환 방법을 적용하였으며 본 연구에서와같이 항공 영상의 정합은 카메라의 틀어짐이나 왜곡이 크지 않았으므로 만족스러운 결과를 확인함

최종적으로 항공 영상의 2차원 영상매핑을 위해 필요한 알고리즘의 적용 순서도는 그림 76과 같다.

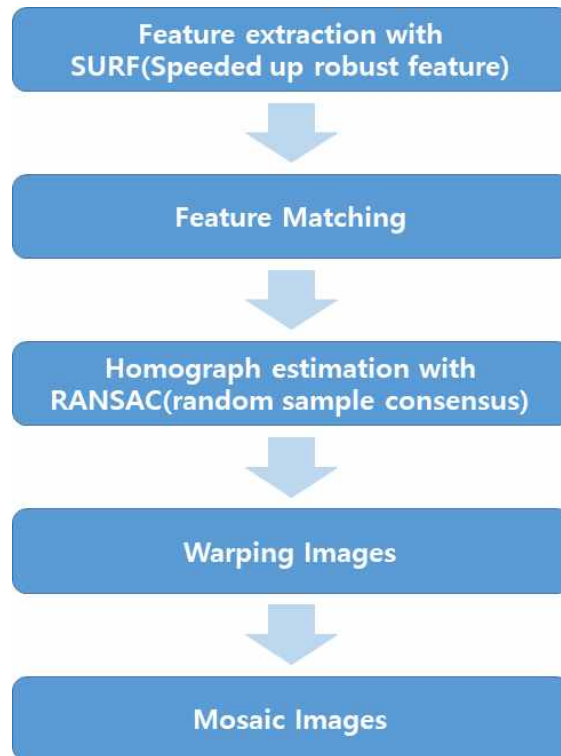


그림 76 항공 영상 2차원 매핑알고리즘 적용 순서도

다. 결과

그림 77, 78은 위의 알고리즘의 적용하여 완성된 항공 영상의 2차원 영상매핑 결과를 보여주고 있다.

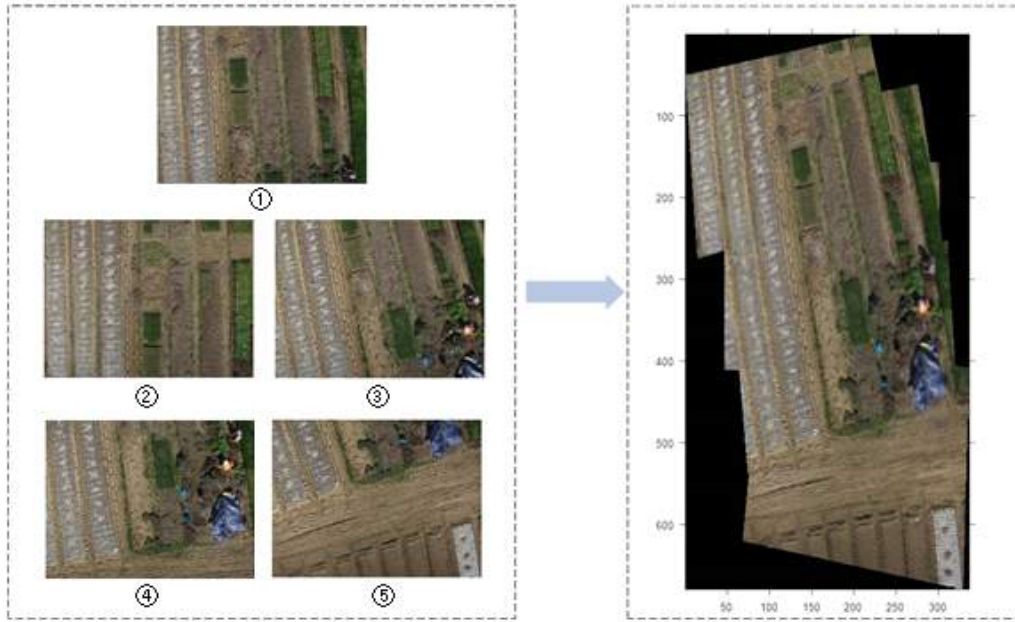


그림 77 최종 정합된 항공 영상 (I)



그림 78 최종 정합된 항공 영상 (II)



## 2. 항공 영상의 전처리 기술개발 ① : RGB 영상 반사도 보정기술

### 가. 개요

드론을 이용하여 항공에서 촬영된 RGB 영상은 연속적으로 변하는 광조건 및 대기 환경의 영향을 크게 받을 수 있으므로 다양한 환경조건에서 촬영된 영상을 정량적으로 비교하기 위해서는 RGB 영상의 반사도 보정이 필요하다. 일반적으로, 항공 영상의 반사도 보정은 고도, 노출 시간, 센서의 종류, 조도, 대기 환경조건 (온도 및 습도) 등 여러 변인들에 의하여 영향을 받을 수 있으며 1차년도에서는 반사도 보정을 위한 ‘RGB 영상 반사도 보정기술’을 개발하였다.

### 나. 연구 방법

본 연구에서는 항공 영상으로 촬영한 캘리브레이션 판의 RGB 값과 그림 79에서와 같은 측색계 (CR-300, MINOLTA)를 이용하여 지상에서 측정한 캘리브레이션 판의 RGB 값을 이용하여 항공 영상의 반사 보정 식을 개발하였다.

항공 영상의 촬영은 관악구 대학동에서 이루어졌으며 고도는 20m 조건이었고, 촬영에 사용된 카메라의 사양은 표 31과 같았다.

항공 영상에서 캘리브레이션 판의 RGB 데이터는 세 포인트의 평균으로 측정하였으며, 소수 다섯째 자리에서 반올림하여 계산하였다.



그림 79 측색계 (CR-300, MINOLTA)

표 31 항공촬영용 RGB 카메라 사양

|             |                 |
|-------------|-----------------|
| Model       | NX-500          |
| Sensor type | CMOS            |
| Pixel       | 6480*4320       |
| Weight      | 287g            |
| Lens        | 16mm            |
| Volume      | 119.5*63.6*42.5 |
|             | mm              |

### 다. 결과

표 32는 지상에서 측색계로 측정한 캘리브레이션판의 RGB 정보이며 그림 80은 20m 고도에서 촬영된 실제 항공 영상임

표 32 측색계로 측정된 캘리브레이션 판의 RGB 값

| Targets | Red      | Green    | Blue     |
|---------|----------|----------|----------|
| White   | 0.755662 | 0.749637 | 0.741756 |
| Gray1   | 0.682703 | 0.671927 | 0.658563 |
| Gray2   | 0.598331 | 0.594614 | 0.589331 |
| Gray3   | 0.514425 | 0.506529 | 0.492985 |
| Gray4   | 0.388315 | 0.391106 | 0.390379 |
| Gray5   | 0.271898 | 0.274477 | 0.274093 |
| Black   | 0.215267 | 0.208389 | 0.194425 |



그림 80 항공촬영 RGB 영상, 고도 : 20m

카메라로 측정된 RGB 디지털넘버(DN) 값과 측색계로 측정된 실제 RGB 값 사이의 관계는 상용 카메라의 경우 지수 함수 형태로 나타나는 것으로 알려져 있으며 본 연구에서도 두 가지 측정 환경에 따른 RGB 값의 관계도 지수 함수 형태를 보이는 것으로 확인되며 반사도 보정관계식은 그림 81에서와같이 각각의 RGB에 대한 회귀분석을 통해 지수 함수의 형태의 보정식을 개발함



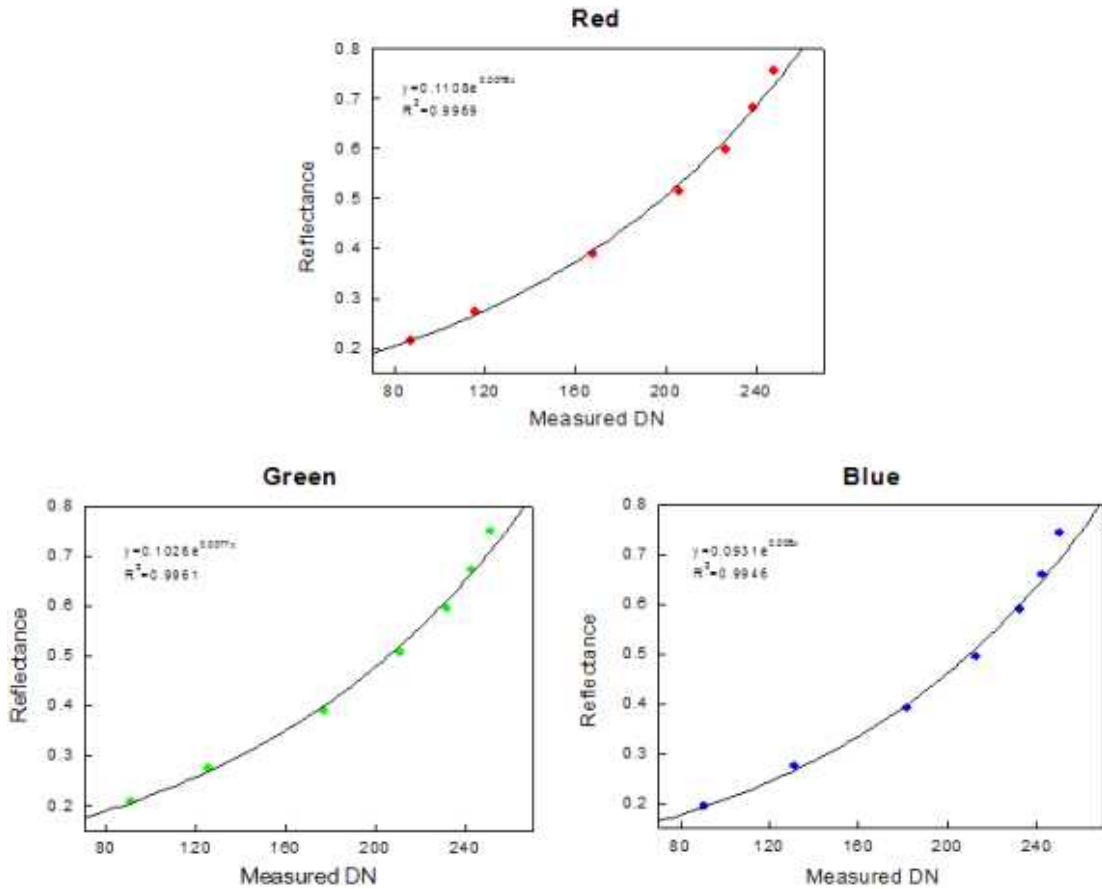


그림 81 항공 영상의 RGB 반사도 보정식 결과

개발된 반사도 보정식의 성능을 평가하기 위하여 시간대가 서로 다른 4가지 종류의 항공 영상에 대하여 보정 전후의 수풀 영역에 대한 RGB 값을 비교하였으며 그 결과를 그림 82에 도시하였음. 분석결과, 보정 이전에 조도, 대기 환경 등의 차이에 의해서 같은 수풀이라도 시간대별로 다른 값의 RGB가 나왔지만, 보정 후 영상에서는 유사한 RGB 영상정보를 확인할 수 있음

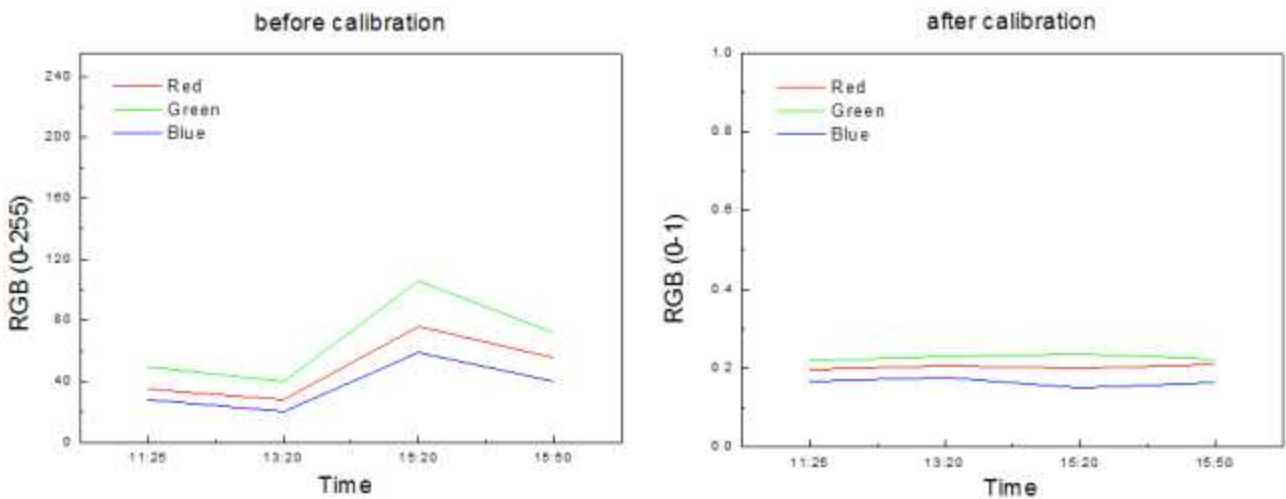


그림 82 반사도 보정 전후의 수풀의 RGB 변화 비교

### 3. 항공 영상의 전처리 기술개발 (Ⅲ) : 적외선 항공 열 영상 보정기술

#### 가. 개요

본 연구는 드론을 이용한 촬영된 적외선 항공 열 영상으로부터 측정되는 대상체의 실제 온도정보를 정밀하게 분석할 수 있는 적외선 항공 열 영상 보정기술을 개발하는 것으로서 대상체의 방사율을 개별적으로 분석하고 촬영고도 및 방사율에 따른 적외선 항공 열 영상을 보정하고자 한다.

#### 나. 연구 방법

연구에 이용된 적외선 항공 열 영상촬영용 적외선 카메라와 지상 대상체의 온도를 측정하기 위해 이용된 온도 센서는 그림 83과 같으며, 이들의 주요 사양은 표 33, 34와 같음



그림 83 실험에 사용된 적외선 카메라와 온도 센서

표 33 적외선 항공열영상 측정카메라 사양

| Model    | Vue Pro R                |
|----------|--------------------------|
| 촬영 온도 범위 | -55° C ~ 95° C           |
| 동작 온도 범위 | -20° C ~ 50° C           |
| 열 해상도    | 640 × 512                |
| 무 게      | 92g ~ 113g               |
| 치 수      | 5.8(L) × 4.5(W) × 4.5(H) |
| 정확도      | +/- 5° C or 5%           |

표 34 온도 센서의 주요 사양

| Model   | AZ 8889  |
|---------|--|
| 촬영 온도범위 | -40° C ~ 500° C                                |
| 분해능     | 0.1° C (-40 ~ 100° C)<br>0.1° F (-40 ~ 212° F) |
| 정확도     | +/- 2° C or 2%                                 |
| 무 게     | 200g   |
| 치 수     | 16(L) × 3.3(W) × 5(H)                          |

적외선 항공열영상 촬영은 서울시 관악구 서울대학교 농업생명과학대학 항공에서 이루어졌고, 90분 간격으로 총 6시간 동안 세 가지 고도 조건 (20m, 30m, 40m)에서 수행되었다.

휴대형 온도 센서를 이용하여 총 3가지 대상 (토양, 나무 바닥, 수풀)에 대한 온도정보를 추출함과 동시에 적외선 항공 영상에서 측정된 온도정보를 이용하여 각 대상체에 대한 방사

율을 분석하며 그 방법은 식 (1)~(3) 과 같이 정의되는 Chiachung Chen의 방사율 측정법을 적용함 [1]

$$\epsilon_t = \epsilon_{is} \left( \frac{T_{is}}{T_{tr}} \right)^4 + \frac{E_1}{T_{tr}^4} \quad (1)$$

$$\epsilon_t = Ratio = b_0 + b_1 \epsilon_{is} \quad (2)$$

$$\epsilon_t = b_0 / (1 - b_1) \quad (3)$$

식 (1), (2), (3) 에서  $\epsilon_t$ 는 실제 사물의 방사율,  $\epsilon_{is}$ 는 적외선 카메라에서 설정한 방사율,  $T_{is}$ 는 적외선 영상에서 추출된 온도,  $T_{tr}$ 은 온도 센서로 측정된 온도이며  $\frac{E_1}{T_{tr}^4}$ 는 측정오차로  $NID(0, \sigma^2)$ 을 따름

#### 다. 결과

그림 84는 고도 20m에서 촬영된 적외선 항공 열 영상으로 초기 방사율은 0.95로 설정되어 있음

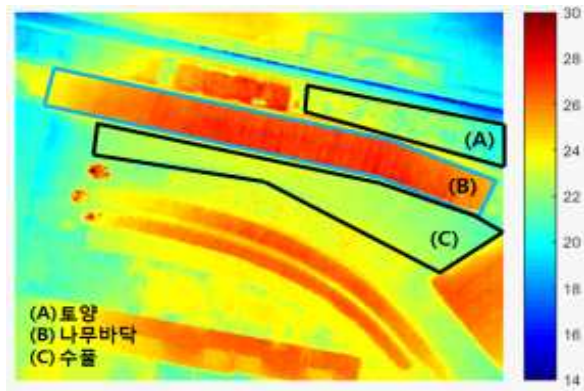


그림 84 적외선 항공 열 영상 및 방사율 측정 대상 영역 (A: 토양, B: 나무 바닥, C: 수풀)

그림 85는 고도 20 m에서 대상체의 종류에 따라 식 (1)~(3)의 방법에 따라 방사율의 회귀 모델식을 구하는 과정 및 결과를 보여주고 있으며 표 35는 고도와 대상체에 따라 분석된 방사율과 회귀식 모델식, R<sup>2</sup>값을 보여주고 있다.

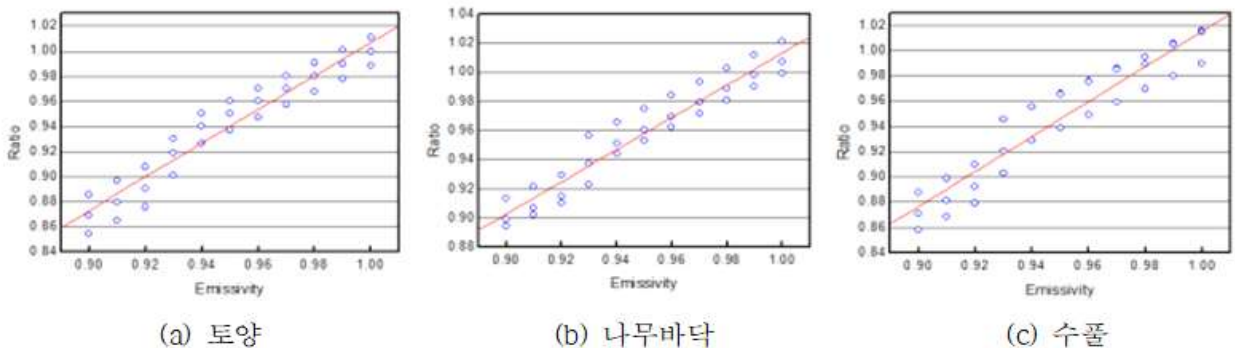
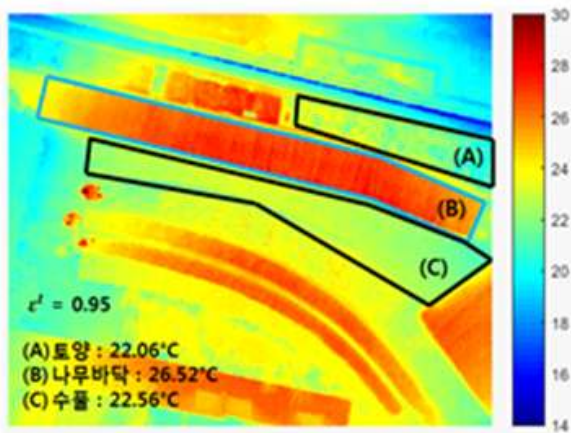


그림 85 20m 고도에서 측정된 적외선 항공 열 영상에 포함된 대상체별 방사율 분석 회귀과정

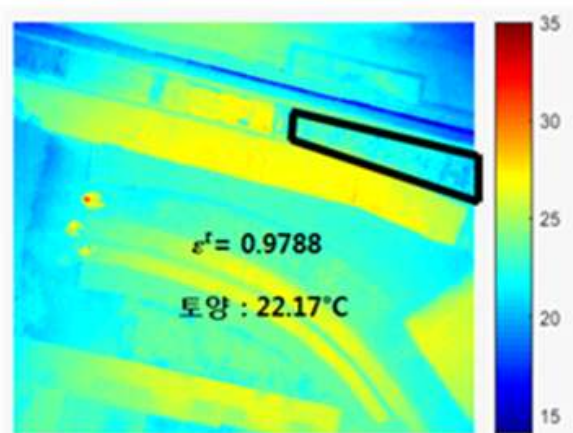
표 35 고도 및 대상체의 회귀모델 분석 결과

|          | 20m   | 30m   | 40m   |
|----------|---|---|---|
| 토양       | $y = 1.3403x - 0.3331$<br>$R^2 = 0.919$<br>$\epsilon_t = 0.9788$  | $y = 1.3473x - 0.3428$<br>$R^2 = 0.8384$<br>$\epsilon_t = 0.9870$ | $y = 1.4087x - 0.3966$<br>$R^2 = 0.7819$<br>$\epsilon_t = 0.9704$ |
| 나무<br>바닥 | $y = 1.1048x - 0.0914$<br>$R^2 = 0.9228$<br>$\epsilon_t = 0.8721$ | $y = 1.0744x - 0.0646$<br>$R^2 = 0.9021$<br>$\epsilon_t = 0.8628$ | $y = 1.0082x - 0.0072$<br>$R^2 = 0.9352$<br>$\epsilon_t = 0.8781$ |
| 수풀       | $y = 1.3874x - 0.372$<br>$R^2 = 0.8953$<br>$\epsilon_t = 0.9602$  | $y = 1.2302x - 0.2252$<br>$R^2 = 0.8614$<br>$\epsilon_t = 0.9783$ | $y = 1.9305x - 0.9152$<br>$R^2 = 0.7261$<br>$\epsilon_t = 0.9836$ |

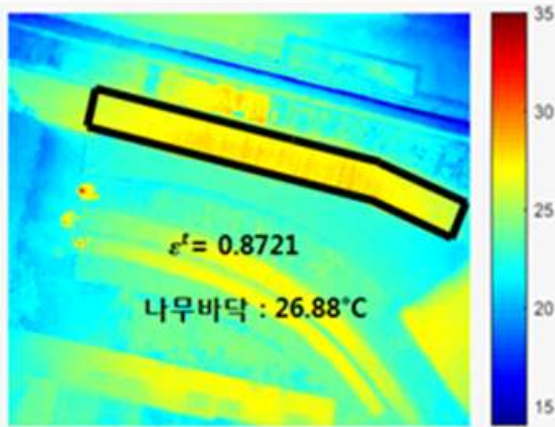
표 36은 표 35에서 계산된 방사율을 이용해 세 가지 고도 조건에 따른 방사율 보정 전/후의 대상체 영역에서 분석된 온도를 나타내고 있으며 그림 86은 고도 20m에서 촬영된 적외선 항공 열 영상에 대해 대상체별 온도를 보정한 결과를 보여주고 있다.



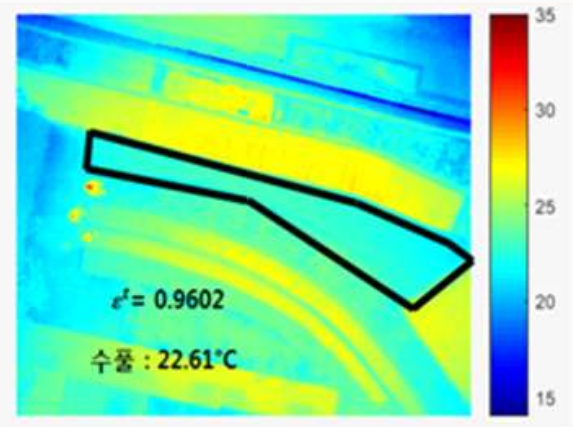
(a) 방사율 보정 전 적외선 항공열영상 (방사율: 0.95)



(b) 토양 방사율 보정 후 항공열영상



(c) 나무바닥 방사율 보정 후 항공열영상



(d) 수풀 방사율 보정 후 항공열영상

그림 86 대상체별 방사율 보정 전/후 항공 열 영상 및 온도변화결과 (고도: 20m)

#### 4. 철새 폐사체, 사람, 차량 이동영상 추출기술 개발

##### 가. 개요

드론을 이용하여 촬영된 항공 영상으로부터 철새, 사람과 차량의 영상을 추출하기 위한 기술을 개발하기 위하여 영상에서 물체를 인식하거나 추적 또는 매칭할 때 많이 이용되는 방법은 일반적으로 대상의 특징을 추출하여 알고리즘에 활용하는 것으로서 기존에 물체 인식 분야와 관련된 다양한 특징 추출기술들이 존재하며 본 연구에서는 Harr feature를 적용한 단계적 Cascade 분류기술과 HOG feature 추출 알고리즘을 적용하여 그 실효성을 분석하였다.

##### 나. 연구 방법

기존에 많이 이용되고 있는 대표적인 보행자 검출에 이용되고 있는 특징 추출기법에 대한 선행연구를 수행하였으며 그림 87과 같은 다양한 방법들을 확인하였다.

|                 |      | Features       |           |           |       |         |                 | Learning   |            | Detection Details |            |                         |                          |                   | Implementation          |                       |               |               |                       |             |
|-----------------|------|----------------|-----------|-----------|-------|---------|-----------------|------------|------------|-------------------|------------|-------------------------|--------------------------|-------------------|-------------------------|-----------------------|---------------|---------------|-----------------------|-------------|
|                 |      | gradient hist. | gradients | grayscale | color | texture | self-similarity | motion     | classifier | feature learn.    | part based | non-maximum suppression | model height (in pixels) | scales per octave | frames per second (fps) | log-average miss rate | training data | original code | full image evaluation | publication |
| VJ              | [44] |                |           |           |       |         |                 | AdaBoost   |            |                   | MS         | 96                      | ~14                      | .447              | 99%                     | INRIA                 |               |               |                       | '04         |
| SHAPELET        | [33] |                | ✓         |           |       |         |                 | AdaBoost   | ✓          |                   | MS         | 96                      | ~14                      | .051              | 91%                     | INRIA                 |               |               |                       | '07         |
| POSEINV         | [70] | ✓              |           |           |       |         |                 | AdaBoost   |            |                   | MS         | 96                      | ~18                      | .474              | 86%                     | INRIA                 |               |               |                       | '08         |
| LATSVM-V1       | [71] | ✓              |           |           |       |         |                 | latent SVM | ✓          |                   | PM         | 80                      | 10                       | .392              | 80%                     | PASCAL                | ✓             | ✓             |                       | '08         |
| FTRMINE         | [67] | ✓              | ✓         |           | ✓     |         |                 | AdaBoost   | ✓          |                   | PM         | 100                     | 4                        | .080              | 74%                     | INRIA                 | ✓             | ✓             |                       | '07         |
| HISVM           | [34] | ✓              |           |           |       |         |                 | HISVM      |            |                   | MS         | 96                      | 8                        | .185              | 73%                     | INRIA                 | ✓             | ✓             |                       | '08         |
| HOG             | [7]  | ✓              |           |           |       |         |                 | linear SVM |            |                   | MS         | 96                      | ~14                      | .239              | 68%                     | INRIA                 | ✓             | ✓             |                       | '05         |
| MULTIFTR        | [56] | ✓              |           |           |       |         |                 | AdaBoost   |            |                   | MS         | 96                      | ~14                      | .072              | 68%                     | INRIA                 | ✓             | ✓             |                       | '08         |
| HOGLEP          | [59] | ✓              |           |           |       |         |                 | linear SVM |            |                   | MS         | 96                      | 14                       | .062              | 68%                     | INRIA                 | ✓             | ✓             |                       | '09         |
| LATSVM-V2       | [72] | ✓              |           |           |       |         |                 | latent SVM | ✓          |                   | PM         | 96                      | 10                       | .629              | 63%                     | INRIA                 | ✓             | ✓             |                       | '09         |
| PLS             | [69] | ✓              |           |           | ✓     | ✓       |                 | PLS+QDA    | ✓          |                   | PM*        | 96                      | ~10                      | .018              | 62%                     | INRIA                 | ✓             | ✓             |                       | '09         |
| MULTIFTR+CSS    | [28] | ✓              |           |           |       |         | ✓               | linear SVM |            |                   | MS         | 96                      | ~14                      | .027              | 61%                     | TUD-MP                | ✓             | ✓             |                       | '10         |
| FEATSYNTH       | [68] | ✓              |           |           |       | ✓       |                 | linear SVM | ✓          | ✓                 | -          | 96                      | -                        | -                 | 60%                     | INRIA                 | ✓             | ✓             |                       | '10         |
| FPDW            | [63] | ✓              | ✓         | ✓         | ✓     | ✓       |                 | AdaBoost   |            |                   | PM*        | 100                     | 10                       | 6.492             | 57%                     | INRIA                 | ✓             | ✓             |                       | '10         |
| CHNFTR          | [29] | ✓              | ✓         | ✓         | ✓     | ✓       |                 | AdaBoost   |            |                   | PM*        | 100                     | 10                       | 1.183             | 56%                     | INRIA                 | ✓             | ✓             |                       | '09         |
| MULTIFTR+MOTION | [28] | ✓              | ✓         | ✓         | ✓     | ✓       | ✓               | linear SVM |            |                   | MS         | 96                      | ~14                      | .020              | 51%                     | TUD-MP                | ✓             | ✓             |                       | '10         |

그림 87 보행자 검출 논문들에서 확인된 대표적인 특징 추출기법

Haar Feature 기반의 Cascade 분류기술은 물체 인식 분야에서 전통적이며 가장 대표적인 방법의 하나로서 수많은 Harr feature를 적용한 단계적 Cascade 분류기로 물체를 인식한다. 본 연구의 1차년도에서는 Haar Feature 기반의 Cascade Classifier를 이용한 물체 인식을 위한 알고리즘 구현의 기초 단계로 사람과 차량에 대하여 수평과 수직 방향의 기본적 Haar feature를 통한 밝기차 이미지 변환 알고리즘을 구현하였다.

그림 88은 Haar Feature 기반의 Cascade 분류기술에 이용되는 대표적인 Harr features들을 보여주고 있다.



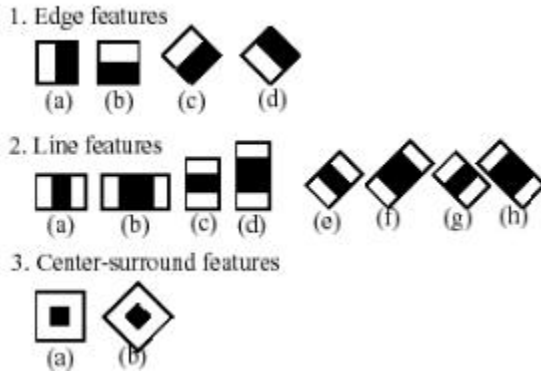


그림 88 대표적인 Haar features

HOG feature의 경우 물체 인식, 특히 2005년 이후 보행자 인식 분야에서 가장 기본적인 특징 추출기법으로서, 영상이 갖는 지역적 gradient 분포 특성을 계산하여 물체를 인식할 수 있으며 보행자, 차량 등 다양한 물체검출에 사용 가능한 방법임. 본 연구에서는 HOG 기반 물체 인식 알고리즘 구현의 기초 단계로서 보행자와 항공 차량 영상에 대한 HOG feature 추출 알고리즘을 구현함

다. 결과

그림 89는 실제 보행자 영상과 항공촬영 영상에 대해 Haar Feature 기반의 Cascade 분류 기술을 적용하여 특징을 추출한 결과를 보여주고 있음

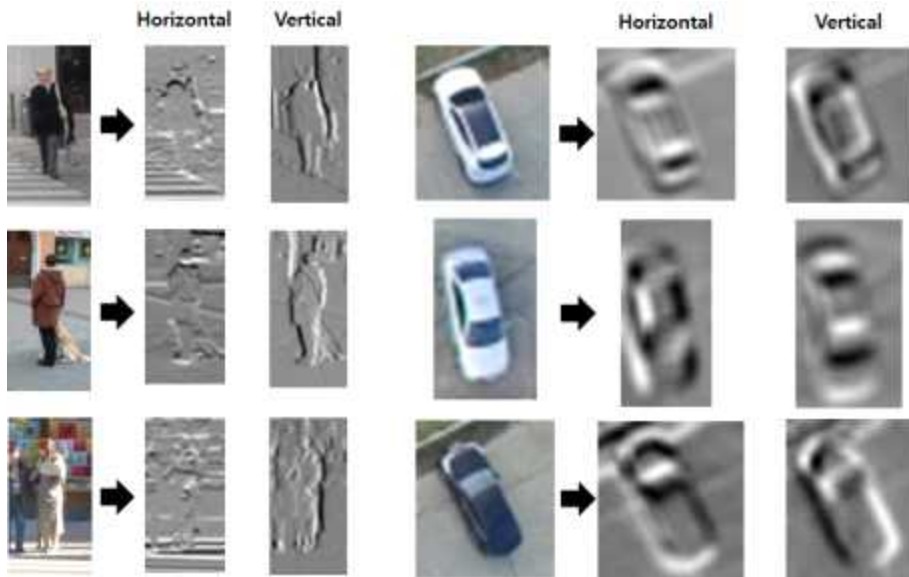


그림 89 보행자와 항공 차량 영상에 대해 Haar feature를 적용하여 추출한 특징정보

보행자의 경우 기립한 정방향으로 찍힌 사진이 많으며 이들의 경우, 수직 방향 성분이 좀 더 뚜렷한 특징을 뽑아내는 것을 확인할 수 있으나 항공 영상에서 촬영된 사람 혹은 차량의 경우 방향이 제각각이므로 Haar Cascade 방법에서와같이 다양한 방향과 유형의 Haar



feature를 적용하거나 복합적인 Harr features를 적용하여 개선할 필요가 있음

그림 90은 실제 보행자 영상과 항공촬영 영상에 대해 Hog Feature 기반의 Cascade 분류기 술을 적용하여 특징을 추출한 결과를 보여주고 있음

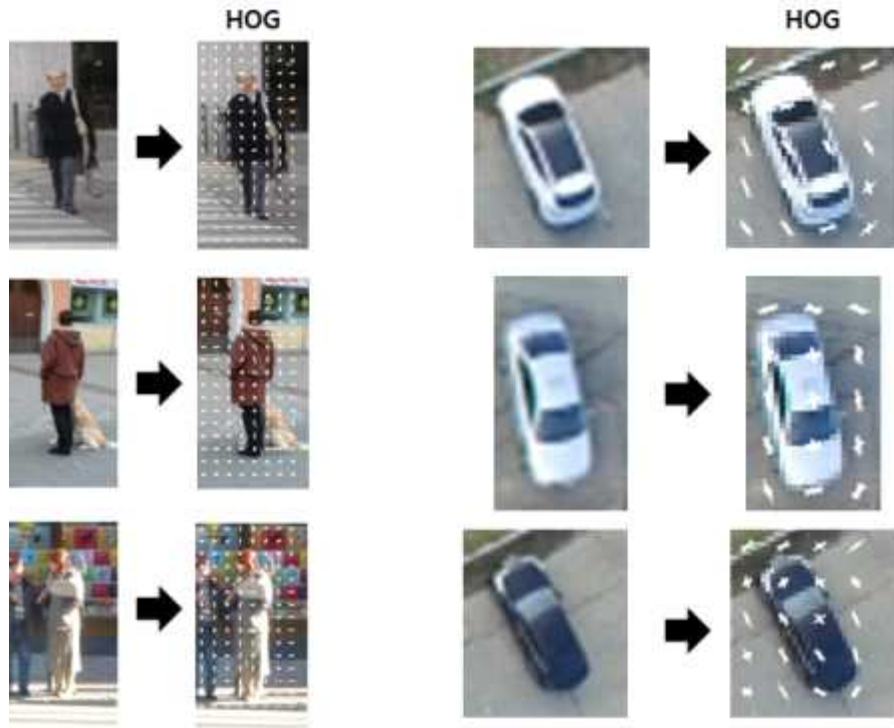


그림 90 보행자와 항공 차량 영상에 대해 Hog feature를 적용하여 추출한 특징정보

## 5. 고정식 CCTV를 활용한 방역대 이동제한 범위내 사람·차량 이동영상 처리기술 개발

### 가. 개요

본 연구는 드론을 활용한 방역대 이동제한 범위내 사람·차량 이동 식별성능을 보완하고 방역성능을 고도화하기 위해 제안하는 개발기술로서 그림 91과 같이 CCTV 카메라, 대용량 영상정보 저장장치 및 통합운영시스템으로 구성되며 CCTV 카메라와 대용량 영상정보 저장 장치로 구성된 영상 수집장치를 구축하고 이에 대한 성능평가를 목표로 한다.



그림 91 고정식 CCTV를 이용한 방역대내 사람·차량 이동 식별시스템 구성 개념도

나. 연구 방법

CCTV를 활용한 사람·차량 이동영상 수집장치를 구축함. 구축된 CCTV 영상수집장치는 2대의 CCTV 카메라 (차량식별용 및 사람식별용 각 1대), 데이터 저장장치 (NVR, Network Video Recorder), 사람식별용 영상분석장치로 구성되어있으며 각 장치의 그림은 그림 92와 같으며 1차년도에 구축된 구성품을 이용한 영상정보처리 신호도는 그림 93과 같다.



(a) 차량 식별용 CCTV



(b) 사람 식별용 CCTV



(c) Network Video Recorder



(d) 사람 식별용 영상분석장치

그림 92 CCTV를 이용한 사람·차량 이동 식별시스템 구성품

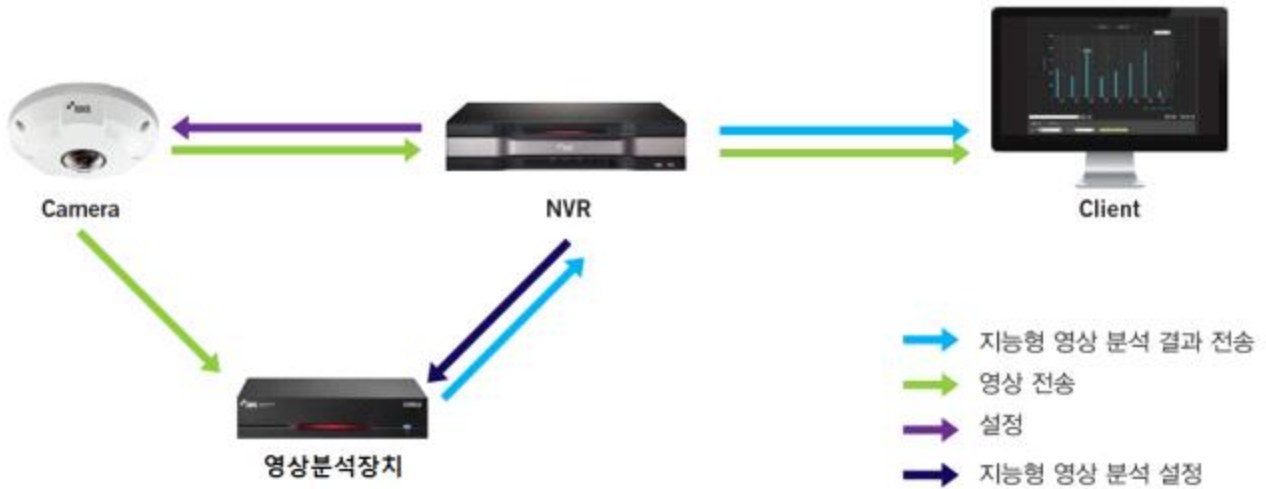


그림 93 고정식 CCTV를 이용한 사람·차량 이동 식별시스템 영상정보처리 신호도

사전 테스트: 서울대학교 농업생명과학대학 건물 내부에서 CCTV 실내 테스트 진행

1차 현장 테스트: 농가(충북 청주시 강내면)에서의 CCTV 주간 장비 테스트 진행

2차 현장 테스트: 한국농촌진흥청 국립원예특작원 내부 과수원(전북 완주군 이서면)에서의 야간 및 주간 CCTV 장비 테스트 진행



(a) 1차 테스트

(b) 2차 테스트

그림 94 현장 테스트 실험 세팅

다. 결과

방역대를 통과하는 차량의 통과 시간과 번호판 저장 가능 확인

시간에 따른 방역대 출입자 수 파악 가능 확인

지상 설치 시 차량 번호판 인식 CCTV의 야외 작동 및 인식 결과 저장 확인 (그림 95)



그림 95 번호판 인식 CCTV 차량 인식 결과

출입자 수 파악용 CCTV 야외 작동 및 인식 결과 저장 기능을 확인하였으며, 여러 설치 높이에서도 설정에 따라 출입자 수 파악이 가능한지 확인하였다. (그림 96)



그림 96 출입자 수 파악용 CCTV 출입자 수 인식 결과

야간 무조명 상태 출입자 수 파악 CCTV, 번호판 인식 CCTV 성능을 확인하였다. (그림 97, 그림 98)

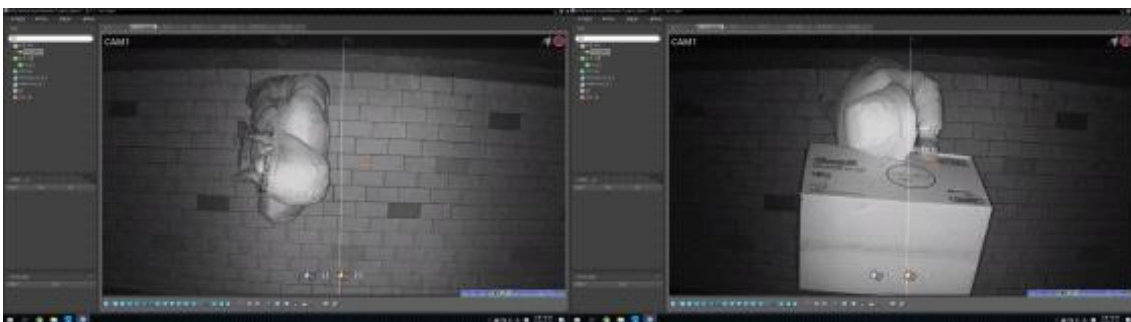


그림 97 출입자 수 파악 CCTV 야간 작동 성능 확인





그림 98 번호판 인식 CCTV 야간 작동 성능 확인

출입자 수 파악 CCTV 촬영 시 다수의 인원이 지나갔을 때, 짐을 들고 지나갔을 때 등 특수 상황에서의 인식 성능 확인하였다. (그림 99)

다양한 상황에서 출입자 수 카운팅 기능이 성공적으로 작동함을 확인할 수 있었다.



(a) 모자 착용

(b) 짐을 들고 있는 경우



(c) 동시 통과

(d) 연달아 통과하는 경우

그림 99 출입자 수 파악 CCTV 테스트 조건

## 번호판 인식 CCTV의 상단 설치 시 작동 성능 확인 (그림 100)



그림 100 번호판 인식 CCTV의 상단 설치 시 작동 성능 확인

### 6. 철새 폐사체, 사람·차량 이동영상의 식별모델 개발 : 식별모델 개발을 위한 항공 영상 수집

#### 가. 개요

물체검출 모델의 구성을 위해서는 실제 이미지 데이터들이 필요하며, 본 연구에서 목표로 하는 딥러닝 물체검출 모델의 경우 특히 다양한 환경의 많은 데이터가 필요함. 따라서 본 연구에서는 검출 및 식별모델 개발을 위하여 실제 철새와 차량의 자료를 수집하여 데이터 세트를 구축하였다.

#### 나. 연구 방법

영종도, 시화호 등의 철새도래지에서 드론을 이용하여 실제 철새에 대한 항공 영상촬영을 진행하였으며, 주차장, 도로 등에서 실제 차량에 대한 항공 영상촬영을 진행함



다양한 환경에서의 데이터를 통한 강건한 학습을 위하여 그림 101과 같은 모형새를 이용하여 농가, 공원, 도심지 등 다양한 환경에서의 이미지 데이터세트를 구축함



그림 101 촬영에 사용된 모형새



표 36 항공 영상 촬영 조건

|                             | Wild bird   | Model bird, Car   |
|-----------------------------|---|---|
| model                       |  |  |
|                             | Samsung NX-500  | DJI built-in camera   |
| pixels                      | 6480*4320   | 5472*3078   |
| focal length                | 35mm  | 8.8mm   |
| Altitude                    | 100m  | 50m(Model bird)<br>50~100m(Car)   |
| Field of View(FOV)          | 67.1m*44.9m   | 81m*45.6m   |
| Ground Sample Distance(GSD) | 0.0104m/pixel   | 0.0148m/pixel   |

다. 결과

영종도, 시화호 등의 철새도래지에서 촬영을 진행한 결과 흰뺨검둥오리, 쇠오리, 대백로, 왜가리 등의 야생조류에 대한 항공 영상을 획득하였으며 그림 102와 같이 총 393장의 야생조류가 포함된 이미지에서 13986마리의 야생조류가 촬영되었음



(a) 철새도래지 항공 영상 : 시화호 촬영 영상(2017년 11월 08일)



(b) 철새도래지 항공 영상 : 시화호 촬영 영상 (2017년 11월 14일)



(c) 철새도래지 항공 영상 : 시화호 촬영 영상 (2017년 11월 14일)



(d) 철새도래지 항공 영상 : 영종도 촬영 영상(2017년 12월 28일)



(e) 철새도래지 항공 영상 : 시화호 근방 저수지 촬영 영상(2018년 08월 07일)





(f) 철새도래지 항공 영상 : 시화호 촬영 영상 (2018년 08월 21일)



(g) 야생조류 항공 영상 확대 영상 : 영종도 촬영 영상



(h) 야생조류 항공 영상 확대 영상 : 시화호 촬영 영상



(i) 야생조류 항공 영상 확대 영상 : 시화호 촬영 영상



(j) 야생조류 항공 영상 확대 영상 : 시화호 여름 촬영 영상



(k) 야생조류 항공 영상 확대 영상 : 시화호 조류 비행 촬영 영상  
그림 102 철새도래지 항공 영상촬영 결과

농가, 공원, 저수지 등 100여 곳의 다양한 환경의 장소에서 모형새에 대한 항공 영상촬영을 진행하였으며, 그림 103과 같이 총 169장의 이미지와 2584마리의 모형 새가 촬영되었음





(a) 모형 새 항공 영상 : 민가 촬영 영상



(b) 모형 새 항공 영상 : 농지(밭) 촬영 영상



(c) 모형 새 항공 영상 : 강변 촬영 영상



(d) 모형 새 항공 영상 : 공사장 촬영 영상





(e) 모형 새 항공 영상 : 호수 변 촬영 영상



(f) 모형 새 항공 영상 : 공사장 인근 촬영 영상



(g) 모형 새 항공 영상 : 서울대학 내부 촬영 영상



(h) 모형 새 항공 영상 : 공원 촬영 영상







(i) 모형 새 항공 영상 확대 영상  
그림 103 모형 새 항공 영상촬영 결과

차량에 대한 항공 영상은 도로와 주차장 등에서 촬영되었으며, 그림 104와 같이 1153장의 이미지와 22,639대의 차량이 촬영되었다.



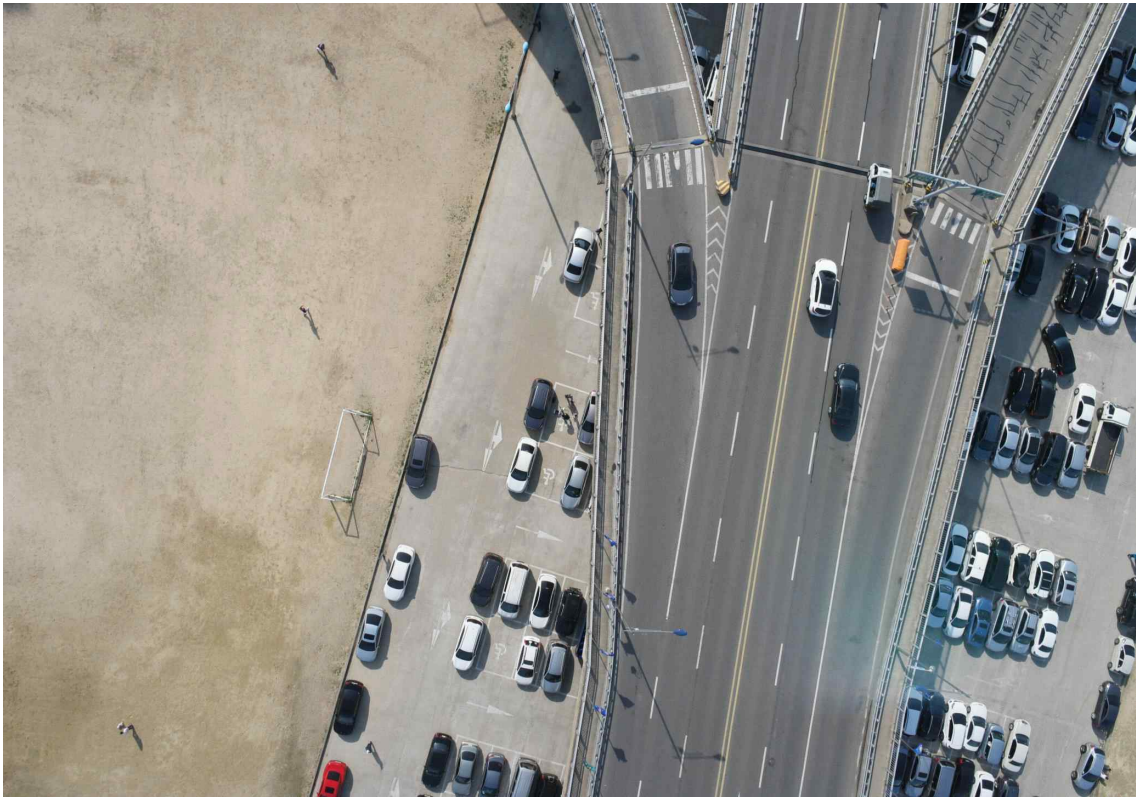


(a) 차량 항공 영상 : 도심지 차량 영상

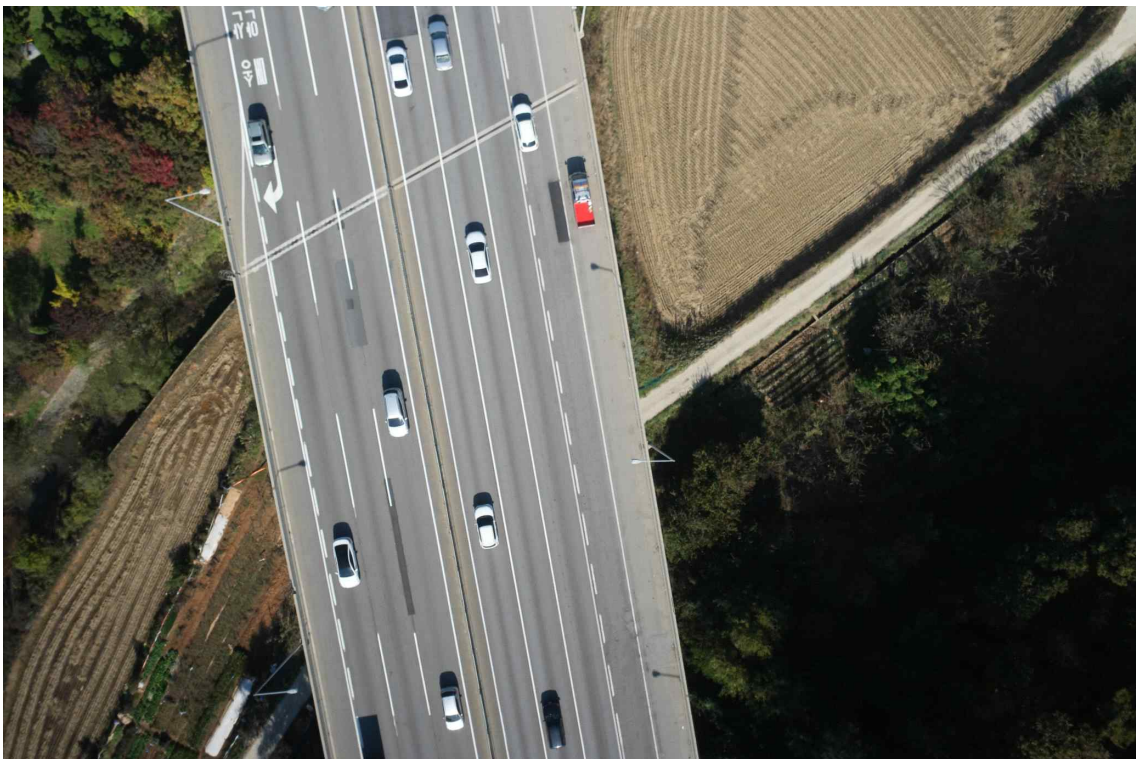


(b) 차량 항공 영상 : 도시 외곽 차량 영상





(c) 차량 항공 영상 : 고가도로상의 차량 영상



(d) 차량 항공 영상 : 고속도로 촬영 영상



(e) 차량 항공 영상 : 주차장 촬영 영상  
그림 104 차량 항공 영상촬영 결과

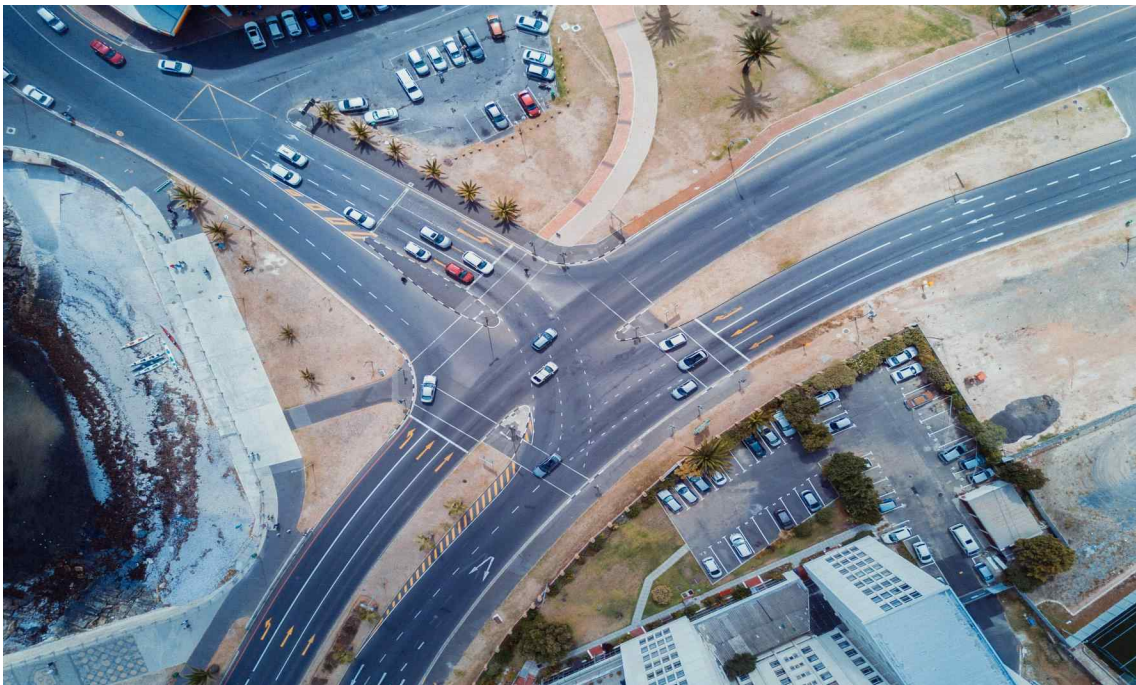
철새에 대한 항공 영상과는 달리 차량의 항공 영상은 인터넷상에 많은 데이터가 존재하며, 인터넷상에서 저작권에 위반되지 않는 425장의 이미지를 수집하였다. (그림 105)

기존의 항공 영상에서의 차량 촬영 데이터 세트들 또한 이용 가능하였으나, 대부분 소형 무인기가 아닌 유인기 등 매우 고고도의 촬영 영상들로 이루어졌다. 이 경우 차량 영역의 해상도 등에서 무인소형항공기의 영상과는 차이가 크므로 학습에 이용하지 않았다.





(a) 로터리 항공 영상



(b) 도로 항공 영상





(c) 겨울철 주차장 항공 영상

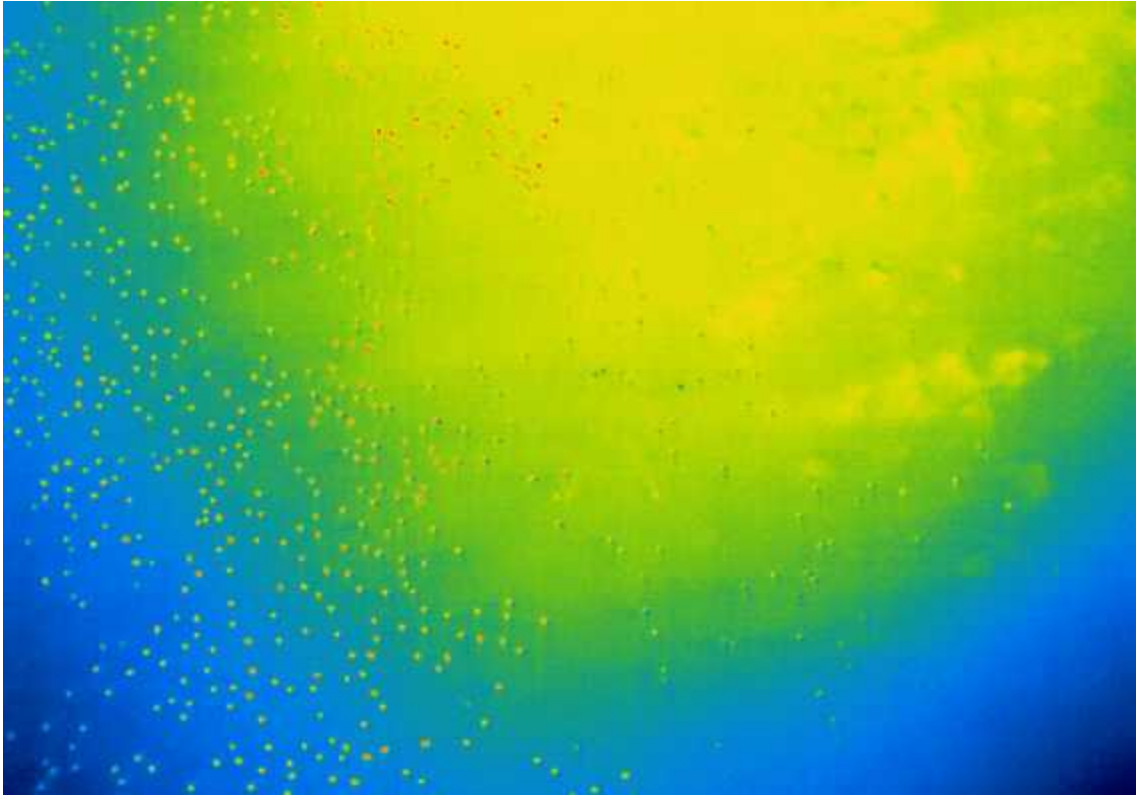


(d) 주차장 항공 영상

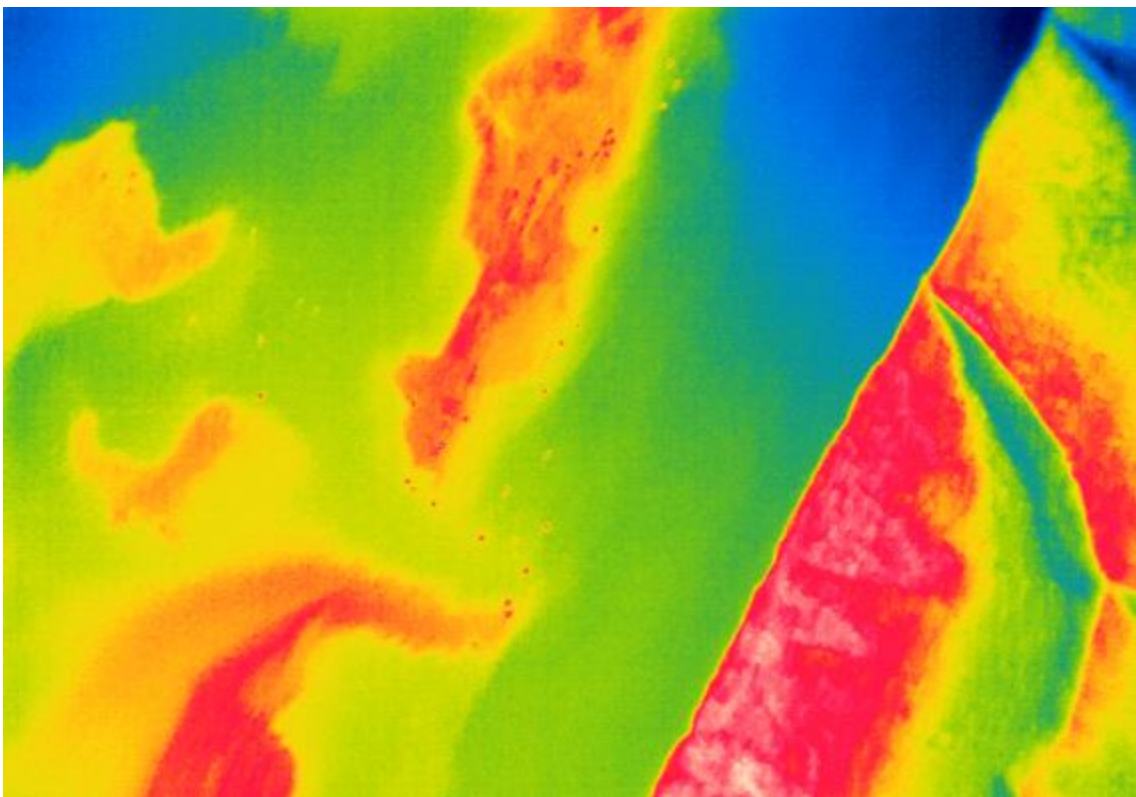
그림 105 인터넷 수집 차량 항공 영상

철새도래지 촬영 시 2017년 11월 09일, 11월 14일, 12월 22일, 12월 28일에 적외선 항공 영상의 촬영 또한 동시 진행되었으며, 그림 106과 같이 야생조류에 대한 항공 적외선 열 영상이 촬영되었다.

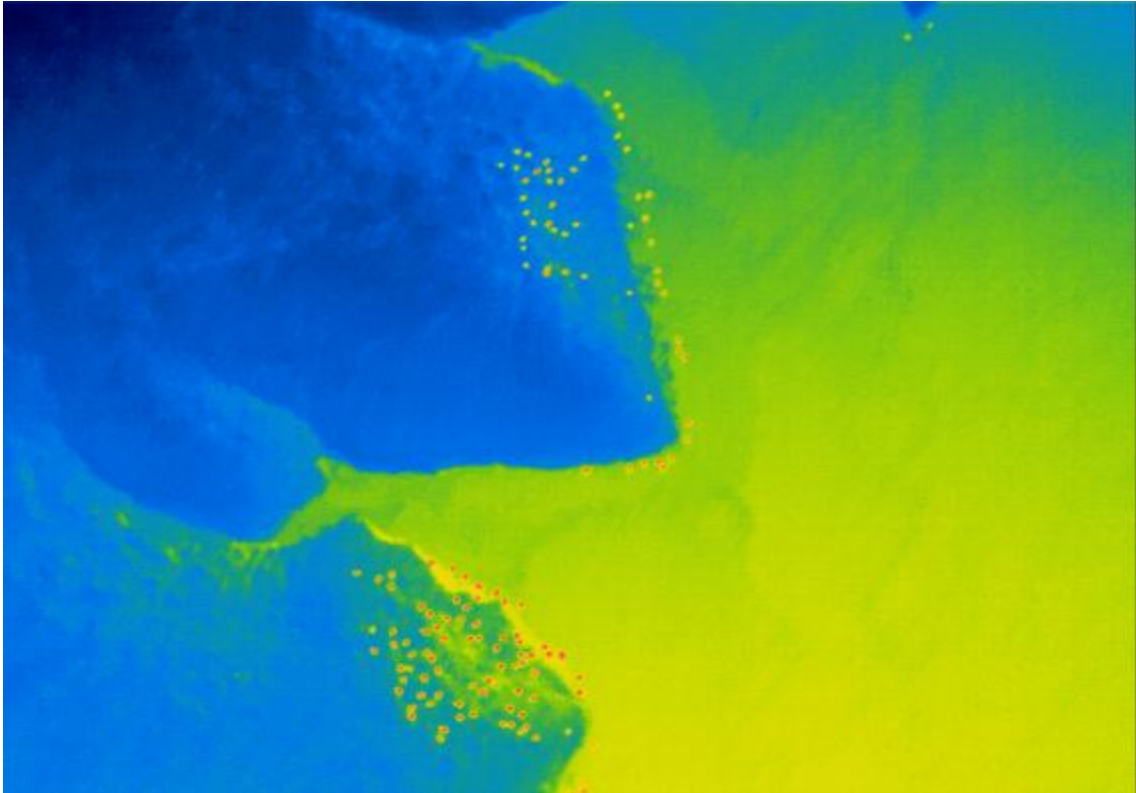




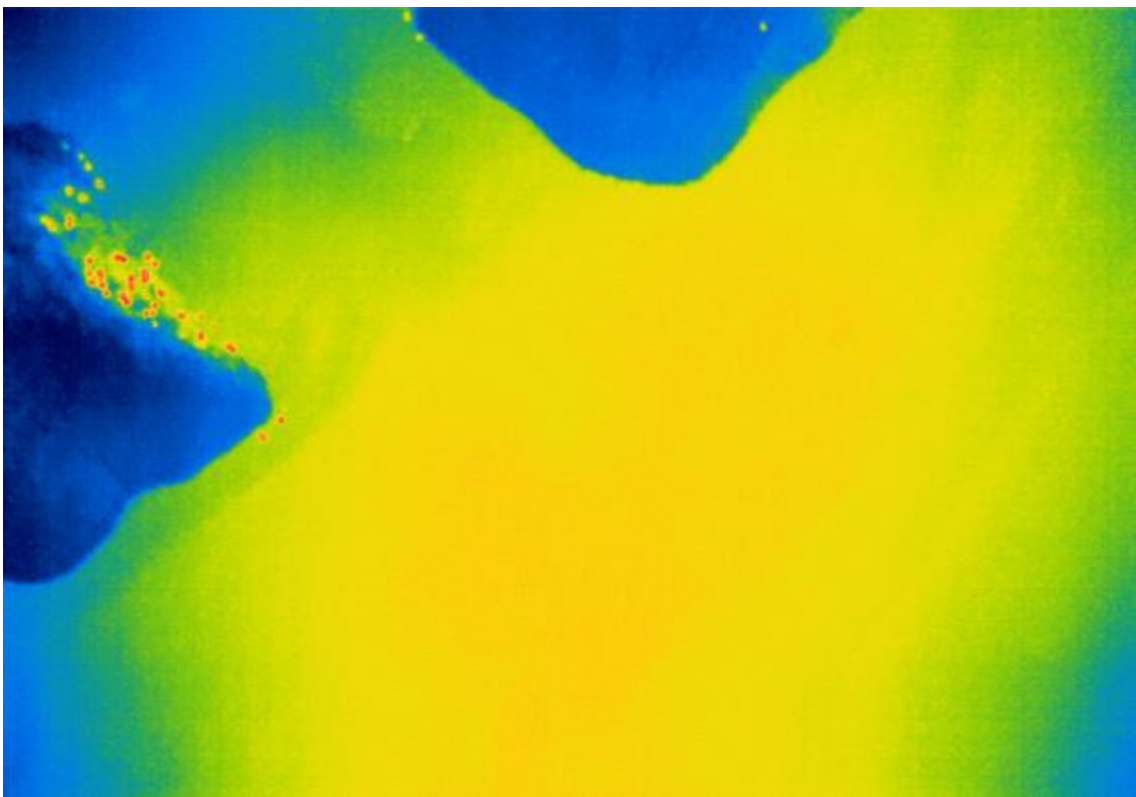
(a) 시화호 촬영 영상 (2017년 11월 08일)



(b) 영종도 촬영 영상 (2017년 12월 22일)



(c) 영종도 촬영 영상 (2017년 12월 22일)



(d) 영종도 촬영 영상 (2017년 12월 28일)

그림 106 야생조류 적외선 항공 영상

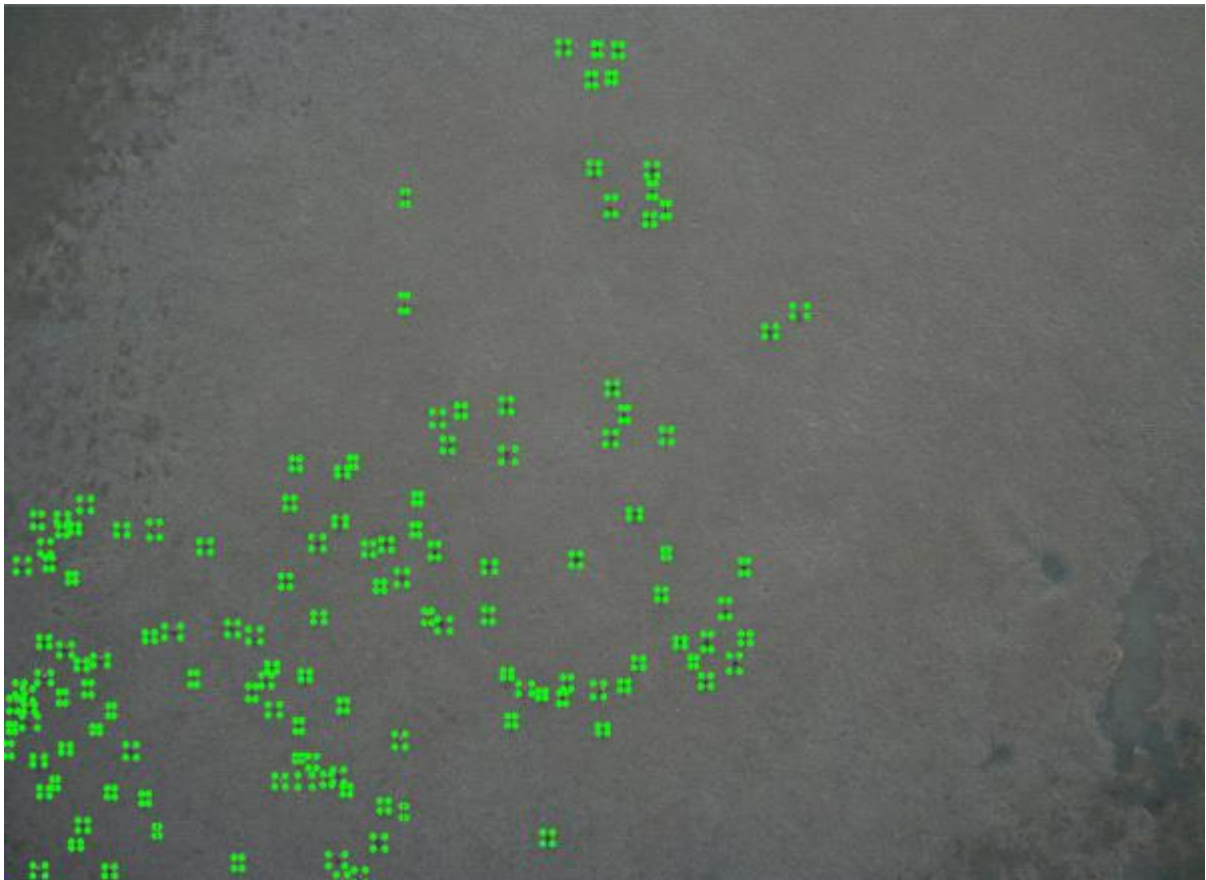
## 7. 철새 폐사체, 사람·차량 이동영상의 식별모델 개발 : 딥러닝 기반 항공 영상 조류 검출/식별모델 개발

### 가. 개요

본 연구는 항공 영상에서의 조류에 대하여 촬영된 데이터 세트를 이용하여 딥러닝 기반 검출모델을 학습시켜 목표 객체인 조류에 대하여 정확도 높은 검출모델을 개발하는 것을 목표로 한다.

### 나. 연구 방법

지도학습(Supervised learning)을 통하여 딥러닝 물체검출 모델을 학습시키기 위해서는 검출의 정답 영역을 지정하는 라벨링(Labeling)이 필수적이다. 이전에 수집한 야생조류 및 모형새의 항공 영상데이터에 대하여 그림 107과 같이 라벨링 작업을 완료하였다.



(a) 야생조류 라벨링





(b) 모형 조류 라벨링

그림 107 야생조류, 모형 새 항공 영상데이터 라벨링

수집된 철새와 모형 새 데이터에 대하여 9종의 딥러닝 알고리즘을 적용하여 검출모델을 학습시켜 다양한 속도와 정확도의 식별모델을 개발하였다.

전처리방법) 데이터의 다양성을 추가하기 위하여 무작위 위치 추출, 뒤집기, 노이즈 추가 등 데이터 늘리기 과정을 거친 후 학습시킴. 철새 데이터의 경우 전체 이미지 대비 새의 크기가 매우 작아 정확한 학습을 위하여 600X600픽셀의 이미지로 Cropping 하여 학습과 테스트에 이용하였음

딥러닝의 학습과 테스트용 코드는 python 언어를 이용하여 작성되었으며, 딥러닝 프레임워크인 tensorflow를 이용하였음.

정확하고 빠른 학습을 위하여 그림 108과 같이 기존에 학습된 딥러닝 모델의 파라미터들을 초기값으로 설정한 뒤 학습시키는 Transfer learning 기법을 적용함. Transfer learning에는 COCO dataset에 대하여 학습된 딥러닝 물체검출 모델의 파라미터들을 이용하였음.

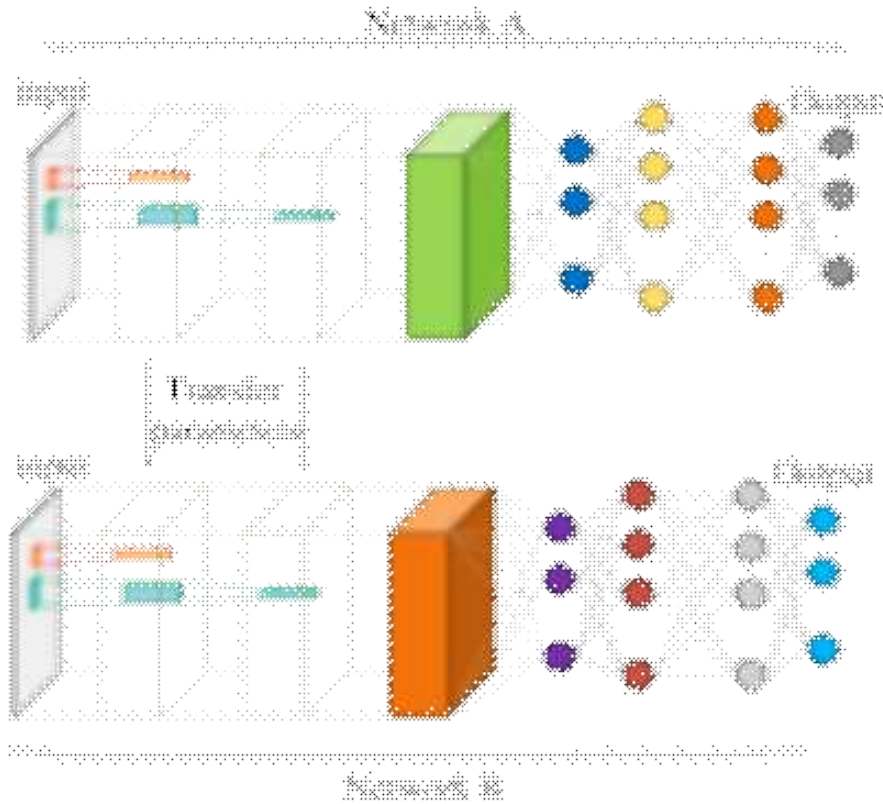


그림 108 Transfer learning 기법을 적용한 강건(robust) 딥러닝 모델 설계

Faster R-CNN, R-FCN, Retinanet, SSD, YOLO 등의 딥러닝 물체검출 Meta-architecture 들과 Inception, Resnet, Mobilenet 등의 Feature extractor들을 조합하여 물체검출 정확도를 비교하였다. 그림 109는 SSD 모델에 대한 딥러닝 검출모델 구성 과정의 개략도이다.



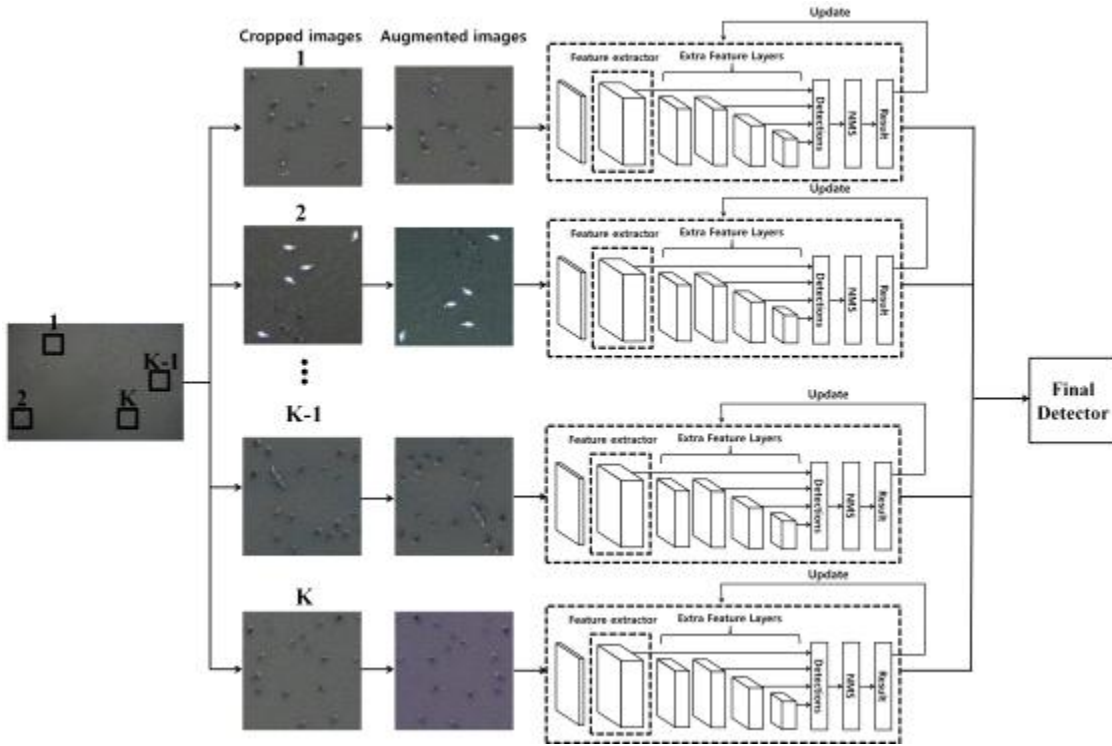


그림 109 철새 딥러닝 검출모델 구성 과정 개략도 (SSD 모델)

딥러닝 모델의 학습에 이용된 컴퓨팅 시스템의 사양은 표 37과 같음

표 37 컴퓨팅 시스템 사양

|     |                           |
|-----|---------------------------|
| CPU | Intel Core™ i7-7700K CPU  |
| GPU | Nvidia Geforce GTX 1080ti |
| RAM | 32.0GB                    |

철새에 대한 항공 영상에 대한 딥러닝 모델은 600x600으로 crop 된 영상을 검출하는 모델이므로, 전체 항공 영상에 대한 적용을 위해서는 이를 위한 알고리즘이 필요하다.

본 연구에서는 이를 위해 전체 항공 영상에 대하여 600x600 크기의 윈도우를 스캐닝하는 알고리즘을 구성하였다. 알고리즘의 순서는 다음과 같다.

① 이미지 리사이징(image resizing) : 다양한 이미징 장치로 촬영된 영상들에 대한 범용성을 갖추기 위하여 입력 이미지를 일정 사이즈(6600×4600픽셀)로 리사이징

② 윈도우 스캐닝(window scanning) : 좌측 상단부터 600×600픽셀의 이미지를 Crop하고 100픽셀의 오버랩을 두며 전체 윈도우에 대하여 스캐닝하며 조류 검출. 오버랩은 cropping 과정에서 조류가 잘릴 수 있으므로 잘리면 다음 영상에서 제대로 검출되도록 하기 위함

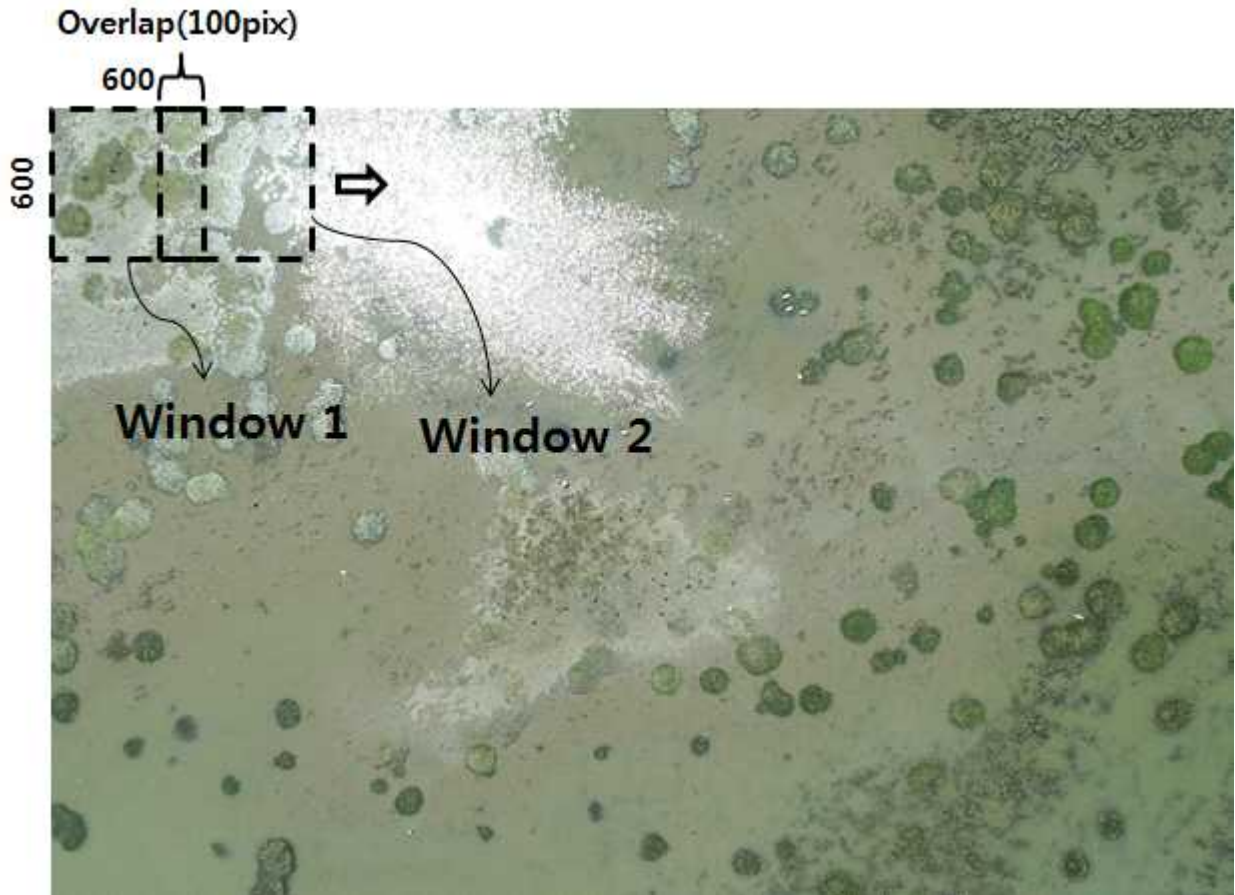
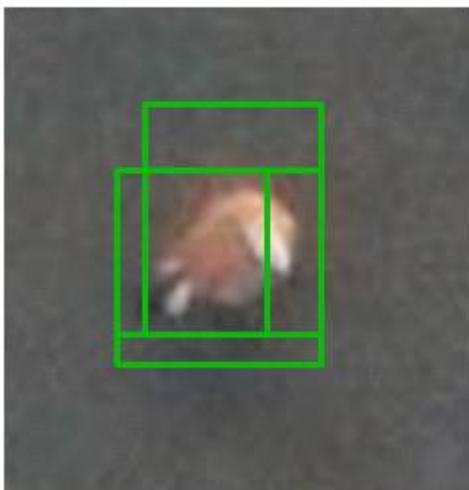


그림 110 Window scanning process

③ 검출 좌표 변환 : 검출된 조류 좌표를 전체 이미지 좌표로 변환

④ 논 맥시멈 서프레션(Non-Maximum Suppression, NMS) : 오버랩 부위에 중복되어 검출된 박스를 제거하기 위해 NMS 시행

**Before NMS**



**After NMS**



그림 111 Non-maximum suppression

그림 112는 전체 이미지에 대한 조류 검출 과정에 대한 개략도이다.

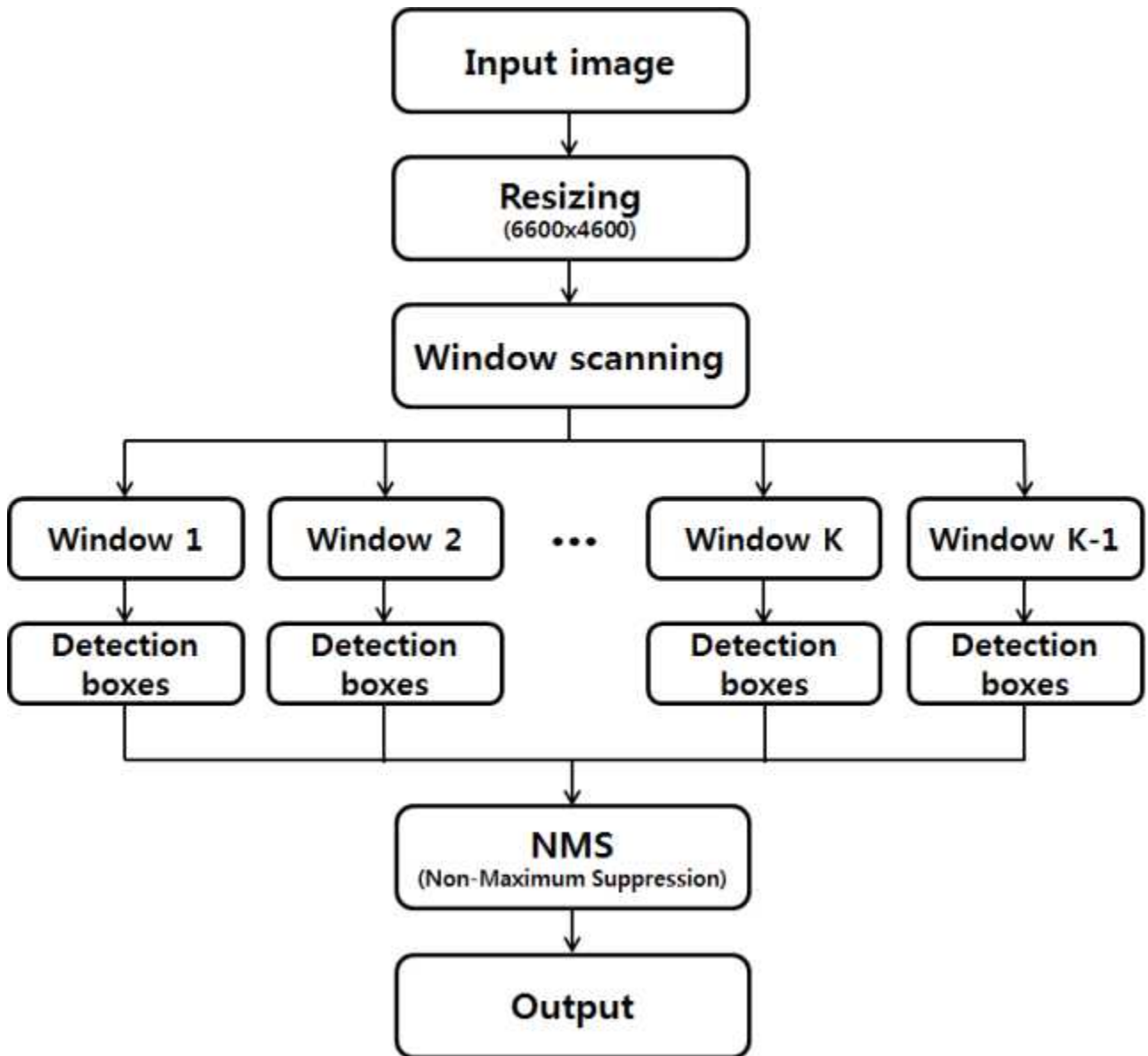


그림 112 전체 이미지 조류 검출 과정

다. 결론

Faster R-CNN Resnet 101 모델의 경우 테스트 이미지의 장당 평균 카운팅 에러는 4.6%를 보였다 (카운팅 에러: 한 장의 이미지에서 실제 새의 숫자에 대한 검출 숫자 오류)

$$\text{카운팅 에러} = \frac{|\text{검출된 새의 수} - \text{실제 새의 수}|}{\text{실제 새의 수}}$$

표 38은 CNN(Convolutional Neural Networks) 기반의 9종 딥러닝 검출모델들의 성능평가 결과이며, 정확도 지표인 AP(Average Precision) 결과를 나타내고 있다. AP는 검출 정밀도

(precision)와 재현율(recall)의 관계로부터 계산된 값으로, 정밀도와 재현율의 식은 다음과 같다.

$$Precision = \frac{True\ Positives}{True\ Positives + False\ Positives}$$

$$Recall = \frac{True\ Positives}{True\ Positives + False\ Negatives}$$

딥러닝 검출 알고리즘에 있어 검출된 위치 정확도는 그림 113과 같이 검출 상자와 사람이 그린 정답 상자(ground truth box) 사이의 IOU(Intersection of Union)를 기준으로 평가하였다. 본 연구에서는 0.3과 0.5의 두 가지 IOU를 기준으로 모델의 정확도를 평가하였다.

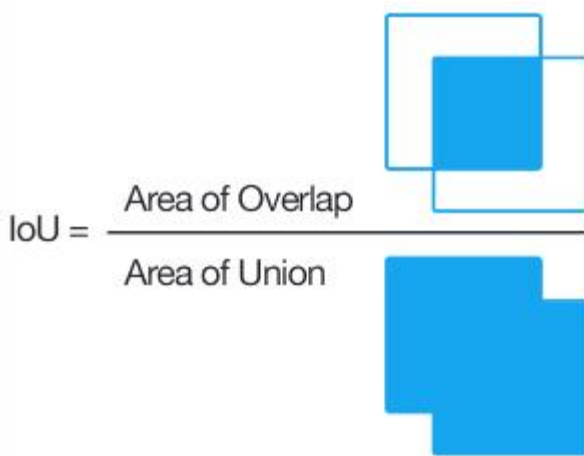


그림 113 IOU(Intersection of Union)

표 38 CNN기반 조류 검출 모델 별 성능평가 결과

|              | Feature extractor | Inference time (ms/image) | AP      |         | AP <sub>wild</sub> | AP <sub>model</sub> |
|--------------|-------------------|---------------------------|---------|---------|--------------------|---------------------|
|              |                   |                           | IOU:0.3 | IOU:0.5 | IOU:0.3            | IOU:0.3             |
| Faster R-CNN | Resnet 101        | 95                        | 95.44   | 80.63   | 96.18              | 95.23               |
|              | Inception v.2     | 82                        | 94.04   | 79.35   | 95.90              | 93.94               |
| R-FCN        | Resnet 101        | 87                        | 94.86   | 79.83   | 95.92              | 94.12               |
| Retinanet    | Resnet 50         | 75                        | 91.49   | 73.66   | 92.37              | 83.75               |
|              | Mobilenet v.1     | 57                        | 85.01   | 66.01   | 90.05              | 62.64               |
| SSD          | Mobilenet v.2     | 23                        | 85.90   | 54.87   | 89.13              | 65.20               |
| Yolo v3      | Darknet-53        | 41                        | 91.80   | 58.53   | 91.98              | 90.77               |
| Yolo v2      | Darknet-19        | 34                        | 90.99   | 56.80   | 92.34              | 88.99               |
|              | Tiny Yolo         | 21                        | 88.23   | 54.22   | 89.75              | 79.24               |

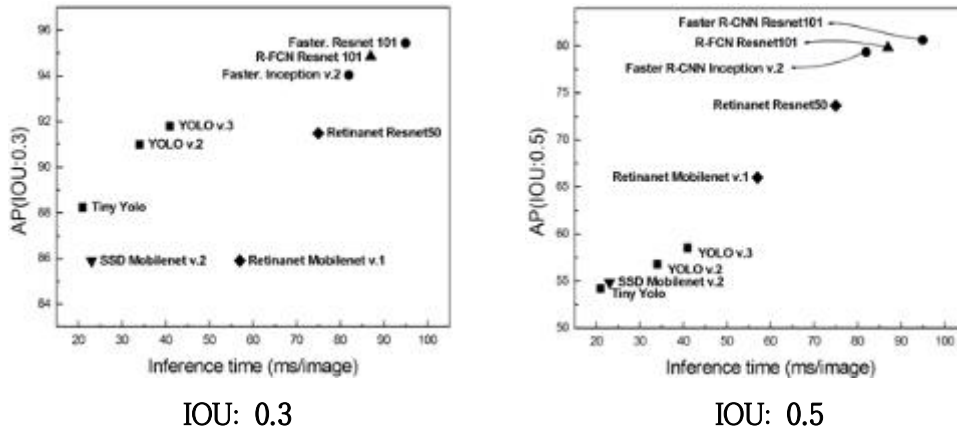


그림 114 조류 검출모델 CNN기반 모델별 성능평가 결과 (속도 및 정확도 기준)

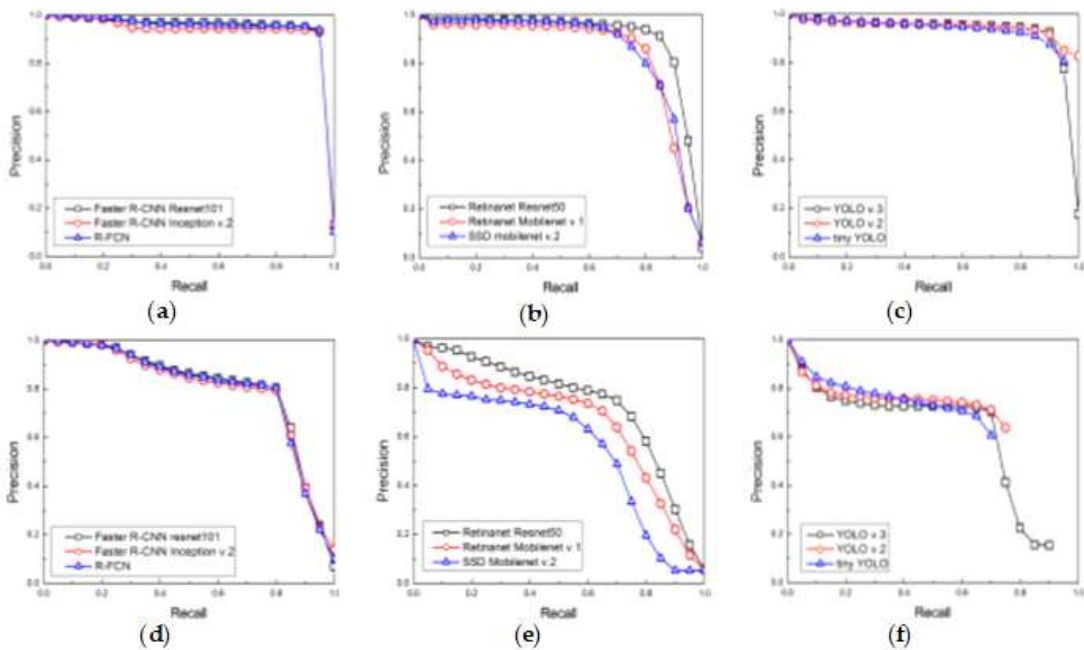


그림 115 조류 검출모델 Precision-Recall 그래프

항공 영상에서의 조류 검출을 위한 9종의 딥러닝 검출 알고리즘을 비교한 결과, 이미지 당 연산속도와 정확도가 반비례하는 관계로 나타나는 것을 확인하였다.

Resnet101 네트워크를 Feature extractor로 사용한 Faster R-CNN 알고리즘의 경우가 IOU 0.3과 0.5의 기준에서 모두 가장 높은 AP를 보였으며, 이미지 한 장당 95ms가량의 연산시간이 소요되었다.

Yolo version 2 Tiny Yolo의 경우 이미지 한 장당 21ms의 가장 빠른 연산시간을 보였으며, 위치 정확도 기준을 낮출 경우 88.23가량의 높은 AP를 보였다.

대부분의 모델에서 평탄한 환경의 철새도래지에서 검출 정확도가 높은 것을 확인할 수 있으며, SSD류(SSD, Retinanet)의 one-stage 모델들의 경우 상대적으로 낮은 모형 세 검출 정확도를 보인다.

Faster R-CNN Resnet 101 모델을 사용할 경우 그림 116, 그림 117과 같이 성공적으로 철



새와 모형 새에 대한 검출이 가능한 것을 확인할 수 있었다.

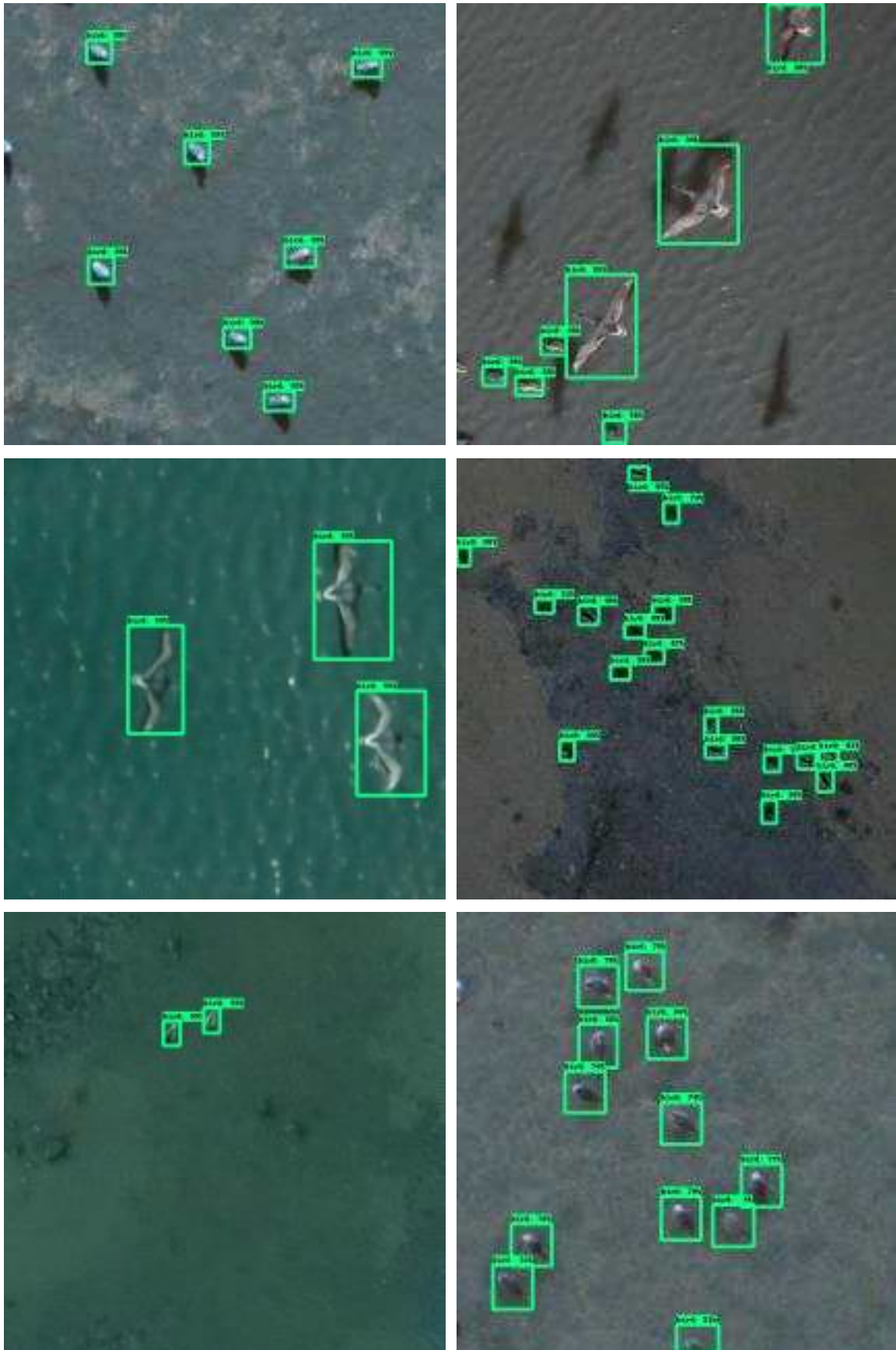
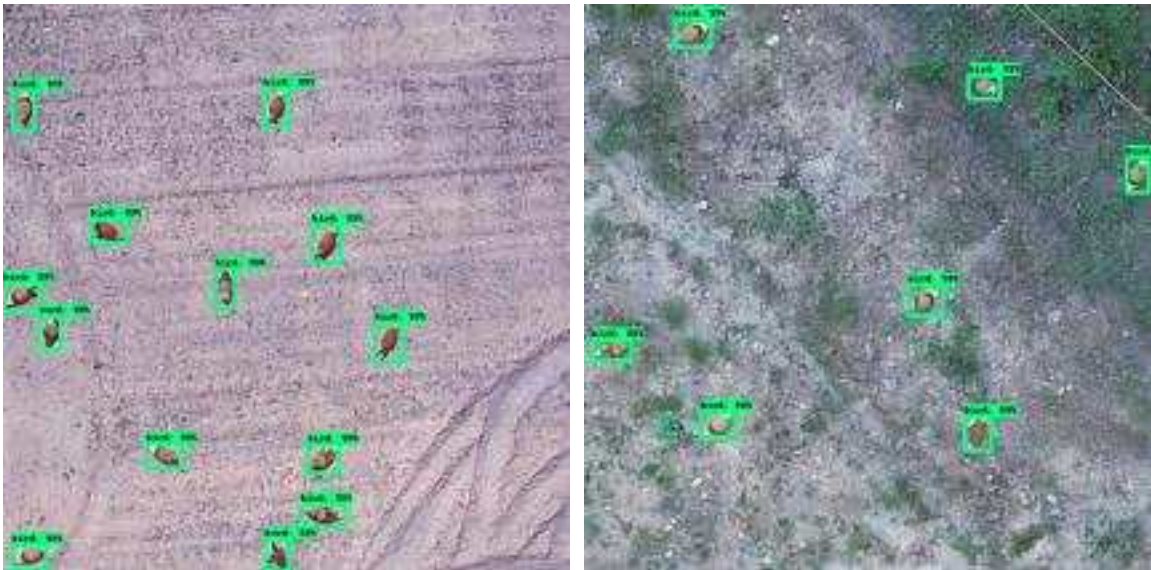




그림 116 Faster R-CNN Resnet 101 알고리즘을 이용한 야생조류 검출 영상





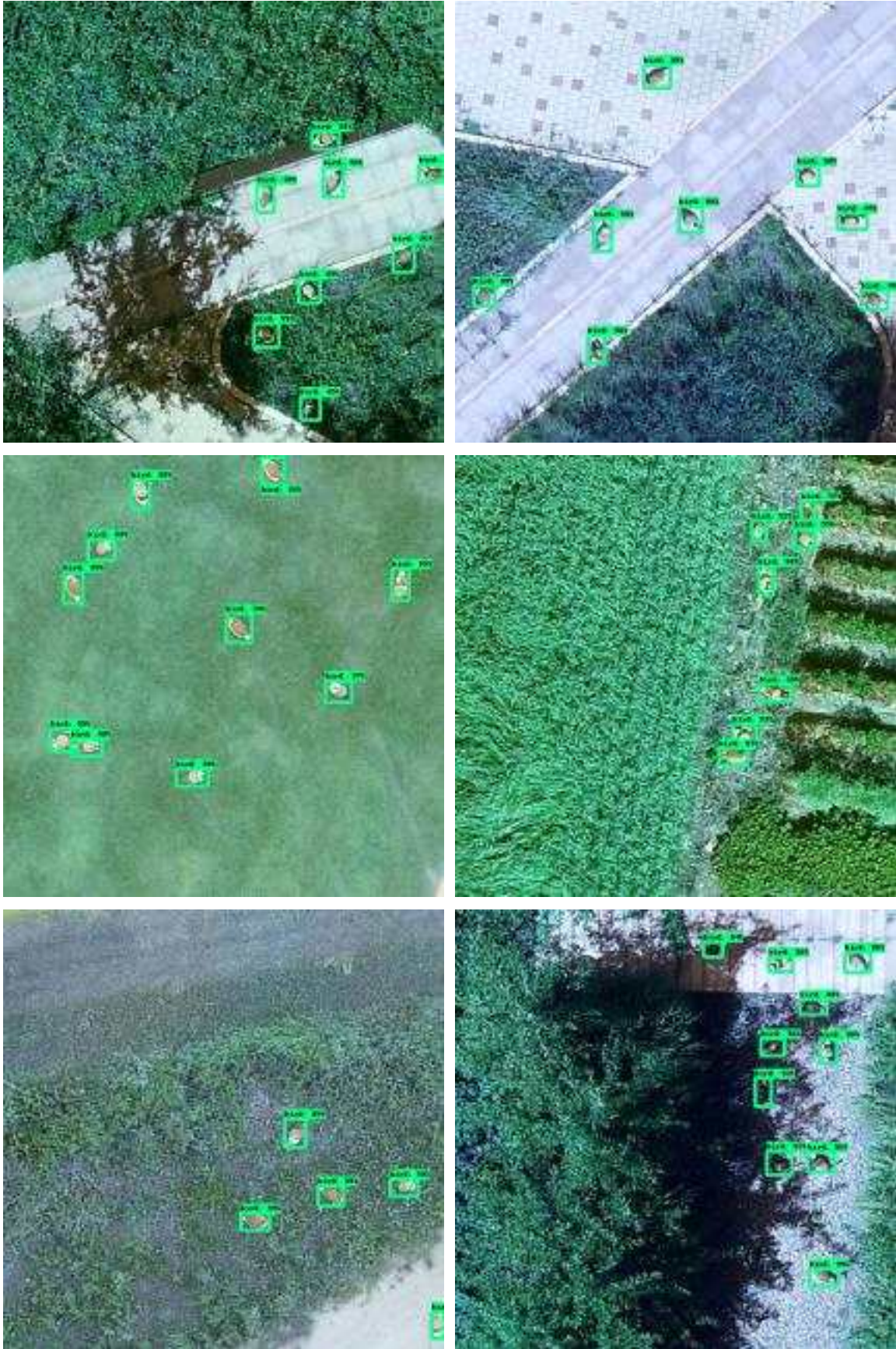


그림 117 Faster R-CNN Resnet 101 알고리즘을 이용한 모형 조류 검출 영상

그림 118은 Faster R-CNN Resnet 101을 사용했을 때 발생한 오검출 영상을 보여줌. 빨간 색 상자는 새가 아닌 물체가 새로 검출된 경우, 파란 상자는 새가 검출되지 않은 경우를 나타낸다.

배경과 새의 경계가 흐릿하게 촬영된 경우, 그림자로 인해 새가 가려져 있는 경우 등에서 새를 검출하지 못하는 경우가 발생했으며, 새의 그림자나 새와 비슷하게 생긴 형상의 바위 등이 새로 오검출되는 때도 있었다.

이미지 해상도상의 한계점과 상방에서 촬영하여 새의 상면(上面)만이 촬영되므로 육안으로도 새와 유사한 물체들을 구별하기 힘든 경우들이 있었으며(그림 119), 이런 경우 오검출되는 경우가 잦았다.

철새도래지 등의 평탄한 환경에서는 오검출이 많지 않았으나, 도심지 등 새와 비슷한 크기와 형상의 물체가 많은 환경의 경우 상대적으로 오검출률이 높았다.



그림 118 Faster R-CNN 알고리즘을 이용한 철새검출 영상 (오검출 영상 포함)

그림 119 Hard examples

그림 120은 전체 이미지에 대한 윈도우 스캐닝과 NMS를 통하여 검출된 결과이다.



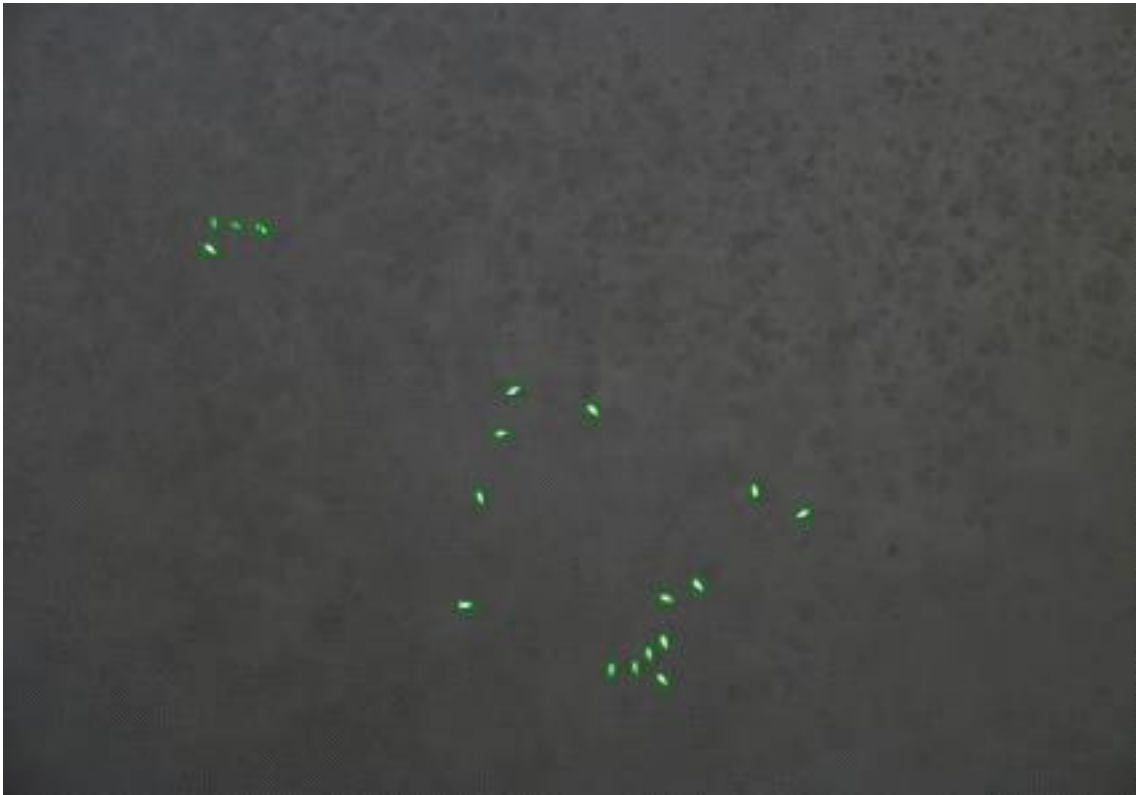




그림 120 전체 이미지를 검출한 결과

## 8. 철새 폐사체, 사람·차량 이동영상의 식별모델 개발 : 딥러닝 기반 항공 영상 차량 검출/식별모델 개발

### 가. 개요

본 연구는 항공 영상에서의 차량에 대하여 촬영된 데이터 세트를 이용하여 딥러닝 기반 검출모델을 학습시켜 목표 객체인 차량에 대하여 정확도 높은 검출모델을 개발하는 것을 목표로 함

### 나. 연구 방법

차량의 항공 영상데이터에 대하여 그림 121과 같이 라벨링 작업을 완료함.



그림 121. 항공 영상데이터 라벨링

차량의 항공 영상데이터의 경우 아주 고고도의 경우가 아니면 전체 치수 이미지에 대하여 그대로 학습할 수 있으므로, 이미지를 동 크기로 자르지 않고 학습시켰다.

다양한 고도에서의 강건한 모델을 만들기 위해 30m~150m가량의 다양한 고도에서 촬영된 항공 영상을 이용하여 모델을 학습시켰다.

Faster R-CNN과 Retina net 두 종의 모델을 이용하여 딥러닝 차량 검출모델을 학습시켰으며, 차종과 무관한 차량에 대한 원 클래스(one-class) 검출모델과 승용차, 트럭, 버스에 대한 검출이 가능한 멀티 클래스(multi-class) 모델을 구성하여 평가하였다.

다양한 데이터의 학습을 위하여 학습 시 랜덤하게 이미지 크라! 핑, 대비 조절, 색채 잡신호, 뒤집기 등 데이터 늘리기(Data augmentation) 과정을 수행하였다.

기존의 COCO 데이터 세트에 대하여 학습된 모델의 파라미터들을 Transfer learning 하여 이용하며, 코딩은 Python 언어와 Tensor flow 구조를 이용하여 진행하였다.

#### 다. 결론

항공 영상에서의 차량 검출모델 알고리즘으로 Faster R-CNN Resent 101 모델과 Retina net Resent 50 모델을 학습시켰으며 결과는 표 39와 같음

표 39 CNN 기반 차량 검출모델별 성능평가결과

|              | Feature extractor | Inference time (MS/image) | AP     | aglow  | aphid  | AP high |
|--------------|-------------------|---------------------------|--------|--------|--------|---------|
| Faster R-CNN | Resnet 101        | 273ms                     | 0.8710 | 0.9860 | 0.9459 | 0.7066  |
| Retina net   | Resnet 50         | 143ms                     | 0.9076 | 0.9780 | 0.9456 | 0.8261  |

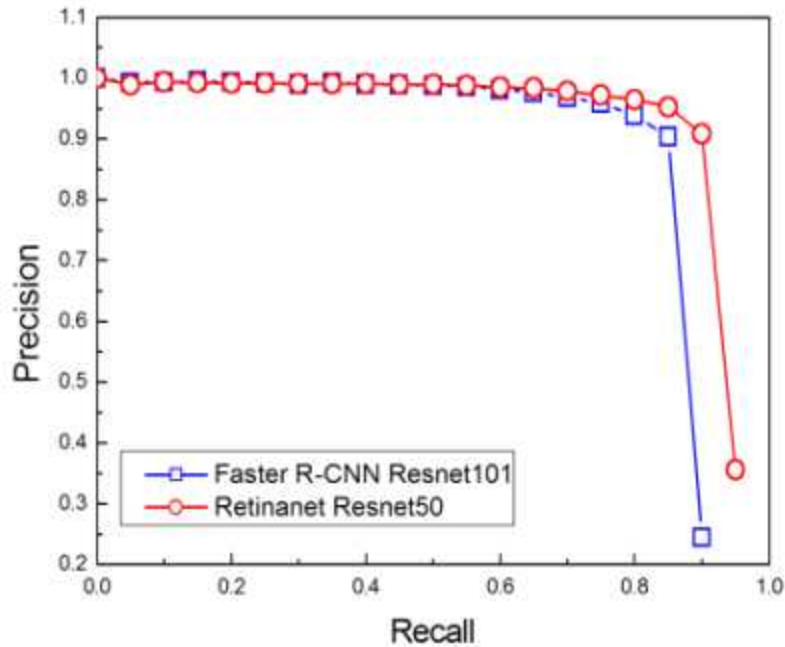
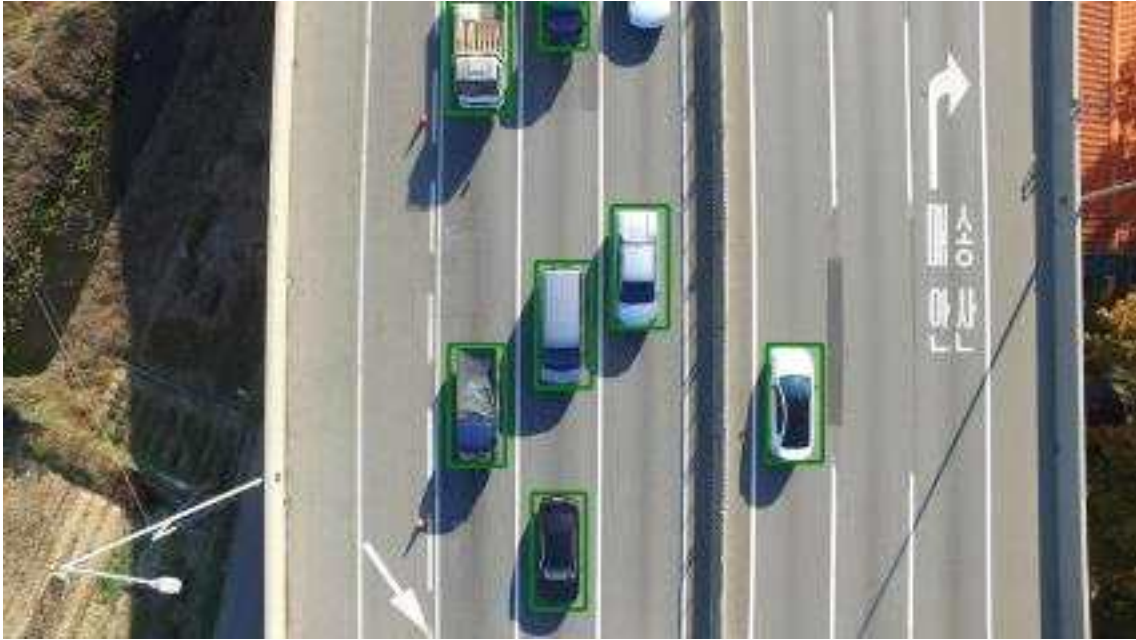


그림 122. 차량 검출모델 Precision-Recall 그래프

Faster R-CNN Resnet 101 모델과 Retina net Resnet 50 모델 둘 다 AP 0.87 이상의 매우 정확한 결과를 얻을 수 있었음. 또한, 50m 아래의 저고도, 50에서 100m의 중간고도, 100m 이상의 고고도에서 촬영된 영상들에 대한 검출 정확도를 비교하였는데, 두 모델 모두 고도가 높아질수록 정확도가 떨어지는 경향을 보였음. 또한, Retina net이 Faster R-CNN Resnet 101 보다 고도에서 높은 정확도를 보임

그림 123은 Retina net Resnet 50 모델로 검출된 차량 항공 영상이다.





(a) 고속도로 저고도 영상



(b) 고속도로 고고도 영상

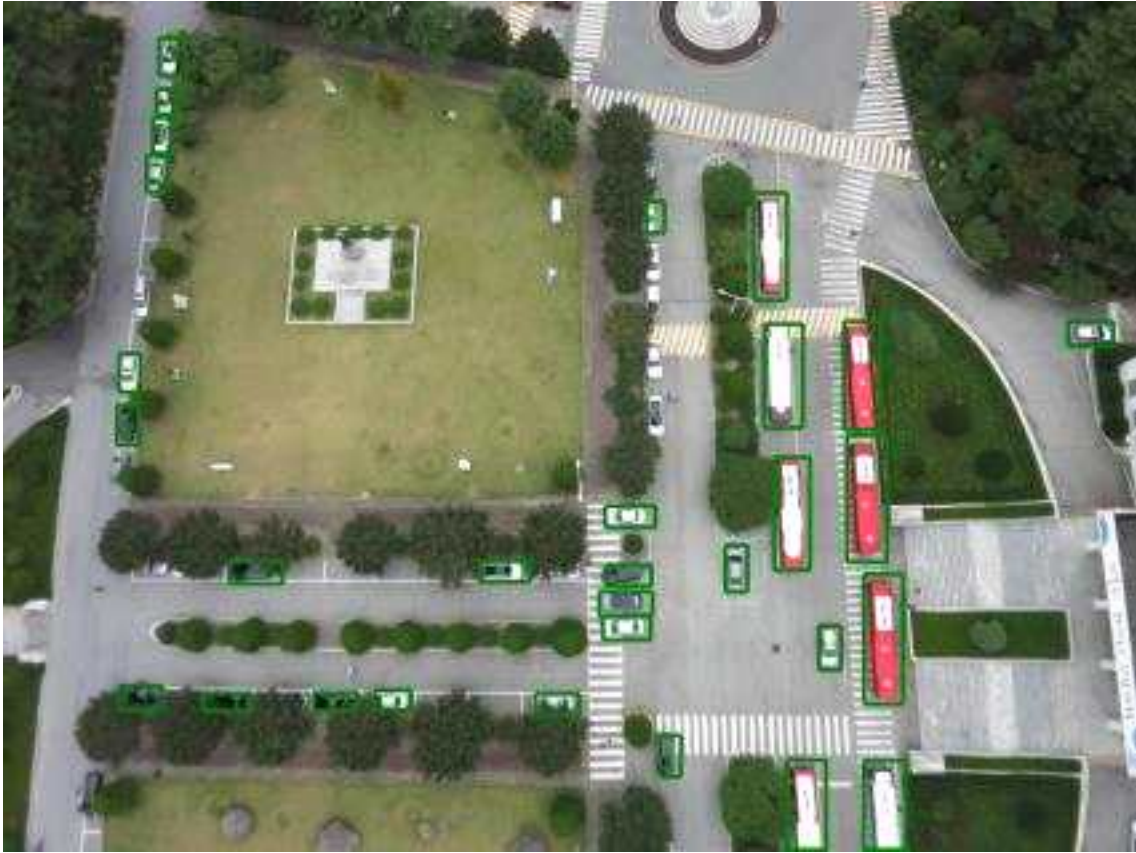




(c) 도심지 영상



(d) 교차로 영상



(e) 대학부지 내부 영상

그림 123 Retina net Resnet 50 알고리즘을 이용한 차량 검출 영상

그림 124는 차량의 오검출 영상으로, 파란 상자는 검출되지 못한 차량, 빨간 상자는 다중 검출된 경우, 노란 상자는 여러 차가 하나로 검출된 경우이다. 고도가 높거나 주변 환경이 복잡하고 차가 많은 경우, 차가 가려져 있는 경우 등에서 오검출률이 증가하는 경향을 나타내었다.





그림 124 Retina net Resent 50 알고리즘 차량 오검출 영상

본 연구에서는 또한 항공 영상에서 일반 승용차, 트럭, 버스를 구별하는 검출모델을 만들기 위해 Faster R-CNN Resent 101 알고리즘을 이용하여 car, truck, bus의 3-class detection 모델을 구성하였으며, 결과는 표 40과 같다. mean average precision(MAP)은 각 클래스의 AP를 평균 내는 방식이 아닌 클래스 빈도에 따라 차등을 두어 MAP을 계산하는 weighted MAP 방식을 사용하여 계산한다.

표 40 항공 영상 멀티클래스 검출모델 성능평가 결과

|              | Feature extractor | Inference time (MS/image) | MAP    | Apgar  | AP truck | AP bus |
|--------------|-------------------|---------------------------|--------|--------|----------|--------|
| Faster R-CNN | Resent 101        | 312ms                     | 0.8423 | 0.8564 | 0.6180   | 0.8983 |

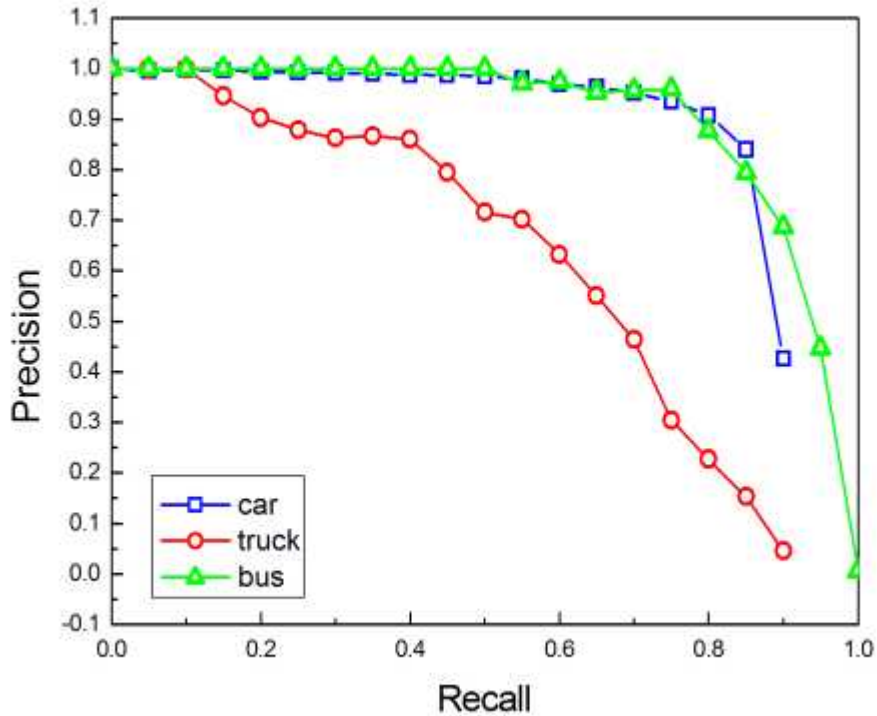


그림 125 Faster R-CNN Resnet 101 모델 클래스별 Precision-Recall 그래프

weighted MAP이 0.8423으로 클래스가 차량 하나일 때보다 감소하였지만 뛰어난 성능을 보인다. 객체의 위치를 검출해내는 검출력 자체는 비슷한 것으로 생각되며 트럭과 차량의 분류를 잘못하는 때도 있어 정확도가 낮아진 그것으로 보인다. 실제로 차량과 트럭이 혼동되는 경우들이 다소 존재하였으며, 이 때문에 트럭의 AP가 0.6180으로 상대적으로 낮은 수치를 보인다.

그림 126은 3 클래스 검출모델의 영상 결과로, 초록색 상자가 승용차, 노란색 상자가 트럭, 청록색 상자가 버스를 나타낸다.



(a) 승용차 및 트럭 검출 결과 (고속도로)



(b) 승용차 및 트럭 검출 결과 (고속도로)





(b) 승용차 및 버스 검출 결과 (대학)



(c) 승용차 및 트럭 검출 결과 (대학)



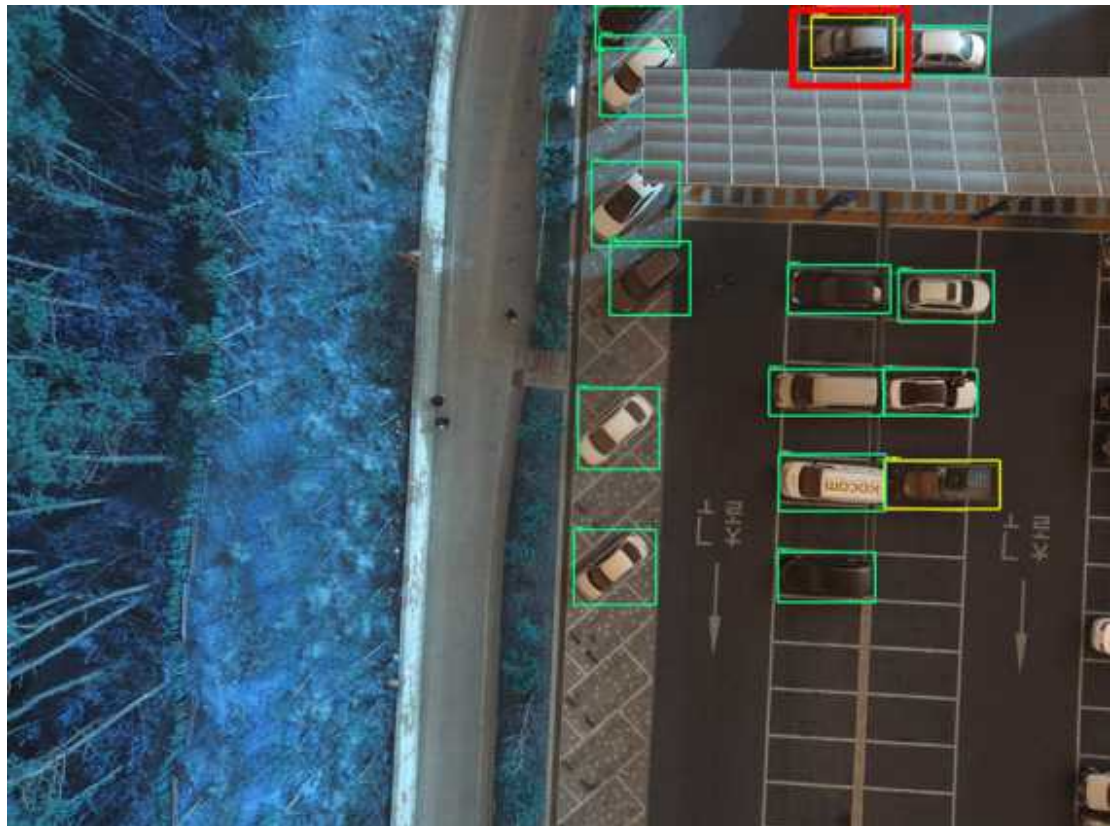
(d) 승용차 및 트럭 검출 결과 (공장)  
그림 126 멀티클래스 검출모델 검출 영상

그림 127은 멀티클래스 검출모델의 오검출 결과이다. 승용차를 트럭으로 혼동하는 경우가 많았으며, 트럭은 유사한 형상의 물체가 많아 일부 건물 등 구조물이나 컨테이너 등을 트럭으로 잘못 인식하는 경우가 발생하였다.





(a) 구조물을 트럭으로 잘못 인식한 경우



(b) 승용차를 트럭으로 잘못 인식한 경우

그림 127 멀티클래스 검출모델 차량 오검출 영상

## 5절. 드론을 활용한 철새 폐사체 예찰 및 방역 점검 통합 운영 프로그램 개발

### 1. 드론 예찰 및 방역 활동에서 발생하는 데이터 분석 및 DB 설계

#### 가. 필요성 및 목적

예찰 및 방역 활동용 드론 통합 운영 프로그램을 개발하기 위하여 드론을 이용한 예찰 및 방역 활동에서 발생하는 데이터를 분석하고 이를 바탕으로 DB를 설계하여 보았다.

#### 나. 연구 방법

드론에 들어가는 기기들을 조사하여 기존의 제어 프로그램과 주고받는 데이터들을 분석하였고, 이를 바탕으로 DB를 설계하였다.

#### 다. 연구결과

전체 프로그램을 운영하기 위한 구성도를 아래 그림과 같이 구상하였다. 프로그램은 서버-클라이언트 방식으로 서버는 주로 서류철 통합관리, 데이터 보관, 프로그램 유지보수 등의 작업을 담당하고, 실제 작업은 클라이언트 프로그램을 통하여 작업할 수 있도록 하였다. CCTV의 경우 자체 운용 프로그램이 존재하므로 결괏값만 데이터를 받을 수 있도록 하였다.

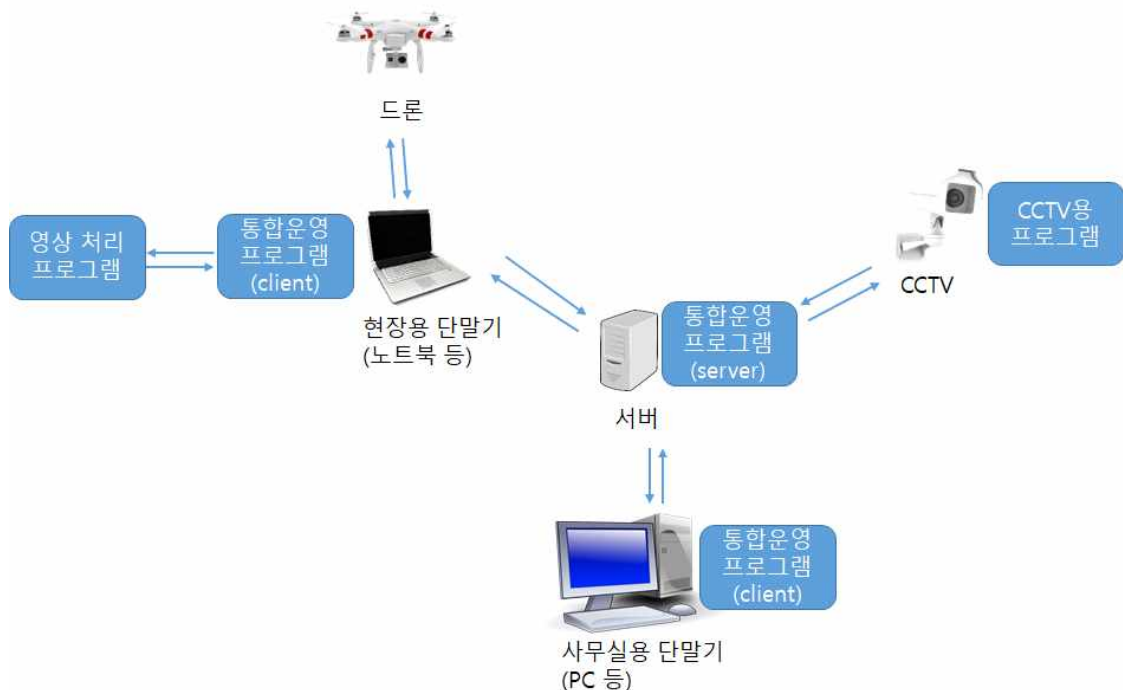


그림 128 전체 운영시스템 개략도

#### (1) 드론과 통합운영프로그램

드론과 통합운영프로그램 사이에서는 주로 드론 제어를 위한 데이터와 드론 상태를 알려주



는 점점 값들이 주고 오고 가게 된다. 비행 중 실시간 점점 영상의 경우 별도의 모니터를 통하여 확인하므로 통합 운영 프로그램에서는 관리하지 않는다.

표 41 드론과 통합운영프로그램 사이 통신

| 드론-><br>노트북 |    | 데이터 명칭                   | 노트북 -><br>드론 |   | 데이터 명칭         |
|-------------|----|--------------------------|--------------|---|----------------|
| 비행<br>중     | 1  | 드론 GPS 좌표                | 비행설정         | 1 | 연결 상태 확인       |
|             | 2  | 드론 배터리 잔량                |              | 2 | 비행모드 설정(수동/자동) |
|             | 3  | 드론속도                     |              |   |                |
|             | 4  | 온도                       | 수동조종         | 1 | 방향 회전          |
|             | 5  | 고도                       |              | 2 | 고도제어(상승/하강)    |
|             | 6  | 통신상태                     |              | 3 | 수평 이동          |
|             | 7  | 드론 기울기(roll, pitch, yaw) |              | 4 | 전진/후진 이동       |
|             | 8  | 기기 오류                    |              | 5 | 속도제어           |
| 비행<br>후     | 1  | 비행일시                     |              | 6 | 사진 촬영          |
|             | 2  | 총 비행시간                   |              | 7 | 짐볼 제어          |
|             | 3  | 총 비행거리                   |              |   |                |
|             | 4  | 비행 장소                    | 자동조종         | 1 | 주행 경로 입력       |
|             | 5  | 비행모드(수동/자동)              |              |   |                |
|             | 6  | 비행작업자                    |              |   |                |
|             | 10 | 사진 전송                    |              |   |                |
|             | 11 | 사진 촬영 위치 GPS 값           |              |   |                |
|             | 12 | 사진 촬영 고도                 |              |   |                |
|             | 13 | 사진 촬영 각도                 |              |   |                |

(2) 통합운영프로그램과 영상분석프로그램

통합운영프로그램에서 영상을 분석할 사진과 지리 정보 시스템 정보를 전달하고 영상분석 프로그램은 해당 데이터를 이용하여 폐사체 유무와 존재할 경우 그 위치값을 돌려보내게 된다.

표 42 통합운영프로그램과 영상분석프로그램 사이 통신

| 운영 -> 영상 |   | 데이터 명칭         | 영상 -> 운영 |            | 데이터 명칭       |
|----------|---|----------------|----------|------------|--------------|
| 분석<br>시  | 1 | 사진 저장 경로       | 예찰 시     | 1          | 폐사체 유무       |
|          | 2 | 사진 촬영 위치 GPS 값 |          | 2          | 폐사체 종        |
|          | 3 | 사진 촬영 고도       |          | 3          | 폐사체 위치 GPS 값 |
|          | 4 | 사진 촬영 각도       |          | 4          | 폐사체 검출 사진 경로 |
|          |   |                | 5        | 영상분석 필요 시간 |              |
|          |   |                | 방역대      | 1          | 차량 종류 분석     |
|          |   | 2              |          | 차량 번호판 분석  |              |
|          |   | 3              |          | 사람 이동수     |              |
|          |   | 4              |          | 차량 이동수     |              |

(3) CCTV와 통합운영프로그램

방역대용 CCTV의 경우 출입하는 차량 종류, 차량번호 등을 기록하여 통합운영프로그램에 전달하게 된다.

표 43 CCTV와 통합운영프로그램 사이 통신

| CCTV -> 운영 |   | 데이터 명칭          | 운영 -> CCTV |   | 데이터 명칭  |
|------------|---|-----------------|------------|---|---------|
|            | 1 | RGB 카메라 영상      |            | 1 | CCTV 번호 |
|            | 2 | Night vision 영상 |            |   |         |
|            | 3 | 영상촬영 위치 GPS 값   |            |   |         |
|            | 4 | 영상촬영 시간         |            |   |         |
|            | 5 | CCTV 번호         |            |   |         |

2. 드론 예찰 및 방역 통합 운영 프로그램 시스템 설계

가. 필요성 및 목적

선행연구 결과를 바탕으로 하여 예찰 및 방역 활동용 드론 통합 운영 프로그램을 설계하였다.

나. 연구 방법

시스템 구조 및 UI를 설계하고 개별 프로그램들과의 호환성을 확인하였다. 드론 사용자들의 활용성을 높이기 위하여 기존에 주로 사용하고 있는 공개 자료 드론 제어 및 제어 프로그램인 Mission planner를 수정하여 사용하고자 디자인하였다.

## 다. 연구결과

### (1) 프로그램 기본 목적

드론을 활용하여 조류 폐사체를 미리 살피고 발견한 폐사체 위치 및 종류를 식별하여 작업자에게 보고하고 최종 예찰 결과를 국가 방역시스템에 올리는 프로그램 개발

### (2) 프로그램 특징

Window 환경에서 구동하며 클라이언트 서버 형태로 구동하는 프로그램으로 Ardupilot (<http://ardupilot.org/>)의 missionplanner (<http://ardupilot.org/planner/index.html>)를 베이스로 작업한다.

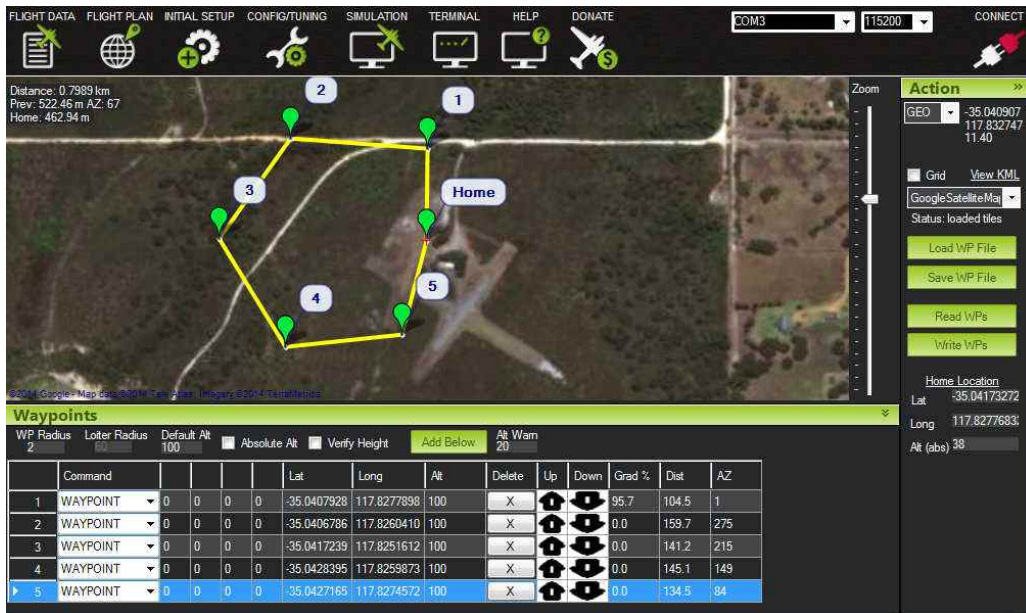


그림 129 Mission planner

클라이언트 프로그램은 작업자의 노트북에 설치되며 데이터를 확인하거나 처리하기 위한 사용자들이 개인 pc에 설치하여 사용할 수 있도록 한다. 서버는 DB와 스토리지로 구성되며 데이터의 저장과 프로그램 버전 관리 등의 기능을 담당한다.

프로그램의 주 운용환경이 철새도래지 등의 야외이므로 오프라인 환경에서도 작동하는 프로그램으로 만들고, 서버로의 데이터 전송 등은 사무실 등에서 유선LAN이 연결되었을 때 실시한다.

프로그램은 크게 3부분으로 구성된다.(드론 조정 및 모니터링 기능, 영상분석기능, 데이터 관리 기능) 각각의 작업은 드론 비행시, 드론 비행 후, 사무실 복귀 후에 순차적으로 일어나게 된다.

드론의 작업영역을 선택하여 이를 드론의 작업경로를 생성하는 별도의 프로그램에 전달한다. 이의 결과물로 생성되는 작업경로를 로드하여 드론에 전달할 수 있어야 한다. 드론 카메라를 통하여 취득한 영상을 작업자가 메모리카드를 통하여 노트북으로 전달하여야 하므로 비행중에는 분석이 어려울 것으로 보인다.

영상분석을 위한 별도의 프로그램이 있으며, 이를 실행한 결과 (영상 분석의 결과)는 영상

분석이 끝나는 즉시 작업자에게 화면상으로 전달하고, 그 결과를 작업자가 처리하거나 처리를 전담하는 인원에게 연락하도록 한다.

최종 예찰 결과는 작업자가 사무실에 도착한 후 서버에 입력하도록 한다. 서버에 업로드시 로그인하도록 하고, 이를 통하여 작업 이력을 관리할 수 있도록 한다.

### (3) 프로그램 구성

클라이언트 프로그램은 기본적으로 2분할 화면을 사용하도록 한다. 좌측 화면의 경우가 기본적으로 프로그램이 구동하고 명령을 내릴수 있는 기능을 수행하게 된다. 우측 화면의 경우 각각의 동작중이나 결과로 나오는 이미지 등을 보여주는 기능을 수행하게 된다. 단 사용자의 필요에 따라 우측 화면을 최소화하여 좌측화면을 전체화면으로 쓸 수 있도록 한다.

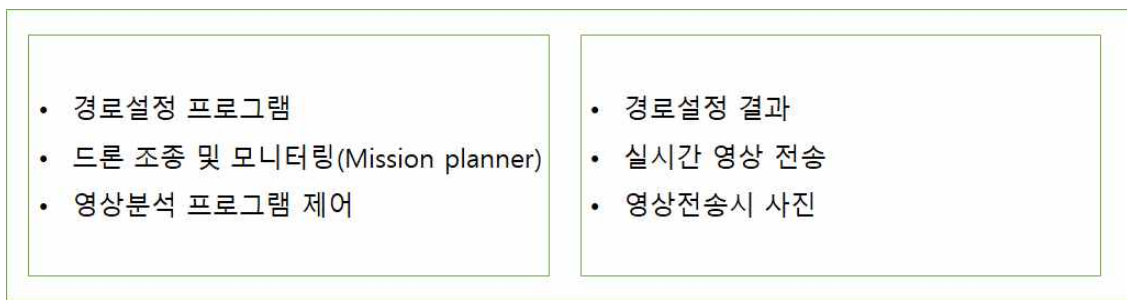


그림 130 드론 통합 제어 프로그램 화면 구성

#### (가) 드론 비행 경로 자동설정 기능

사용자가 지역, 새의 종류 등을 선택하면 미리 입력된 모델을 참조하여 드론의 비행 경로를 만들어 주는 기능을 수행한다. 사용자가 원하는 경우 우측화면을 통하여 생성된 경로를 지도상에 보여준다. 지도의 경우 현장에서 다운받기 어려우므로 사전에 미리 다운받을 수 있는 지도를 프로그램에 탑재하는 것으로 한다.

#### (나) 드론 조정 및 모니터링 기능

드론 조정은 크게 컨트롤러를 통한 수동제어와 프로그램을 이용한 자동제어로 이루어지는데, 본 프로그램에서는 수동 제어는 다루지 않도록 한다.(수동제어를 위한 컨트롤러는 작업자가 별도로 지참하게 한다)

기본적으로는 mission planner 프로그램을 수정하여 사용하려고 한다. mission planner는 오픈소스 기반의 드론 제어 및 모니터링 프로그램으로 드론 사용자들 사이에서 폭넓게 사용되는 프로그램이다. mission planner를 이용하여 드론과의 통신상태 체크, 비행경로 설정, 비행상태 모니터링 등을 수행한다. 드론 비행경로 설정창을 띄웠을 때, 3-1에서 생성한 경로가 있는 경우 해당 경로를 우선적으로 불러올 수 있도록 설정한다.

#### (다) 영상 분석 기능

메모리카드 연결 후 프로그램을 통하여 사진데이터를 불러오고 각 사진에 대해 함수 처리를 통하여 사람/차량/폐사체를 검출하도록 동작한다. 이때, 작업자는 특정 파일이나 폴더를



지정할 수 있으며, 폴더를 지정한 경우 내부의 사진을 순서대로 한 장씩 불러오도록 한다. 프로그램 결과값으로는 검출값의 유무 / 종류 / 위치 값을 돌려주려고 한다. 프로그램 UI 상에서 가능하다면 체크박스를 통하여 사람/차량/폐사체 검출 알고리즘을 선택할 수 있도록 한다.

분석이 끝나면 화면에 분석 결과를 띄워준다. 검출된 파일 정보와, 추정된 위치 정보를 전달한다.

#### (라) 서버 기능

사용자는 클라이언트 프로그램을 통하여 서버에 접속할 수 있도록 한다. 이 때, 로그인 기능을 이용한다. 작업자가 작업결과를 업로드 하면 계정정보를 통하여 작업자를 확인할 수 있도록 한다.

서버는 우선 프로그램의 버전 관리를 담당한다. 접속시 클라이언트 프로그램의 버전을 체크를 통하여 자동으로 업데이트를 수행하도록 한다. 또, 업로드 된 작업 보고서들을 관리하고, 촬영한 사진 파일들도 관리한다.(중복확인, 촬영별로 폴더를 생성하여 관리) 그리고 생성된 보고서는 각 지역 관리자 등에게 이메일이나 문자의 형태로 전송하도록 한다.

#### (마) CCTV 서버 연동기능

방역대 감시를 위하여 구축하는 CCTV 시스템의 경우 자체적으로 PC를 통하여 촬영 및 분석, 저장을 담당하므로 본 프로그램에서 관여하지는 않는다. 다만 위반 사례 등이 발생하면 촬영된 사진과 보고서를 전달받아서 서버에 저장할 수 있도록 프로그램 사이에 프로토콜을 규약한다.

# 6절. 드론 예찰 및 방역 통합 운영 플랫폼 개발

## 1. 플랫폼 구성 및 특징

가. 예찰용 드론 기체 개발

○ 기체 생산 및 업무를 위한 자격

- K-Mapper 쿼드콥터 상표 등록, KC 전파인증, 직접생산증명 완료

표 44 드론 생산을 위한 증명서

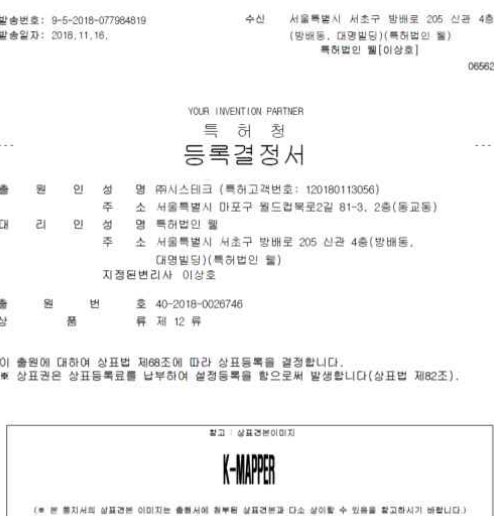



|   |  |                                      |                      |                   |                      |               |  |    |                             |                |             |                 |            |                        |                      |               |  |    |                         |                |  |  |            |                        |                      |               |  |    |                    |                |  |              |            |            |                    |                 |  |    |                                      |  |  |  |                     |                               |     |        |  |       |       |  |       |       |               |
|---|--|--------------------------------------|----------------------|-------------------|----------------------|---------------|--|----|-----------------------------|----------------|-------------|-----------------|------------|------------------------|----------------------|---------------|--|----|-------------------------|----------------|--|--|------------|------------------------|----------------------|---------------|--|----|--------------------|----------------|--|--------------|------------|------------|--------------------|-----------------|--|----|--------------------------------------|--|--|--|---------------------|-------------------------------|-----|--------|--|-------|-------|--|-------|-------|---------------|
|  <p>발송번호: 9-5-2018-077984819<br/>발송일자: 2018.11.16.</p> <p>수신 서울특별시 서초구 방배로 205 신관 4층<br/>(방배동, 대영빌딩)(특허법인 월)<br/>특허법인 월(이성호) 06562</p> <p>YOUR INVENTION PARTNER<br/>특 허 청<br/>등록결정서</p> <p>출 원 인 성 명 ㈜시스테크 (특허고려번호: 120180113056)<br/>주 소 서울특별시 마포구 월드컵북로2길 81-3, 2층(동교동)<br/>대 리 인 성 명 특허법인 월<br/>주 소 서울특별시 서초구 방배로 205 신관 4층(방배동,<br/>대영빌딩)(특허법인 월)<br/>지정면변리사 이상호</p> <p>출 원 번 호 40-2018-0026746<br/>상 품 류 제 12 류</p> <p>이 출원에 대하여 상표법 제68조에 따라 상표등록을 결정합니다.<br/>* 상표권은 상표등록요청 날부터 출원등록을 함으로써 발생합니다.(상표법 제82조).</p> <p>공고번호 : 40-2018-0089466 공고일자 : 2018.09.05</p> |  <p>방송통신기자재등의 적합등록증<br/>Registration of Broadcasting and Communication Equipments</p> <p>상호 또는 실명 (주)시스테크<br/>기자재명칭(제품명칭) K-MAPPER<br/>기본모델명 K-MAPPER<br/>모델번호<br/>등록번호 K-REM-037-4-K-MAPPER<br/>제조사(제조업자)명칭 (주)시스테크(한국)<br/>제조사(제조업자)소재지 (주)시스테크(한국)<br/>등록연월일 2018-05-29<br/>기타</p> <p>본 기기는 「전파법」 제55조제2 제3항에 따라 등록되었음을 증명합니다.<br/>It is verified that Imaging equipment has been registered under the Class 3, Article 38-2 of Radio Wave Act.</p> <p>2018년 09월 05일(Mon) 29일(Day)<br/>국립전파연구원장<br/>Director General of National Radio Research Agency</p>   |                                      |                      |                   |                      |               |  |    |                             |                |             |                 |            |                        |                      |               |  |    |                         |                |  |  |            |                        |                      |               |  |    |                    |                |  |              |            |            |                    |                 |  |    |                                      |  |  |  |                     |                               |     |        |  |       |       |  |       |       |               |
| <p>K-Mapper 쿼드콥터 상표 등록</p>  | <p>KC 전파인증 완료</p>  |                                      |                      |                   |                      |               |  |    |                             |                |             |                 |            |                        |                      |               |  |    |                         |                |  |  |            |                        |                      |               |  |    |                    |                |  |              |            |            |                    |                 |  |    |                                      |  |  |  |                     |                               |     |        |  |       |       |  |       |       |               |
|  <p>직접생산확인증명서</p> <p>수태 품 류 : 방울,교동,개입음소용기구및영상서버와 영상기<br/>*태 품 명 : 특수영상기<br/>*출 제품의 과업명칭,기능명칭,용칭의 기재방법은 앞구체이시할 때 비준<br/>*출 제업 체 명 : (주)시스테크<br/>*주 제 자 번 호 : 107-07-47988<br/>*대 표 자 성 명 : 박준성<br/>*주 소 세 (주 소) : 서울특별시 서초구 방배로 205 (200호)<br/>*담당자 (주 소) : jstech@ncc.com (이성호) 02-539-0000</p> <p>*출 제 기 관 : * 출 원의 세부사항을 검토기관으로<br/>*출 원의 세부사항을 검토기관에 관한 설명: 제9조제4항 본문 및 같은 항 제2호제2항에 따라 국내 2차 직접생산에 증명합니다.<br/>출원일자: 2018년 02월 01일<br/>출원인: (주)시스테크</p>  |  <p>출원사실증명원<br/>CERTIFICATE OF APPLICATION</p> <table border="1"> <tr> <td>출원인<br/>Applicant</td> <td>성명<br/>Name</td> <td>㈜시스테크<br/>SISTECHK</td> <td>주민번호<br/>Residence No</td> <td>110111-4*****</td> </tr> <tr> <td></td> <td>주소</td> <td>서울특별시 마포구 월드컵북로2길 81-3(동교동)</td> <td>전화번호<br/>Tel No</td> <td>02-568-9808</td> </tr> <tr> <td>발명자<br/>Inventor</td> <td>성명<br/>Name</td> <td>박성진<br/>Park, Seon Gjin</td> <td>주민번호<br/>Residence No</td> <td>670428-1*****</td> </tr> <tr> <td></td> <td>주소</td> <td>서울특별시 마포구 대방로11길 4 220호</td> <td>전화번호<br/>Tel No</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>성명<br/>Name</td> <td>김영문<br/>Kim, Yeong Moon</td> <td>주민번호<br/>Residence No</td> <td>920016-1*****</td> </tr> <tr> <td></td> <td>주소</td> <td>서울특별시 강서구 금곡로23길 9</td> <td>전화번호<br/>Tel No</td> <td></td> </tr> <tr> <td>대리인<br/>Agent</td> <td>성명<br/>Name</td> <td>특허법인(유한) 월</td> <td>대리인 번호<br/>Agent No</td> <td>9-2015-100041-6</td> </tr> <tr> <td></td> <td>주소</td> <td>서울특별시 강남구 논현로 303, 16층 1호(역삼동, 솔선빌딩)</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>출원번호<br/>Application Number</p> <table border="1"> <tr> <td>특허-2018-0100688<br/>PATENT-2018-0100688</td> <td>출원일자<br/>Filing Date</td> <td>2018년 08월 27일<br/>AUG 27, 2018</td> </tr> </table> <p>발명(고안)의 명칭, 디자인을 포함할 경우, 상품(서비스)의 구분</p> <p>Title of Invention, Product(s) Embodied in Design, or Classification of Mark</p> <table border="1"> <tr> <td>출원인</td> <td>IPC 분류</td> <td></td> </tr> <tr> <td>최초출원일</td> <td>최초출원일</td> <td></td> </tr> <tr> <td>실시용구분</td> <td>실시용구분</td> <td>2018년 08월 27일</td> </tr> </table> <p>위 사실을 증명함.<br/>This is to certify that the above applicant has filed as stated in this certificate at the Korea Intellectual Property Office</p> <p>2018년 09월 07일<br/>특 허 청<br/>COMMISSIONER</p> | 출원인<br>Applicant                     | 성명<br>Name           | ㈜시스테크<br>SISTECHK | 주민번호<br>Residence No | 110111-4***** |  | 주소 | 서울특별시 마포구 월드컵북로2길 81-3(동교동) | 전화번호<br>Tel No | 02-568-9808 | 발명자<br>Inventor | 성명<br>Name | 박성진<br>Park, Seon Gjin | 주민번호<br>Residence No | 670428-1***** |  | 주소 | 서울특별시 마포구 대방로11길 4 220호 | 전화번호<br>Tel No |  |  | 성명<br>Name | 김영문<br>Kim, Yeong Moon | 주민번호<br>Residence No | 920016-1***** |  | 주소 | 서울특별시 강서구 금곡로23길 9 | 전화번호<br>Tel No |  | 대리인<br>Agent | 성명<br>Name | 특허법인(유한) 월 | 대리인 번호<br>Agent No | 9-2015-100041-6 |  | 주소 | 서울특별시 강남구 논현로 303, 16층 1호(역삼동, 솔선빌딩) |  |  | 특허-2018-0100688<br>PATENT-2018-0100688 | 출원일자<br>Filing Date | 2018년 08월 27일<br>AUG 27, 2018 | 출원인 | IPC 분류 |  | 최초출원일 | 최초출원일 |  | 실시용구분 | 실시용구분 | 2018년 08월 27일 |
| 출원인<br>Applicant  | 성명<br>Name   | ㈜시스테크<br>SISTECHK                    | 주민번호<br>Residence No | 110111-4*****     |                      |               |  |    |                             |                |             |                 |            |                        |                      |               |  |    |                         |                |  |  |            |                        |                      |               |  |    |                    |                |  |              |            |            |                    |                 |  |    |                                      |  |  |  |                     |                               |     |        |  |       |       |  |       |       |               |
|   | 주소   | 서울특별시 마포구 월드컵북로2길 81-3(동교동)          | 전화번호<br>Tel No       | 02-568-9808       |                      |               |  |    |                             |                |             |                 |            |                        |                      |               |  |    |                         |                |  |  |            |                        |                      |               |  |    |                    |                |  |              |            |            |                    |                 |  |    |                                      |  |  |  |                     |                               |     |        |  |       |       |  |       |       |               |
| 발명자<br>Inventor   | 성명<br>Name   | 박성진<br>Park, Seon Gjin               | 주민번호<br>Residence No | 670428-1*****     |                      |               |  |    |                             |                |             |                 |            |                        |                      |               |  |    |                         |                |  |  |            |                        |                      |               |  |    |                    |                |  |              |            |            |                    |                 |  |    |                                      |  |  |  |                     |                               |     |        |  |       |       |  |       |       |               |
|   | 주소   | 서울특별시 마포구 대방로11길 4 220호              | 전화번호<br>Tel No       |                   |                      |               |  |    |                             |                |             |                 |            |                        |                      |               |  |    |                         |                |  |  |            |                        |                      |               |  |    |                    |                |  |              |            |            |                    |                 |  |    |                                      |  |  |  |                     |                               |     |        |  |       |       |  |       |       |               |
|   | 성명<br>Name   | 김영문<br>Kim, Yeong Moon               | 주민번호<br>Residence No | 920016-1*****     |                      |               |  |    |                             |                |             |                 |            |                        |                      |               |  |    |                         |                |  |  |            |                        |                      |               |  |    |                    |                |  |              |            |            |                    |                 |  |    |                                      |  |  |  |                     |                               |     |        |  |       |       |  |       |       |               |
|   | 주소   | 서울특별시 강서구 금곡로23길 9                   | 전화번호<br>Tel No       |                   |                      |               |  |    |                             |                |             |                 |            |                        |                      |               |  |    |                         |                |  |  |            |                        |                      |               |  |    |                    |                |  |              |            |            |                    |                 |  |    |                                      |  |  |  |                     |                               |     |        |  |       |       |  |       |       |               |
| 대리인<br>Agent  | 성명<br>Name   | 특허법인(유한) 월                           | 대리인 번호<br>Agent No   | 9-2015-100041-6   |                      |               |  |    |                             |                |             |                 |            |                        |                      |               |  |    |                         |                |  |  |            |                        |                      |               |  |    |                    |                |  |              |            |            |                    |                 |  |    |                                      |  |  |  |                     |                               |     |        |  |       |       |  |       |       |               |
|   | 주소   | 서울특별시 강남구 논현로 303, 16층 1호(역삼동, 솔선빌딩) |                      |                   |                      |               |  |    |                             |                |             |                 |            |                        |                      |               |  |    |                         |                |  |  |            |                        |                      |               |  |    |                    |                |  |              |            |            |                    |                 |  |    |                                      |  |  |  |                     |                               |     |        |  |       |       |  |       |       |               |
| 특허-2018-0100688<br>PATENT-2018-0100688  | 출원일자<br>Filing Date  | 2018년 08월 27일<br>AUG 27, 2018        |                      |                   |                      |               |  |    |                             |                |             |                 |            |                        |                      |               |  |    |                         |                |  |  |            |                        |                      |               |  |    |                    |                |  |              |            |            |                    |                 |  |    |                                      |  |  |  |                     |                               |     |        |  |       |       |  |       |       |               |
| 출원인   | IPC 분류   |                                      |                      |                   |                      |               |  |    |                             |                |             |                 |            |                        |                      |               |  |    |                         |                |  |  |            |                        |                      |               |  |    |                    |                |  |              |            |            |                    |                 |  |    |                                      |  |  |  |                     |                               |     |        |  |       |       |  |       |       |               |
| 최초출원일   | 최초출원일  |                                      |                      |                   |                      |               |  |    |                             |                |             |                 |            |                        |                      |               |  |    |                         |                |  |  |            |                        |                      |               |  |    |                    |                |  |              |            |            |                    |                 |  |    |                                      |  |  |  |                     |                               |     |        |  |       |       |  |       |       |               |
| 실시용구분   | 실시용구분  | 2018년 08월 27일                        |                      |                   |                      |               |  |    |                             |                |             |                 |            |                        |                      |               |  |    |                         |                |  |  |            |                        |                      |               |  |    |                    |                |  |              |            |            |                    |                 |  |    |                                      |  |  |  |                     |                               |     |        |  |       |       |  |       |       |               |
| <p>직접생산 확인 증명 완료</p>  | <p>임무 장비 교체장치 특허 출원</p>  |                                      |                      |                   |                      |               |  |    |                             |                |             |                 |            |                        |                      |               |  |    |                         |                |  |  |            |                        |                      |               |  |    |                    |                |  |              |            |            |                    |                 |  |    |                                      |  |  |  |                     |                               |     |        |  |       |       |  |       |       |               |



그림 131 완성 시제품

표 45 기체 제원



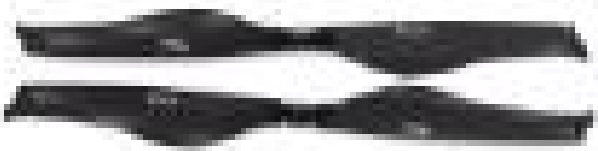
| 구 분                  |        | 내 용                   | 비 고           |
|----------------------|--------|-----------------------|---------------|
| 기체 유형                |        | 멀티콥터                  |               |
| 이륙준비시간               |        | 5분 미만                 |               |
| 배터리                  |        | 10,000mAh 리튬배터리       |               |
| 비행시간                 |        | 최대 35분                | 무풍 호버링 기준     |
| 최대 비행속도              |        | 14m/sec (50km/h)      |               |
| 비행제한 풍속              |        | 8m/sec (30km/h)       |               |
| 자동임무 비행속도            |        | 12m/sec (43km/h)      |               |
| 최대 조종거리              |        | LTE커버리지               | 옵션            |
| 최대 조종거리              |        | 2km                   | 기본 433MHz     |
| 최대 횡단거리              |        | 18km                  | 비행속도 12msec기준 |
| ◆ 하드웨어 및 통신 ◆        |        |                       |               |
| 길이                   |        | 65mm X 650mm X 300mm  |               |
| 무게(10,000mAh 배터리 포함) |        | 4.0kg                 | QX1 카메라 포함    |
| 최대이륙 무게              |        | 5kg                   |               |
| 임무장비 최대무게            |        | 600g                  |               |
| 조종기                  |        | 2.4 GHz               |               |
| 텔레메트르                |        | 433 or 915MHz         |               |
| 탑재가능 센서              | 멀티스펙트럴 | Sequoia, Rededge      | Option        |
|                      | 열화상    | FLIR VUE, Duo 형 모델    | Option        |
| 지상 비행제어              | 시스템    | Notebook (Windows 10) |               |
|                      | 프로그램   | K Missino planner     |               |



나. 예찰용 드론 하드웨어 구성

(1) 모터와 변속기


표 46 모터 및 변속기 제원

| 구 분  | 내 용  | 사 진  |
|------|--|--|
| 모터   | T-Motor 사 ( 중국 )<br>MN 5208 380 KV<br>( 4 개 )          |    |
| 변속기  | T-Motor 사 ( 중국 )<br>40 A ESC<br>( 4 개 )                |  |
| Prop | T-Motor 사 ( 중국 )<br>carbon<br>15" folding<br>( 4 set ) |  |

(2) FC (비행조종장치)

국내 (주)드론테크 사 FC를 적용하였다.

표 47 FC 제원

|   |               |                         |
|---|---------------|-------------------------|
|  | Model         | Dronetec 1              |
|   | CPU           | 180 MHz ARM® Cortex® M4 |
|   | RAM           | 256KB SRAM (L1)         |
|   | GPS           | U-Blox®7/8              |
|   | 기압계           | MEAS MS5611             |
|   | 자이로 스코프       | L3GD20H 16              |
|   | 가속도계 /<br>자력계 | LSM303D 14              |
|   | 무게            | 38g                     |

(3) RC 조종기 시스템 적용

(가) 송신기

운용자가 시스템을 운영할 때 GCS를 통해 자동비행이 가능하지만, 수동 및 자동비행의 모드 전환 및 비상시 수동비행시 조종은 RC 송신기를 통해 이루어진다

(나) 수신기

RC 수신기는 RC 송신기와 세트로 이루어져 있으며 Smart port를 통해서 FC에서 제공되는 데이터를 송신기 화면에 표현하는 기능도 내장되어 있다.

표 48 조종기 제원

|   |            |                  |
|---|------------|------------------|
|  | 항목         | 내용               |
|   | Model      | Taranis X9D Plus |
|   | Frequency  | 2.4GHz           |
|   | Channel    | max 16           |
|   | Model type | Aircraft radios  |
|   | modile     | 셋씨 -10~60도       |
|   | Compatible | FrSky X시리즈       |


표 49 수신기 제원

|   |       |                        |
|---|-------|------------------------|
|  | Model | TRANIS X8R 수신기         |
|   | 센서 크기 | 46.25 x 26.6 x 14.2mm  |
|   | 조종 범위 | 플레인지 (1.5km 이상)        |
|   | 작동 전압 | 4.0~10v                |
|   | 소모 전류 | 100mA@5v               |
|   | 채널    | 8채널 (SBUS 사용시<br>16채널) |
|   | 펌웨어   | 업그레이드 가능               |
|   | 무게    | 16.6g                  |

(다) 데이터 통신 시스템 적용 ( 433 MHz )

비행중 FC와 GCS 간의 비행상태 ( 비행속도, 고도, 기체 자세 등 ), 임무 수행현황 등의 데이터를 실시간으로 확인할 수 있도록하고 GCS에서 입력한 명령어를 FC에 실시간 전송하기 위해 데이터 통신 시스템을 구축했다.

표 50 텔레메트리


|   |               |                 |
|---|---------------|-----------------|
|  | Model         | 433MHz 데이터 전송모듈 |
|   | 주파수           | 433MHz          |
|   | 수신 감도         | 121 dBm         |
|   | 송신 전력         | 20 dBm          |
|   | 무선 전송속도<br>최대 | 25kbps          |
|   | 포트 타입         | Micro USB       |
|   | 케이블           | Pixhawk         |
|   | 무게            | 20g             |

(라) 데이터 통신 시스템 적용 ( LTE )

비행중 FC와 GCS 간의 비행상태 ( 비행속도, 고도, 기체 자세 등 ), 임무수행현황 등의 데이터를 실시간으로 확인할 수 있도록하고 GCS에서 입력한 명령어를 FC에 실시간 전송하기 위해 데이터 통신 시스템을 구축했다.

원거리 통신을 위한 주통신 수단으로 적용했다.

표 51 LTE 송수신모듈

|   |               |                                       |
|---|---------------|---------------------------------------|
|  | 품 명           | LTE 송수신모듈                             |
|   | LTE           | Max 50Mbps                            |
|   | HDMI 영상 Port  | Full-HD, HD, 640 x 480,               |
|   | Ethernet Port | 10/100Base-T, TCP/IP, UDP/IP, DHCP 지원 |
|   | UART Port     | TTL level                             |
|   | 무게            | 150g                                  |

(4) 임무 장비 적용

- 영상 취득용 카메라 선정

고해상도 영상촬영을 위하여 선정하였다.

표 52 RGB 카메라 제원

|   |        |                                      |
|---|--------|--------------------------------------|
|  | Model  | SAMSUNG NX500                        |
|   | 센서 크기  | 2.5 X 15.7mm                         |
|   | 해상도    | 2,820만 화소                            |
|   | 셔터속도   | 자동:1/6000-1/4초,<br>수동:1/6000-30초, 벌브 |
|   | 센서 타입  | BIS CMOS                             |
|   | 크기     | 119.5 X 63.6 X 42.5mm                |
|   | 무게     | 292g                                 |
|   | 카메라 타입 | 미러리스                                 |

- 열화상 영상 취득용 카메라 선정  
열화상 영상촬영을 위하여 선정하였다

표 53 열화상 카메라 제원

|   |               |                    |
|---|---------------|--------------------|
|  | Model         | FLIR VUE PRO R     |
|   | 해상도           | 640 x 512          |
|   | 렌즈크기          | 13 mm              |
|   | Spectral Band | 7.5 - 13.5 $\mu$ m |
|   | 측정정확도         | +/-5° C or 5%      |
|   | 크기            | 57.4 x 44.4        |
|   | 무게            | 114g               |
|   | 입력전원          | 4.0 - 6.0 VDC      |

- 열화상, RGB 동시촬영 영상 취득용 카메라 선정  
열화상, RGB 동시촬영 영상 취득이 필요할 경우를 위하여 선정하였다.

표 54 열화상, RGB 동시촬영용 카메라 제원


|   |        |                      |
|---|--------|----------------------|
|  | Model  | RX 100               |
|   | 센서 크기  | 13.2x8.8mm           |
|   | 해상도    | 2,020만 화소            |
|   | 셔터속도   | 셔터(1/2000초)          |
|   | 센서타입   | CMOS1                |
|   | 크기     | 22mm x 36mm x 77.5mm |
|   | 무게     | 281g                 |
|   | 카메라 타입 | 하이엔드.사이버샷            |



○ 카메라 Trigger system

RGB 카메라와 열화상 카메라를 동시에 셔터 Triggng 하는 장치로 RGB카메라와 열화상 카메라를 각각 사용할 때 트리거를 동시에 눌러주는 기능을 한다.

표 55 카메라 트리거 센서 제원

|   |         |                     |
|---|---------|---------------------|
|  | Model   | Seagull MAP2        |
|   | 크기      | 28.6 x 10.3 x 7.7mm |
|   | 무게      | 1.6g                |
|   | 입력전원    | 3.5 ~ 5.5 V         |
|   | 입력전원 오차 | 25.75mA             |
|   | 입력신호    | PWM                 |

○ Helipad System 적용

크기가 크지 않아 휴대가 간편하고 이착륙 시 드론 기체에 유입되는 먼지를 방지하고 정밀 착륙을 유도하는 용도로 사용한다.

표 56 두 가지 크기의 Helipad System 센서 적용 헬리패드

|   |        |  |       |
|---|--------|--|-------|
|  |        |  |       |
| Size  | 1470mm | Size   | 640mm |
| Weight  | 3300g  | Weight   | 315g  |

○ 고도유지 센서 적용


고도유지와 정밀 착륙을 위한 센서시스템을 선정하였다.

표 57 고도유지 센서 제원

|   |        |                                      |
|---|--------|--------------------------------------|
|  | Model  | Lidar SF30-C Laser Rangefinder -100m |
|   | 자연 표적  | 0-100 meters                         |
|   | 반사 목표  | 0-175 meters                         |
|   | 해상도    | 0.03 ~ 1.0 m selectable              |
|   | 정확도    | ±0.1m(20° C에서70%반사 목표)               |
|   | 레이저 파장 | 905nm                                |
|   | 광학 조리개 | 51mm                                 |
|   | 무게     | 35g                                  |

○ 정밀 착륙 센서 적용

표 58 정밀 착륙 센서 제원

|   |        |                             |
|---|--------|-----------------------------|
|  | Model  | IR-LOCK sensor              |
|   | 검출 범위  | 20+ 미터                      |
|   | 빔 각도   | ~ 70도                       |
|   | PCB크기  | 100x50x8mm                  |
|   | 전압 입력  | 10.2-18V (3 셀 리포에 적합)       |
|   | 전력 소비  | 0.25A @ 12V                 |
|   | 전원 커넥터 | 2핀JST<br>PH(S2B-PH-SM4-TB ) |
|   | 무게     | 22g                         |

○ Ground control system

자동비행을 관제하고 비행제어를 위한 시스템을 선정하였다.

표 59 GCS 시스템 제원

|   |           |  |
|---|-----------|--|
|  | Model     | NT900X3Y   |
|   | 운영체제      | Windows 10pro  |
|   | 프로세서 / 칩셋 | Intel Core i3 Processor 7100U(2.40 GHz 3MB L3 Cache) |
|   | 메모리       | 8GB DDR4 Memory at 2133MHz(On BD 8GB)                |
|   | HDD / SSD | None<br>256GB Solid-state drive                      |
|   | 그래픽       | Intel HD Graphics 620                                |
|   | Size      | 309.4 x 208.0 x 13.9mm                               |
|   | Weight    | 0.799kg  |

2. 실시간 영상 및 드론과 원활한 통신을 위한 3중 통신 system 구축 (LTE포함)

가. 연구개요

○ 드론에 적용되는 기존 통신체계는 2km 미만의 단거리 저속, 다중 무선장치를 사용하여 불편하고 원격지 비가시권 모니터링에 한계를 보여 왔다. 이로 인한 드론관제를 위한 합리적 관리가 부재한 상태이다.

이를 위해 가시권 비행은 수동조종이 용이한 조종기 모니터링 방식을 구축하고 원격자율비행을 위한 통신 방식은 현장 GCS와 원격제어용 방역본부 운용용 LTE 통신망을 활용한 원격자율비행 시스템이 필요하다.



그림 132 LTE 송수신 통신 방식

나. 연구 방법

드론과 조종자, 현장관리자, 방역센터 와의 3중 통신 시스템 구축을 위한 주파수별 (433MHZ, 2.4GHz, 5G ) 조종거리 테스트를 3회씩하고 조종기의 화면 디자인과 현장에서 사용하는 GCS system을 디자인한다.

다. 연구결과

주파수별 최대조종거리는 표 60과 같았다.

표 60 주파수별 최대 조종거리

| 구분 | 2.4GHz 조종기 | 433MHz | LTE      |
|----|------------|--------|----------|
| 1차 | 862m       | 1215m  | 3km 끊김없음 |
| 2차 | 885m       | 1120m  | 3km 끊김없음 |
| 3차 | 795m       | 1224m  | 3km 끊김없음 |
| 평균 | 847m       | 1186m  | 3km 끊김없음 |

○ 드론 조종자의 조종기를 통해 드론을 직접 조정한다.

조종기에 Opentx Lua script (그림 133)를 적용하여 디자인된 화면에 FC에서 전송되는 배터리 전압, 사용전류, GPS 정보, 기체의 자세 값등 비행정보를 조종자가 전달해줘 안정적이고 정확한 조종을 가능하게 했다.



그림 133 조종기 화면

○ 현장 노트북과 드론을 연결하여 직접 조정한다.

현장 조작자가 미션수행지역에 대한 미션을 부여하고 드론을 직접 제어한다. GCS 화면 디자인은 그림 134와 같다.



그림 134 GCS 화면 디자인

○ 방역본부에서 드론 운영 관제용 LTE통신

Coverage가 세계최고 수준의 kt 상용무선망을 활용한 드론전용 통신 제어 인프라를 구축하여 실시간 드론 통합관제 플랫폼을 제공하여 현장 노트북 및 방역본부, 권한을부여 해 준 인터넷이 연결된 PC에서 드론접속이 가능하며 모니터링 및 명령부여가 가능하다. 또한 기존 통신장비들이 임무장비용 Port제공이 한정되어 산업용에 활용이 제한이나 LTE Module에 Serial port를 장착하여 시화호에서 비행중인 시제품 드론을 서울소재 참여기업 (주)시스템크 사무실 PC system에서 임무를 부여하고 모니터링을 구현하였다. LTE 모니터링 화면 디자인은 그림 135와 같다.



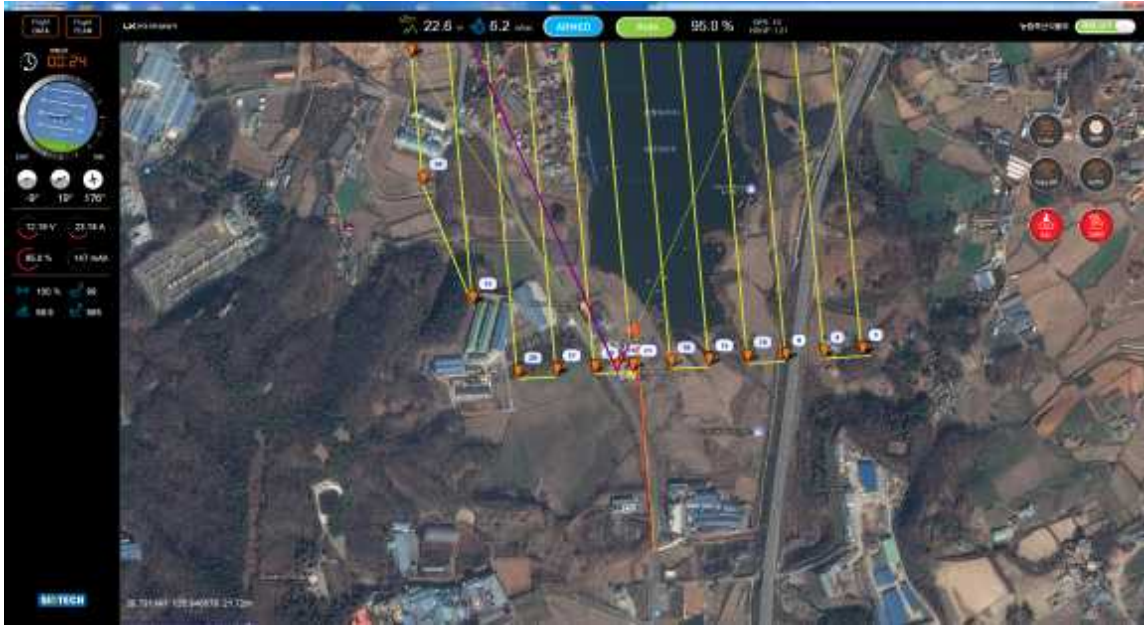
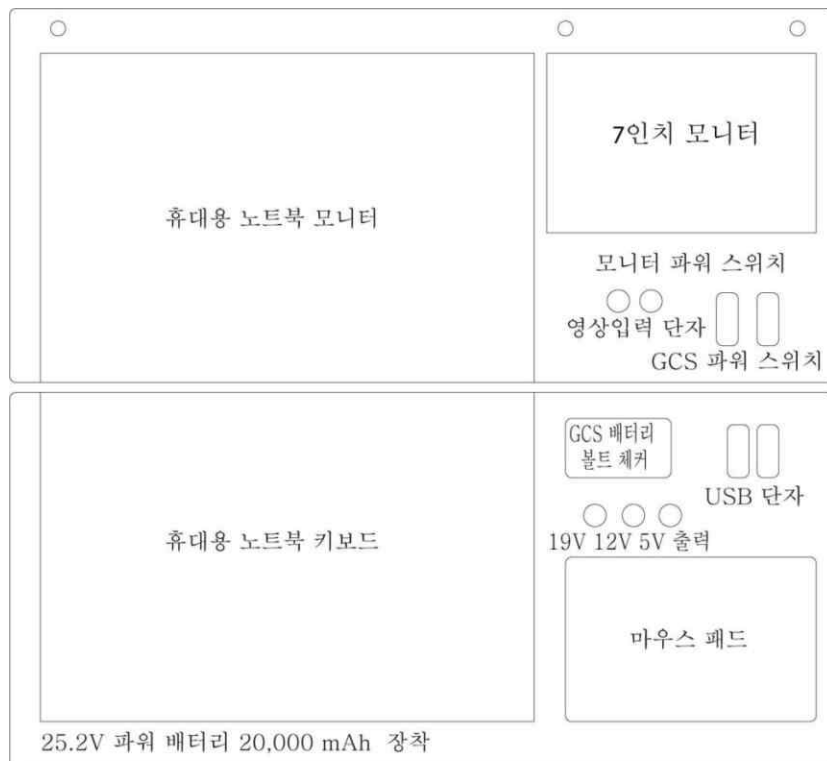


그림 135 LTE 모니터링 화면

○ Ground Control System 디자인

GCS System은 모니터링 화면용 7인치 모니터와 14인치 노트북을 장착하고 25.2V Li-ion 배터리를 장착하여 모니터와 노트북 등 장치의 전원을 공급하게 된다. 현장 작업자가 휴대하기 가볍고 편리한 알미늄 케이스로 디자인은 그림 136과 같다.



알미늄 케이스

그림 136 Ground Control System 디자인

○ 자체 Ground Control System 소프트웨어 제작

- 메인화면



그림 137 메인화면

Ground Control System 메인 화면이며 기체의 비행 상태 및 비행 제어 명령을 처리 하는 화면 이다.

화면은 크게 삼분할 되어 좌측은 기체 비행 상태를 중앙은 지도 및 기체 위치, 우측은 비행 제어 명령 버튼으로 구성되어 있으며 사용자 혼동을 방지 하고자 최대한 간단한 동작을 구현하도록 버튼을 배치 하였다.

- 미션정보 화면



그림 138 미션 정보 화면



미션 임무 등록 화면으로 사용자가 임무지역을 면적으로 지정하면 임무장비와 촬영 고도에 따라 자동으로 미션을 작성해주므로 사용자는 편리하게 자동으로 미션을 진행 할 수 있다.

- 비행화면

작성된 임무의 비행경로에 따라 실제 비행하는 화면으로 현장 운영자는 드론의 경로와 미션임무 경로를 주시하며 미션을 완수 하는 작업창이다. 화면 구성을 임무 경로 , 비행 상태 모니터링, 비상 버튼으로 간략히 구성하여 안전한 비행과 비상상황시 신속한 결심행동을 할 수 있도록 개발하였다



그림 139 비행 화면

- 소스 코드

다음 이미지는 구축된 Ground Control System의 소스코드이다

```

MissionPlanner - Microsoft Visual Studio
File Edit View Project Build Debug Team Tools Test Analyze Window Help
MissionPlanner - MissionPlanner
Microsoft.Common.targets
MissionPlanner.GCSViews.FlightData
gMapControl1_Paint(object sender, PaintEventArgs e)

5107
5108 private void ToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
5109 {
5110     temp12 tmp = new temp12();
5111     tmp.TopMost = true;
5112     tmp.Show();
5113 }
5114 }
5115 bool startone = true;
5116 private void gMapControl1_Paint(object sender, PaintEventArgs e)
5117 {
5118     if (MainV2.comPort.MAV.cs.lat != 0 && MainV2.comPort.MAV.cs.lng != 0 && startone == true)
5119     {
5120         gMapControl1.Position = new PointLatLng(MainV2.comPort.MAV.cs.lat, MainV2.comPort.MAV.cs.lng);
5121         Zoomlevel.Value = 18;
5122         TRK_zoom.Value = 18;
5123         startone = false;
5124     }
5125
5126     //유측 하단 Grid 정보
5127     try
5128     {
5129         lbl_flightTime6.Text = MissionPlanner.Grid.GridUI.Instance.lbl_flighttime.Text;
5130         lbl_gsd.Text = MissionPlanner.Grid.GridUI.Instance.lbl_gsdres.Text;
5131         lbl_totalArea.Text = (Math.Sqrt(double.Parse(MissionPlanner.Grid.GridUI.Instance.lbl_area.Text))).ToString();
5132         lbl_pictures.Text = MissionPlanner.Grid.GridUI.Instance.lbl_pictures.Text + "장";
5133         lbl_NoOfStrips.Text = MissionPlanner.Grid.GridUI.Instance.lbl_strips.Text + "줄";
5134         lbl_distance.Text = MissionPlanner.Grid.GridUI.Instance.lbl_spacing.Text;
5135         lbl_overlap.Text = MissionPlanner.Grid.GridUI.Instance.num_overlap.Value.ToString() + "%";
5136         lbl_sidelap.Text = MissionPlanner.Grid.GridUI.Instance.num_sidelap.Value.ToString() + "%";
5137
5138         lbl_photoIndex.Text = "Photo Index: " + GMapMarkerPhoto.cur_img_idx.ToString();
5139     }
5140     catch
5141     {
5142     }
5143
5144     if (lbl_flightTime6.Text == "00:00")
5145     {
5146         lbl_flightTime6.Visible = false;
5147         lbl_gsd.Visible = false;
5148         lbl_totalArea.Visible = false;
5149         lbl_pictures.Visible = false;
5150         lbl_NoOfStrips.Visible = false;
5151         lbl_distance.Visible = false;
5152         lbl_overlap.Visible = false;
5153         lbl_sidelap.Visible = false;
5154         pictureBox21.Visible = false;
5155     }
5156     else
5157     {
5158         lbl_flightTime6.Visible = true;
5159         lbl_gsd.Visible = true;
5160         lbl_totalArea.Visible = true;
5161         lbl_pictures.Visible = true;
5162         lbl_NoOfStrips.Visible = true;
5163         lbl_distance.Visible = true;
5164         lbl_overlap.Visible = true;
5165         lbl_sidelap.Visible = true;
5166         pictureBox21.Visible = true;
5167     }
5168 }
5169 private void toolStripComboBox_DropDown(object sender, EventArgs e)
5170 {
5171     toolStripComboBox.Items.Clear();
5172     toolStripComboBox.Items.Add("AUTO");
5173     toolStripComboBox.Items.AddRange(SerialPort.GetPortNames());
5174     toolStripComboBox.Items.Add("TCP");
5175     toolStripComboBox.Items.Add("UDP");
5176     toolStripComboBox.Items.Add("UDPC1");
5177 }
5178
5179
5180
5181
5182
5183
5184
5185
5186
5187
5188
5189
5190
5191
5192
5193
5194
5195
5196
5197
5198
5199
5200
5201
5202
5203
5204
5205
5206
5207
5208
5209
5210
5211
5212
5213
5214
5215
5216
5217
5218
5219
5220
5221
5222
5223
5224
5225
5226
5227
5228
5229
5230
5231
5232
5233
5234
5235
5236
5237
5238
5239
5240
5241
5242
5243
5244
5245
5246
5247
5248
5249
5250
5251
5252
5253
5254
5255
5256
5257
5258
5259
5260
5261
5262
5263
5264
5265
5266
5267
5268
5269
5270
5271
5272
5273
5274
5275
5276
5277
5278
5279
5280
5281
5282
5283
5284
5285
5286
5287
5288
5289
5290
5291
5292
5293
5294
5295
5296
5297
5298
5299
5300
5301
5302
5303
5304
5305
5306
5307
5308
5309
5310
5311
5312
5313
5314
5315
5316
5317
5318
5319
5320
5321
5322
5323
5324
5325
5326
5327
5328
5329
5330
5331
5332
5333
5334
5335
5336
5337
5338
5339
5340
5341
5342
5343
5344
5345
5346
5347
5348
5349
5350
5351
5352
5353
5354
5355
5356
5357
5358
5359
5360
5361
5362
5363
5364
5365
5366
5367
5368
5369
5370
5371
5372
5373
5374
5375
5376
5377
5378
5379
5380
5381
5382
5383
5384
5385
5386
5387
5388
5389
5390
5391
5392
5393
5394
5395
5396
5397
5398
5399
5400
5401
5402
5403
5404
5405
5406
5407
5408
5409
5410
5411
5412
5413
5414
5415
5416
5417
5418
5419
5420
5421
5422
5423
5424
5425
5426
5427
5428
5429
5430
5431
5432
5433
5434
5435
5436
5437
5438
5439
5440
5441
5442
5443
5444
5445
5446
5447
5448
5449
5450
5451
5452
5453
5454
5455
5456
5457
5458
5459
5460
5461
5462
5463
5464
5465
5466
5467
5468
5469
5470
5471
5472
5473
5474
5475
5476
5477
5478
5479
5480
5481
5482
5483
5484
5485
5486
5487
5488
5489
5490
5491
5492
5493
5494
5495
5496
5497
5498
5499
5500
5501
5502
5503
5504
5505
5506
5507
5508
5509
5510
5511
5512
5513
5514
5515
5516
5517
5518
5519
5520
5521
5522
5523
5524
5525
5526
5527
5528
5529
5530
5531
5532
5533
5534
5535
5536
5537
5538
5539
5540
5541
5542
5543
5544
5545
5546
5547
5548
5549
5550
5551
5552
5553
5554
5555
5556
5557
5558
5559
5560
5561
5562
5563
5564
5565
5566
5567
5568
5569
5570
5571
5572
5573
5574
5575
5576
5577
5578
5579
5580
5581
5582
5583
5584
5585
5586
5587
5588
5589
5590
5591
5592
5593
5594
5595
5596
5597
5598
5599
5600
5601
5602
5603
5604
5605
5606
5607
5608
5609
5610
5611
5612
5613
5614
5615
5616
5617
5618
5619
5620
5621
5622
5623
5624
5625
5626
5627
5628
5629
5630
5631
5632
5633
5634
5635
5636
5637
5638
5639
5640
5641
5642
5643
5644
5645
5646
5647
5648
5649
5650
5651
5652
5653
5654
5655
5656
5657
5658
5659
5660
5661
5662
5663
5664
5665
5666
5667
5668
5669
5670
5671
5672
5673
5674
5675
5676
5677
5678
5679
5680
5681
5682
5683
5684
5685
5686
5687
5688
5689
5690
5691
5692
5693
5694
5695
5696
5697
5698
5699
5700
5701
5702
5703
5704
5705
5706
5707
5708
5709
5710
5711
5712
5713
5714
5715
5716
5717
5718
5719
5720
5721
5722
5723
5724
5725
5726
5727
5728
5729
5730
5731
5732
5733
5734
5735
5736
5737
5738
5739
5740
5741
5742
5743
5744
5745
5746
5747
5748
5749
5750
5751
5752
5753
5754
5755
5756
5757
5758
5759
5760
5761
5762
5763
5764
5765
5766
5767
5768
5769
5770
5771
5772
5773
5774
5775
5776
5777
5778
5779
5780
5781
5782
5783
5784
5785
5786
5787
5788
5789
5790
5791
5792
5793
5794
5795
5796
5797
5798
5799
5800
5801
5802
5803
5804
5805
5806
5807
5808
5809
5810
5811
5812
5813
5814
5815
5816
5817
5818
5819
5820
5821
5822
5823
5824
5825
5826
5827
5828
5829
5830
5831
5832
5833
5834
5835
5836
5837
5838
5839
5840
5841
5842
5843
5844
5845
5846
5847
5848
5849
5850
5851
5852
5853
5854
5855
5856
5857
5858
5859
5860
5861
5862
5863
5864
5865
5866
5867
5868
5869
5870
5871
5872
5873
5874
5875
5876
5877
5878
5879
5880
5881
5882
5883
5884
5885
5886
5887
5888
5889
5890
5891
5892
5893
5894
5895
5896
5897
5898
5899
5900
5901
5902
5903
5904
5905
5906
5907
5908
5909
5910
5911
5912
5913
5914
5915
5916
5917
5918
5919
5920
5921
5922
5923
5924
5925
5926
5927
5928
5929
5930
5931
5932
5933
5934
5935
5936
5937
5938
5939
5940
5941
5942
5943
5944
5945
5946
5947
5948
5949
5950
5951
5952
5953
5954
5955
5956
5957
5958
5959
5960
5961
5962
5963
5964
5965
5966
5967
5968
5969
5970
5971
5972
5973
5974
5975
5976
5977
5978
5979
5980
5981
5982
5983
5984
5985
5986
5987
5988
5989
5990
5991
5992
5993
5994
5995
5996
5997
5998
5999
6000
6001
6002
6003
6004
6005
6006
6007
6008
6009
6010
6011
6012
6013
6014
6015
6016
6017
6018
6019
6020
6021
6022
6023
6024
6025
6026
6027
6028
6029
6030
6031
6032
6033
6034
6035
6036
6037
6038
6039
6040
6041
6042
6043
6044
6045
6046
6047
6048
6049
6050
6051
6052
6053
6054
6055
6056
6057
6058
6059
6060
6061
6062
6063
6064
6065
6066
6067
6068
6069
6070
6071
6072
6073
6074
6075
6076
6077
6078
6079
6080
6081
6082
6083
6084
6085
6086
6087
6088
6089
6090
6091
6092
6093
6094
6095
6096
6097
6098
6099
6100
6101
6102
6103
6104
6105
6106
6107
6108
6109
6110
6111
6112
6113
6114
6115
6116
6117
6118
6119
6120
6121
6122
6123
6124
6125
6126
6127
6128
6129
6130
6131
6132
6133
6134
6135
6136
6137
6138
6139
6140
6141
6142
6143
6144
6145
6146
6147
6148
6149
6150
6151
6152
6153
6154
6155
6156
6157
6158
6159
6160
6161
6162
6163
6164
6165
6166
6167
6168
6169
6170
6171
6172
6173
6174
6175
6176
6177
6178
6179
6180
6181
6182
6183
6184
6185
6186
6187
6188
6189
6190
6191
6192
6193
6194
6195
6196
6197
6198
6199
6200
6201
6202
6203
6204
6205
6206
6207
6208
6209
6210
6211
6212
6213
6214
6215
6216
6217
6218
6219
6220
6221
6222
6223
6224
6225
6226
6227
6228
6229
6230
6231
6232
6233
6234
6235
6236
6237
6238
6239
6240
6241
6242
6243
6244
6245
6246
6247
6248
6249
6250
6251
6252
6253
6254
6255
6256
6257
6258
6259
6260
6261
6262
6263
6264
6265
6266
6267
6268
6269
6270
6271
6272
6273
6274
6275
6276
6277
6278
6279
6280
6281
6282
6283
6284
6285
6286
6287
6288
6289
6290
6291
6292
6293
6294
6295
6296
6297
6298
6299
6300
6301
6302
6303
6304
6305
6306
6307
6308
6309
6310
6311
6312
6313
6314
6315
6316
6317
6318
6319
6320
6321
6322
6323
6324
6325
6326
6327
6328
6329
6330
6331
6332
6333
6334
6335
6336
6337
6338
6339
6340
6341
6342
6343
6344
6345
6346
6347
6348
6349
6350
6351
6352
6353
6354
6355
6356
6357
6358
6359
6360
6361
6362
6363
6364
6365
6366
6367
6368
6369
6370
6371
6372
6373
6374
6375
6376
6377
6378
6379
6380
6381
6382
6383
6384
6385
6386
6387
6388
6389
6390
6391
6392
6393
6394
6395
6396
6397
6398
6399
6400
6401
6402
6403
6404
6405
6406
6407
6408
6409
6410
6411
6412
6413
6414
6415
6416
6417
6418
6419
6420
6421
6422
6423
6424
6425
6426
6427
6428
6429
6430
6431
6432
6433
6434
6435
6436
6437
6438
6439
6440
6441
6442
6443
6444
6445
6446
6447
6448
6449
6450
6451
6452
6453
6454
6455
6456
6457
6458
6459
6460
6461
6462
6463
6464
6465
6466
6467
6468
6469
6470
6471
6472
6473
6474
6475
6476
6477
6478
6479
6480
6481
6482
6483
6484
6485
6486
6487
6488
6489
6490
6491
6492
6493
6494
6495
6496
6497
6498
6499
6500
6501
6502
6503
6504
6505
6506
6507
6508
6509
6510
6511
6512
6513
6514
6515
6516
6517
6518
6519
6520
6521
6522
6523
6524
6525
6526
6527
6528
6529
6530
6531
6532
6533
6534
6535
6536
6537
6538
6539
6540
6541
6542
6543
6544
6545
6546
6547
6548
6549
6550
6551
6552
6553
6554
6555
6556
6557
6558
6559
6560
6561
6562
6563
6564
6565
6566
6567
6568
6569
6570
6571
6572
6573
6574
6575
6576
6577
6578
6579
6580
6581
6582
6583
6584
6585
6586
6587
6588
6589
6590
6591
6592
6593
6594
6595
6596
6597
6598
6599
6600
6601
6602
6603
6604
6605
6606
6607
6608
6609
6610
6611
6612
6613
6614
6615
6616
6617
6618
6619
6620
6621
6622
6623
6624
6625
6626
6627
6628
6629
6630
6631
6632
6633
6634
6635
6636
6637
6638
6639
6640
6641
6642
6643
6644
6645
6646
6647
6648
6649
6650
6651
6652
6653
6654
6655
6656
6657
6658
6659
6660
6661
6662
6663
6664
6665
6666
6667
6668
6669
6670
6671
6672
6673
6674
6675
6676
6677
6678
6679
6680
6681
6682
6683
6684
6685
6686
6687
6688
6689
6690
6691
6692
6693
6694
6695
6696
6697
6698
6699
6700
6701
6702
6703
6704
6705
6706
6707
6708
6709
6710
6711
6712
6713
6714
6715
6716
6717
6718
6719
6720
6721
6722
6723
6724
6725
6726
6727
6728
6729
6730
6731
6732
6733
6734
6735
6736
6737
6738
6739
6740
6741
6742
6743
6744
6745
6746
6747
6748
6749
6750
6751
6752
6753
6754
6755
6756
6757
6758
6759
6760
6761
6762
6763
6764
6765
6766
6767
6768
6769
6770
6771
6772
6773
6774
6775
6776
6777
6778
6779
6780
6781
6782
6783
6784
6785
6786
6787
6788
6789
6790
6791
6792
6793
6794
6795
6796
6797
6798
6799
6800
6801
6802
6803
6804
6805
6806
6807
6808
6809
6810
6811
6812
6813
6814
6815
6816
6817
6818
6819
6820
6821
6822
6823
6824
6825
6826
6827
6828
6829
6830
6831
6832
6833
6834
6835
6836
6837
6838
6839
6840
6841
6842
6843
6844
6845
6846
6847
6848
6849
6850
6851
6852
6853
6854
6855
6856
6857
6858
6859
6860
6861
6862
6863
6864
6865
6866
6867
6868
6869
6870
6871
6872
6873
6874
6875
6876
6877
6878
6879
6880
6881
6882
6883
6884
6885
6886
6887
6888
6889
6890
6891
6892
6893
6894
6895
6896
6897
6898
6899
6900
6901
6902
6903
6904
6905
6906
6907
6908
6909
6910
6911
6912
6913
6914
6915
6916
6917
6918
6919
6920
6921
6922
6923
6924
6925
6926
6927
6928
6929
6930
6931
6932
6933
6934
6935
6936
6937
6938
6939
6940
6941
6942
6943
6944
6945
6946
6947
6948
6949
6950
6951
6952
6953
6954
6955
6956
6957
6958
6959
6960
6961
6962
6963
6964
6965
6966
6967
6968
6969
6970
6971
6972
6973
6974
6975
6976
6977
6978
6979
6980
6981
6982
6983
6984
6985
6986
6987
6988
6989
6990
6991
6992
6993
6994
6995
6996
6997
6998
6999
7000
7001
7002
7003
7004
7005
7006
7007
7008
7009
7010
7011
7012
7013
7014
7015
7016
7017
7018
7019
7020
7021
7022
7023
7024
7025
7026
7027
7028
7029
7030
7031
7032
7033
7034
7035
7036
7037
7038
7039
7040
7041
7042
7043
7044
7045
7046
7047
7048
7049
7050
7051
7052
7053
7054
7055
7056
7057
7058
7059
7060
7061
7062
7063
7064
7065
7066
7067
7068
7069
7070
7071
7072
7073
7074
7075
7076
7077
7078
7079
7080
7081
7082
7083
7084
7085
7086
7087
7088
7089
7090
7091
7092
7093
7094
7095
7096
7097
7098
7099
7100
7101
7102
7103
7104
7105
7106
7107
7108
7109
7110
7111
7112
7113
7114
7115
7116
7117
7118
7119
7120
7121
7122
7123
7124
7125
7126
7127
7128
7129
7130
7131
7132
7133
7134
7135
7136
7137
7138
7139
7140
7141
7142
7143
7144
7145
7146
7147
7148
7149
7150
7151
7152
7153
7154
7155
7156
7157
7158
7159
7160
7161
7162
7163
7164
7165
7166
7167
7168
7169
7170
7171
7172
7173
7174
7175
7176
7177
7178
7179
7180
7181
7182
7183
7184
7185
7186
7187
7188
7189
7190
7191
7192
7193
7194
7195
7196
7197
7198
7199
7200
7201
7202
7203
7204
7205
7206
7207
7208
7209
7210
7211
7212
7213
7214
7215
7216
7217
7218
7219
7220
7221
7222
7223
7224
7225
7226
7227
7228
7229
7230
7231
7232
7233
7234
7235
7236
7237
7238
7239
7240
7241
7242
7243
7244
7245
7246
7247
7248
7249
7250
7251
7252
7253
7254
7255
7256
7257
7258
7259
7260
7261
7262
7263
7264
7265
7266
7267
7268
7269
7270
7271
7272
7273
7274
7275
7276
7277
7278
7279
7280
7281
7282
7283
7284
7285
7286
7287
7288
7289
7290
7291
7292
7293
7294
7295
7296
7297
7298
7299
7300
7301
7302
7303
7304
7305
7306
7307
7308
7309
7310
7311
7312
7313
7314
7315
7316
7317
7318
7319
7320
7321
7322
7323
7324
7325
7326
7327
7328
7329
7330
7331
7332
7333
7334
7335
7336
7337
7338
7339
7340
7341
7342
7343
7344
7345
7346
7347
7348
7349
7350
7351
7352
7353
7354
7355
7356
7357
7358
7359
7360
7361
7362
7363
7364
7365
7366
7367
7368
7369
7370
7371
7372
7373
7374
7375
7376
7377
7378
7379
7380
7381
7382
7383
7384
7385
7386
7387
7388
7389
7390
7391
7392
7393
7394
7395
7396
7397
7398
7399
7400
7401
7402
7403
7404
7405
7406
7407
7408
7409
7410
7411
7412
7413
7414
7415
7416
7417
7418
7419
7420
7421
7422
7423
7424
7425
7426
7427
7428
7429
7430
7431
7432
7433
7434
7435
7436
7437
7438
7439
7440
7441
7442
7
```

```

MissionPlanner - Microsoft Visual Studio
File Edit View Project Build Debug Team Tools Test Analyze Window Help
Release Any CPU MissionPlanner
FlightData.cs GraphPane.cs Microsoft.Common.entVersion.targets
MissionPlanner - MissionPlanner.GCSViews.FlightData - goHereToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
2213
2214 if (MouseDownStart.Lat == 0 || MouseDownStart.Lng == 0)
2215 {
2216     CustomMessageBox.Show(Strings.BadCoords, Strings.ERROR);
2217     return;
2218 }
2219
2220 Locationwp gotohere = new Locationwp();
2221
2222 gotohere.id = (ushort) MVVLink.MVV_CMD.MAYPOINT;
2223 gotohere.alt = MainV2.comPort.MAV.GuidedMode.z; // back to #
2224 gotohere.lat = (MouseDownStart.Lat);
2225 gotohere.lng = (MouseDownStart.Lng);
2226
2227 try
2228 {
2229     MainV2.comPort.setGuidedModeWP(gotohere);
2230 }
2231 catch (Exception ex)
2232 {
2233     MainV2.comPort.giveComPort = false;
2234     CustomMessageBox.Show(Strings.CommandFailed + ex.Message, Strings.ERROR);
2235 }
2236
2237
2238 private void Zoomlevel_ValueChanged(object sender, EventArgs e)
2239 {
2240     try
2241     {
2242         if (gMapControl1.MaxZoom + 1 == (double) Zoomlevel.Value)
2243         {
2244             gMapControl1.Zoom = (double) Zoomlevel.Value - .1;
2245         }
2246         else
2247         {
2248             gMapControl1.Zoom = (double) Zoomlevel.Value;
2249         }
2250     }
2251     catch
2252     {
2253     }
2254 }
2255
2256 PointLatLngAlt mouseposdisplay = new PointLatLngAlt(0, 0);
2257
2258 public void SetHouseDisplay(double lat, double lng, int alt)
2259 {
2260     mouseposdisplay.Lat = lat;
2261     mouseposdisplay.Lng = lng;
2262     mouseposdisplay.Alt = alt;
2263
2264     var altdata = srtm.getAltitude(mouseposdisplay.Lat, mouseposdisplay.Lng, gMapControl1.Zoom);
2265
2266     //마우스
2267     lbl_MouseGpsLat.Text = mouseposdisplay.Lat.ToString("F6") + " " + mouseposdisplay.Lng.ToString("F6") + " " + alt;
2268     lbl_MouseGpsLng.Text = "Lng: " + mouseposdisplay.Lng.ToString("F5");
2269     lbl_MouseGpsAlt.Text = "Alt: " + altdata.alt.ToString("F2") + "m";
2270 }
2271
2272
2273 private void gMapControl1_MouseMove(object sender, MouseEventArgs e)
2274 {
2275     PointLatLng mousePoint = gMapControl1.FromLocalToLatLng(e.X, e.Y);
2276     SetHouseDisplay(mousePoint.Lat, mousePoint.Lng, 0);
2277
2278
2279     if (e.Button == MouseButtons.Left)
2280     {
2281         PointLatLng point = gMapControl1.FromLocalToLatLng(e.X, e.Y);
2282
2283         double latdif = MouseDownStart.Lat - point.Lat;
2284         double lngdif = MouseDownStart.Lng - point.Lng;
2285
2286         gMapControl1.Position = new PointLatLng(center.Position.Lat + latdif,
2287             center.Position.Lng + lngdif);
2288     }
2289     else
2290     {
2291         // setup a balloon with home distance
2292         // (marker in mill)
2293     }
2294 }
2295
2296
2297
2298
2299
2300
2301
2302
2303
2304
2305
2306
2307
2308
2309
2310
2311
2312
2313
2314
2315
2316
2317
2318
2319
2320
2321
2322
2323
2324
2325
2326
2327
2328
2329
2330
2331
2332
2333
2334
2335
2336
2337
2338
2339
2340
2341
2342
2343
2344
2345
2346
2347
2348
2349
2350
2351
2352
2353
2354
2355
2356
2357
2358
2359
2360
2361
2362
2363
2364
2365
2366
2367
2368
2369
2370
2371
2372
2373
2374
2375
2376
2377
2378
2379
2380
2381
2382
2383
2384
2385
2386
2387
2388
2389
2390
2391
2392
2393
2394
2395
2396
2397
2398
2399
2400
2401
2402
2403
2404
2405
2406
2407
2408
2409
2410
2411
2412
2413
2414
2415
2416
2417
2418
2419
2420
2421
2422
2423
2424
2425
2426
2427
2428
2429
2430
2431
2432
2433
2434
2435
2436
2437
2438
2439
2440
2441
2442
2443
2444
2445
2446
2447
2448
2449
2450
2451
2452
2453
2454
2455
2456
2457
2458
2459
2460
2461
2462
2463
2464
2465
2466
2467
2468
2469
2470
2471
2472
2473
2474
2475
2476
2477
2478
2479
2480
2481
2482
2483
2484
2485
2486
2487
2488
2489
2490
2491
2492
2493
2494
2495
2496
2497
2498
2499
2500
2501
2502
2503
2504
2505
2506
2507
2508
2509
2510
2511
2512
2513
2514
2515
2516
2517
2518
2519
2520
2521
2522
2523
2524
2525
2526
2527
2528
2529
2530
2531
2532
2533
2534
2535
2536
2537
2538
2539
2540
2541
2542
2543
2544
2545
2546
2547
2548
2549
2550
2551
2552
2553
2554
2555
2556
2557
2558
2559
2560
2561
2562
2563
2564
2565
2566
2567
2568
2569
2570
2571
2572
2573
2574
2575
2576
2577
2578
2579
2580
2581
2582
2583
2584
2585
2586
2587
2588
2589
2590
2591
2592
2593
2594
2595
2596
2597
2598
2599
2600
2601
2602
2603
2604
2605
2606
2607
2608
2609
2610
2611
2612
2613
2614
2615
2616
2617
2618
2619
2620
2621
2622
2623
2624
2625
2626
2627
2628
2629
2630
2631
2632
2633
2634
2635
2636
2637
2638
2639
2640
2641
2642
2643
2644
2645
2646
2647
2648
2649
2650
2651
2652
2653
2654
2655
2656
2657
2658
2659
2660
2661
2662
2663
2664
2665
2666
2667
2668
2669
2670
2671
2672
2673
2674
2675
2676
2677
2678
2679
2680
2681
2682
2683
2684
2685
2686
2687
2688
2689
2690
2691
2692
2693
2694
2695
2696
2697
2698
2699
2700
2701
2702
2703
2704
2705
2706
2707
2708
2709
2710
2711
2712
2713
2714
2715
2716
2717
2718
2719
2720
2721
2722
2723
2724
2725
2726
2727
2728
2729
2730
2731
2732
2733
2734
2735
2736
2737
2738
2739
2740
2741
2742
2743
2744
2745
2746
2747
2748
2749
2750
2751
2752
2753
2754
2755
2756
2757
2758
2759
2760
2761
2762
2763
2764
2765
2766
2767
2768
2769
2770
2771
2772
2773
2774
2775
2776
2777
2778
2779
2780
2781
2782
2783
2784
2785
2786
2787
2788
2789
2790
2791
2792
2793
2794
2795
2796
2797
2798
2799
2800
2801
2802
2803
2804
2805
2806
2807
2808
2809
2810
2811
2812
2813
2814
2815
2816
2817
2818
2819
2820
2821
2822
2823
2824
2825
2826
2827
2828
2829
2830
2831
2832
2833
2834
2835
2836
2837
2838
2839
2840
2841
2842
2843
2844
2845
2846
2847
2848
2849
2850
2851
2852
2853
2854
2855
2856
2857
2858
2859
2860
2861
2862
2863
2864
2865
2866
2867
2868
2869
2870
2871
2872
2873
2874
2875
2876
2877
2878
2879
2880
2881
2882
2883
2884
2885
2886
2887
2888
2889
2890
2891
2892
2893
2894
2895
2896
2897
2898
2899
2900
2901
2902
2903
2904
2905
2906
2907
2908
2909
2910
2911
2912
2913
2914
2915
2916
2917
2918
2919
2920
2921
2922
2923
2924
2925
2926
2927
2928
2929
2930
2931
2932
2933
2934
2935
2936
2937
2938
2939
2940
2941
2942
2943
2944
2945
2946
2947
2948
2949
2950
2951
2952
2953
2954
2955
2956
2957
2958
2959
2960
2961
2962
2963
2964
2965
2966
2967
2968
2969
2970
2971
2972
2973
2974
2975
2976
2977
2978
2979
2980
2981
2982
2983
2984
2985
2986
2987
2988
2989
2990
2991
2992
2993
2994
2995
2996
2997
2998
2999
3000
3001
3002
3003
3004
3005
3006
3007
3008
3009
3010
3011
3012
3013
3014
3015
3016
3017
3018
3019
3020
3021
3022
3023
3024
3025
3026
3027
3028
3029
3030
3031
3032
3033
3034
3035
3036
3037
3038
3039
3040
3041
3042
3043
3044
3045
3046
3047
3048
3049
3050
3051
3052
3053
3054
3055
3056
3057
3058
3059
3060
3061
3062
3063
3064
3065
3066
3067
3068
3069
3070
3071
3072
3073
3074
3075
3076
3077
3078
3079
3080
3081
3082
3083
3084
3085
3086
3087
3088
3089
3090
3091
3092
3093
3094
3095
3096
3097
3098
3099
3100
3101
3102
3103
3104
3105
3106
3107
3108
3109
3110
3111
3112
3113
3114
3115
3116
3117
3118
3119
3120
3121
3122
3123
3124
3125
3126
3127
3128
3129
3130
3131
3132
3133
3134
3135
3136
3137
3138
3139
3140
3141
3142
3143
3144
3145
3146
3147
3148
3149
3150
3151
3152
3153
3154
3155
3156
3157
3158
3159
3160
3161
3162
3163
3164
3165
3166
3167
3168
3169
3170
3171
3172
3173
3174
3175
3176
3177
3178
3179
3180
3181
3182
3183
3184
3185
3186
3187
3188
3189
3190
3191
3192
3193
3194
3195
3196
3197
3198
3199
3200
3201
3202
3203
3204
3205
3206
3207
3208
3209
3210
3211
3212
3213
3214
3215
3216
3217
3218
3219
3220
3221
3222
3223
3224
3225
3226
3227
3228
3229
3230
3231
3232
3233
3234
3235
3236
3237
3238
3239
3240
3241
3242
3243
3244
3245
3246
3247
3248
3249
3250
3251
3252
3253
3254
3255
3256
3257
3258
3259
3260
3261
3262
3263
3264
3265
3266
3267
3268
3269
3270
3271
3272
3273
3274
3275
3276
3277
3278
3279
3280
3281
3282
3283
3284
3285
3286
3287
3288
3289
3290
3291
3292
3293
3294
3295
3296
3297
3298
3299
3300
3301
3302
3303
3304
3305
3306
3307
3308
3309
3310
3311
3312
3313
3314
3315
3316
3317
3318
3319
3320
3321
3322
3323
3324
3325
3326
3327
3328
3329
3330
3331
3332
3333
3334
3335
3336
3337
3338
3339
3340
3341
3342
3343
3344
3345
3346
3347
3348
3349
3350
3351
3352
3353
3354
3355
3356
3357
3358
3359
3360
3361
3362
3363
3364
3365
3366
3367
3368
3369
3370
3371
3372
3373
3374
3375
3376
3377
3378
3379
3380
3381
3382
3383
3384
3385
3386
3387
3388
3389
3390
3391
3392
3393
3394
3395
3396
3397
3398
3399
3400
3401
3402
3403
3404
3405
3406
3407
3408
3409
3410
3411
3412
3413
3414
3415
3416
3417
3418
3419
3420
3421
3422
3423
3424
3425
3426
3427
3428
3429
3430
3431
3432
3433
3434
3435
3436
3437
3438
3439
3440
3441
3442
3443
3444
3445
3446
3447
3448
3449
3450
3451
3452
3453
3454
3455
3456
3457
3458
3459
3460
3461
3462
3463
3464
3465
3466
3467
3468
3469
3470
3471
3472
3473
3474
3475
3476
3477
3478
3479
3480
3481
3482
3483
3484
3485
3486
3487
3488
3489
3490
3491
3492
3493
3494
3495
3496
3497
3498
3499
3500
3501
3502
3503
3504
3505
3506
3507
3508
3509
3510
3511
3512
3513
3514
3515
3516
3517
3518
3519
3520
3521
3522
3523
3524
3525
3526
3527
3528
3529
3530
3531
3532
3533
3534
3535
3536
3537
3538
3539
3540
3541
3542
3543
3544
3545
3546
3547
3548
3549
3550
3551
3552
3553
3554
3555
3556
3557
3558
3559
3560
3561
3562
3563
3564
3565
3566
3567
3568
3569
3570
3571
3572
3573
3574
3575
3576
3577
3578
3579
3580
3581
3582
3583
3584
3585
3586
3587
3588
3589
3590
3591
3592
3593
3594
3595
3596
3597
3598
3599
3600
3601
3602
3603
3604
3605
3606
3607
3608
3609
3610
3611
3612
3613
3614
3615
3616
3617
3618
3619
3620
3621
3622
3623
3624
3625
3626
3627
3628
3629
3630
3631
3632
3633
3634
3635
3636
3637
3638
3639
3640
3641
3642
3643
3644
3645
3646
3647
3648
3649
3650
3651
3652
3653
3654
3655
3656
3657
3658
3659
3660
3661
3662
3663
3664
3665
3666
3667
3668
3669
3670
3671
3672
3673
3674
3675
3676
3677
3678
3679
3680
3681
3682
3683
3684
3685
3686
3687
3688
3689
3690
3691
3692
3693
3694
3695
3696
3697
3698
3699
3700
3701
3702
3703
3704
3705
3706
3707
3708
3709
3710
3711
3712
3713
3714
3715
3716
3717
3718
3719
3720
3721
3722
3723
3724
3725
3726
3727
3728
3729
3730
3731
3732
3733
3734
3735
3736
3737
3738
3739
3740
3741
3742
3743
3744
3745
3746
3747
3748
3749
3750
3751
3752
3753
3754
3755
3756
3757
3758
3759
3760
3761
3762
3763
3764
3765
3766
3767
3768
3769
3770
3771
3772
3773
3774
3775
3776
3777
3778
3779
3780
3781
3782
3783
3784
3785
3786
3787
3788
3789
3790
3791
3792
3793
3794
3795
3796
3797
3798
3799
3800
3801
3802
3803
3804
3805
3806
3807
3808
3809
3810
3811
3812
3813
3814
3815
3816
3817
3818
3819
3820
3821
3822
3823
3824
3825
3826
3827
3828
3829
3830
3831
3832
3833
3834
3835
3836
3837
3838
3839
3840
3841
3842
3843
3844
3845
3846
3847
3848
3849
3850
3851
3852
3853
3854
3855
3856
3857
3858
3859
3860
3861
3862
3863
3864
3865
3866
3867
3868
3869
3870
3871
3872
3873
3874
3875
3876
3877
3878
3879
3880
3881
3882
3883
3884
3885
3886
3887
3888
3889
3890
3891
3892
3893
3894
3895
3896
3897
3898
3899
3900
3901
3902
3903
3904
3905
3906
3907
3908
3909
3910
3911
3912
3913
3914
3915
3916
3917
3918
3919
3920
3921
3922
3923
3924
3925
3926
3927
3928
3929
3930
3931
3932
3933
3934
3935
3936
3937
3938
3939
3940
3941
3942
3943
3944
3945
3946
3947
3948
3949
3950
3951
3952
3953
3954
3955
3956
3957
3958
3959
3960
3961
3962
3963
3964
3965
3966
3967
3968
3969
3970
3971
3972
3973
3974
3975
3976
3977
3978
3979
3980
3981
3982
3983
3984
3985
3986
3987
3988
3989
3990
3991
3992
3993
3994
3995
3996
3997
3998
3999
4000
4001
4002
4003
4004
4005
4006
4007
4008
4009
4010
4011
4012
4013
4014
4015
4016
4017
4018
4019
4020
4021
4022
4023
4024
4025
4026
4027
4028
4029
4030
4031
4032
4033
4034
4035
4036
4037
4038
4039
4040
4041
4042
4043
4044
4045
4046
4047
4048
4049
4050
4051
4052
4053
4054
4055
4056
4057
4058
4059
4060
4061
4062
4063
4064
4065
4066
4067
4068
4069
4070
4071
4072
4073
4074
4075
4076
4077
4078
4079
4080
4081
4082
4083
4084
4085
4086
4087
4088
4089
4090
4091
4092
4093
4094
4095
4096
4097
4098
4099
4100
4101
4102
4103
4104
4105
4106
4107
4108
4109
4110
4111
4112
4113
4114
4115
4116
4117
4118
4119
4120
4121
4122
4123
4124
4125
4126
4127
4128
4129
4130
4131
4132
4133
4134
4135
4136
4137
4138
4139
4140
4141
4142
4143
4144
4145
4146
4147
4148
4149
4150
4151
4152
4153
4154
4155
4156
4157
4158
4159
4160
4161
4162
4163
4164
4165
4166
4167
4168
4169
4170
4171
4172
4173
4174
4175
4176
4177
4178
4179
4180
4181
4182
4183
4184
4185
4186
4187
4188
4189
4190
4191
4192
4193
4194
4195
4196
4197
4198
4199
4200
4201
4202
4203
4204
4205
4206
4207
4208
4209
4210
4211
4212
4213
4214
4215
4216
4217
4218
4219
4220
4221
4222
4223
4224
4225
4226
4227
4228
4229
4230
4231
4232
4233
4234
4235
4236
4237
4238
4239
4240
4241
4242
4243
4244
4245
4246
4247
4248
4249
4250
4251
4252
4253
4254
4255
4256
4257
4258
4259
4260
4261
4262
4263
4264
4265
4266
4267
4268
4269
4270
4271
4272
4273
4274
4275
4276
4277
4278
4279
4280
4281
4282
4283
4284
4285
4286
4287
4288
4289
4290
4291
4292
4293
4294
4295
4296
4297
4298
4299
4300
4301
4302
4303
4304
4305
4306
4307
4308
4309
4310
4311
4312
4313
4314
4315
4316
4317
4318
4319
4320
4321
4322
4323
4324
4325
4326
4327
4328
4329
4330
4331
4332
4333
4334
4335
4336
4337
4338
4339
4340
4341
4342
4343
4344
4345
4346
4347
4348
4349
4350
4351
4352
4353
4354
4355
4356
4357
4358
4359
4360
4361
4362
4363
4364
4365
4366
4367
4368
4369
4370
4371
4372
4373
4374
4375
4376
4377
4378
4379
4380
4381
4382
4383
4384
4385
4386
4387
4388
4389
4390
4391
4392
4393
4394
4395
4396
4397
4398
4399
4400
4401
4402
4403
4404
4405
4406
4407
4408
4409
4410
4411
4412
4413
4414
4415
4416
4417
4418
4419
4420
4421
4422
4423
4424
4425
4426
4427
4428
4429
4430
4431
4432
4433
4434
4435
4436
4437
4438
4439
4440
4441
4442
4443
4444
4445
4446
4447
4448
4449
4450
4451
4452
4453
4454
4455
4456
4457
4458
4459
4460
4461
4462
4463
4464
4465
4466
4467
4468
4469
4470
4471
4472
4473
4474
4475
4476
4477
4478
4479
4480
4481
4482
4483
4484
4485
4486
4487
4488
4489
4490
4491
4492
4493
4494
4495
4496
4497
4498
4499
4500
4501
4502
4503
4504
4505
4506
4507
4508
4509
4510
4511
4512
4513
4514
4515
4516
4517
4518
4519
4520
4521
4522
4523
4524
4525
4526
4527
4528
4529
4530
4531
4532
4533
4534
4535
4536
4537
4538
4539
4540
4541
4542
4543
4544
4545
4546
4547
4548
4549
4550
4551
455
```



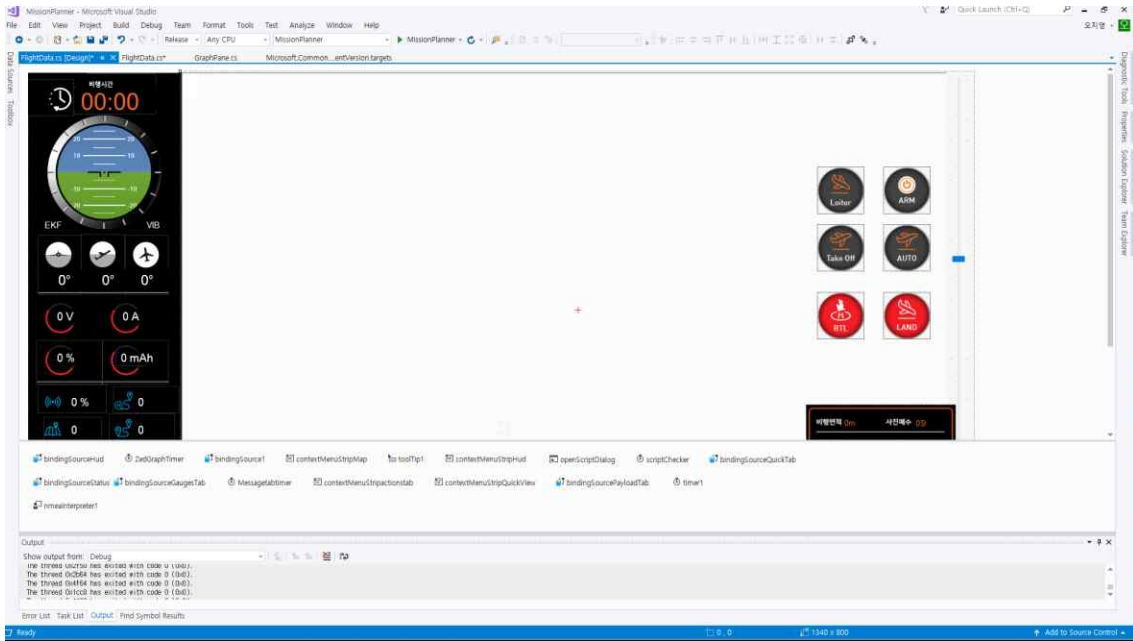


그림 142 폼디자인 메인화면

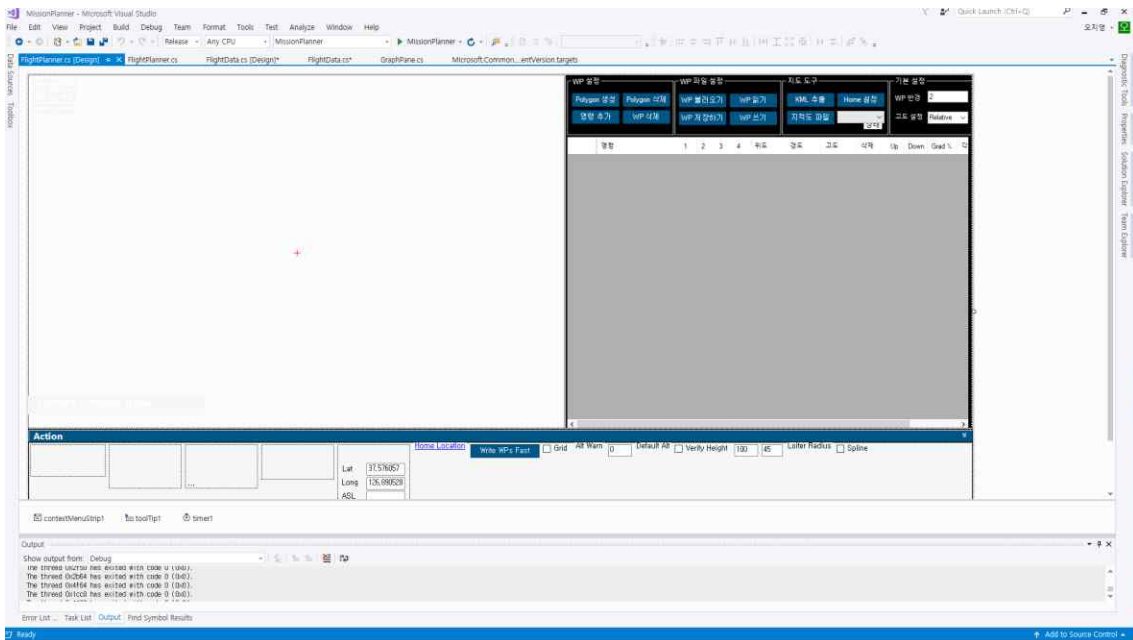


그림 143 폼디자인 비행계획 설정

### 3. 지상 고도유지 비행 system 구축

#### 가. 필요성 및 목적

드론예찰지역에 대한 근접 비행시 그라운드 콘트롤 소프트웨어에 모니터링은 Google 기반의 지형정보가 표시되나 이는 지형정보로서 고도정보의 정밀, 정확도가 떨어지며 또한 일반 GPS 방식을 사용할 경우 정확한 위치유도를 하기가 어렵다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 정확한 위치 유도를 위한 RTK GPS 센서와 고도유지용 정밀 거리센서 탑재가 필요하다고 판단되어 거리센서들의 성능을 시험하였다.

#### 나. 연구 방법

일반 GPS, RTK GPS 와 SF02/F, LIDAR-Lite 3 Laser 총 4종류의 고도유지 비행을 실시하여 실제 유지되는 고도를 측정함. 비행은 경기도 고양시 한류월드 내 공원 일대에서 수행하였다.



그림 144 테스트 비행궤도

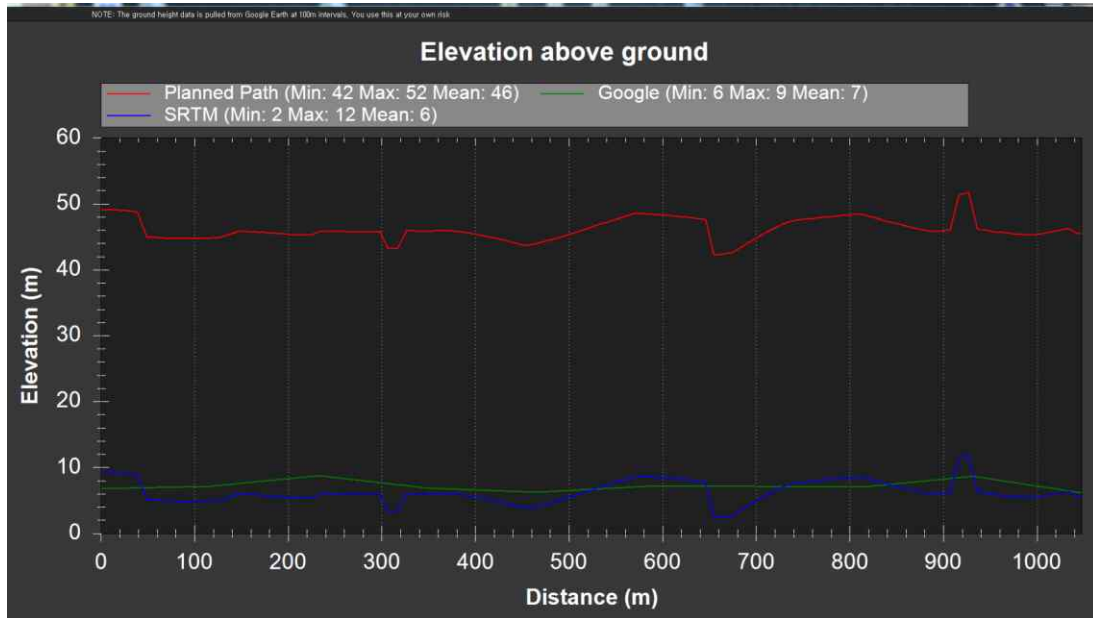
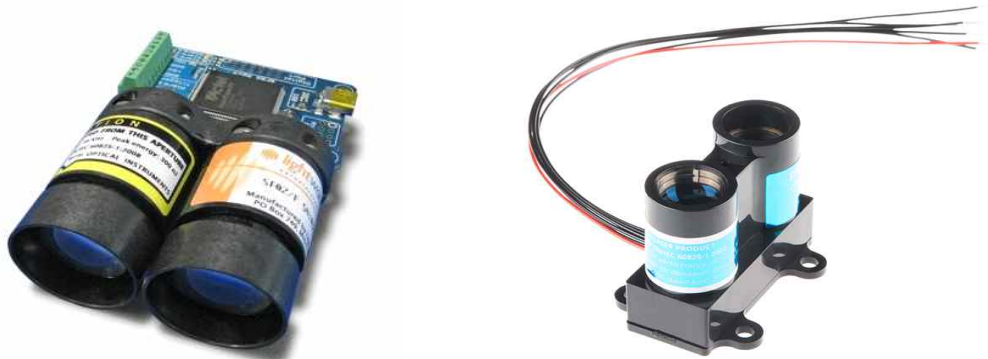


그림 145 Google 지도에 따른 비행 고도

연구에 이용된 Lidar 센서는 그림 146과 같으며 이들의 주요 사양은 표 61과 같다.



SF02/F

LIDAR-Lite 3 Laser

그림 146 실험에 사용된 Lidar sensor

표 61 Lidar sensor의 주요 사양

| 구분          | SF02/F  | LIDAR-Lite 3 Laser |
|-------------|---------|--------------------|
| Range       | 50m     | 40m                |
| resolution  | 1cm     | 1cm                |
| Update rate | 32 /sec | 48/sec             |
| accuracy    | ±10cm   | ±5cm               |
| weight      | 69g     | 16g                |
| Laser power | 10w     | 2w                 |

다. 연구결과

일반 GPS, RTK GPS와 SF02/F, LIDAR-Lite 3 Laser를 탑재하고 40m 고도 비행을 실시하여 유지된 Absolute Height는 다음 그림 147과 같다. GPS 센서에 의한 비행은 Google 지도 기반으로 고도를 유지하고 있으나 Lidar 센서에 의한 고도유지는 나무나 인공설치물의 높이에 따라 고도를 유지하게 돼 실제 지형 및 인공설치물의 높이까지 고려한 고도유지를 정확하게 유지하는 것을 확인하였다.

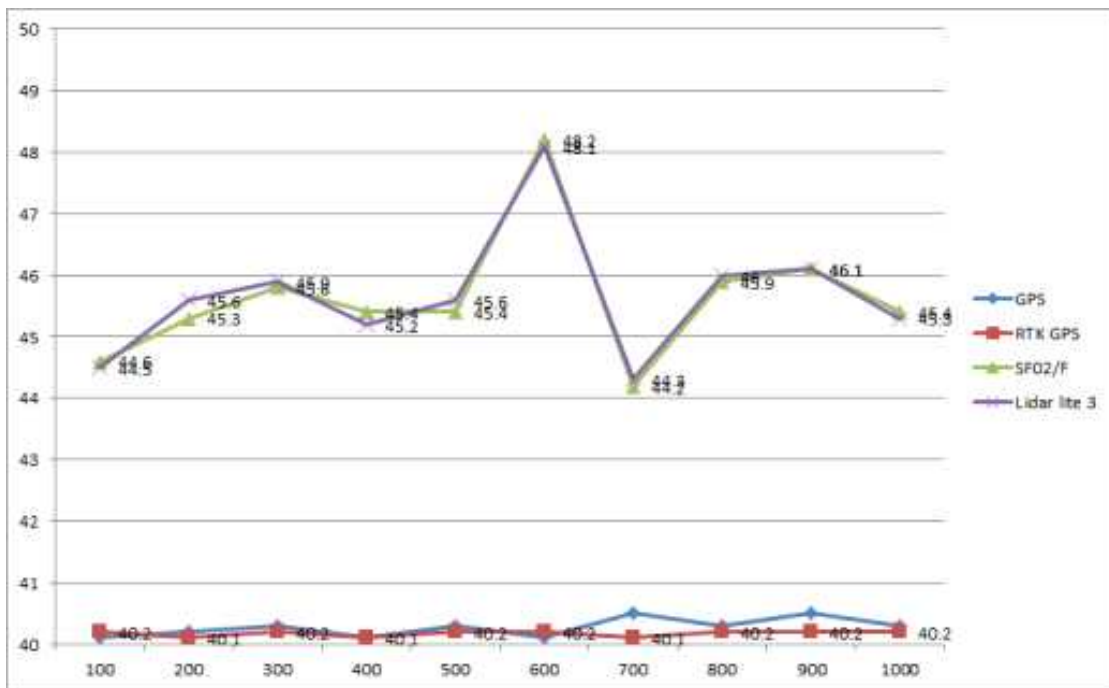


그림 147 센서 비행간 거리별 고도

Lidar는 두 종류 모두 10cm 오차 범위내에서 센싱을 하였으나 53g 가벼운 lidar lite 3를 선정하였다.

#### 4. Multi - Sensor system 구축을 위한 장착 Kit 개발

##### 가. 필요성 및 목적

드론 운영에 필요한 Lidar 센서와 정밀착륙 센서, RGB 카메라와 열화상 카메라의 멀티 장착 Kit의 개발이 필요로 하였다.

##### 나. 연구 방법

기체 경량화와 센서의 효율적인 운영을 위해서 Lidar 센서와 정밀착륙 센서를 드론의 하부에 장착하기 위한 3D 프린트 제작물을 제작하였다.

열화상 카메라와 RGB 카메라를 동시에 장착하여 두 영상의 위치 좌표 동기화를 위해 듀얼 셔터 시스템을 구축하고 영상 센서를 동시에 장착하기 위한 Kit를 개발하였다.

##### 다. 연구결과

기체 경량화와 센서의 효율적인 운영을 위해서 Lidar 센서와 정밀착륙 센서를 드론의 하부에 장착하기 위한 센서 동시 장착키트를 개발하였다.

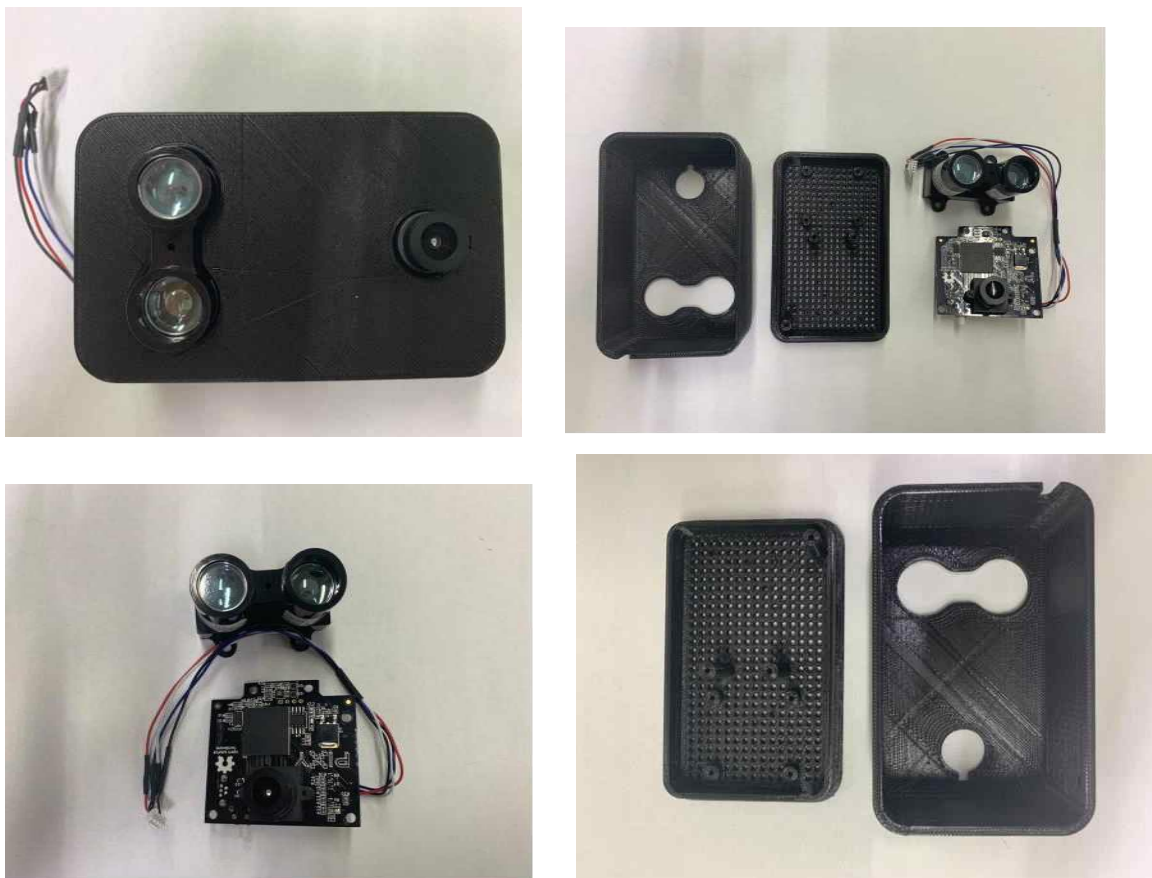


그림 148 Lidar. 정밀착륙 센서 장착키트



열화상 카메라와 RGB 카메라를 동시에 장착하여 두 영상의 위치 좌표 동기화를 위해 듀얼 셔터 시스템을 구축하고 영상 센서를 동시에 장착하게 하려고 장착 키트를 개발하였다.



그림 149 듀얼 카메라 마운트 키트

## 5. 정밀한 비행과 위치 정보를 위한 RTK GPS system 구축

### 가. 필요성 및 목표

○ 기존 GPS 기반으로 드론 운용 시에는 GPS 위치 오차로 인하여 이동 시 최대 5m 이상의 이동 오차가 발생한다. GPS 센서에 실시간 위치 보정 신호에 의하여 정확 위치를 관측 가능한 RTK-GPS(Real TimeKinematic-GPS, 이하 RTK)의 발전으로 수cm급의 정확도를 가진 위치 관측이 가능해졌다.

○ RTK GPS는 고정확 내비게이션 및 포지셔닝 시스템이다. GPS+ GLONASS 듀얼 밴드와 다주파 수신기 및 지상 기준국을 이용하여, 수평과 수직으로 센티미터급 정확도로 관측 가능합니다. 기존의 RTK는 고가의 가격대를 형성하여 상용 드론에 적용이 어려웠으니 오픈소스를 활용한 저가의 RTK 모듈들이 출시되고 드론에 적용할 수 있게 되었다.

○ GCS에 연결된 지상 기준국(base) GPS와 드론에 장착한 이동국 GPS(rover)의 통신을 통해 위성으로부터 받는 GPS 신호와 비교하여 Cm급 비행 위치를 제어하고 취득한 사진의 정확한 위치를 확정하여 보다 정확한 공간정보를 제공한다.

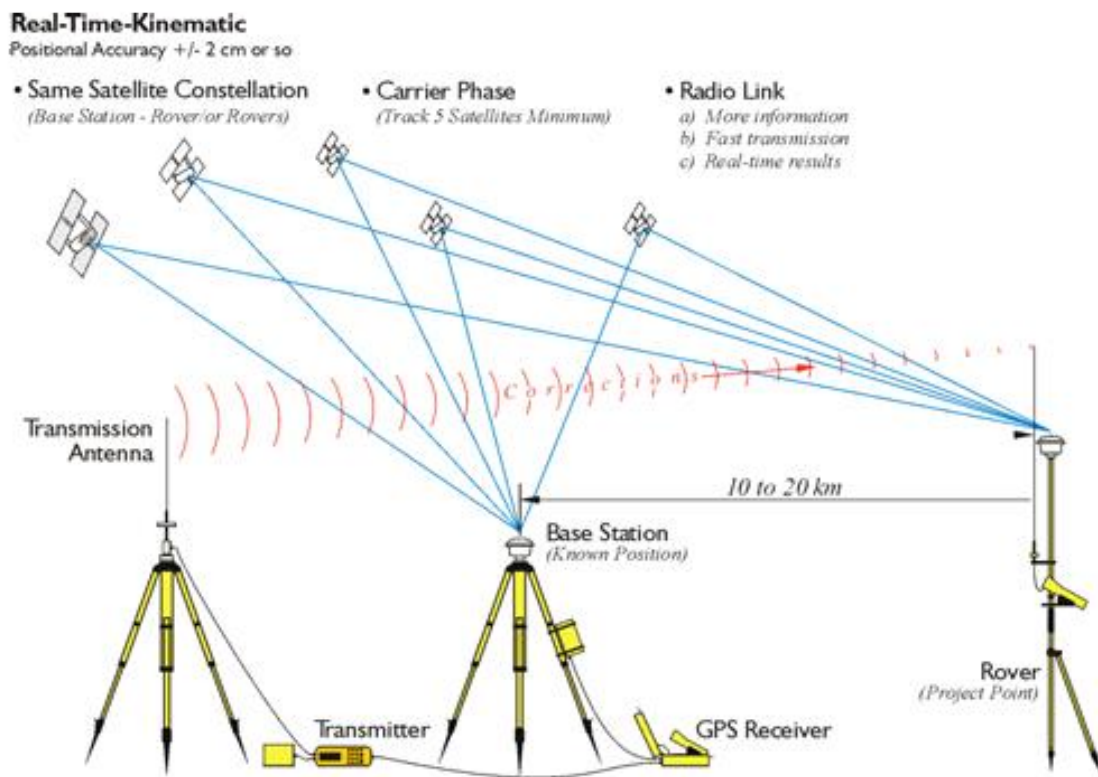


그림 150 RTK GPS 수신방식

### 나. 연구 방법

○ RTK GPS 시스템은 실시간으로 지상 기준국의 보정 신호가 이동국인 드론에 지속적으로 연결되어야 그 성능을 유지할 수 있다. 따라서 본 연구의 RTK GPS는 Swift navigation사의 Piksi 제품과 3DR사의 Here+를 사용하여 테스트하였으며. 테스트 항목은 FC와의 호환성

과 8Km Mission 비행을 통한 GCS 와의 위치 인식이 풀리는 시간을 테스트하였다.

다. 연구결과

- 이에 테스트 결과, Swift navigation사의 Piksi 제품은 FC와 10회 연결 테스트 결과 7회의 연속 연결이 확인되었고 5km Mission 비행 시 총 5회에 걸친 위치 인식 풀림 현상이 발생하였다. 3DR사의 Here+는 10회 연결 테스트 결과 9회의 연속 연결이 확인되었고 위치 인식 풀림 현상이 발생하지 않았다.
- 본 연구에 사용되는 FC (Flight controller) : 미국 3DR 사의 Pixhawk에 적용되는 Here+를 적용함으로써 안정된 기능 구현이 가능하고 안정된 결과를 구현하였다.



그림 151 3DR 사의 Here + GPS

## 6. 작업별 드론 최적 운영법 연구

### 가. 연구 필요성 및 목적

○ 조류예찰 및 방역대 방역 활동을 위해서는 드론을 이용한 사진측량기법 및 영상처리에서는 촬영 고도가 작업 생산성 및 촬영 결과 품질을 결정한다. 즉 촬영 고도가 높을수록 한번에 많은 영역을 촬영 가능하므로 작업 생산성을 향상하나 영상 해상도의 낮음에 따른 영상 품질이 저하 되며 촬영 고도가 낮을수록 영상 해상도의 높음에 따른 영상 품질은 향상하나 좁은 촬영 영역에 의하여 생산성은 감소한다.

○ 임무 장비의 최적 촬영 성능에 있어서도 RGB 카메라의 적정 촬영 고도와 열화상 카메라의 적정 촬영 고도는 다르므로 당 연구과제에서 임무 장비의 적정 촬영 고도를 결정하는 것은 중요하다.

### 나. 연구 방법

- 1) 시제품으로 제작한 쿼드콥터 (K-mapper)를 비행 테스트 및 영상촬영 테스트하였다.
- 2) 학습기법 영상분석을 위한 객체 취득을 위한 촬영은 다음과 같은 조건을 실시하였다.
  - 현장의 상황을 고려하여 철새와 기체의 충돌 위험을 고려한 고도유지
  - 카메라의 GSD를 고려한 고도유지
  - 철새 보호를 위한 고도 유지
- 3) 드론 최적 운영을 위한 영상 취득을 위한 비행은 다음과 같은 요소를 분석하였다.
  - 고도별 영상 GSD 비교
  - 영상 오버랩별 정합 비교
  - 카메라 화각에 따른 촬영 화각 비교
  - 고도에 따른 비행시간 비교

### 다. 연구결과

조류 객체 학습기법 연구를 위한 실영상 취득을 실시함

#### (1) 철새도래지 촬영간 조류의 변화 파악

##### (가) 시화호와 같은 대규모 철새도래지

. 1차 100m 고도로 진입 시 일부 철새 도망가는 현상 발생하였으나 잠시 후 다시 내려앉음

. 이후 2, 3차 재진입시 철새 이동 없음

. 50m 진입 시 전 지역의 철새 모두 달아났으며 비행중단 후 제자리 다시 앉음

. 대규모 철새도래지는 50m 이상의 고도를 유지해야 하고 철새의 급상승으로 인한 기체와 충돌 위험요소 발송

. 100m 고도에서 15회 촬영 시행함

표 62 시화호 촬영지 정보

| 구분       | 내용   |
|----------|--|
| 지역<br>영상 |   |
| 촬영<br>영상 |  |
| 촬영고도     | 50m, 80m, 100m   |
| 탐재<br>센서 | NX-500 16mm / Flir Vue Pro R 13mm  |



(나) 영종도 갯골

- . 철새가 파여진 갯골에 몸을 숨기고 있어 50m 비행 시에도 철새도 이동 변화 없음
- . 24회의 비행간 철새의 이동 없음

표 63 영종도 갯골 촬영 정보

| 구분    | 내용   |
|-------|--|
| 지역 영상 |   |
| 촬영 영상 |  |
| 촬영고도  | 50m, 80m, 100m   |
| 탑재 센서 | RX-100 20mm / Flir Vue Pro R 13mm  |

(다) 영종도 농가 옆 농지

- . 사람의 이동이 빈번한 곳으로 비행준비 및 100m 고도 진입 비행에도 철새들 달아났다.
- . 이후 5회의 비행을 시도했으나 철새들이 도망갔다.
- . 민가에 인접한 곳은 사람에 대한 철새들의 경계가 심하여 촬영이 어려움이 많았다.




표 64 영종도 농가 옆 농지 정보

| 구분    | 내용  |  |
|-------|---|--|
| 지역 영상 |  |  |
| 촬영 영상 |  |  |
| 촬영고도  | 50m, 80m, 100m  |  |
| 탑재 센서 | RX-100 20mm / Flir Vue Pro R 13mm   |  |

(2) 고도별 영상 GSD 비교

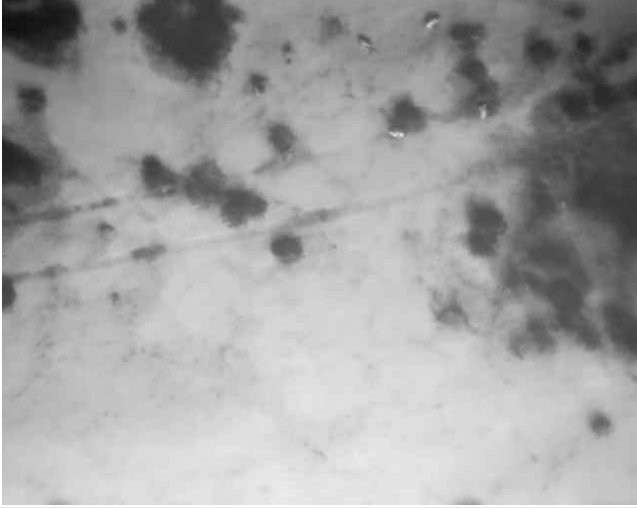
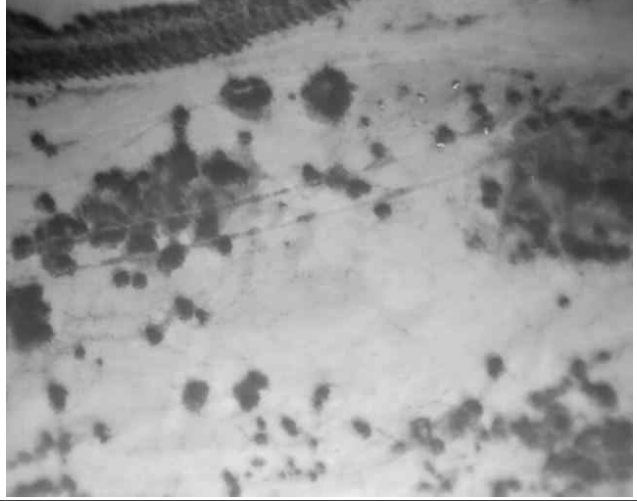
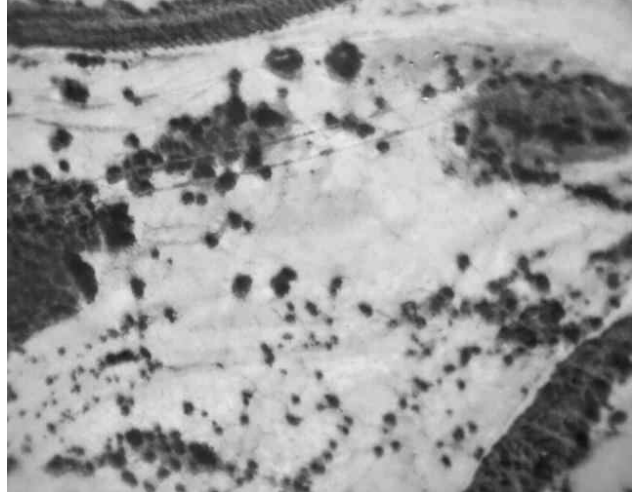
- 사용 카메라 : Sony RX100 25mm 렌즈

표 65 Sony RX100 25mm 렌즈의 고도별 GSD 사진

| 고도  | GSD    | 사진   |
|-----|--------|--|
| 30m | 0.28cm |    |
| 50m | 0.47cm |   |
| 80m | 0.75cm |  |

- 사용 카메라 : Flir Vue Pro R 13mm 렌즈

표 66 Flir Vue Pro R 13mm 렌즈의 고도별 GSD 비교

| 고도  | GSD     | 사진   |
|-----|---------|--|
| 30m | 3.92cm  |    |
| 50m | 6.54cm  |   |
| 80m | 10.46cm |  |



### (3) 촬영 오버랩별 정합 비교 분석

○ 영상은 두 장 이상의 연속촬영에 의하여 입체감을 갖는 공간정보 영상을 만들 수 있다. 이때 두 장의 겹침 정도를 중복도라 하며 중복에는 기체 진행 방향인 종 중복과 기체 진행 방향의 좌우 방향인 횡중복이 있다.

○ 중복도는 높을수록 영상 정밀도가 좋으며 영상의 깨짐 현상이 발생하지 않으나 촬영 사진 매수의 과다에 의한 영상처리 속도 지연, 같은 코스를 더 많이 비행해야 하는 임무 비행 시간 증가 등의 생산 비용이 증가하는 단점이 있어 적정 생산성을 갖는 중복도를 결정하는 것이 중요하다.

#### (가) 종횡중복 50%

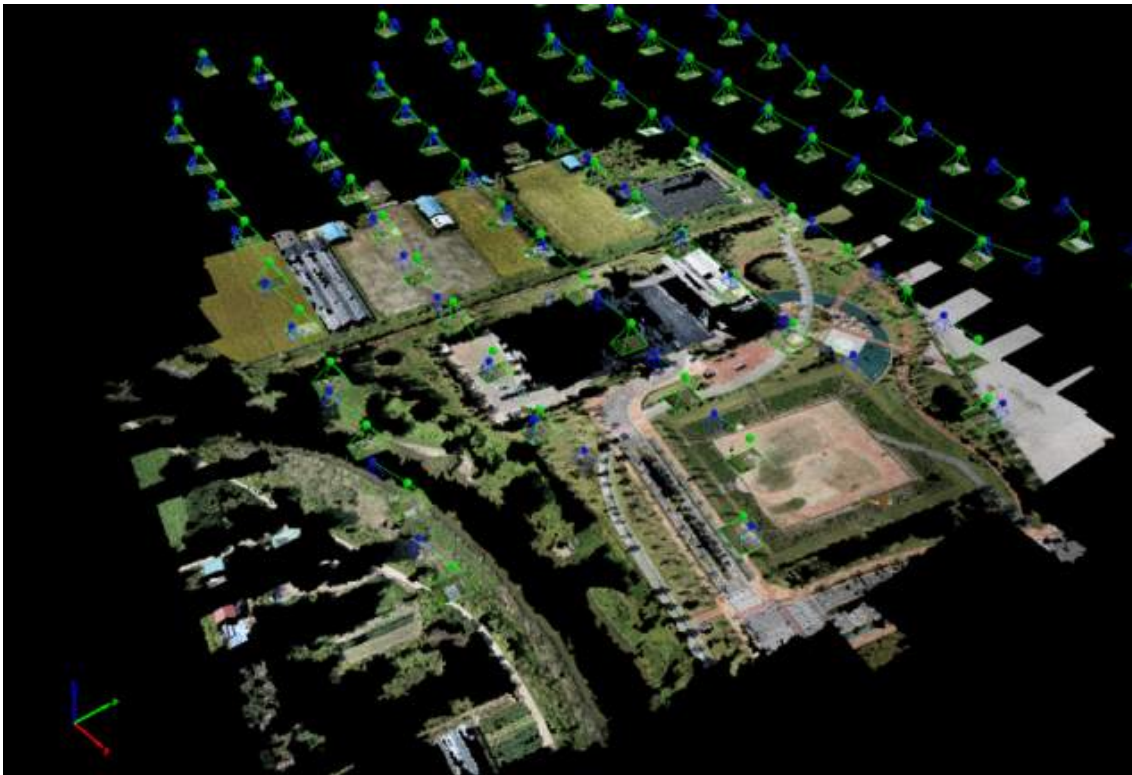


그림 152 종횡중복 50% 비행궤도

○ 기체 종중복과 횡중복을 각각 50% 부여하여 건물이 포함된 정사 영상을 작성하였으며 그림과 같이 건물은 뭉개짐 현상이 있으나 평활지는 영상정합이 이루어진 모습을 볼 수 있다.

○ 사진은 일산 난방공사 지역이며 0.1km<sup>2</sup> 면적에 고도 70m 해상도 1.6CM 촬영 시간 8분이 필요하였다.





그림 153 중횡중복 50% 정합 영상

(나) 중횡중복 60%

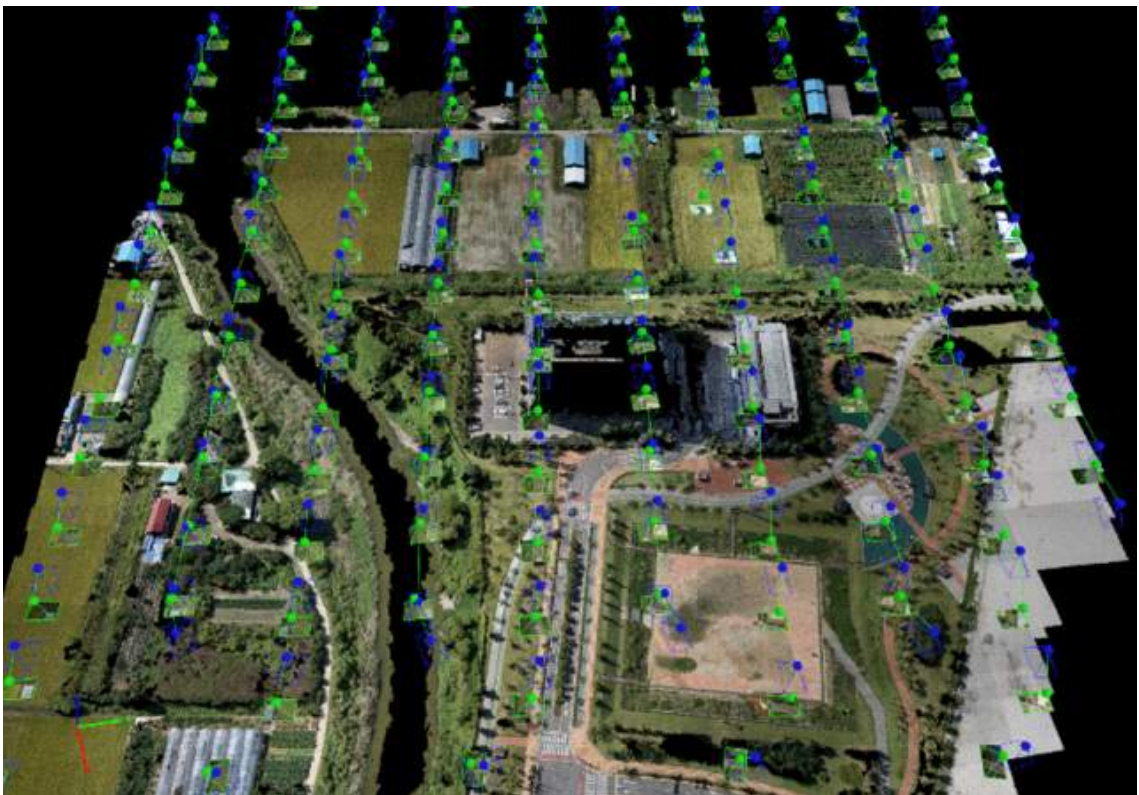


그림 154 중횡중복 60% 비행궤도





그림 155 중횡중복 60% 정합 영상

○ 중중복 60% 횡중복 60%이며 고도 70m에서 해상도 1.6 CM 촬영 시간 9분 45초가 소요 되었다.

다) 중횡중복 70%

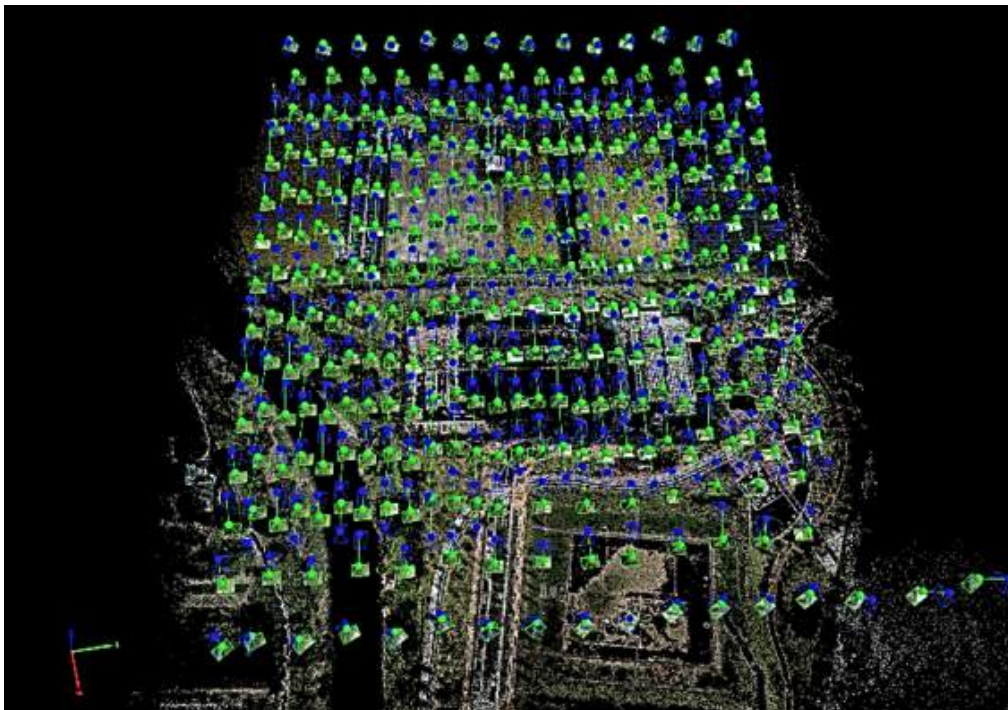


그림 156 중횡중복 70% 비행궤도

○ 종 중복 70% 횡중복 70%이며 고도 70m에서 해상도 1.6 CM 촬영 시간 13분이 소요되었다.



그림 157 종횡중복 70% 정합 영상

(4) 카메라 화각에 따른 촬영 화각 분석

(가) Sony A6000 ( 20mm 렌즈 -크롭 바디 )

○ 렌즈 초점거리 20mm이며 a6000 카메라에 20mm 렌즈를 사용할 경우 환산 화각시 75도 이므로 사진 한 장의 크기는 고도 100m에서 촬영할 경우 가로 117.5m 세로 78m의 공간을 촬영 가능하며 이때 영상의 시각 해상도는 1.95cm이다.

○ 렌즈 초점거리 20mm의 중심부를 확대한 영상이다. 영상의 중심부를 주점이라 하며, 렌즈 왜곡과 해상도가 가장 좋은 부분이다.

○ 영상의 표적은 크기가 30cm이며 거리 100m에서도 표적지의 구분이 명확하게 보인다. 이는 형상의 시각 해상도 즉 1픽셀에서 표현하는 거릿값이 1.95cm이기 때문이다.





그림 158 20mm 렌즈 ( 크롭바디 )



그림 159 20mm 렌즈 ( 크롭바디 ) - 확대이미지

(나) Sony RX1R2 ( 35mm 렌즈 - Full body )



그림 160 35mm 렌즈 ( 풀바디 )



그림 161 35mm 렌즈 ( 풀바디 ) - 확대 사진

영상의 주점부를 확대한 사진이며 해상도 1.4cm이므로 30cm 타겟이 해상도 1.9cm 영상보다 좀 더 선명한 이미지를 얻을 수 있다.



○ 렌즈 초점거리 35mm 영상이며 렌즈 화각은 65도이다. 이는 고도 100m에서 촬영 시, 가로 102.6m이고 세로 68.6m의 공간을 촬영 가능하며, 이때 시각 해상도는 1.4cm이다.

○ 이로써 고도 100m 비행 시 렌즈 초점거리가 작을수록 넓은 영역을 촬영할 수 있지만, 해상도는 떨어짐을 확인 가능하였다.

○ 렌즈 초점 거리별 화각

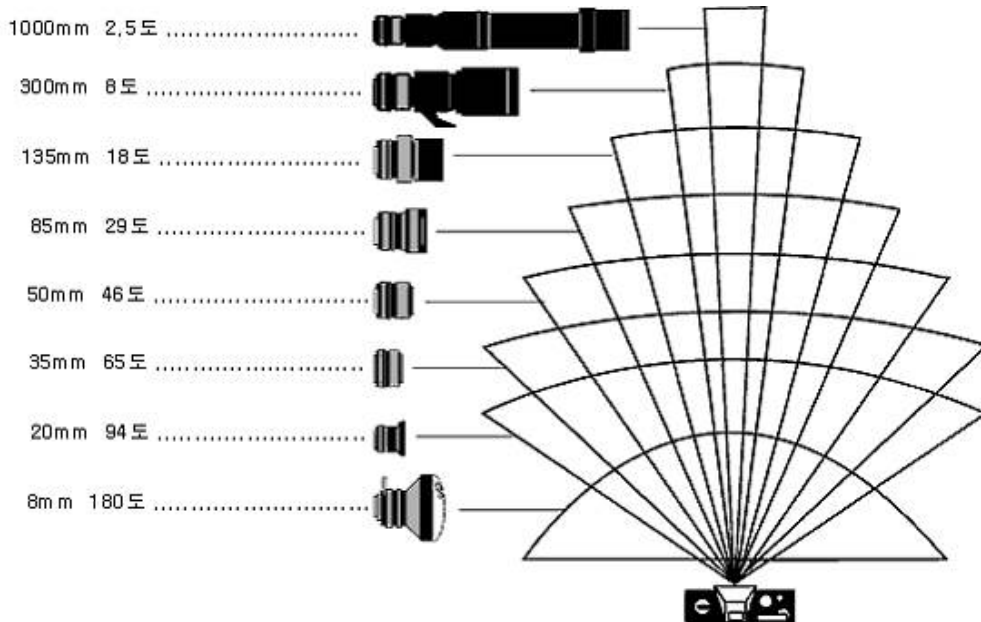


그림 162 렌즈 초점 거리별 화각

(5) 비행시간 소요분석

○ 동일 GSD 기준 ( NX-500 16mm 렌즈 기준 )

같은 고도에서 50% 중복률에 비해 70% 중복률을 높였을 때 비행시간이 163% 증가하는 것을 확인하였다.

표 67 중복률에 따른 비행시간 비교

| 중복률 | GSD    | 고도  | 비행시간   | 비교   |
|-----|--------|-----|--------|------|
| 50% | 1.6 cm | 70m | 8분     | 100% |
| 60% | 1.6 cm | 70m | 9분 45초 | 122% |
| 70% | 1.6 cm | 70m | 13분    | 163% |

○ 동일 중복률 기준

같은 중복률을 적용하여 고도를 높여 GSD를 높게 했을 때는 비행시간 252% 줄어든 것을 확인하였다.

표 68 같은 중복률에서 GSD에 따른 비행시간 비교

| 중복률 | GSD    | 고도   | 비행시간    | 비고   |
|-----|--------|------|---------|------|
| 50% | 1.6 cm | 70m  | 39분 13초 | 100% |
| 50% | 3cm    | 132m | 23분 15초 | 150% |
| 50% | 5cm    | 220m | 15분 36초 | 252% |

○ 동일 비행시간 기준 ( 초속 12m )

중복률을 동일하게 하고 GSD에 변화를 주고 비행을 했을 때 1회 비행 시 촬영 가능 면적이 318% 넓어짐.

표 69 동일한 중복률에서 GSD 차이에 따른 비행시간

| 중복률 | GSD    | 고도   | 비행시간    | 비행면적                   | 비고   |
|-----|--------|------|---------|------------------------|------|
| 50% | 1.6 cm | 70m  | 39분 13초 | 661059 m <sup>2</sup>  | 100% |
| 50% | 3cm    | 132m | 39분 13초 | 1198399 m <sup>2</sup> | 181% |
| 50% | 5cm    | 220m | 39분 13초 | 2100781 m <sup>2</sup> | 318% |

## 7절. 철새 폐사체, 사람·차량 이동 식별 및 위치분석을 위한 영상처리기술 개발 (II)

### 1. 적외선 항공 열 영상 온도보정 기술개발 (I) : 적부지 내부 영상외선 열영상 보정을 위한 대면적 흑체 시스템 개발

#### 가. 필요성 및 목적

항공 열 영상 기술이 다양한 농산업 분야에 활용되고 있으며 예를 들어, 작물의 영양 상태, 환경 스트레스를 모니터링하거나 농작물의 해충 및 질병을 감지하는 데도 사용되고 있다. 이러한 정보를 바탕으로 수확률을 예측할 수 있으며 가축의 살처분 매몰지 모니터링도 가능한 실정이다.

이러한 적외선 항공 열 영상을 정확하게 이용하기 위해서는 적외선 항공 열 영상에 대한 온도보정기술이 필요하며 이를 구현하기 위해서는 대면적의 휴대가 가능한 흑체 시스템이 필요하다.

적외선 항공 열 영상은 주변 물체에 의한 복사, 대기 투과율 및 대기 방사의 영향에 따라 측정대상의 실제 온도와 차이가 발생할 수 있으며, 따라서 대기 환경조건들과 고도에 따른 온도를 보정할 필요가 있다.

적외선 열 영상은 일반적으로 적외선 카메라를 이용하여 측정되고 있으며 적외선 카메라에 대한 기술적인 자료는  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  또는  $\pm 2\%$  범위와 같은 측정 정확도로 분류될 수 있다. 하지만, 이러한 매개변수는 보정 동안 엄격히 명시된 실험실 조건하에서 측정, 분석된 정확도로 해석되고 있다.

적외선 항공 열 영상은 항상 야외에서 측정되며, 이러한 현장에서 이용 가능한 측정상태에서는 측정 정확도가 상당히 감소한다. 따라서, 적외선 항공 열 영상의 기술적인 보정은 현장에서 이루어져야만 하며 기술적으로 대면적이고 휴대가 가능한 흑체가 필요하다.

일반적으로, 흑체 시스템이란 광대역 ( $2.5\sim 15\mu\text{m}$ )의 적외선 방사열 측정 장치(적외선 카메라)를 영점조정하거나 그 성능을 평가하는데 이용되는 방사율이 1에 가까운 정밀 열방사 장치를 칭하는 것으로서 적외선 항공 열 영상을 보정할 경우에는 주변 물체에 의한 복사, 대기 투과율 및 대기 방사의 영향을 고려해야 한다. 하지만 아직까지 흑체 시스템 대부분이 실내 환경에서 이용되고 있으며 현장에서 이용 가능한 대면적의 열방사 장치는 찾아보기 어려운 상태이다.

본 연구에서는 적외선 항공 영상의 영상처리에 필요하고 적외선 항공 열 영상을 보정할 수 있는 휴대형/대면적 흑체 시스템을 설계, 제작하여 개발하였으며 개발된 시스템의 성능을 평가하기 위하여 신호전달함수와 온도 분해능이 정밀하게 측정되어있는 적외선 카메라를 이용하여 흑체 시스템의 신호전달함수와 온도 분해능을 측정함으로써 개발된 흑체 시스템의 성능을 역으로 평가하였다.

## 나. 연구 방법

적외선 항공 열 영상의 온도보정에 적용하기 위하여 현장에서 휴대할 수 있고 대면적인 흑체 시스템을 설계하였다. 작동온도 범위는 사용하고자 하는 온도로부터 20℃까지 상승할 수 있도록 방사열 온도 범위를 설정하였고, 이러한 조건을 모두 만족시킬 수 있는 heat source를 선정하였다.

그림 163은 본 연구를 통해 개발된 대면적 흑체 시스템의 구성 개략도로서 (1) 알루미늄 소재의 radiator, (2) 탄소함침 섬유 기반의 heating source, (3) 폴리에틸렌 발포 소재의 단열재와 (4) 반도체 방식의 온도 센서인 digital thermometer의 주요 장치들로 구성되어있다. 흑체 시스템의 크기는 가로, 세로, 높이가 각각 800, 800, 50mm이며 총 무게는 2kg으로서 휴대할 수 있도록 설계하였다.

가로, 세로, 두께가 각각 800, 800, 10mm인 radiator는 열전도계수가  $250\text{W/m}\cdot\text{k}$ 인 알루미늄으로 설계하였으며 radiator의 내마모성, 내식성을 향상하기 위해 아노다이징(ano-dizing) 처리하였고 방사율을 증가시키기 위해 검은색 무반사 페인트로 표면을 도포하였다.

대면적 흑체 시스템의 목표 방사열의 온도 범위는 대기 온도로부터 최대 20℃까지 증가할 수 있도록 설계하였으며 대기 온도가 20℃일 때는 40℃까지 열을 방사할 수 있다. 방사열 발생을 위한 열원으로 탄소 함침 섬유 기반의 코튼망사와 구리선으로 이루어진 발열체를 적용하였다. 발열체는 두께가 0.8mm로써 면적을 격자 모양으로 직조하여 수성 탄소액을 함침하고 일정한 간격으로 구리선을 삽입하여 우레탄 소재로 절연 코팅하였다.

발열체로부터 radiator로 전도되는 방사열을 최대화하고 radiator와 접합된 반대 방향으로 발열체의 열이 방사되는 열 손실을 최소화하기 위해서 radiator와 접합되지 않는 발열체의 반대편은 단열재와 일체형으로 접합되도록 설계하였다. 흑체 시스템에 적용된 단열재는 폴리에틸렌 수지를 발표하여 성형한 폼 형태의 소재로서 열전도율은  $0.02\text{W/m}\cdot\text{k}$ 이며 단열재의 반대쪽 표면은 알루미늄 필름으로 코팅되어있어 실험환경으로부터 받을 수 있는 온도의 영향을 최소화하도록 설계하였다.

흑체 시스템의 내부에는 4개의 서미스터방식의 온도 센서를 90도 간격으로 대칭적으로 장착하여 radiator의 표면 방사열을 실시간으로 측정할 수 있도록 하였으며 개발된 흑체 시스템에 이용된 온도제어장치의 온도 분해능은 작동온도 범위에 대해 10mK로 설계하였다. 그림 164는 제작을 완료한 흑체 시스템이다.

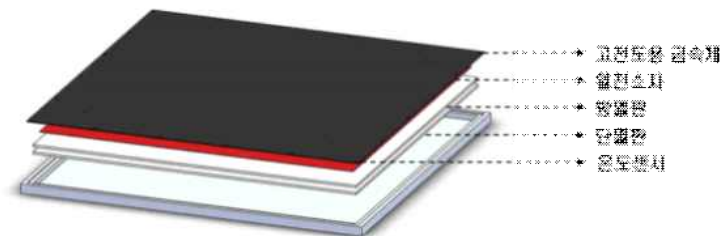


그림 163 대면적/휴대형 흑체 시스템의 구성 개략도



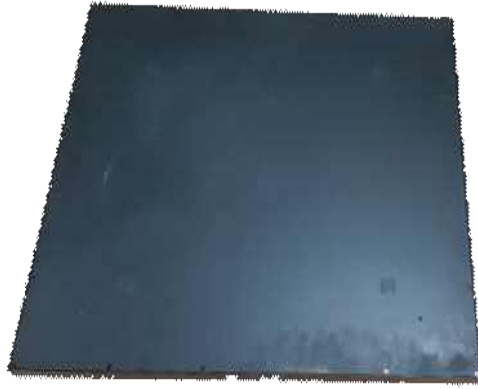


그림 164 제작된 흑체 시스템 실물

개발된 흑체 시스템의 성능을 평가하기 위하여 그림 165에서와같이 신호전달함수와 온도 분해능이 정밀하게 측정되어있는 적외선 카메라를 이용하여 개발된 흑체 시스템의 신호전달함수와 온도 분해능을 측정, 분석하였다. 측정 및 분석과정으로는 먼저 흑체와 주변 온도를 측정하기 위한 접촉식 센서를 이용하여 온도변화를 측정하는 과정 중에 흑체 시스템의 전류를 5A, 전압을 20V로 설정하고 온도변화가 일어나지 않으면 흑체와 접촉식 센서의 온도를 기재하고, Flir T450sc를 사용하여 적외선 열 영상을 촬영하며 이후 흑체 시스템의 전압을 1V씩 감소시키며 위의 과정을 반복하였다.

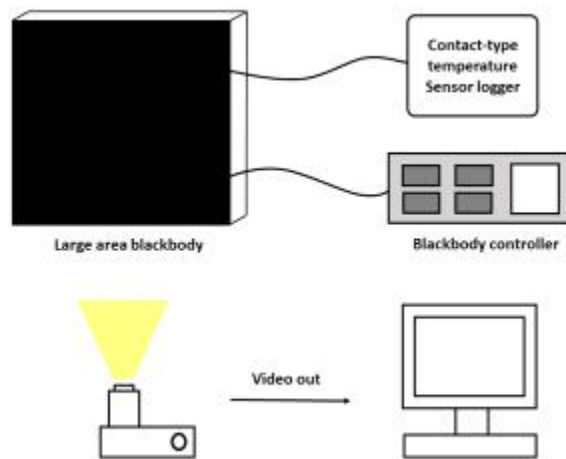


그림 165 흑체 시스템 성능평가 실험 개략도

신호전달함수 (SiTF)는 흑체 시스템의 방사열에 대해 적외선 카메라가 측정한 열 영상 디지털 값(digital level)의 기울기를 수식적으로 계산한 값으로서 각 전압에서 흑체의 온도와 주변 온도의 차이  $\Delta T$ 를 구한 후,  $\Delta T$ 에 대하여 10프레임의 디지털 레벨 평균값의 차이  $\Delta DV$ 를 구한다. 이후, 최소자승법을 이용해  $\Delta T$ 와  $\Delta DV$ 에 대한 관계식을 구했을 때, 그 기울기가 신호전달함수에 해당한다.

온도 분해능 (NETD)은 설정된 특정 온도 조건에서 방사되는 방사열에 대한 열 영상 신호의 신호 대 잡음 비 (S/N ratio)로부터 분석될 수 있는 가장 작은 열 영상 신호를 계측할 수 있는 온도 편차를 의미하는 것으로 적외선 카메라가 측정할 수 있는 가장 작은 온도로 이해될 수 있다. 온도 분해능은 시간적 온도 분해능 (temporal NETD)과 공간적 온도 분해능 (spatial NETD)으로 구분된다. 시간적 온도 분해능은 100프레임 각각의 픽셀 데이터에 대한 RMS 정보를 이용하여 식 (1) 과 같이 계산할 수 있으며 공간적 온도 분해능은 100프레임의 각 픽셀에 대한 평균을 구하고 전체영역에 대한 RMS 정보를 이용하여 식 (2) 와 같이 구할 수 있다. 분석된 시간적 온도 분해능과 공간적 온도 분해능을 이용하여 식 (3) 의 최종 온도 분해능을 계산할 수 있다.

$$NETD_{temp} = \frac{1}{Si TF} \sqrt{\sum_{j=1}^n \frac{(DV_{ij} - \overline{DV}_i)^2}{n}} = \frac{\sigma_{TSVi}}{Si TF} \quad (1)$$

$$NETD_{spat} = \frac{1}{Si TF} \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(DV_i - \overline{DV})^2}{n}} = \frac{\sigma_{SSV}}{Si TF} \quad (2)$$

$$NETD = \sqrt{(NETD_{temp})^2 + (NETD_{spat})^2} \quad (3)$$

#### 다. 결과

그림 166은 적외선 카메라 (Flir T450sc, FLIR corp., USA)로 측정된 흑체의 적외선 열영상이며 흑체의 평가실험에서는 흑체의 측정영역을 3가지 조건으로 설정하였고 각각의 설정 영역에 따른 신호전달함수 분석결과는 표 70과 같았다. 160×160픽셀일 때의 신호전달함수는 1.0314, 100×100픽셀일 때 1.0776, 50×50픽셀일 때 1.0853으로 확인되었으며 각각의 R2는 0.99 이상인 것으로 확인되었다. 계산된 픽셀별 신호전달함수를 이용하여 온도 분해능을 분석한 결과, 160×160픽셀, 100×100픽셀, 50×50픽셀일 때의 온도 분해능은 각각 0.5250K, 0.3419K, 0.1639K이었다.

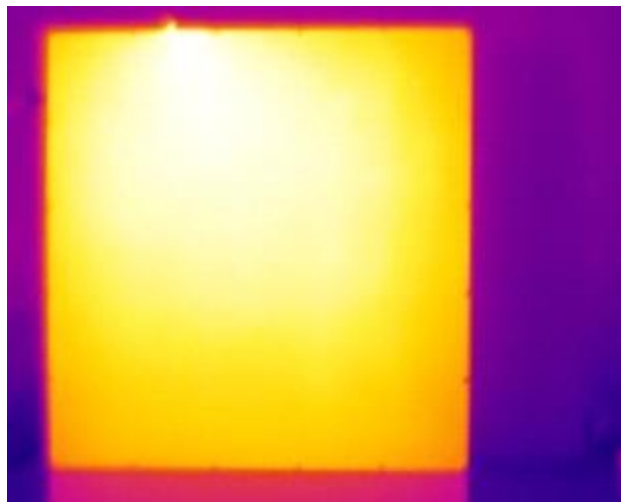


그림 166 개발된 흑체 시스템의 적외선 열 영상

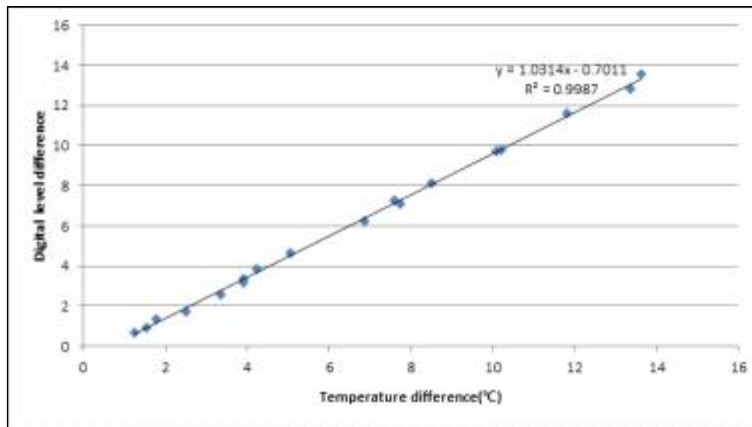


그림 167 160×160 픽셀 영역에서 분석된 신호전달함수

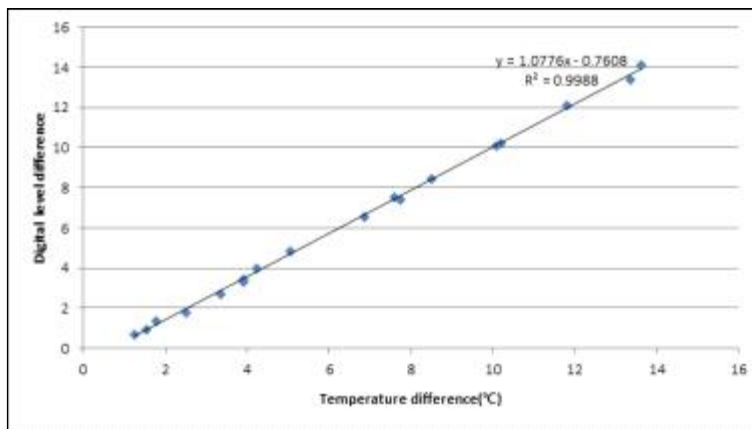


그림 168 100×100 픽셀 영역에서 분석된 신호전달함수

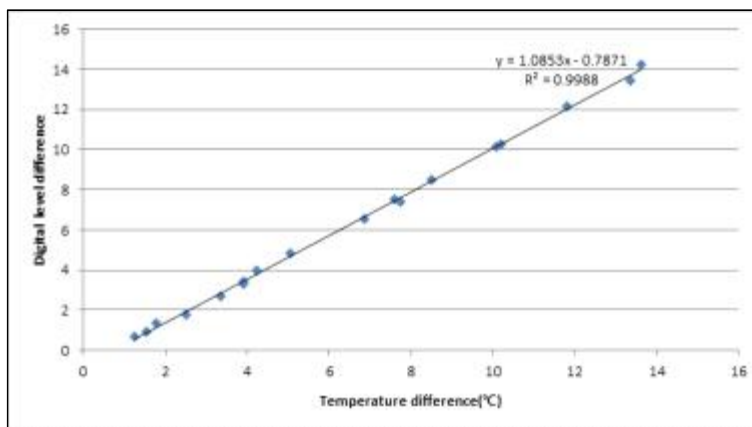


그림 169 50×50 픽셀 영역에서 분석된 신호전달함수

표 70 픽셀 영역 및 인가전압조건별 분석된 온도분해성능 (K)

| 픽셀영역<br>인가전압 | 160×160 | 100×100 | 50×50  |
|--------------|---------|---------|--------|
| 2V           | 0.5251  | 0.3422  | 0.1647 |
| 3V           | 0.5243  | 0.3410  | 0.1620 |
| 4V           | 0.5246  | 0.3414  | 0.1629 |
| 5V           | 0.5249  | 0.3418  | 0.1638 |
| 6V           | 0.5252  | 0.3423  | 0.1647 |
| 7V           | 0.5253  | 0.3422  | 0.1645 |
| 8V           | 0.5245  | 0.3413  | 0.1625 |
| 9V           | 0.5264  | 0.3437  | 0.1676 |
| 10V          | 0.5255  | 0.3426  | 0.1655 |
| 11V          | 0.5247  | 0.3415  | 0.1629 |
| 12V          | 0.5250  | 0.3420  | 0.1643 |
| 13V          | 0.5247  | 0.3414  | 0.1628 |
| 14V          | 0.5256  | 0.3427  | 0.1656 |
| 15V          | 0.5245  | 0.3412  | 0.1626 |
| 16V          | 0.5253  | 0.3421  | 0.1645 |
| 17V          | 0.5246  | 0.3414  | 0.1630 |
| 18V          | 0.5247  | 0.3415  | 0.1627 |
| 19V          | 0.5244  | 0.3411  | 0.1624 |
| 20V          | 0.5252  | 0.3420  | 0.1641 |
| Average      | 0.5250  | 0.3419  | 0.1639 |

라. 결론

적외선 항공 열 영상의 적용을 위해서 대면적/휴대형 흑체 시스템을 개발하였다. 상업적으로 그 성능이 잘 알려진 적외선 열 영상 카메라 (Flir T450sc)를 이용하여 개발된 흑체 시스템의 성능을 평가하였다. 평가 결과, 50×50픽셀의 측정영역에서 분석된 신호전달함수는 1.0853, 온도 분해능은 0.1639K로 평가되었다.

본 연구에서 수행하고자 하는 적외선 항공 열 영상을 대기 환경조건과 고도에 따라 온도보정하기 위한 흑체 시스템으로서 그 성능을 확인하였으며 이후 야외 현장에서 항공용 적외선 열 영상에 대한 온도를 보정하기 위한 흑체 시스템으로 이용하기에 충분할 것으로 판단하였다.

2. 적외선 항공 열 영상 온도보정 기술개발 (III)

가. 필요성 및 목적

본 연구는 드론을 이용하여 촬영된 적외선 항공 열 영상으로부터 측정되는 대상체의 실제 온도정보를 분석할 수 있도록 적외선 항공 열 영상 보정기술을 개발하는 것을 목표로 한다. 그림 175와 같이 적외선 항공 열 영상의 경우 항공용 적외선 센서를 통하여 측정되는 온도는 고도 및 대기의 변화에 따라 영향을 받기 때문에 적절한 보정기술이 요구된다. 따라서 본



연구에서는 제작된 휴대용 / 대면적 흑체를 이용하여 촬영 고도 및 대기 환경조건에 따른 적외선 항공 열 영상을 보정하고자 하였다.

적외선 영상 센서는 나노 마이크로/나노 기술의 빠른 발전과 비냉각식 적외선 센서의 발명을 통하여 소형화 및 경량화되었다. 이를 통하여 적은 전력 소비와 이전보다 상대적으로 낮은 가격으로 이용할 수 있다. 따라서 기존 군사용에 제한되어 이용되었으나 현재 농산업 분야 및 시설 진단 등 다양한 분야에 이용되고 있다.

항공용 적외선 카메라는 비냉각식 방식으로 소형 및 저전력소모라는 특성이 있다. 이를 통하여 UAV에 탑재되어 단시간에 넓은 지역에 대한 온도정보를 측정할 수 있다는 장점이 있다. 이러한 정보를 바탕으로 농산업 분야에서는 환경 스트레스를 모니터링 하는 등의 방식으로 이용할 수 있다.

농산업 분야에 적외선 항공 열 영상을 통한 온도정보를 이용하기 위하여는 정밀한 온도 보정기술이 필요하며 고도와 같은 비행조건 및 대기 환경적 영향과 관계없이 적외선 영상을 통하여 나타내는 정보는 대상체의 실제 온도정보와 같은 정보를 나타내어야 한다.

적외선 영상 센서를 통한 온도정보의 추출은 일반적으로 적외선 장파장 대역의 스펙트럼 정보를 이용하여 온도를 추출하는 방식을 이용한다. 따라서 그림 170과 같이 해당 전자기파를 이용하는 경우 대기 조건(온도, 습도 등)에 영향을 받으므로 이에 대한 온도보정이 필요하다. 또한, UAV의 특성상 고도를 변화하며 적외선 열 영상으로부터 온도정보를 추출할 수 있다. 측정 거리 또한 주요한 고려요소로 포함하여야 한다.

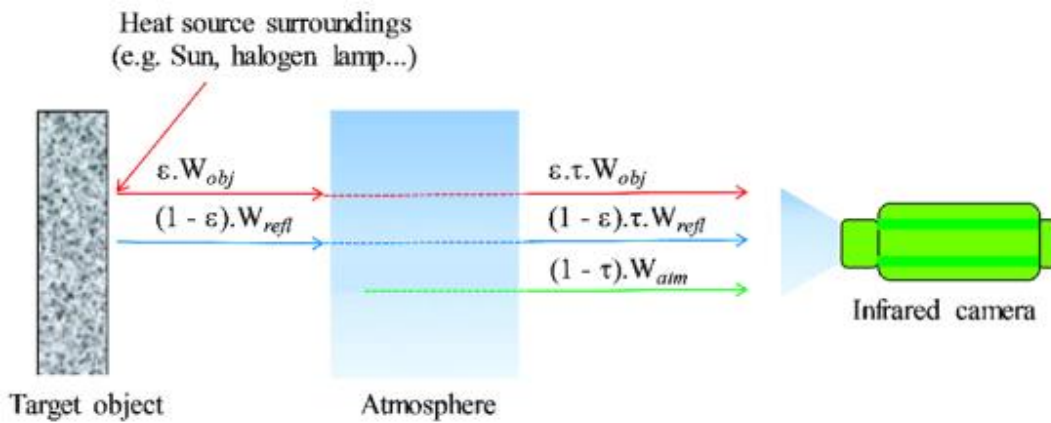


그림 170 적외선 카메라 측정 시의 대기 환경의 영향

특히 실제 살아있는 새와 폐사체를 온도정보를 이용하여 분류해내는 목적을 가진 해당 과제의 특성상 UAV를 통해 약 50m 이상에서 촬영한 적외선 항공 열 영상을 통한 원격탐지를 통하여 온도정보를 추출할 때에는 고도와 그에 대한 환경조건을 고려해 주어야 정확한 대상체의 온도정보를 분석할 수 있을 것으로 보인다.

따라서 본 연구는 드론을 이용하여 촬영된 적외선 항공 열 영상으로부터 측정되는 대상체의 실제 온도정보를 분석할 수 있도록 적외선 항공 열 영상 보정기술을 개발하는 것을 목표로 하며 본 과제를 통하여 제작된 휴대용 / 대면적 흑체를 이용하여 촬영 고도 및 대기 환경조건에 따른 적외선 항공 열 영상을 바로잡고자 한다.

나. 연구 방법

연구에 이용된 적외선 항공 열 영상촬영용 적외선 카메라와 드론은 그림 171과 같으며 이들의 주요 사양은 표 71, 72와 같았다.



(a) 항공촬영용 적외선 카메라

(b) UAV

그림 171 연구에 이용된 적외선 카메라와 UAV 시스템

표 71 항공촬영용 적외선 카메라 사양

표 72 UAV 주요 사양

|         |                          |         |                            |
|---------|--------------------------|---------|----------------------------|
| Model   | Vue Pro R                | Model   | Phantom 3 advanced         |
| 촬영 온도범위 | -55° C ~ 95° C           | 무게      | 1280g                      |
| 동작 온도범위 | -20° C ~ 50° C           | 작동 온도범위 | 0° C ~ 40° C               |
| 열 해상도   | 640 × 512                | 최대 비행시간 | 약 23분                      |
| 무 게     | 92g ~ 113g               | 대각선 길이  | 350 mm                     |
| 치 수     | 5.8(L) × 4.5(W) × 4.5(H) | 위성포지셔닝  | GPS/GNSS                   |
| 정확도     | +/- 5° C or 5%           | 호버링정확도  | 수직 +/- 0.1 m, 수평 +/- 1.5 m |

적외선 항공 열 영상 고도보정을 위하여 적용한 자체 제작된 흑체를 이용하였으며, 정밀한 표면 온도측정을 위하여 추가로 측정한 RTD 온도 센서로 백금식 접촉식 온도 센서인 PT - 100을 이용하였다. 흑체와 지상 접촉식 온도 센서에 대한 내용은 표 73, 74와 같다.

표 73 실험에 이용된 휴대용/대면적 흑체



| 적외선 항공 열 영상보정용<br>휴대용/대면적 흑체 |                |  |
|------------------------------|----------------|---|
| 크기 ( mm × mm × mm)           | 800 × 800 × 50 |   |
| 무게 ( kg)                     | 5kg            |   |
| 방사율                          | ≈1.00          |   |
| 온도 범위<br>(실험환경)              | 10° C~50° C    |   |

표 74 실험에 이용된 측온저항체

| 지상 표면 온도 측정용<br>접촉식 온도 센서(RTD) |                     |  |
|--------------------------------|---------------------|--|
| 소자                             | 백금식 온도 센서 (PT -100) |  |
| 온도측정정확도                        | -0.030° C~+0.030° C |  |

적외선 항공 열 영상촬영은 서울시 관악구 관악로 1 서울대학교 농업생명과학대학 상공에서 이루어졌으며 비행 시 고도, 대기 환경 조건(온도, 상대습도, 일사량)에 따른 적외선 항공 열 영상의 정밀온도 보정을 위하여 고도 및 대기 환경조건 변화에 따라 제작된 흑체에 대하여 그림 172와 같은 촬영을 진행하였다.

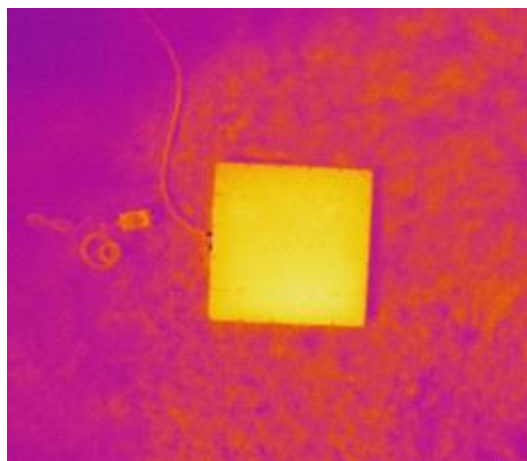


그림 172 흑체 촬영한 항공 열 영상

대기 온도(12°C~30°C), 상대습도(30%~70%), 일사량 (0~700W/m<sup>2</sup>)의 조건에서 고도

(10m~80m) 및 흑체의 온도 (15°C ~ 60°C)를 조절함으로써 32회 비행을 통하여 그림 173과 같은 2912개의 데이터 포인트를 취득하였으며 동일 시간에 RTD 접촉식 온도 센서를 이용하여 흑체의 정확한 온도를 측정하였다. 고정된 흑체의 온도에 대하여 UAV에 탑재된 적외선 카메라로부터 측정된 온도는 그림 174와 같이 고도에 따라 온도가 변함을 확인하였다.

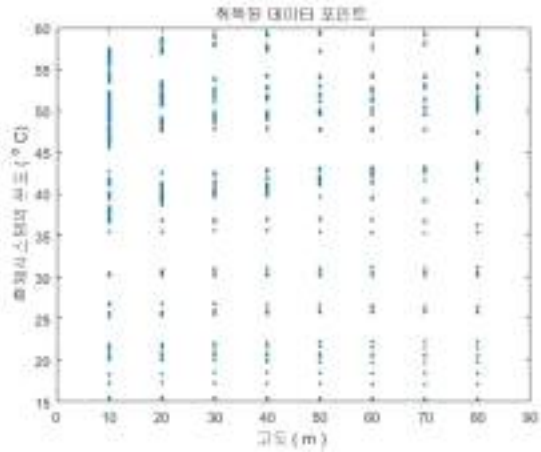


그림 173 적외선 항공 열 영상을 통하여 취득된 데이터 포인트( x : 고도, y : 흑체 시스템의 온도)

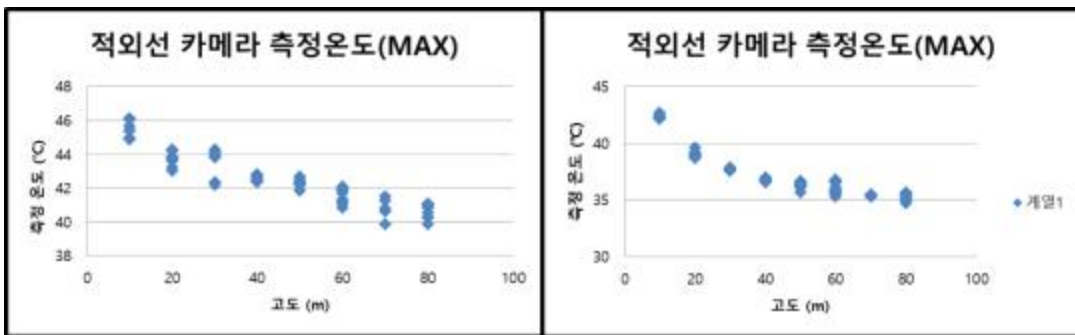


그림 174 적외선 카메라에서 측정한 온도의 고도별 비교

고도, 대기 온도, 상대습도, 일사량에 따른 적외선 항공 열 영상을 통해 측정된 온도와 흑체 시스템의 온도의 차를 예측하는 방법으로 실험을 통해 취득된 데이터를 선형회귀 방식 및 머신러닝 기반 다변량 비선형 회귀분석기술(Gaussian Process Regression, 유리 2차 커널)을 적용하여 우수한 모델을 채택하였다.

가우시안프로세스 회귀는 선형회귀식과 같이 모델을 미리 정하고 변수를 예측하는 모수적 모델이 아닌 모델의 구조를 가정하지 않고 데이터로부터 그 모델을 예측하는 비모수적 방식임 또한 본 방식은 측정된 데이터 또한 노이즈를 포함한다는 가정을 포함하고 있으므로 정밀하지 않은 측정을 하는 소형화된 비냉각식 적외선 카메라를 통한 데이터 수집 및 적용에 적합한 방식으로 고려하였다.

가우시안프로세스 회귀 방식은 그림 175와 같이 통계적 식으로 나타낼 수 있으며 기존의 학습데이터 독립변수  $X$ , 종속변수  $y$ 를 기반으로 새로운 독립변수  $X^*$ 가 주어졌을 때의 종속변수 정규분포에 위치한  $y^*$ 를 예측하는 방식으로  $y^*$ 가 위치한 정규분포의 평균( $\mu$ )과 공분산

( $\Sigma$ )를 예측한다.

The sums of independent Gaussian random variables is also Gaussian, so

$$\begin{bmatrix} \vec{y} \\ \vec{y}_* \end{bmatrix} | X, X_* = \begin{bmatrix} \vec{f} \\ \vec{f}_* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \vec{\varepsilon} \\ \vec{\varepsilon}_* \end{bmatrix} \sim \mathcal{N}\left(\vec{0}, \begin{bmatrix} K(X, X) + \sigma^2 I & K(X, X_*) \\ K(X_*, X) & K(X_*, X_*) + \sigma^2 I \end{bmatrix}\right).$$

Now, using the rules for conditioning Gaussians, it follows that

$$\vec{y}_* | \vec{y}, X, X_* \sim \mathcal{N}(\mu^*, \Sigma^*)$$

where

$$\begin{aligned} \mu^* &= K(X_*, X) (K(X, X) + \sigma^2 I)^{-1} \vec{y} \\ \Sigma^* &= K(X_*, X_*) + \sigma^2 I - K(X_*, X) (K(X, X) + \sigma^2 I)^{-1} K(X, X_*) \end{aligned}$$

And that's it! Remarkably, performing prediction in a Gaussian process regression model is very simple, despite the fact that Gaussian processes in themselves are fairly complicated!<sup>11</sup>

그림 175 가우시안프로세스를 이용한 회귀

### 다. 연구결과

측정된 데이터를 이용하여 평균 제곱근 오차(RMSE)를 구하여 보정 이전의 오차를 구하였다. 보정 이전의 오차는 4.7807로 고도의 변화에 따라 오차가 큼을 확인 할 수 있었다.

비선형 회귀분석기반 머신러닝 기술 적용하고 평가하기 위하여 수집된 데이터를 학습데이터와 평가데이터로 7:3의 비율로 나누었으며 이를 통하여 모델을 학습 및 평가하였다.

비선형 회귀분석기반 머신러닝 기술 적용하여 그 결과로 다음과 같이 온도오차를 감소시켰다. (보정 이전 오차 : 4.7807℃ → 보정 이후 오차 0.8326℃)

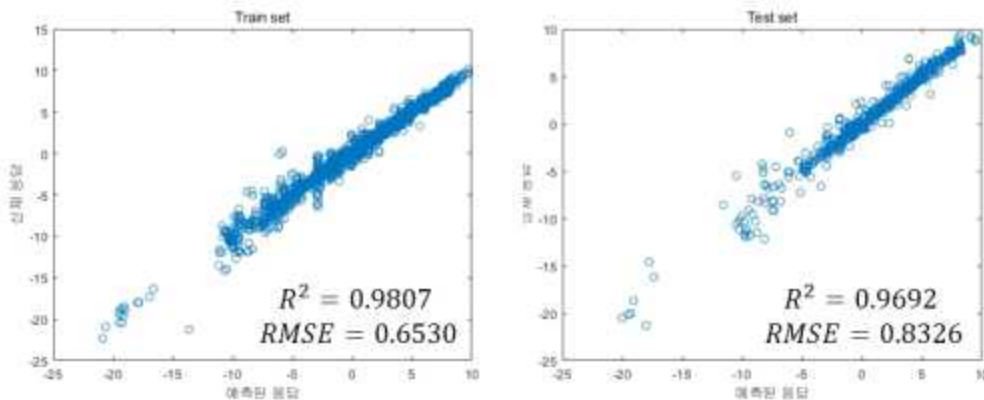


그림 176 적외선 항공 열 영상의 고도보정 (Gaussian Process Regression)

## 3. 적외선 항공 열 영상 온도추출 및 분석기술 개발

### 가. 개요

드론을 사용하여 지상의 물체 온도를 측정하는 데 있어 적외선 카메라의 픽셀 분해능을 고



도별로 분석할 필요가 있다. 특히 철새처럼 관찰 대상의 크기가 작은 경우 인식 가능한 픽셀의 수는 곧 데이터의 신뢰도와도 직결되기 때문에 본 연구에서는 지상 온도조절장치를 활용해 고도별 열 영상의 픽셀 분해능을 실험하였다.

또한, 드론에서 촬영된 RGB 항공 영상과 IR 항공 열 영상은 측정된 카메라 조건이 다르므로, 두 이미지를 정합하기 위해서는 적절한 상 보정기술이 필요하다.

정합된 두 이미지 중 RGB 항공 영상을 사용해 딥러닝으로 철새의 위치를 파악하면, 이 좌표 정보에 대응하는 IR 항공 영상에 적용해 대상의 온도를 추출할 수 있었다.

### 나. 연구 방법


고도별 항공 열 영상 픽셀 분해능 분석 실험을 위해 지상에 800 × 800mm 크기의 대면적 온도조절장치를 고정하였다.

대면적 온도조절장치의 온도를 약 40도로 설정한 후, 이미지의 중심에 오도록 드론을 위치한 뒤, 고도를 10m에서 80m 높이까지 이동시키며 10m 단위로 3회씩 IR 항공 열 영상을 촬영하였다.

각 이미지에서 대상의 픽셀 수를 측정하고 고도별로 평균을 계산해 정리한 후, 실제 철새 크기(약 400 × 400mm)와 다른 카메라 초점거리(13mm)를 고려하여 적정 촬영 고도를 분석하였다.

실험에 사용한 IR 카메라와 드론은 앞선 실험에서 활용한 FLIR 변액유니버설보험 Pro R과 DJI Phantom 3 Advanced를 사용하였으며, IR 카메라의 추가적인 사양은 표 75와 같았다.

표 75 고도보정 실험 IR 카메라 사양

|                 |                     |   |
|-----------------|---------------------|---|
| Model name      | FLIR 변액유니버설보험 Pro R |  |
| Resolution (IR) | 640 × 512           |   |
| FOV (IR)        | 69°                 |   |
| Focus length    | 9mm lens            |   |

이미지 정합기술을 개발하기 위해 새 모형을 필드에 배치한 후 드론에서 RGB 항공 영상과 IR 항공 열 영상을 동시에 촬영하였다. RGB 카메라와 IR 카메라가 일체형으로 구성된 기기를 사용하여도 촬영 싱크만 맞춰줄 뿐 미세한 상 차이가 발생하기 때문에 이를 보정해야만 이미지 정합이 가능하였다.

표 76은 일반적으로 사용되는 상 보정기술의 종류를 나타냈다.

표 76 상 보정기술 종류

| 종류                  | 특징             | 필요<br>기준점 수 | 예시  |
|---------------------|----------------|-------------|---|
| Similarity          | 이동, 회전, 확대, 반전 | 3           |    |
| Affine              | 전단 변형          | 3           |    |
| Projective          | 기울어짐           | 4           |    |
| Polynomial          | 곡선             | 6 +         |    |
| Piecewise Linear    | 부분적 왜곡         | 4           |    |
| Local Weighted Mean | 부분적 왜곡         | 12          |  |

다양한 보정기술 중 항공 영상에서 자주 사용되는 Affine transformation과 Similarity transformation을 적용해 실험을 진행하였다. 이미지 정합에 필요한 기준점은 Matlab (Mathworks, USA) 프로그램의 특징점 추출 함수를 통해 설정하였다.

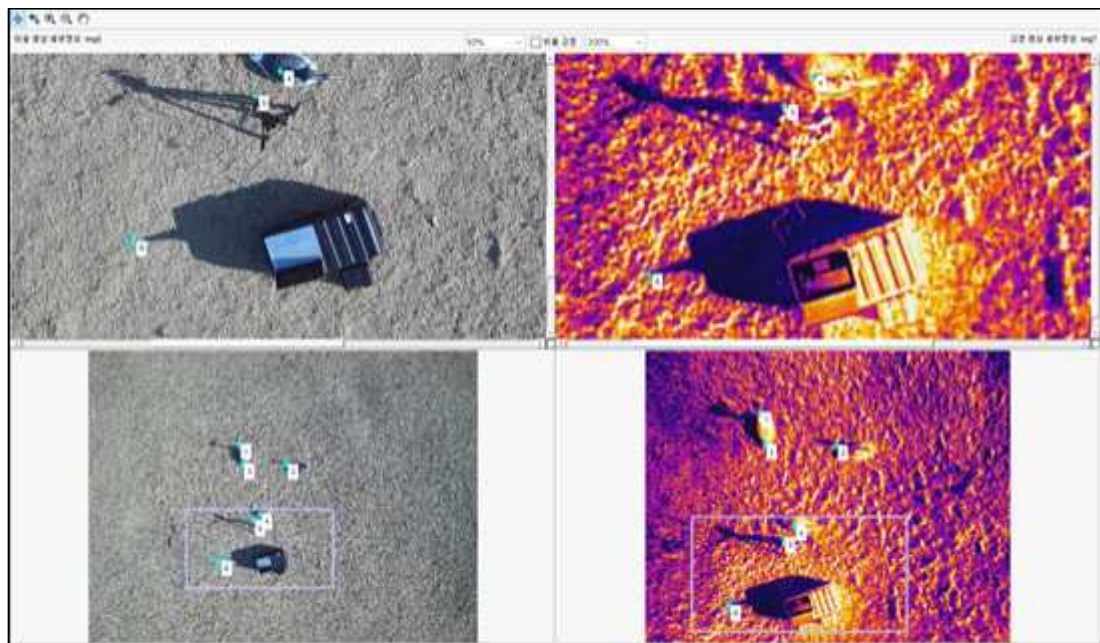


그림 177 Matlab 기반 영상정합 과정

실험에 사용한 IR/RGB 일체형 카메라의 상세 사양은 표 77과 같았다. 실험에는 FLUR VUE Pro R과 같은 코어에 RGB 카메라가 부착된 형태의 FLIR DUO Pro R을 사용하였다.

표 77 정합 영상 실험에 사용된 RGB&적외선 일체형 카메라

|                  |                |   |
|------------------|----------------|---|
| Model name       | FLIR DUO Pro R |  |
| Resolution (IR)  | 640 × 512      |   |
| Resolution (RGB) | 4000 × 3000    |   |
| FOV (IR)         | 32° × 26°      |   |
| FOV (RGB)        | 56° × 45°      |   |
| Focus length     | 19mm lens      |   |

다. 결과

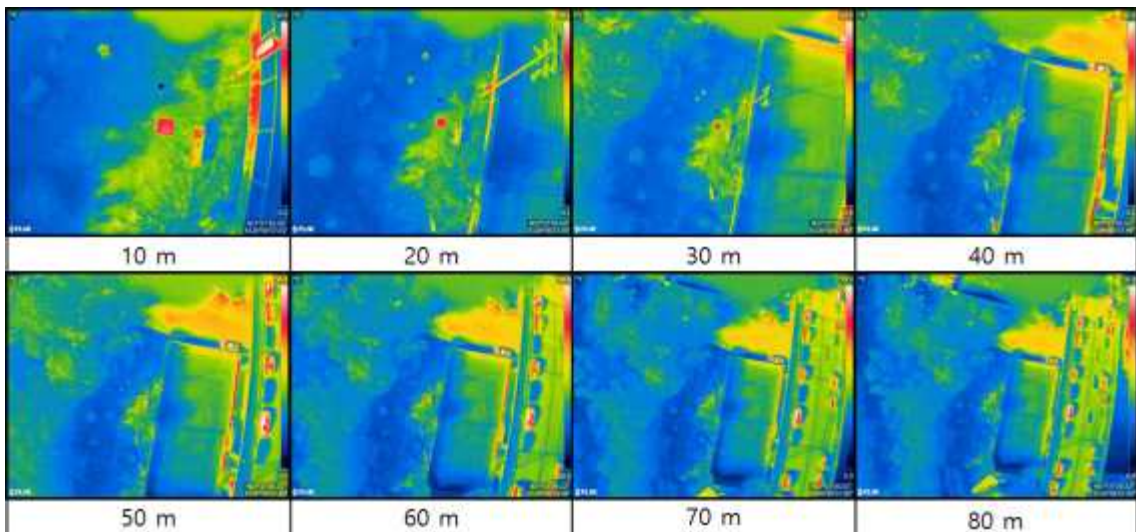


그림 178 고도별 항공 열 영상

표 78 고도별 항공 열 영상 픽셀 분해능 분석결과

| 고도  | 전체 이미지 (초점 : 9mm)<br>(가로 meter × 세로 meter) | 대상 픽셀 수<br>초점: 9 mm | 대상 픽셀 수<br>초점: 13 mm  |                     |
|-----|--|---------------------|-----------------------|---------------------|
|     |  |                     | 실험대상<br>(800 × 800mm) | 조류<br>(400 × 400mm) |
| 10m | 13.75 × 10.63                              | 37×37               | 61×61                 | 30×30               |
| 20m | 27.49 × 21.27                              | 18×18               | 30×30                 | 15×15               |
| 30m | 41.24 × 31.90                              | 12×12               | 20×20                 | 10×10               |
| 40m | 54.98 × 42.54                              | 9×9                 | 15×15                 | 7×7                 |
| 50m | 68.73 × 53.17                              | 7×7                 | 12×12                 | 6×6                 |
| 60m | 82.47 × 63.81                              | 6×6                 | 10×10                 | 5×5                 |
| 70m | 96.22 × 74.44                              | 5×5                 | 8×8                   | 4×4                 |
| 80m | 109.96 × 85.07                             | 4×4                 | 7×7                   | 3×3                 |

※ 실험대상(지상 온도조절장치 : 800 × 800mm)

표 77은 고도별 항공 열 영상 픽셀 분해능 분석결과를 보여준다. 고도별 항공 열 영상을 데이터를 조류 크기에 맞게 계산한 결과 약 50m 이하에서 촬영하는 것이 바람직해 보이나, 실제 현장에서는 RGB 항공 영상도 함께 분석에 활용할 수 있으므로 측정 환경에 따라 비행 고도를 소폭 상승시켜도 가능할 것으로 기대된다.

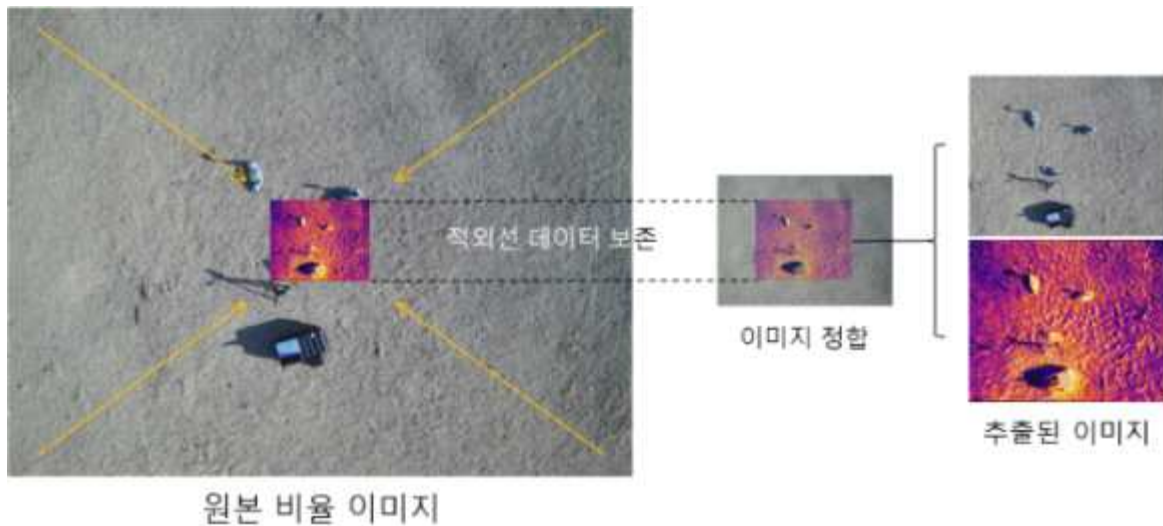


그림 179 상 보정기술을 활용한 이미지 정합

IR 항공 열 영상을 기준으로 RGB 항공 영상에 Affine transformation과 Similarity transformation을 진행한 결과, 두 transformation matrix가 서로 거의 일치하였으며 이미지 전체적으로 약 0.13° 회전과 3.56배의 해상도 변화가 있었다.

이후 상 보정된 두 이미지를 정합하여 그림 180과 같이 IR 데이터에 해당하는 RGB 영역만을 추출해 RGB 대상 객체검출에 사용 가능하였다.



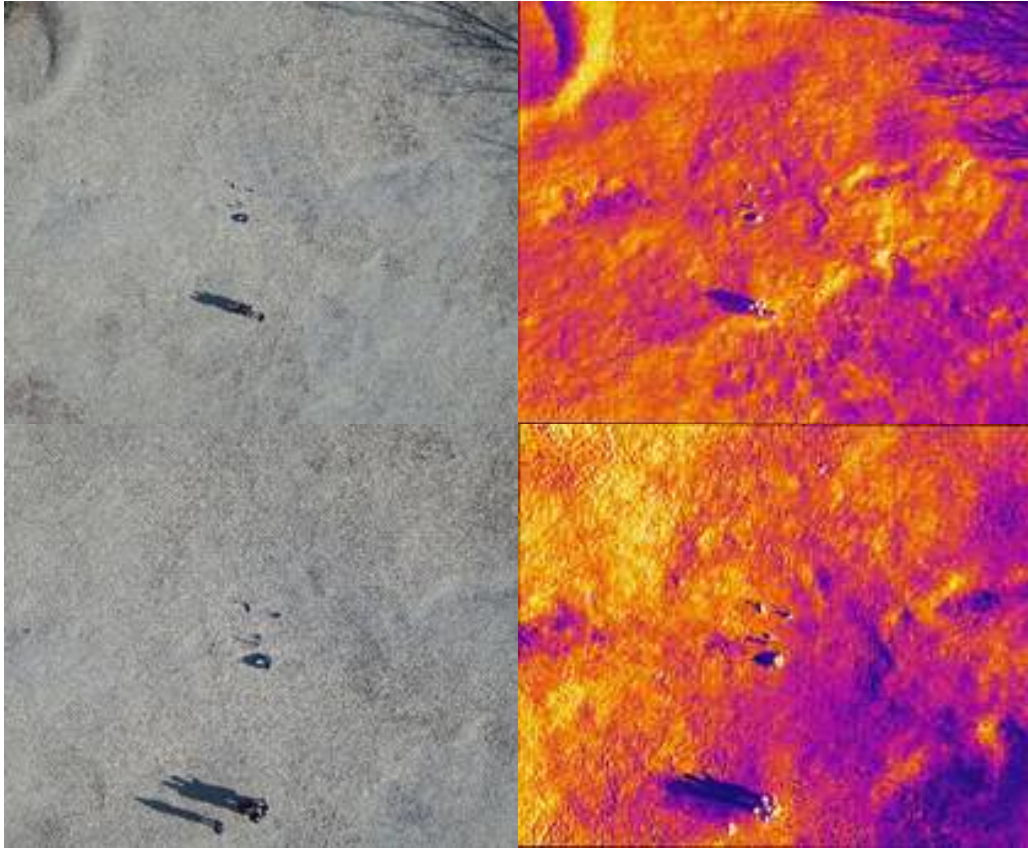


그림 180 이미지 정합 후 추출 이미지 예시(좌: RGB 영상, 우: IR 영상)

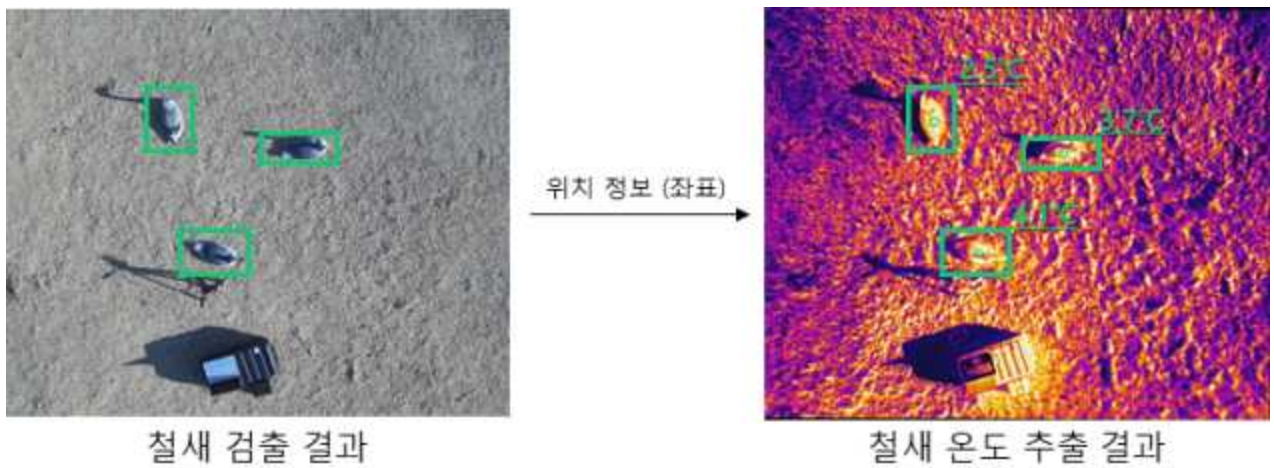


그림 181 RGB 영상과 적외선 열 영상을 이용한 조류 온도 검출 과정

그림 181과 같이 추출된 RGB 항공 영상을 바탕으로 객체를 검출한 후, 얻어진 객체 위치 정보(좌표)를 정합된 IR 항공 영상으로 전달하였다. IR 항공 영상에서는 전달된 좌표 영역 중심의 5개 픽셀 온도정보를 평균 내어 철새 체온의 대푯값으로 활용한다.



## 8절. 드론 예찰 및 방역 통합 운영 프로그램 개발 (NMAI)

### 1. 필요성 및 목적

NMAI란 No More Avian Influenza의 약자로 조류 폐사체 수색과 관련된 항공예찰과 축산 농가 역학조사 활동에 대한 작업지시와 그 분석결과를 관리하는 통합 운영 프로그램의 명칭이다. 이 프로그램은 크게 다음과 같은 3가지 기능을 제공한다.

- 예찰 및 역학조사 업무 지시
- 수행한 업무 결과 보고
- 예찰 및 역학조사 결과의 확인

GIS를 기반으로 하여 누구나 사이트 접속 시 예찰 결과를 확인할 수 있고 예찰 전문가(이하 전문가)와 예찰 작업자(이하 작업자)는 로그인을 통하여 각각에 해당하는 업무를 수행할 수 있도록 제작하였다.

관리자의 경우 예찰·역학조사 전문가로 작업자에게 예찰 업무를 지시할 수 있으며 작업자의 경우 Unmanned Aerial Vehicle(UAV)과 CCTV를 활용하여 업무를 수행하고 예찰 결과를 보고할 수 있도록 하였다.

이를 통하여 예찰 및 역학조사의 효율을 증진 시키고자 하였고 이를 통하여 조류 인플루엔자로 인한 농가의 피해를 줄이고자 하였다.

### 2. 연구 방법

NMAI는 데이터 유지관리의 편의성을 위하여 서버형 시스템으로 구현하였다. 데이터는 서버에서 관리되며 사용자는 서버에 접속하여 데이터를 업로드하고 확인할 수 있도록 구성하였다.

화면은 기본적으로 GIS 기반으로 예찰이나 역학조사를 실시한 곳을 표시할 수 있도록 하였고 해당 조사에 대한 상세한 내역을 확인할 수 있도록 제작하였다.

서버는 서울대학교 내에 다음과 같은 사양으로 설치하여 데이터를 저장하고 프로그램이 구동되도록 하였다.

표 79 서버 시스템의 제원

|   |           |  |
|---|-----------|--|
|  | 운영체제      | LINUX Ubuntu                               |
|   | 프로세서 / 칩셋 | Intel Core I7-8700                         |
|   | 메모리       | 삼성 DDR416GB<br>PC4-19200                   |
|   | HDD / SSD | 4TB Deskstar NAS<br>HDN726040ALE614<br>패키지 |
|   | 그래픽       | Intel UHD 630                              |

### 3. 연구결과

NMAI의 기본 운영 프로세스는 다음과 같다. 조류 폐사체 예찰이나 농가 역학조사, 방역대 설치 감시가 필요한 상태가 되면 1) 검역본부나 방역본부 등에 있는 전문가가 작업지시사항을 작성하여 서버에 업로드한다. 2) 작업 지시사항을 전달받은 작업자는 해당 업무를 수행하고, 3) 그 결과를 서버에 업로드 하게 된다. 서버에 저장하는 파일은 작업자가 최대한 수정하지 않아도 되도록 작성하였다. 4) 전문가는 업로드된 작업결과를 확인하고, 5) 조류 폐사체 수거확인 혹은 차단 방역대를 설정 하는 등의 작업을 진행하게 된다.

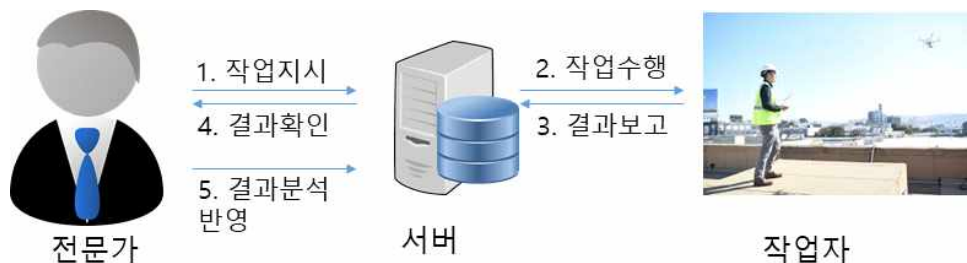


그림 182 NAMI의 운용 프로세스

실제 상세페이지들은 다음과 같다.

#### 가. Intro 페이지

서버에 접속하였을 때 처음 확인할 수 있는 페이지로 연구과제와 서버 프로그램에 대한 기본적인 설명을 표현하였다.



그림 183 NMAI의 intro 페이지

나. 메인페이지 (예찰 결과 표시 페이지)

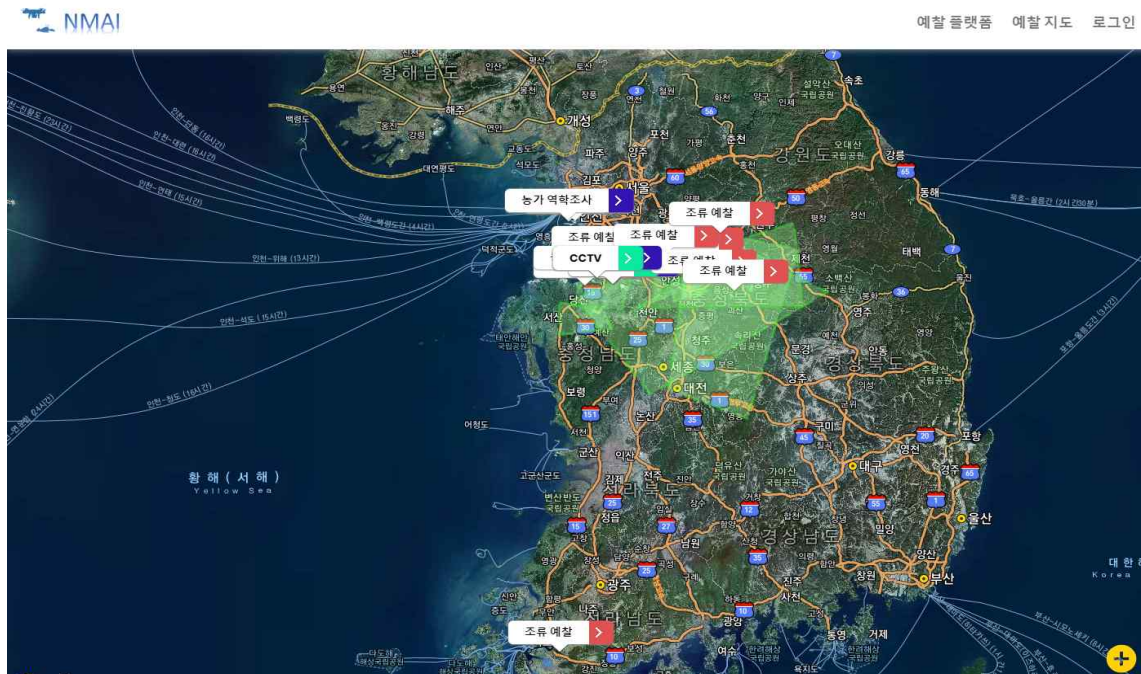


그림 184 NMAI 메인페이지

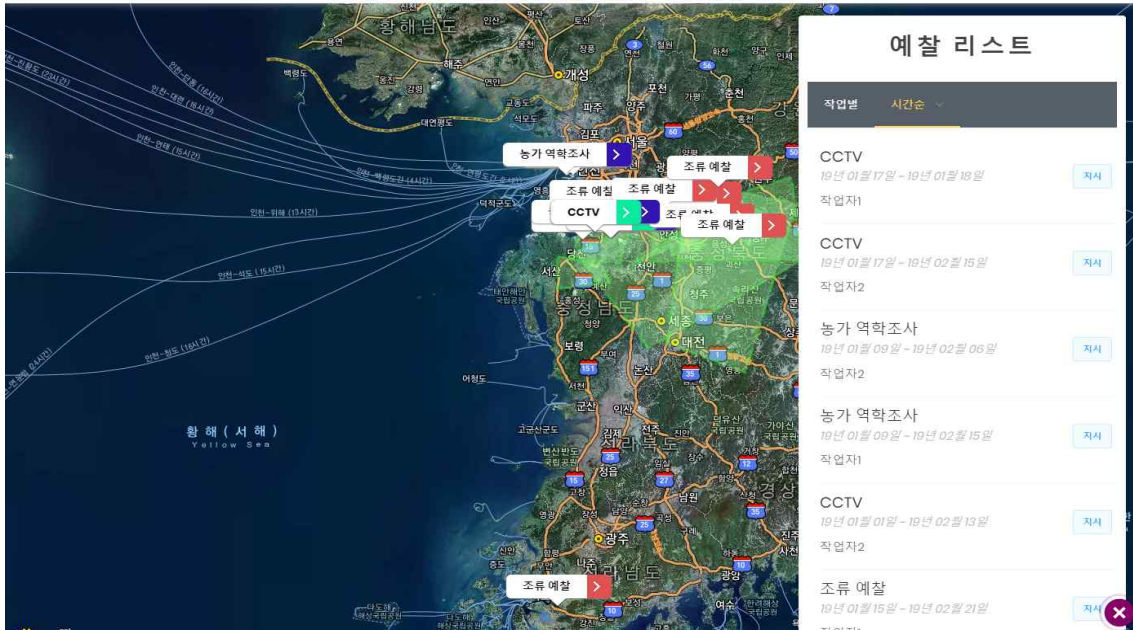


그림 185 NMAI 메인페이지(리스트)

Intro 페이지를 지나면 보이는 기본 페이지이다. 다음맵이 기본적으로 표시되고, 작업자가 올려놓은 예찰 및 역학조사 결과가 지도상에 표시되는 시스템이다. 우측하단에 있는 십자버튼을 클릭하면 현재 업로드되어있는 예찰 리스트가 표시되는데 작업별, 시간별 정렬이 가능하다.

업로드된 작업결과는 조류 폐사체 예찰, 농가 역학조사, CCTV 감시로 표시가 되며 색상으로도 구분할 수 있다. 각각의 작업결과를 선택하며 상세정보를 확인할 수 있는데 조류예찰의 경우 UAV가 비행한 경로가 표시되며 폐사체가 발견된 위치가 점으로 표시되는 등의 기능을 제공한다.

우측의 리스트에서는 작업 기간과 작업자를 확인할 수 있으며 현재 진행상태도 확인할 수 있으며 리스트에서도 선택하면 상세페이지로 이동할 수 있다.

전문가와 작업자는 메인페이지에서 로그인이 가능하다.

#### 다. 로그인 페이지

메인페이지에서 우측 상단의 로그인 버튼을 누르면 이동하는 페이지로 전문가와 작업자가 업무 지시 및 확인, 자료 업로드를 위하여 이용하는 기능이다.

시스템 안정 및 보안상의 이유로 신규가입 기능은 별도로 제공하지 않고 있으며 신규계정 생성을 위하여서는 서버관리자에게 필요정보를 제공하면 계정을 생성하여 지급하는 방식으로 운영하고 있다.

계정과 관련된 정보로는 아이디, 패스워드, 이름, 신분, 소속, 전화번호, 이메일을 요구하고 있다. 해당 정보는 서버 DB에 저장되어 있으며 작업자 지정 등을 할 때 해당 DB에서 자료를 가져와서 활용하게 된다.

신분은 작업자/전문가로 나누어지며 로그인한 후에 전문가의 경우 예찰 업무를 작성하고

작업자에게 전달, 작업자의 경우 부과된 업무를 확인하고 결과 보고를 작성할 수 있게 된다.  
전화번호와 이메일의 경우 긴급상황 시 연락에 활용하도록 하고, 아이디와 PW 분실 시에도 본인 확인용으로 사용하도록 한다.

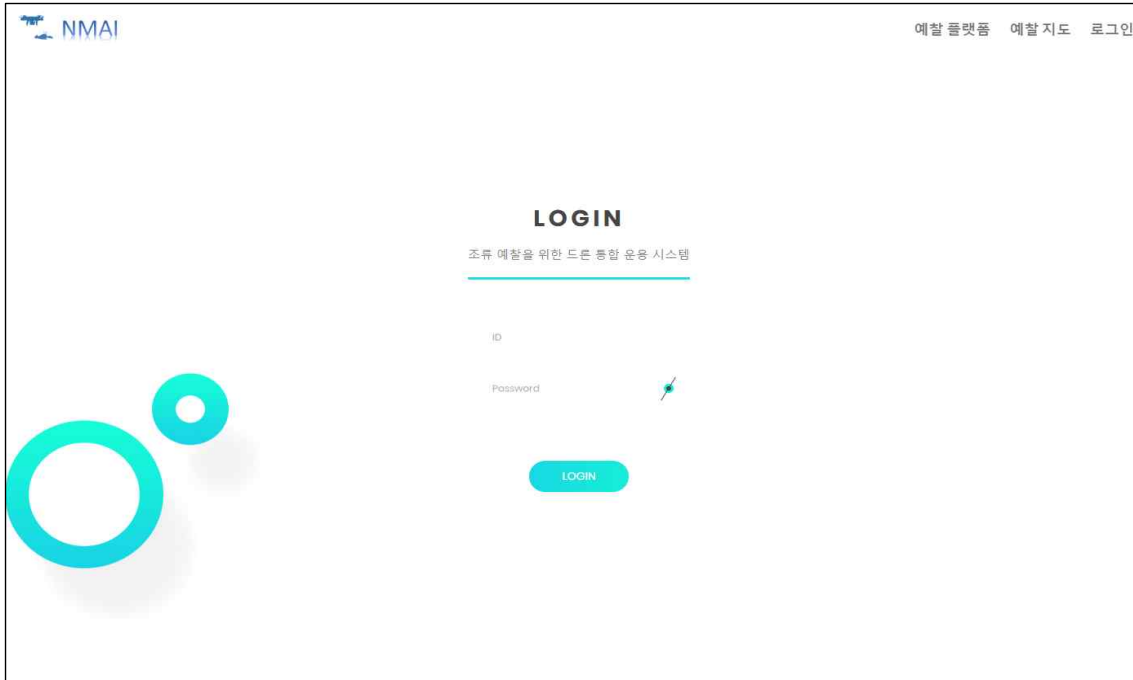


그림 186 로그인 페이지

라. 전문가 페이지

예찰 업무 명령을 작성하고 작업자에게 해당 명령을 전달할 수 있는 기능을 담당하는 페이지이다.

- 기존에 작성하거나 전달했던 예찰 업무들 확인 기능(작업자, 전달 일자, 진행 상황 및 결과)

- 신규 예찰 업무 명령 작성

조류예찰: 지역(범위), 지시 일자, 작업자 지정, (기간 지정이나 반복 지정)

전문가는 지시 일자를 여러 날짜 선택하고 작업자에게는 일자별로 업무가 생성되는 시스템

농가 예찰: 농가, 지시 일자, 작업자 지정

(농가 정보도 간략하게 입력할 수 있으면 좋을 것 같음. 품종이나 육종 수, 해당 정보가 나중에 전문가가 영상 볼 때 같이 뜨면 좋을 것 같습니다. 전문가가 보통 농림부 관계자이므로 관련 정보를 가지고 있을 것으로 보임)

CCTV 예찰: CCTV 위치, 지시 일자, 작업자 지정, 지시 기간)



- 기존 예찰 업무 수정 기능

- 작업자 조회 기능

- 전문가에게 작업이 전달되면 전문가에게 연락이 가는 시스템

마. 작업자 페이지

작업자로부터 작업지시를 받고, 이에 관한 결과를 작성하는 기능을 담당하는 페이지

- 기존에 작성하거나 전달받은 예찰 업무들 확인 기능(전문가, 전달 일자, 진행 상황 및 결과)

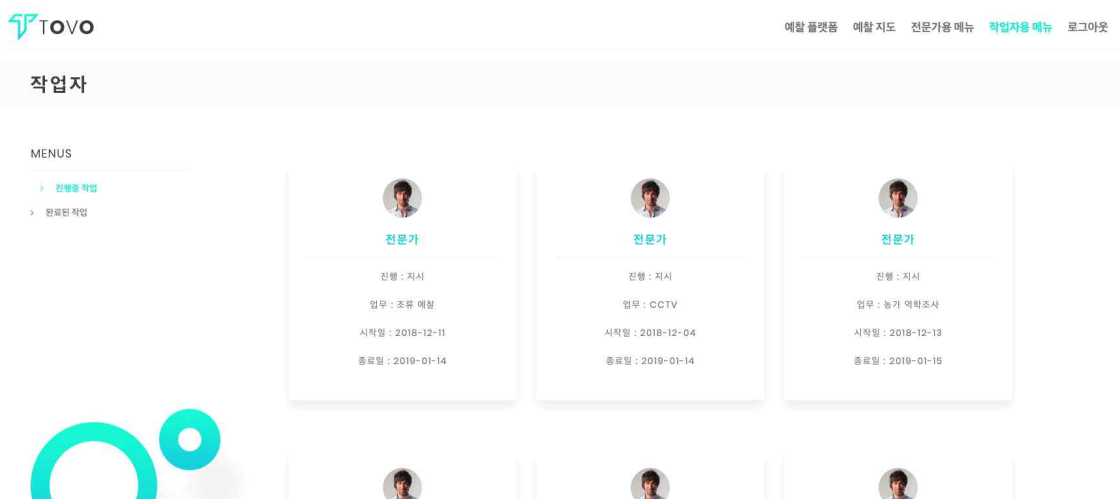


그림 187 상세 작업 페이지

- 기존 예찰 결과 수정

- 게시물 내 올리기 기능(UAV 비행 로그 파일, 사진 파일)

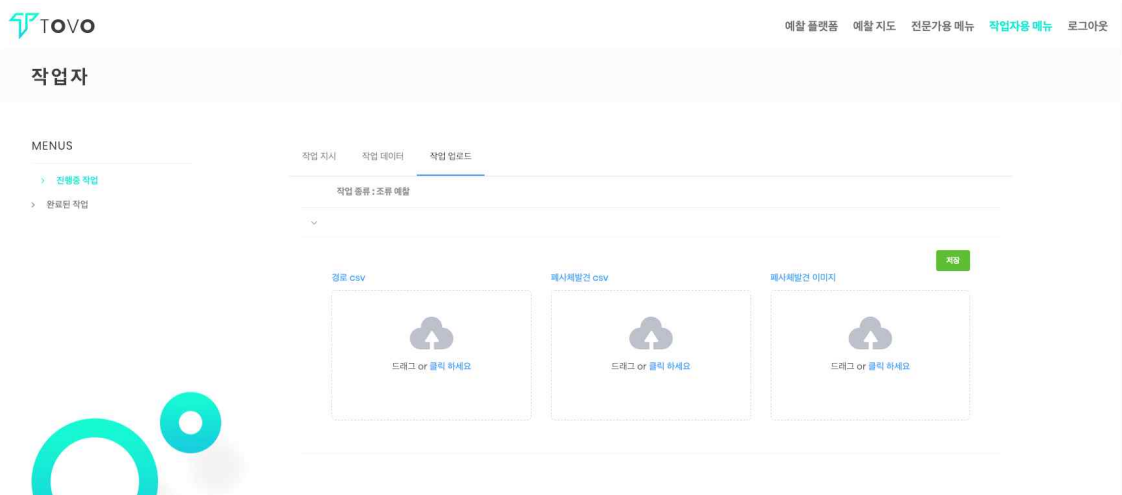


그림 188 결과 업로드 페이지

조류예찰: 작업(범위, 지시범위와는 다를 수 있음), 작업 일자, 작업 경로, 작업 기록,

발견 시(여러건 일 수 있음) - 발견 위치, 사진, 발견확률  
 농가 예찰: 농가, 작업 일자, 작업한 사진(등), 작업 기록  
 CCTV 예찰: CCTV 일간 이력 통계 -> 선택하면 상세 이력을 볼 수 있도록

바. 조류예찰 결과 페이지

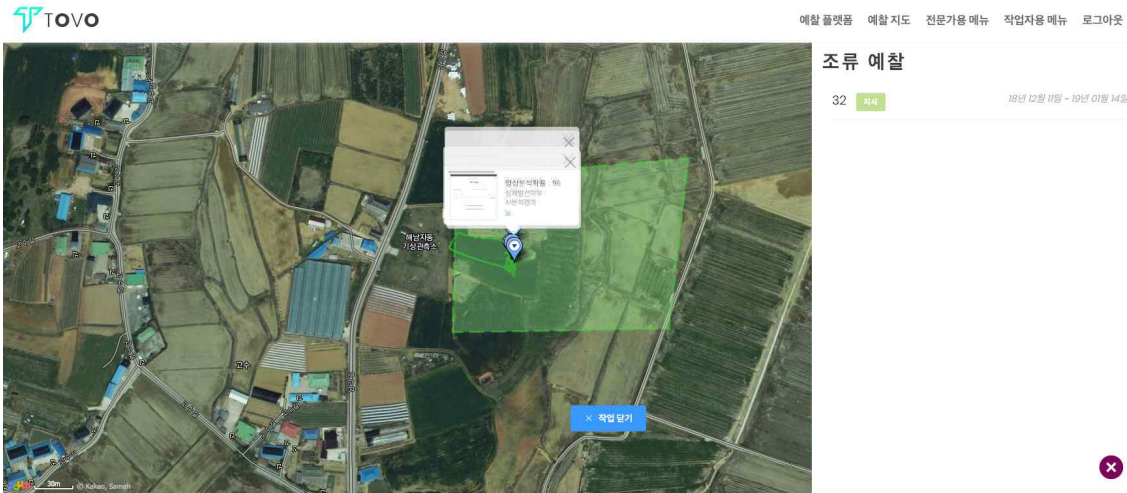


그림 189 조류예찰 페이지

□ 설명

조류 예찰 결과 보고서 파일첨과 비행 로그 파일을 업로드 하고 확인할 수 있는 페이지.  
 메인 페이지에서 조류 예찰 관련 포인트를 선택하면 좌측엔 지도와 우측엔 표 형태로 내용을 기재

□ 기능

- UAV 비행 로그 파일을 통해 비행경로 지도상으로 표시
- 폐사체가 발견된 위치 정보를 지도에 표시해주고 해당 지점을 찍은 사진도 같이 보여줌.
- 이미지 분석결과 확률값을 표시
- 지점 선택 시 상세정보 확인 가능(작업일시, 작업지역, 작업자, 영상분석확률, 발견 위치, 실제 발견 여부, A.I. 확진 여부)

사. 농가 역학조사 페이지

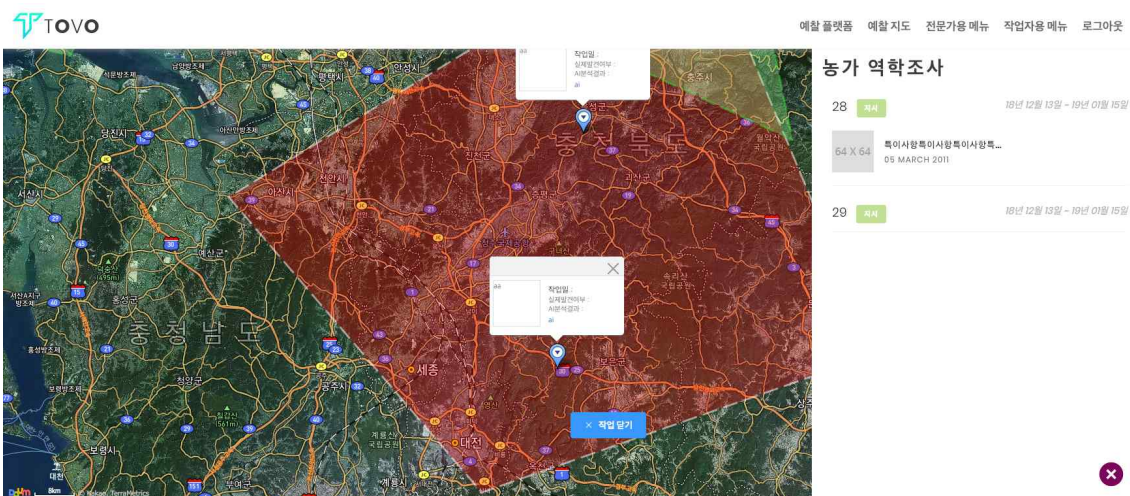


그림 190 농가 역학조사 페이지

□ 설명

- 메인 페이지에서 농가 예찰 관련 포인트를 선택하면 나오는 페이지로 농가 예찰 비행 촬영한 사진을 확인할 수 있는 페이지
- 역학조사를 실시하는 수의사분들이 현장을 방문하지 않아도 현장 상황을 확인할 수 있도록 현장의 상태를 표시

□ 기능

- 게시물 내 업로드기능(사진 파일)
- 농가 사진을 3D 맵핑한 사진과 2D 맵핑한 평면에서 구역별로 촬영한 사진을 보여주는 방식으로 구성

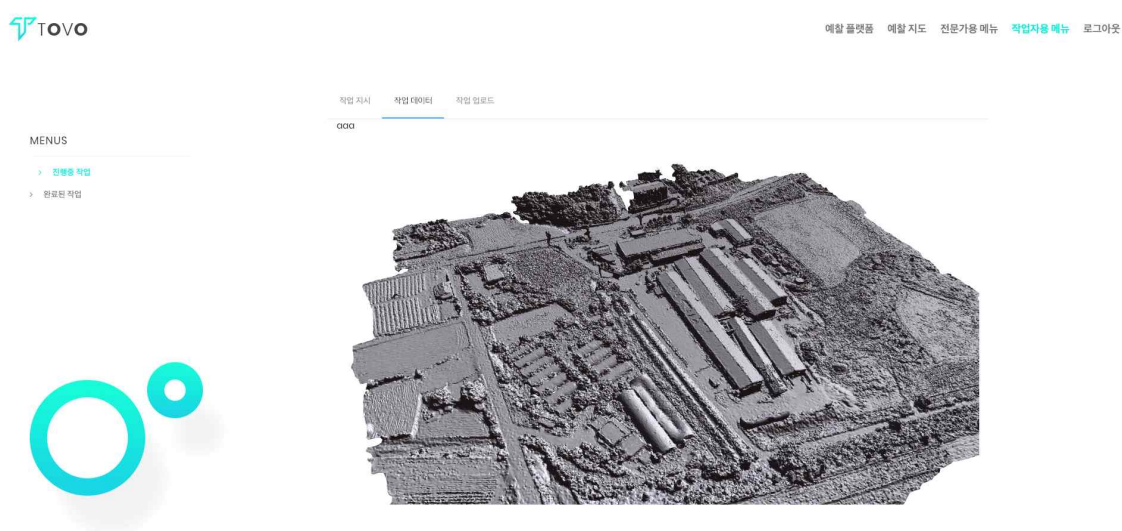


그림 191 농가 역학조사 모델링 사진

아. 방역대 감시 페이지

MENUS

- > 진행중 작업
- > 완료된 작업



작업 지시일 : 2018-12-26 작업 시작일 : 2018-12-04 작업 종료일 : 2019-01-14

전문가 : 전문가 작업자 : 작업자

작업 종류 : CCTV 작업 진행률 : 지시 작업 진행률 :

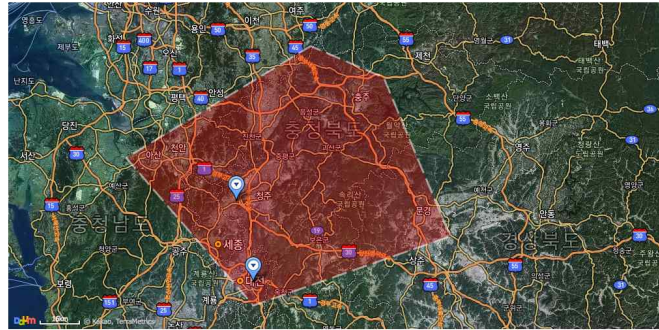


그림 192 방역대 감시 페이지

□ 설명

- 농가 주변에 설치한 CCTV에서 촬영한 결과를 바탕으로 분석한 결과를 보여주는 페이지
- 메인 페이지에서 CCTV와 관련된 포인트를 선택하면 나오는 페이지로 좌측엔 지도와 우측엔 일자별 보행량, 차량 통행량 통계로 작성
- 상세보기를 선택하면 사람이나 차량이 지나간 시간 정보까지 표현

□ 기능

- CCTV 설치 위치를 지도상에 표시
- 방역대 감시 결과(차량 번호판 분석, 차량 통행량)
- 상세보기에서 보행인 정보는 보행인이 지나간 시간, 차량은 차량이 지나간 시간, 차량 종류, 차량 번호판을 보여준다.

## 9절. 플랫폼 및 데이터베이스의 현장실용화를 위한 운영 매뉴얼 개발

### 1. 예찰용 드론(K Mapper) 운영 매뉴얼 개발

#### 가. 필요성 및 목적

조류 인플루엔자 예찰 및 방역 업무를 위하여 본 연구에서 개발한 Kmapper를 사용하는 데 있어 비전문가도 손쉽게 사용할 수 있도록 운영 매뉴얼을 개발하였다.

#### 나. 연구 방법

매뉴얼의 기본적인 구성은 연구팀(시스테크)에서 기존에 제작하였던 다른 UAV 제품들의 매뉴얼과 현재 시중에 유통 중인 다른 회사의 UAV 제품들의 매뉴얼을 참조하였다. 또 매뉴얼 제작 기간 중 제품의 특성을 분석하고 운용상에 발생할 수 있는 문제점을 찾아내기 위하여 월 1회씩 비행 테스트를 진행하여 그 과정에서 발견한 문제점을 보완하고 또 매뉴얼에 기록하였다.

#### 다. 연구결과

매뉴얼 내에는 제품에 대한 기본적인 설명, 주의 사항, 기체 운용방법, 기체 관리법이 수록되었고, 예찰 업무에 대한 설명과 예찰 활동을 위한 기체 운영방법이 추가로 정리되었다. 매뉴얼 실제 자료는 보고서 후반부에 첨부하였다.

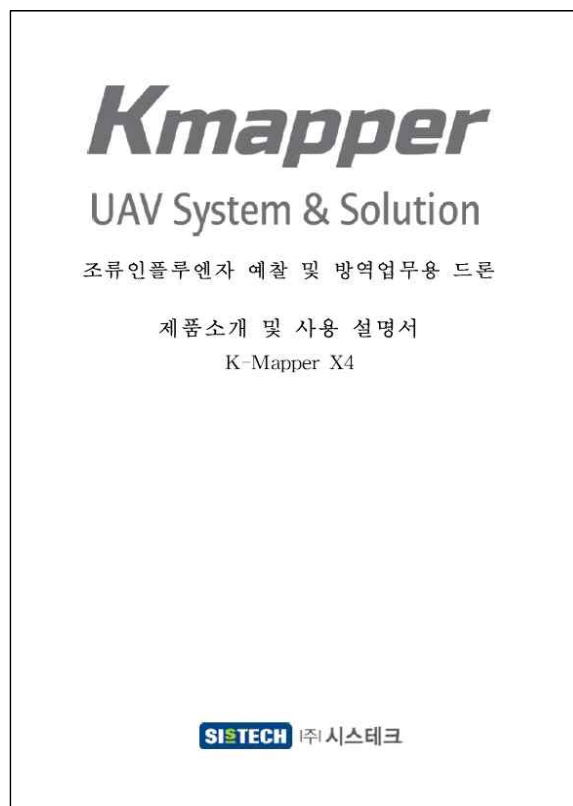


그림 193 Kmapper 운영 매뉴얼 표지



## 2. GCS 프로그램(K-GCS) 운영 매뉴얼 개발

### 가. 필요성 및 목적

UAV 제어에 사용하는 대표적인 GCS로는 QGround Control, Mission Planner 등이 있으나 복잡한 경로를 설정하거나 세부적인 설정값을 조종하기 위해서는 장기간의 경험과 교육이 필요하다. 예찰 및 방역 활동에 종사하는 인력은 대부분 드론 비행에 있어 비전문가들이므로 예상하므로 비전문가도 사용하기 쉬운 GCS를 개발하였다. 이에 따라 이를 운용하기 위한 운용 매뉴얼도 함께 제작하였다.

### 나. 연구 방법

기본적인 프로그램 코드는 오픈 소스 프로그램인 Mission planner의 코드를 이용하였다. 그러면서도 복잡한 부분을 대체하여 간결하면서도 필요기능을 지원하기 위하여 3개의 메인 기능 화면으로 구성하고자 하였다.

- 메인 화면
- 비행 계획화면
- 세부 비행계획 설정 화면

프로그램은 현장의 환경을 고려하여 마우스 클릭만으로 제어할 수 있도록 하였으며, 각각의 화면에 임무 수행 버튼을 구축하여 불필요한 페이지 이동을 줄이고 신속하고 안전하게 비행할 수 있도록 구현하였다.

### 다. 연구결과

3개의 메인 기능 화면에 대한 설명과 전체 시스템을 운용하는 방법에 대하여 정리한 매뉴얼을 제작하였다. 매뉴얼 실제 자료는 보고서 후반부에 첨부하였다.

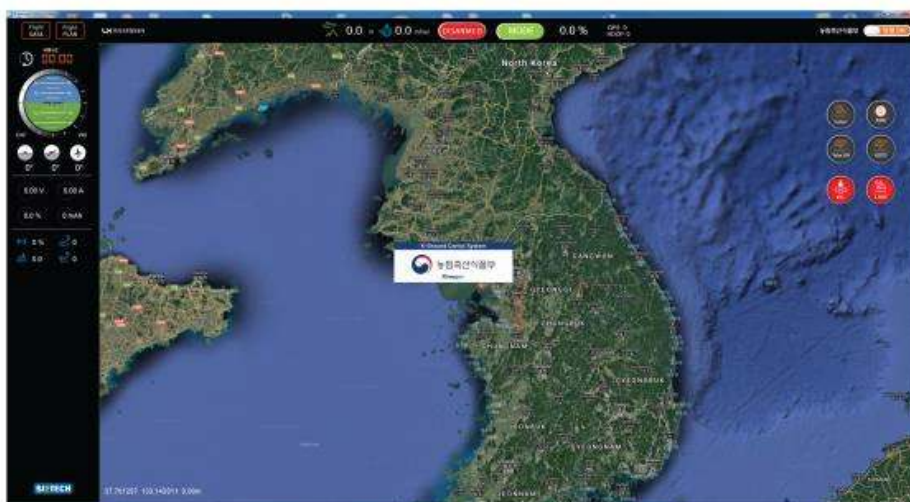


그림 194 K-CGS 메인 화면

### 3. 통합 운영 프로그램(NMAI) 운영 매뉴얼 개발

#### 가. 필요성 및 목적

NMAI란 No More Avian Influenza의 약자로 조류 폐사체 수색과 관련된 항공예찰과 축산농가 역학조사 활동에 대한 작업지시와 그 분석결과를 관리하는 통합 운영 프로그램의 명칭이다. 이 프로그램은 크게 다음과 같은 3가지 기능을 제공한다.

- 예찰 및 역학조사 업무 지시
- 수행한 업무 결과 보고
- 예찰 및 역학조사 결과의 확인

이를 통하여 예찰 및 역학조사의 효율을 증진 시키고자 하였고 이를 통하여 조류 인플루엔자로 인한 농가의 피해를 줄이고자 하였다.

#### 나. 연구 방법

NMAI 운용 매뉴얼은 현장 전문가들과의 인터뷰를 바탕으로 하고 다른 프로그램 운용 매뉴얼을 참조하여 제작하였다. 또 매뉴얼 제작을 위하여 연구 기간 중 프로그램 특성을 분석하고 운용상에 발생할 수 있는 문제점을 찾아내기 위하여 프로그램 제작 업체와 월 1회씩 회의를 진행하였다.

#### 다. 연구결과

NMAI의 배경 및 목적, NMAI의 구성과 기능, 그리고 실제 사용 사용자들(전문가, 작업자)을 위한 설명이 기재된 운용 매뉴얼을 제작하였다. 매뉴얼 실제 자료는 보고서 후반부에 첨부하였다.



그림 195 NMAI의 intro 페이지

## 10절. 시스템 경제성 분석 및 사업화 방안 연구

### 1. 연구 필요성 및 목적

드론을 이용하여 사진 촬영측량 기법을 적용한 조류 및 방역대 예찰 드론은 기존 직원투입 대비 방식과 비교하여

- 철새도래지 근접 비행을 통한 비 가시권 비행
- 높은 고도에서의 촬영
- 작업자 비 접근, 원격 제어를 통한 생산성 증대
- 투입 시간 대비 넓은 촬영 영역 등의 장점이 있다.

이를 통해 기존 직원투입 대비 경제성 증대 효과를 확인하고 아울러서 관련 인력충원에 따른 신성장 일자리를 창출 하며 그 효용을 조류 및 방역대 예찰에 국한하지 않고 농업 예찰과 방역작업, 농가 시설물 관리 등으로 고도화하여 관련 사업을 증대시킬 필요가 있다.

### 2. 연구 방법

최적화된 임무 장비 및 촬영 기술을 개발하고 직접 촬영 및 영상처리를 통하여 투입 비용을 분석하였다. 또한, 지자체 모니터링 및 개발된 방역대 예찰 드론을 실제 농업 예찰 및 농가 시설물 관리 작업에 투입하였다.

### 3. 연구결과

가. 직원투입대비 드론 운영 경제성 분석

나. 사업화 방안

(1) 조류예찰 및 방역대 예찰 드론

(가) 예찰 전용 드론 예찰 성능

드론을 이용하여 예찰 업무를 수행한다고 하였을 때 기본적인 촬영 성능은 다음과 같다.

표 80 예찰 전용 드론 예찰 성능

| 면적        | 비행 고도 | 비행시간    | 사진 매수 | GSD   |
|-----------|-------|---------|-------|-------|
| 1Km x 1km | 100m  | 24분 01초 | 252   | 2.4cm |
|           | 150m  | 18분 55초 | 121   | 3.7cm |

실제로 비행을 수행한다고 했을 때 소요되는 시간은 현장 준비시간 20분, 비행 예찰 25분 (km<sup>2</sup>당)이 소요되고 추가로 영상 분석시간과 현장출동시간이 소요된다.

영상분석의 경우 현장에서 사용하는 일반 GCS 컴퓨터의 경우 약 3~4시간 정도가 필요하고 GPU가 탑재된 고사양컴퓨터의 경우 1시간 25분 이내의 시간이 소요된다. 따라서 실제 사용에서는 현장에서 획득한 영상을 사무실에서 분석하는 식으로 구성하는 것이 더 효율적으로 운용할 수 있겠다.

(나) 예찰 전용 드론 운영시스템

전체 시스템 운영에 있어 영상분석에 걸리는 시간이 크게 차지하는 편이며 통합운영프로그램의 경우 하나의 시스템에 여러 드론시스템을 관리할 수 있으므로 하나의 관제센터에서 시스템을 운영하면서 전송된 영상을 분석하는 식으로 활용하는 것이 좋겠다.



그림 196 예찰 전용 드론 운영시스템

(다) 조류 인플루엔자 예찰 경제성

조류예찰과 방역 활동의 내용이 매우 다양하며 정부만이 아니라 지자체, 축협 등이 참여하여 총비용을 파악하기는 어렵다. 연구팀의 조사결과 다음과 같은 내용은 확인할 수 있었다.

- ◆ 조류인플루엔자 방역예산: 1,756억 원(2017년), 2,194억 원(2012년)
- ◆ 충청북도: 방역예산 304억 원, 43,631만 명 방역동원(2016년)
- ◆ 환경부 조류예찰: 200개소 x 2인 x10일 = 연 4,000명 동원

개발한 제품의 용도는 예찰과 방역에 사용되어 직접 경제성 비교는 어려운 상황이다. 다만 시군별 관제센터를 운영한다고 하였을 때, 개소당 4억 원을 투입하면 드론 6대와 관제센터 서버를 구축할 수 있을 것으로 판단한다. 이를 활용할 경우 소수의 전문가를 비전문가들이 효율적으로 보조할 수 있을 것으로 본다. 이는 인력대비 예찰 활동이 30배 이상 증가가 가능할 것으로 판단한다.

## (2) 방역대 역학 조사용 드론시스템

### (가) 농가 지역 매핑 및 도면 확인

매핑이란 지형 정보를 도면, 영상 등의 디지털화된 공간정보로 작성하는 작업을 말한다. 이에 개발된 조류 및 방역대 예찰 드론을 사진측량기법을 이용하여 촬영한 다음 상업용 프로그램 ( Pix4d, Photoscan ) 등을 활용하면 비전문가가 다양한 공간정보를 작성 할 수 있으며, 정부에서 제공하는 수치 도면이나 지적도 등의 디지털화된 도면을 중첩해서 시설물 관리 및 도면 작성으로 수행 가능하다.

### (나) 정사 영상 제작

정사영상이란 하늘에서 연직방향으로 작성된 영상을 말하며, 영상에 좌표화된 공간정보를 첨부하여 지도 제작을 할 수 있는 영상이다.



그림 197 농가 정사 영상

정사 영상은 유인기 또는 무인기로 항공촬영을 통하여 작성 가능하며, 유인기의 영상 해상도는 10cm 전후이며 무인기로 만든 영상 해상도는 5cm 이내로 작성되므로 무인기로 만든 정사영상이 고품질의 정사영상을 획득 할 수 있다. 맵핑이란 지형 정보를 도면, 영상 등의 디지털화된 공간정보로 작성하는 작업을 말한다.





그림 198 농가 주변 정사 영상 ( 주변 저수지 포함 )

농가 주변 도로 및 저수지와 소형 하천과의 연결 상태를 확인하고 이를 토대로 방역대 관리가 쉬움.

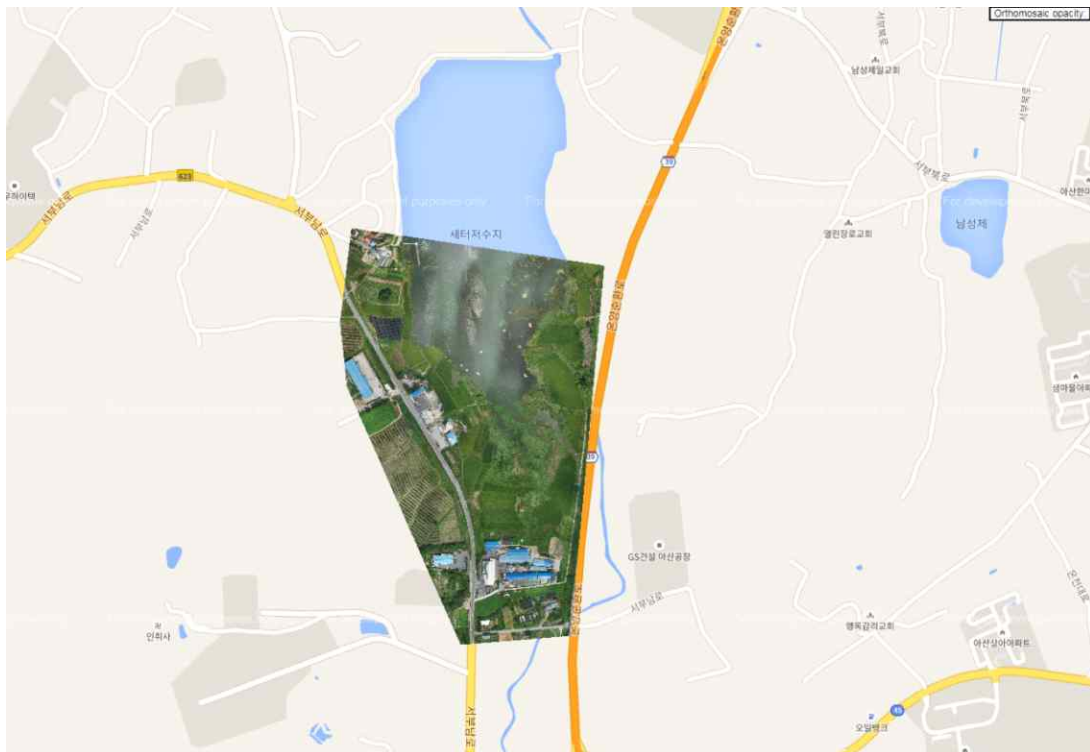


그림 199 농가 주변 구글 지도 구현 ( 주변 저수지 포함 )

제작된 정사 영상은 고정밀 고해상도 영상으로 구글 지도에도 연동이 되어 활용성이 높다.

(다) 시설물 길이 계측 가능  
 농가 내부 시설물에 대한 원격 치수 계측이 가능하여 농가 관리가 쉬워진다.



그림 200 창문 치수 계측

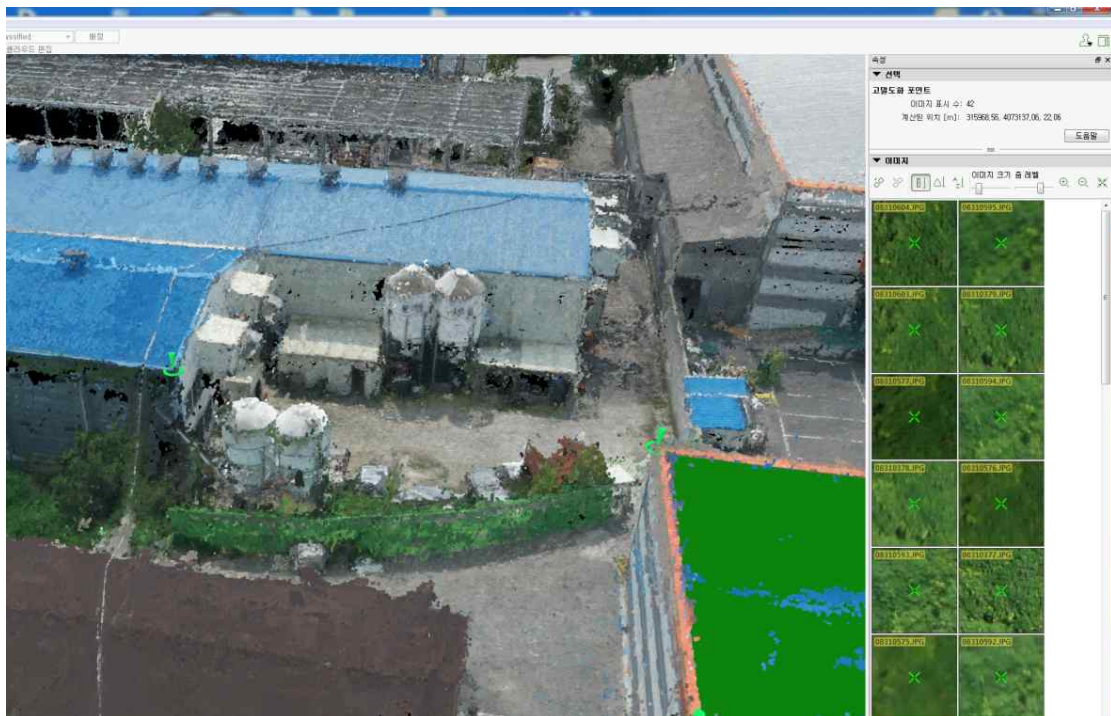


그림 201 울타리면 치수 계측



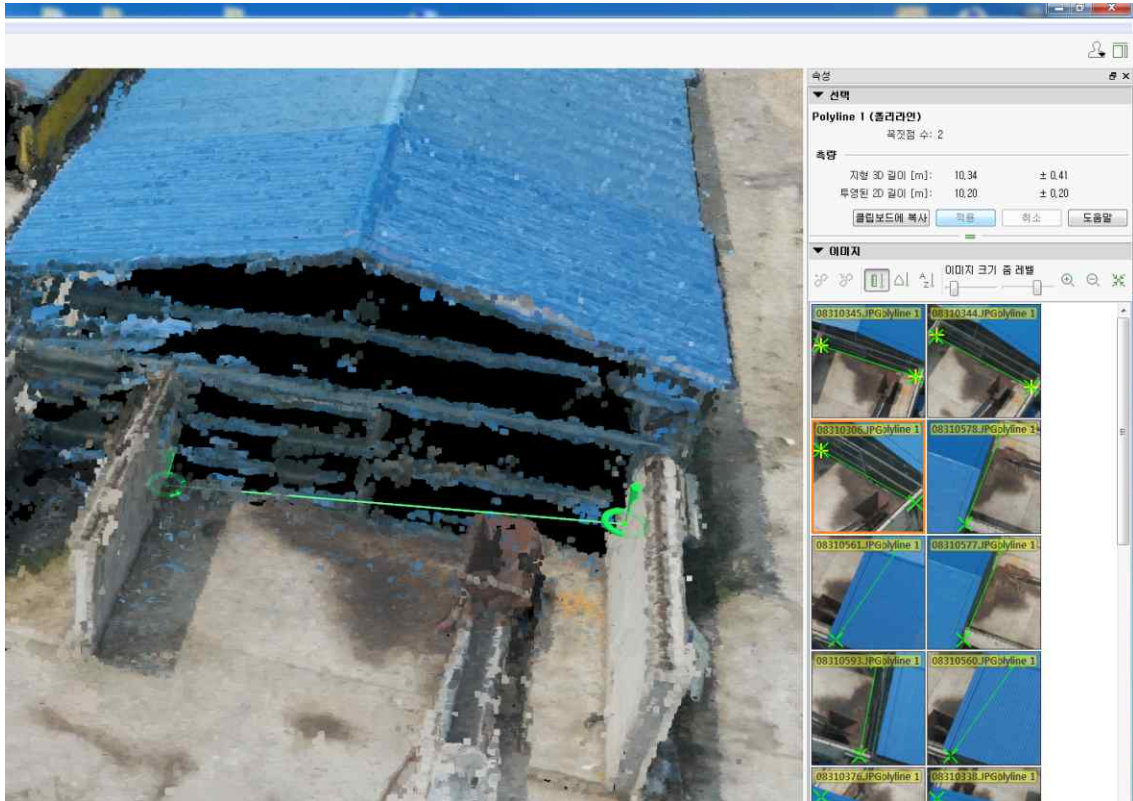


그림 202 측면 내부벽 치수 계측

(라) 시설물 면적 계측  
 농가 내부 시설물에 대한 지붕 면적이나 대지면적 계측이 가능하여 농가 관리가 쉽다.

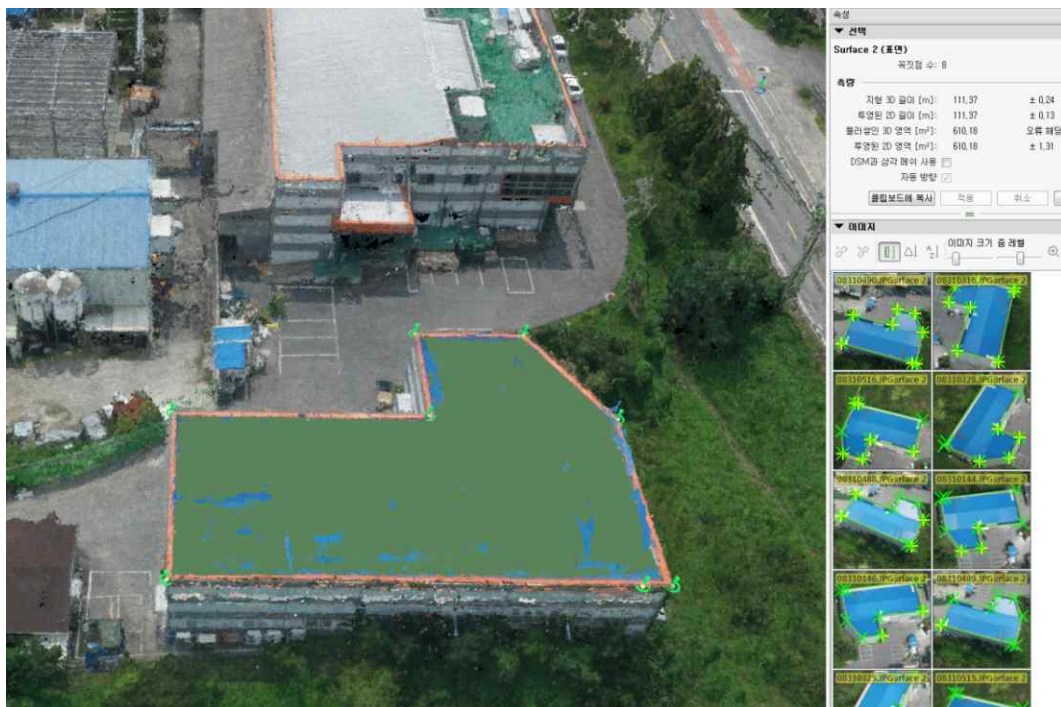


그림 203 시설물 면적계 측

(마) 3차원 체적 계측

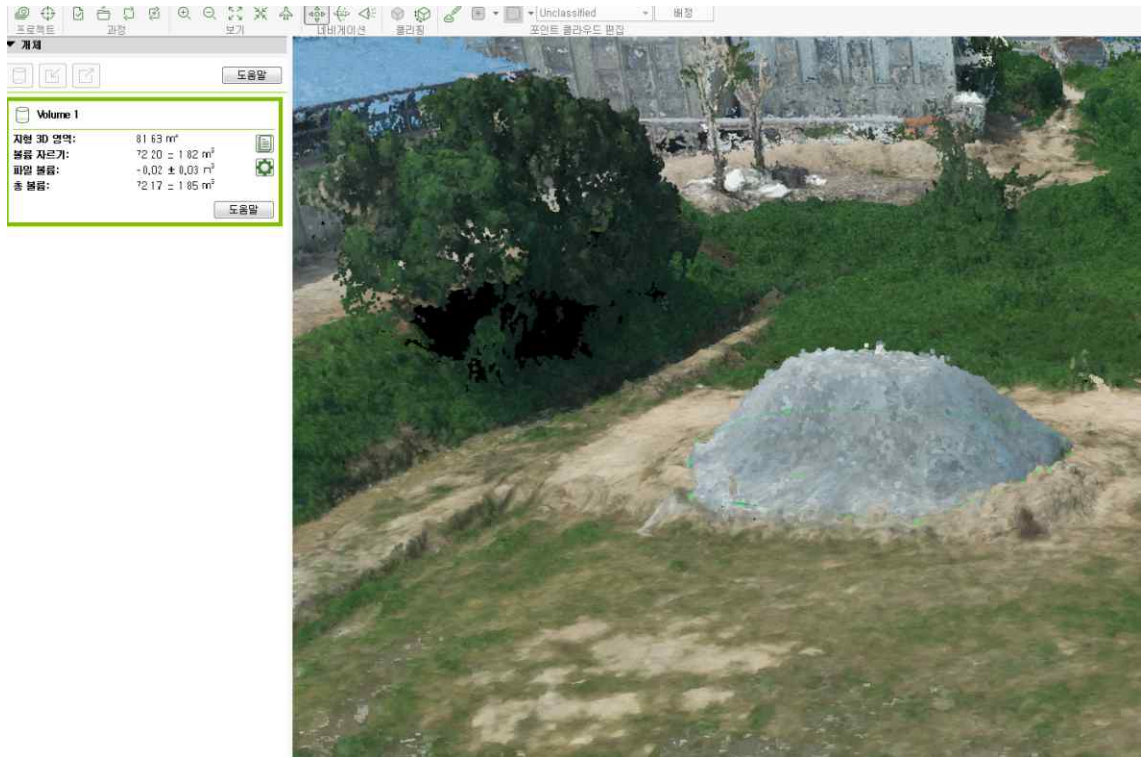


그림 204 매립지 체적계 측

(바) 차량 유무 확인



그림 205 차량 유무 확인



(사) 매핑 도면과 수치 지도 정합으로 건축물 정위치 확인 및 불법 건축물 비교



그림 206 수치 지도 정합 도면

(아) 주기별 변화 탐지

표 81 주기별 변화 탐지

| 촬영 일자     | 내용                              | 사진 |
|-----------|---------------------------------|----|
| 2017년 11월 | 매립지<br>부분<br>지붕 부분<br>후면<br>울타리 |    |



|                 |  |   |
|-----------------|--|---|
| <p>2018년 6월</p> | <p>매립지<br/>부분<br/>지붕 부분<br/>후면<br/>울타리</p> |   |
| <p>2018년 9월</p> | <p>매립지<br/>부분<br/>지붕 부분<br/>후면<br/>울타리</p> |  |

### (3) 농업용 예찰 드론

#### (가) 예찰용 드론의 정의

- 농경지에 대한 현장 영상 확인 및 정밀 센서를 이용한 생육상태 분석을 포함하는 분석시스템을 의미함

- 넓은 지역에 대한 정기적 예찰 활동을 통해 비료투입 시기 및 약제 살포 시기를 과학적으로 판단하고 Data base를 구축함으로써 향후 빅데이터 분석을 통해서 4차 혁명 시대의 과학 영농의 기반을 구축함.

(나) 예찰용 드론 운영 개념도



그림 207 예찰용 드론 운영 개념도

가) 정밀농가 (면 단위 생산자 조합 활용)

- 농협 단위로 정밀농업을 구현 할 때 경제적인 농경지 농작물 예찰 플랫폼으로 활용 가능
- 농업에 필요한 Decision Marking Software는 별도 추가적 연구 필요

나) 운영 모델

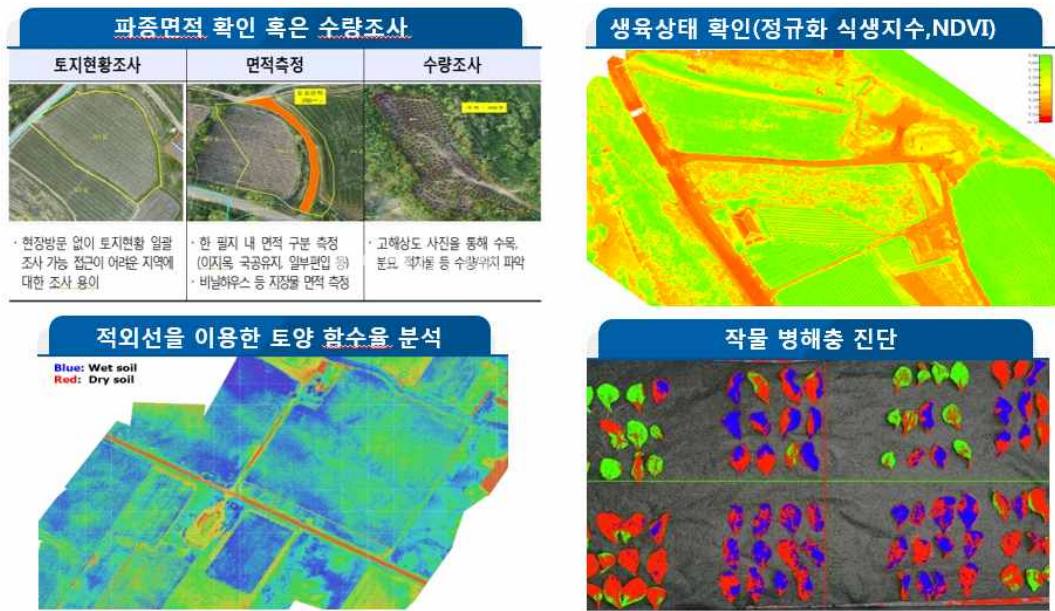



그림 208 예찰용 드론 운영 모델

(다) 시스템 특징점



- 가) 국산화율 90% 국내기술 드론시스템
- 나) 자체생산증명 획득 제품
- 다) 임무 장비 교체장치 특허출원 제품
- 라) 서울대 농생명 대학 공동 개발 드론시스템
- 마) 3D 매핑, 영상처리 전문업체 개발 시스템
- 바) 국내기술 AS 시스템

(라) 시스템 구성

표 82 예찰용 드론시스템 구성도

| 구분                 | 내용   |
|--------------------|--|
| K-Mapper<br>드론시스템  |    |
| RGB<br>고해상도카메<br>라 |  |
| NDVI 카메라           |  |



|                    |   |
|--------------------|---|
| <p>동영상<br/>카메라</p> |   |
| <p>GCS System</p>  |  |

(마) 드론 플랫폼

표 83 드론시스템 플랫폼

| 구분      | 내용       | 예상 단가    | 비고         |
|---------|----------|----------|------------|
| 드론시스템   | 드론       | 2,200만 원 | RTK System |
| RGB 센서  | 스틸 이미지   | 300만 원   | 마운트 포함     |
| NDVI 센서 | NDVI 이미지 | 500만 원   | 마운트 포함     |
| 동영상 센서  | 동영상 이미지  | 500만 원   | 짐벌 포함      |
| GCS 시스템 | 드론 운영    | 500만 원   | LTE 탑재     |
| 합계      |          | 4,000만 원 |            |

(바) 예찰용 드론 운영

가) 동영상 촬영

- 농경지에 대한 1일 1회 정기순찰 자동 비행으로 현장 확인
- 동영상 데이터 주기별 저장
- 배수로, 작물 상태 등 확인



그림 209 자동경로 비행

나) RGB 영상촬영

- 주 1회 주기적 촬영
- 자사 DB Cloud 데이터 업로드
- 작물에 성장 확인을 위한 고정밀 고해상도 영상 취득
- 작물 생육 주기적 확인을 위한 데이터 취득
- 3D 모델링을 통한 작물 크기 측정
- 작물의 키높이 cm 급 측정 가능
- 주기적 DB 구축으로 생육상태 비교



그림 210 작물 사이즈 측정

다) NDVI 영상촬영

- 주 1회 주기적 촬영
- 작물에 성장 확인을 위한 NDVI 영상 취득
- 자사 DB Cloud 데이터 업로드
- 작물의 작황 상태 디지털 모니터링
- 병충해 발병 사전 모니터링
- 동절기 토양 유기질 모니터링

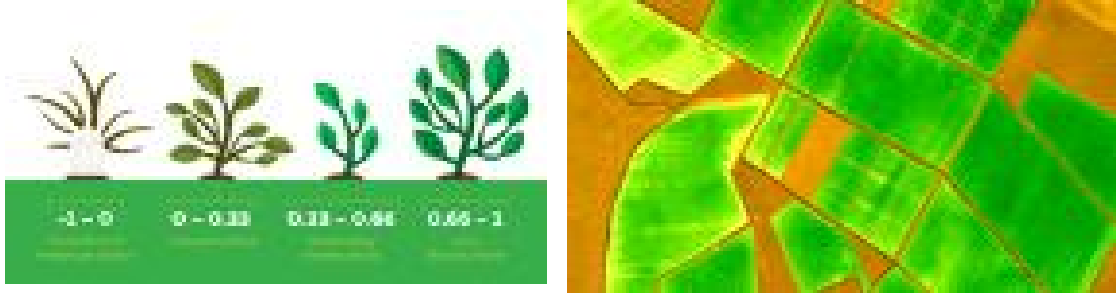


그림 211 작물 NDVI 분석 (1)

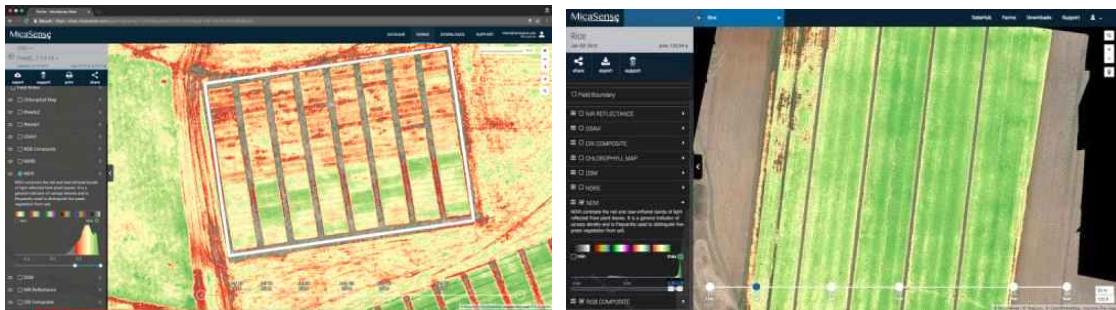
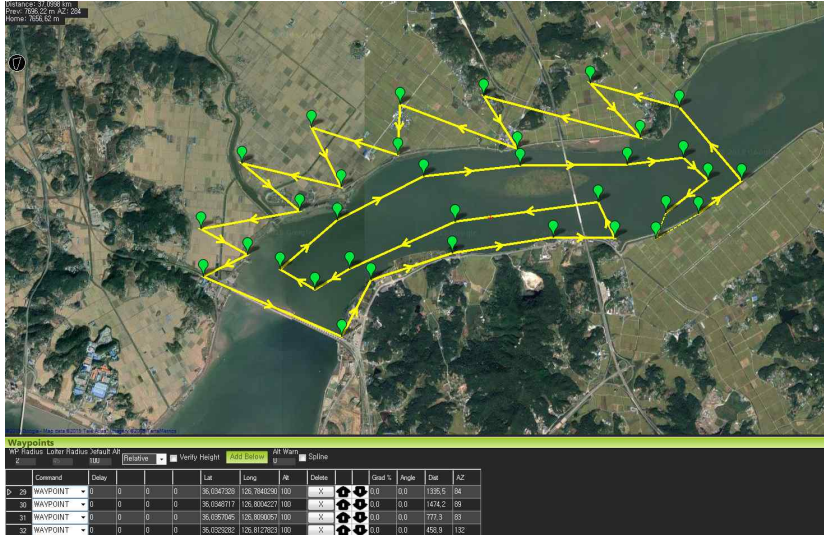


그림 212 작물 NDVI 분석 (2)

(사) 조류 이동 및 개체 확인용 예찰 드론시스템

가) 동영상 촬영

- 조류출몰지에 대한 1일 1회 정기순찰 자동 비행으로 현장 확인
- 동영상 데이터 주기별 저장



나) 고화질 스틸 이미지 촬영 및 객체 분석

- 조류출몰지에 고화질 스틸 이미지를 통한 영상분석
- 객체분포 및 객체 수 확인



### 3장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

#### 1절. 목표

| 구분       | 연구목표  | 연구개발 내용 및 범위                                    | 달성도 |
|----------|---|---|-----|
| 1차<br>년도 | 드론 예찰 및 방역 통합 운영 프로그램 연구 및 시스템 설계           | • 드론 예찰 및 방역 활동에서 발생하는 데이터 분석 및 DB 설계           | 100 |
|          |   | • 드론 지상 제어 시스템(GCS) 분석 및 경로설정 알고리즘 연구           | 100 |
|          |   | • 예찰 및 방역 통합 운영 프로그램 개발을 위한 철재 생태 분석 및 방역대 분석   | 100 |
|          |   | • 드론 예찰 및 방역대 감시 시스템 구축을 위한 범규·제도 분석            | 100 |
|          |   | • 드론 예찰 및 방역 통합 운영 프로그램 시스템 설계                  | 100 |
|          | 철재 폐사체, 사람·차량 이동 식별 및 위치분석을 위한 영상 처리기술 개발 ① | • 드론 촬영 항공 영상 매핑 및 관심 영역 분리 기술개발                | 100 |
|          |   | • 항공 영상의 전처리 기술개발                               | 100 |
|          |   | • 철재 폐사체, 사람, 차량 이동영상 추출기술 개발                   | 90  |
|          |   | • 고정식 CCTV를 활용한 방역대 이동제한 범위내 사람·차량 이동영상 처리기술 개발 | 100 |
|          | 정밀 예찰 및 방역 감시용 드론 작동 시스템 개발                 | • 드론 활용 극대화를 위한 구조 및 flight system 설계 및 시제품제작   | 100 |
|          |   | • 지상 고도유지 비행 system 구축을 위한 센서 테스트               | 100 |
|          |   | • Multi-Sensor system 구축을 위한 장착 Kit 디자인 및 제작    | 100 |
|          |   | • 정밀한 비행과 위치 정보를 위한 RTK GPS system 선정 및 테스트     | 100 |

|                                       |   |   |     |
|---------------------------------------|---|---|-----|
| 2차<br>년도                              | 드론 예찰 및 방역 통합 운영 프로그램 연구 및 시스템 개발             | • 드론 예찰 및 방역 통합 운영 프로그램 개발                      | 100 |
|                                       |   | • 현장 시운전을 통한 시스템 성능검증 및 보완방안 제시                 | 100 |
|                                       |   | • 조류 폐사체 예찰 및 방역대 감시 드론 최적 운영 모델 개발             | 100 |
|                                       |   | • 개발 플랫폼 및 데이터베이스의 현장실용화를 위한 운영 매뉴얼 개발          | 100 |
|                                       | 철새 폐사체, 사람·차량 이동 식별 및 위치분석을 위한 영상 처리기술 개발 (Ⅲ) | • 철새 폐사체, 사람·차량 이동영상의 식별모델 개발                   | 100 |
|                                       |   | • 적외선 항공 열 영상 온도보정 기술개발                         | 100 |
|                                       |   | • 적외선 항공 열 영상 온도추출 및 분석기술 개발                    | 100 |
|                                       |   | • 고정식 CCTV를 활용한 방역대 이동제한 범위내 사람·차량 이동영상 처리기술 개발 | 100 |
|                                       |   | • 철새 폐사체, 사람·차량 이동식별을 위한 영상처리기술의 성능평가           | 95  |
|                                       | 정밀 예찰 및 방역 감시용 드론 현장 검증 및 비행법 연구              | • 드론 활용 극대화를 위한 구조 및 flight system 구축           | 100 |
|                                       |   | • 지상 고도유지 비행 system 구축                          | 100 |
|                                       |   | • Multi-Sensor system 구축을 위한 장착 Kit 장착          | 100 |
| • 정밀한 비행과 위치 정보를 위한 RTK GPS system 구축 |   | 100   |     |

## 2절. 목표 달성여부

(단위 : 건수, 백만원, 명)

| 성과목표    |        |       |       |            |     |     |     |     |       |      |       | 연구기반지표 <sup>1</sup> |       |          |       |       |       |          |       |                |
|---------|--------|-------|-------|------------|-----|-----|-----|-----|-------|------|-------|---------------------|-------|----------|-------|-------|-------|----------|-------|----------------|
|         | 지식 재산권 |       |       | 기술 실시 (이전) |     | 사업화 |     |     |       |      | 기술 인증 | 학술성과                |       |          |       | 교육 지도 | 인력 양성 | 정책 활용·홍보 |       | 기타 (타 연구 활용 등) |
|         | 특허 출원  | 특허 등록 | 품종 등록 | 건수         | 기술료 | 제품화 | 매출액 | 수출액 | 고용 창출 | 투자유치 |       | 논문                  |       | 논문 평균 IF | 학술 발표 |       |       | 정책 활용    | 홍보 전시 |                |
|         |        |       |       |            |     |     |     |     |       |      |       | SCI                 | 비 SCI |          |       |       |       |          |       |                |
| 단위      | 건      | 건     | 건     | 건          | 백만원 | 건   | 백만원 | 백만원 | 명     | 백만원  | 건     | 건                   | 건     | 건        | 명     | 건     | 건     |          |       |                |
| 가중치     | 10     | 15    |       | 20         |     | 20  |     |     |       |      |       |                     | 15    |          | 10    |       | 5     | 5        |       |                |
| 최종목표    | 1      | 1     |       | 1          |     | 2   |     |     |       | 1    | 1/1   | 2                   | 3     |          | 2     |       | 1     | 4        |       |                |
| 1차년도    |        |       |       |            |     |     |     |     |       |      |       |                     | 1/1   |          |       |       |       | 1/1      |       |                |
| 2차년도    | 3/1    |       |       |            |     | 1/2 |     |     |       | 1/0  | 1/1   |                     | 3/2   |          | 0/1   |       | 2/1   | 1/1      |       |                |
| 소 계     | 3/1    |       |       | 0/1        |     | 1/2 |     |     |       | 1/0  | 1/1   |                     | 4/3   |          | 0/1   |       | 2/1   | 2/2      |       |                |
| 종료 1차년도 |        | 1     |       |            |     |     |     |     |       | 1    |       |                     |       |          | 1     |       |       | 1        |       |                |
| 종료 2차년도 |        |       |       |            |     |     |     |     |       |      |       |                     |       |          |       |       |       | 1        |       |                |
| 종료 3차년도 |        |       |       |            |     |     |     |     |       |      |       |                     |       |          |       |       |       |          |       |                |
| 종료 4차년도 |        |       |       |            |     |     |     |     |       |      |       |                     |       |          |       |       |       |          |       |                |
| 종료 5차년도 |        |       |       |            |     |     |     |     |       |      |       |                     |       |          |       |       |       |          |       |                |
| 소 계     |        | 1     |       |            |     |     |     |     |       | 1    |       |                     |       |          | 1     |       |       | 2        |       |                |
| 합 계     | 1      | 1     |       | 1          |     | 2   |     |     |       | 1    | 1     | 2                   | 3     |          | 2     |       | 1     | 4        |       |                |

(가) 예찰용 드론 상품화 완료 ( 농업 예찰 및 공간정보 구축용 )

| 농업용 예찰드론 상품화   |                | 공간정보 구축용 드론 상품화 |                |
|----------------|----------------|-----------------|----------------|
|                |                |                 |                |
| <b>내 용</b>     | <b>금 액(만원)</b> | <b>내 용</b>      | <b>금 액(만원)</b> |
| 드론 시스템         | 2,000          | 드론 시스템          | 2,000          |
| RGB Sensor     | 300            | RGB Sensor      | 300            |
| Thermal Sensor | 700            | PPK GPS         | 1,200          |
| Rededge Sensor | 900            | Rededge Sensor  | 900            |
| GCS System     | 500            | GCS System      | 500            |

그림 214 제품화 카탈로그 및 가격표

(나) 제품 판매 전시 홍보

- 농업 예찰용 공간정보 구축용 드론 판매 홍보 전시 3회 실시

| 무인이동체 산업엑스포                | 2019 드론쇼 코리아        |
|----------------------------|---------------------|
|                            |                     |
| <b>2018 무인이동체시스템산업 엑스포</b> | <b>2019 드론쇼 코리아</b> |
| 농업용 예찰드론 전시홍보              | 공간정보구축/농업용 예찰드론 전시  |
| COEX D2 홀                  | 부산 BEXSCO           |
| 2018. 11. 13 ~ 14          | 2019 01. 24~26      |
| 24개 업체 홍보 상담               | 60여개 관공서 및 업체 홍보상담  |
| 농업용 예찰드론과 방재드론 소개          | 공간정보구축과 농업예찰드론 소개   |

그림 215 판매 홍보 전시 참여

(다) 상품판매 실적



### 농업용 예찰드론

- 판매처 : 지오맥스(주)
- 용 도 : 무인기이용 사료작물 정밀재배 관리기술 개발 (농진청 축산과학원)  
- 초지 및 사료 작물 NDVI, 열화상 센서 촬영



| 판매처: 지오맥스(주) |                  | 판매명: 농업용 예찰드론 |                   |
|--------------|------------------|---------------|-------------------|
| 1. 품목명       | 1.27-47-473000   | 2. 품목명        | 2020-21-473100    |
| 3. 품목명       | 3.127-47-473000  | 4. 품목명        | 4.127-47-473000   |
| 5. 품목명       | 5.127-47-473000  | 6. 품목명        | 6.127-47-473000   |
| 7. 품목명       | 7.127-47-473000  | 8. 품목명        | 8.127-47-473000   |
| 9. 품목명       | 9.127-47-473000  | 10. 품목명       | 10.127-47-473000  |
| 11. 품목명      | 11.127-47-473000 | 12. 품목명       | 12.127-47-473000  |
| 13. 품목명      | 13.127-47-473000 | 14. 품목명       | 14.127-47-473000  |
| 15. 품목명      | 15.127-47-473000 | 16. 품목명       | 16.127-47-473000  |
| 17. 품목명      | 17.127-47-473000 | 18. 품목명       | 18.127-47-473000  |
| 19. 품목명      | 19.127-47-473000 | 20. 품목명       | 20.127-47-473000  |
| 21. 품목명      | 21.127-47-473000 | 22. 품목명       | 22.127-47-473000  |
| 23. 품목명      | 23.127-47-473000 | 24. 품목명       | 24.127-47-473000  |
| 25. 품목명      | 25.127-47-473000 | 26. 품목명       | 26.127-47-473000  |
| 27. 품목명      | 27.127-47-473000 | 28. 품목명       | 28.127-47-473000  |
| 29. 품목명      | 29.127-47-473000 | 30. 품목명       | 30.127-47-473000  |
| 31. 품목명      | 31.127-47-473000 | 32. 품목명       | 32.127-47-473000  |
| 33. 품목명      | 33.127-47-473000 | 34. 품목명       | 34.127-47-473000  |
| 35. 품목명      | 35.127-47-473000 | 36. 품목명       | 36.127-47-473000  |
| 37. 품목명      | 37.127-47-473000 | 38. 품목명       | 38.127-47-473000  |
| 39. 품목명      | 39.127-47-473000 | 40. 품목명       | 40.127-47-473000  |
| 41. 품목명      | 41.127-47-473000 | 42. 품목명       | 42.127-47-473000  |
| 43. 품목명      | 43.127-47-473000 | 44. 품목명       | 44.127-47-473000  |
| 45. 품목명      | 45.127-47-473000 | 46. 품목명       | 46.127-47-473000  |
| 47. 품목명      | 47.127-47-473000 | 48. 품목명       | 48.127-47-473000  |
| 49. 품목명      | 49.127-47-473000 | 50. 품목명       | 50.127-47-473000  |
| 51. 품목명      | 51.127-47-473000 | 52. 품목명       | 52.127-47-473000  |
| 53. 품목명      | 53.127-47-473000 | 54. 품목명       | 54.127-47-473000  |
| 55. 품목명      | 55.127-47-473000 | 56. 품목명       | 56.127-47-473000  |
| 57. 품목명      | 57.127-47-473000 | 58. 품목명       | 58.127-47-473000  |
| 59. 품목명      | 59.127-47-473000 | 60. 품목명       | 60.127-47-473000  |
| 61. 품목명      | 61.127-47-473000 | 62. 품목명       | 62.127-47-473000  |
| 63. 품목명      | 63.127-47-473000 | 64. 품목명       | 64.127-47-473000  |
| 65. 품목명      | 65.127-47-473000 | 66. 품목명       | 66.127-47-473000  |
| 67. 품목명      | 67.127-47-473000 | 68. 품목명       | 68.127-47-473000  |
| 69. 품목명      | 69.127-47-473000 | 70. 품목명       | 70.127-47-473000  |
| 71. 품목명      | 71.127-47-473000 | 72. 품목명       | 72.127-47-473000  |
| 73. 품목명      | 73.127-47-473000 | 74. 품목명       | 74.127-47-473000  |
| 75. 품목명      | 75.127-47-473000 | 76. 품목명       | 76.127-47-473000  |
| 77. 품목명      | 77.127-47-473000 | 78. 품목명       | 78.127-47-473000  |
| 79. 품목명      | 79.127-47-473000 | 80. 품목명       | 80.127-47-473000  |
| 81. 품목명      | 81.127-47-473000 | 82. 품목명       | 82.127-47-473000  |
| 83. 품목명      | 83.127-47-473000 | 84. 품목명       | 84.127-47-473000  |
| 85. 품목명      | 85.127-47-473000 | 86. 품목명       | 86.127-47-473000  |
| 87. 품목명      | 87.127-47-473000 | 88. 품목명       | 88.127-47-473000  |
| 89. 품목명      | 89.127-47-473000 | 90. 품목명       | 90.127-47-473000  |
| 91. 품목명      | 91.127-47-473000 | 92. 품목명       | 92.127-47-473000  |
| 93. 품목명      | 93.127-47-473000 | 94. 품목명       | 94.127-47-473000  |
| 95. 품목명      | 95.127-47-473000 | 96. 품목명       | 96.127-47-473000  |
| 97. 품목명      | 97.127-47-473000 | 98. 품목명       | 98.127-47-473000  |
| 99. 품목명      | 99.127-47-473000 | 100. 품목명      | 100.127-47-473000 |

### 공간정보 구축용 드론

- 판매처 : 인천시청
- 용 도 : 지적재조사 사업용 드론
- 판매처 : 성울이앤지(주)
- 용 도 : 한전 송전탑 3D 모델링용 드론



| 판매처: 인천시청 |                  | 판매명: 공간정보 구축용 드론 |                   |
|-----------|------------------|------------------|-------------------|
| 1. 품목명    | 1.27-47-473000   | 2. 품목명           | 2020-21-473100    |
| 3. 품목명    | 3.127-47-473000  | 4. 품목명           | 4.127-47-473000   |
| 5. 품목명    | 5.127-47-473000  | 6. 품목명           | 6.127-47-473000   |
| 7. 품목명    | 7.127-47-473000  | 8. 품목명           | 8.127-47-473000   |
| 9. 품목명    | 9.127-47-473000  | 10. 품목명          | 10.127-47-473000  |
| 11. 품목명   | 11.127-47-473000 | 12. 품목명          | 12.127-47-473000  |
| 13. 품목명   | 13.127-47-473000 | 14. 품목명          | 14.127-47-473000  |
| 15. 품목명   | 15.127-47-473000 | 16. 품목명          | 16.127-47-473000  |
| 17. 품목명   | 17.127-47-473000 | 18. 품목명          | 18.127-47-473000  |
| 19. 품목명   | 19.127-47-473000 | 20. 품목명          | 20.127-47-473000  |
| 21. 품목명   | 21.127-47-473000 | 22. 품목명          | 22.127-47-473000  |
| 23. 품목명   | 23.127-47-473000 | 24. 품목명          | 24.127-47-473000  |
| 25. 품목명   | 25.127-47-473000 | 26. 품목명          | 26.127-47-473000  |
| 27. 품목명   | 27.127-47-473000 | 28. 품목명          | 28.127-47-473000  |
| 29. 품목명   | 29.127-47-473000 | 30. 품목명          | 30.127-47-473000  |
| 31. 품목명   | 31.127-47-473000 | 32. 품목명          | 32.127-47-473000  |
| 33. 품목명   | 33.127-47-473000 | 34. 품목명          | 34.127-47-473000  |
| 35. 품목명   | 35.127-47-473000 | 36. 품목명          | 36.127-47-473000  |
| 37. 품목명   | 37.127-47-473000 | 38. 품목명          | 38.127-47-473000  |
| 39. 품목명   | 39.127-47-473000 | 40. 품목명          | 40.127-47-473000  |
| 41. 품목명   | 41.127-47-473000 | 42. 품목명          | 42.127-47-473000  |
| 43. 품목명   | 43.127-47-473000 | 44. 품목명          | 44.127-47-473000  |
| 45. 품목명   | 45.127-47-473000 | 46. 품목명          | 46.127-47-473000  |
| 47. 품목명   | 47.127-47-473000 | 48. 품목명          | 48.127-47-473000  |
| 49. 품목명   | 49.127-47-473000 | 50. 품목명          | 50.127-47-473000  |
| 51. 품목명   | 51.127-47-473000 | 52. 품목명          | 52.127-47-473000  |
| 53. 품목명   | 53.127-47-473000 | 54. 품목명          | 54.127-47-473000  |
| 55. 품목명   | 55.127-47-473000 | 56. 품목명          | 56.127-47-473000  |
| 57. 품목명   | 57.127-47-473000 | 58. 품목명          | 58.127-47-473000  |
| 59. 품목명   | 59.127-47-473000 | 60. 품목명          | 60.127-47-473000  |
| 61. 품목명   | 61.127-47-473000 | 62. 품목명          | 62.127-47-473000  |
| 63. 품목명   | 63.127-47-473000 | 64. 품목명          | 64.127-47-473000  |
| 65. 품목명   | 65.127-47-473000 | 66. 품목명          | 66.127-47-473000  |
| 67. 품목명   | 67.127-47-473000 | 68. 품목명          | 68.127-47-473000  |
| 69. 품목명   | 69.127-47-473000 | 70. 품목명          | 70.127-47-473000  |
| 71. 품목명   | 71.127-47-473000 | 72. 품목명          | 72.127-47-473000  |
| 73. 품목명   | 73.127-47-473000 | 74. 품목명          | 74.127-47-473000  |
| 75. 품목명   | 75.127-47-473000 | 76. 품목명          | 76.127-47-473000  |
| 77. 품목명   | 77.127-47-473000 | 78. 품목명          | 78.127-47-473000  |
| 79. 품목명   | 79.127-47-473000 | 80. 품목명          | 80.127-47-473000  |
| 81. 품목명   | 81.127-47-473000 | 82. 품목명          | 82.127-47-473000  |
| 83. 품목명   | 83.127-47-473000 | 84. 품목명          | 84.127-47-473000  |
| 85. 품목명   | 85.127-47-473000 | 86. 품목명          | 86.127-47-473000  |
| 87. 품목명   | 87.127-47-473000 | 88. 품목명          | 88.127-47-473000  |
| 89. 품목명   | 89.127-47-473000 | 90. 품목명          | 90.127-47-473000  |
| 91. 품목명   | 91.127-47-473000 | 92. 품목명          | 92.127-47-473000  |
| 93. 품목명   | 93.127-47-473000 | 94. 품목명          | 94.127-47-473000  |
| 95. 품목명   | 95.127-47-473000 | 96. 품목명          | 96.127-47-473000  |
| 97. 품목명   | 97.127-47-473000 | 98. 품목명          | 98.127-47-473000  |
| 99. 품목명   | 99.127-47-473000 | 100. 품목명         | 100.127-47-473000 |

그림 216 판매실적

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

#### 1. 목표 미달성 내용

- 본 연구의 목적 및 내용 중 “철새 폐사체 식별 및 위치분석을 위한 항공 영상 처리기술 개발”이 있음
- 연구기간 중 철새 또는 조류에 대해서는 드론을 활용한 항공 영상을 이용하여 식별 및 위치분석이 가능한 인공지능 기반의 모델을 개발하였으며 그 성능을 입증하였음
- 하지만, 드론을 활용한 항공 영상을 이용하여 철새 폐사체를 식별하는 연구목표는 달성하지 못함

#### 2. 목표 미달성 원인 또는 사유

##### 가. 항공 영상의 해상도 한계

- 본 연구에서 적용한 인공지능 기법은 딥러닝 기반의 조류식별 모델로서 드론으로 촬영된 항공 영상 (RGB 영상)을 이용함
- 야생조류의 예찰을 위한 항공촬영 시 드론은 최소한 50m 이상의 고도로 운행되어야 함. 만일, 50m 이하로 비행하였을 시에는 새들이 도망가는 교란 효과를 발생하여 드론의 운행 및 촬영이 불가하였음
- 실제로 거의 모든 드론 운행은 고도 100m에서 수행되었음
- 또한, 드론의 배터리 문제상 낮은 고도의 비행으로는 넓은 영역의 촬영이 불가능함
- 드론 운행이 가능한 100m의 고도에서 촬영 시 연구에 적용한 고해상도의 RGB 카메라를 사용하더라도 일반적으로 촬영되는 조류 (오리류)의 경우 그림 216과 같이 하나의 개체당 가로×세로 약 40×40픽셀 정도의 픽셀 크기를 가지며 이러한 해상도의 영상정보를 이용할 경우, 조류의 식별은 가능한 것으로 확인되었으나 폐사체인지 아닌지는 구분이 불가하였음



그림 217 100 m 상공에서 촬영된 조류 영상

- 100m의 고도에서 항공 영상의 촬영 시 조류 하나의 개체 당 영상의 공간분해능을 최대 로 얻기 위해서는 드론에 장착된 RGB 카메라에 고성능 망원렌즈를 장착하는 방법이 있음
- 현재 상업적으로 이용되는 드론에 대해 화각이 100 mm 이상인 고성능 망원렌즈를 장 착하는 경우는 거의 없으며 고성능 망원렌즈를 설사 장착한다 하더라도 드론의 항공촬영범 위는 반대로 축소됨
- 즉, 이러한 방식은 드론의 1회 촬영 시 촬영 영역을 크게 제한시키며 표 85와 같은 항 공 영상촬영 조건 (드론속도 50km/h, 20분 촬영, 촬영 오버랩을 0%)으로 촬영 시, 100mm 화 각의 망원렌즈로 촬영했을 때 1회 비행 시 약 500m×500m가량의 영역을 촬영할 수 있음
- 현실적으로 항공촬영 영상은 영상매핑을 위해 오버랩 작업을 거치게 되는데 통상적인 50%의 오버랩을 감안한다면, 1회 비행 시 촬영범위는 1/4 (약 250m×250m)로 축소됨

표 86 렌즈 화각에 따른 촬영범위 (촬영고도:100m, 오버랩: 0% 기준)

| Lens (mm) | object width × height<br>(촬영고도 100m 기준) | 조류 크기 (픽셀)        | 1회 비행 시<br>촬영범위* |
|-----------|---|-------------------|------------------|
| 35mm      | 66.857m × 44.571m                       | 40 pix × 40 pix   | 900m × 900m      |
| 100mm     | 23.4 m × 15.6 m                         | 120 pix × 120 pix | 500m × 500m      |
| 200mm     | 11m × 7m                                | 240 pix × 240 pix | 300m × 300m      |

- 그림 218(a)와 같은 드론에 장착 가능한 최고사양의 카메라를 선정하여 카메라 자체의 해상도를 높일 수 있으며 드론에 적용 가능한 현존하는 가장 높은 해상도인 1억 5천만 화소 의 카메라를 사용하면 본 연구에서 수행한 조건과 동일하게 촬영할 경우 조류 한 마리당 약 90 × 90픽셀의 공간분해능을 얻을 수 있음. 하지만, 이 역시 살아있는 조류와 조류 폐사체 를 구분하기에 충분한 해상도라고 단언할 수 없음
- 또한, 이러한 고성능 카메라의 가격은 현재 약 6000만 원으로 본 연구에서 개발하는 드 론시스템의 적용은 불가함



(a) Phase one XF 150 MP



(b) Samsung NX-500

그림 218 최고사양의 드론 탑재 카메라 (a)와 연구에 적용한 고해상도카메라 (b)

표 87 항공 영상촬영 카메라의 화소 및 가격 비교

| 모델명       | 화소      | 무게 (g)<br>(렌즈제외) | 가격(천원) | 조류 픽셀 수     |
|-----------|---------|------------------|--------|-------------|
| XF 150 MP | 15,100만 | 790              | 58,000 | 90 × 90 pix |
| XF 100 MP | 10,100만 | 790              | 54,000 | 70 × 70 pix |
| NX-500    | 3000만   | 300              | 790    | 40 × 40 pix |

나. 조류의 형상을 이용한 폐사체 구별의 한계

○ 딥러닝 기반의 조류 폐사체 식별모델이 한계를 갖는 첫 번째 이유는 조류 폐사체 식별 모델은 조류의 색상과 형상정보에 기반을 두어 살아있는지 또는 폐사하였는지를 구분한다는 것임

○ 조류는 종류에 따라 다양한 색상을 가지고 있으며 항공으로 촬영되는 영상에는 조류 이외에도 다양한 색상정보를 가지고 있으므로 색상으로 조류의 폐사체를 구분하는 것은 불가능함

○ 조류 폐사체의 경우, 그 형상이 살아있는 조류와는 차별성이 있을 것으로 판단하여 획득이 가능한 지상의 조류 폐사체 영상을 조사, 획득, 분석하였음

○ 일부의 조류 폐사체들의 경우에는 그 형상이 매우 다양하고 제각각이라 패턴인식과 같은 영상처리 방법을 적용하는 것이 불가하였으며 대부분의 폐사체 영상은 상방에서 촬영된 것이 대부분이었으며 이렇듯 상방에서 측정된 영상의 경우는 살아있는 조류와의 차별성을 확인하는 것이 매우 어려움

○ 특히, 본 연구에서 적용한 바와 같이 항공 영상의 경우에는 모든 영상이 상방에서 하방으로 촬영을 하였으므로 낮은 공간분해능 (40×40픽셀)을 갖는 영상을 이용할 경우, 살아있는 새와 조류 폐사체의 구분은 불가하였음



그림 219 살아있는 새와의 구분이 어려운 조류 폐사체 영상(지상 영상)





그림 220 패턴인식 기법을 적용할 경우 살아있는 새와의 구분이 어려운 조류 폐사체 영상

다. 조류 폐사체를 포함한 적외선 항공 열 영상데이터의 부재

○ 본 연구에서 가장 큰 어려움이 있었던 항공 영상의 데이터 부재 현상임

○ 망원렌즈를 장착하거나 초고성능의 카메라를 장착하여 촬영된 항공 영상의 해상도 문제를 해결한다고 하여도 딥러닝 기반의 조류 폐사체 식별모델을 개발하기 위해서는 기본적으로 모델 개발을 위한 항공 영상데이터가 필요함

○ 조류 폐사체의 경우 특히, 그 형상이 매우 다양하며 또한 다양한 환경에서 폐사체가 존재할 수 있으므로 조류 폐사체를 식별하기 위한 모델을 개발하기 위해서는 다양한 환경에서 측정된 풍부한 데이터가 필요하며 본 연구에서 적용한 영상판별 기술인 딥러닝 기반 모델을 적용하기 위해서는 최소 수백~수천 장의 영상데이터가 필요함

○ 본 연구에서는 영종도, 시화호 및 지역 저수지 등에서 조류의 무리가 촬영된 항공 영상을 수백여 장 이상 확보하였으나, 이러한 항공 영상에서도 조류 폐사체는 검출되지 않았음

라. 정부 부처 간 의견의 차이 및 제한

○ 조류 인플루엔자와 관련된 다양한 기관들에 있어서 철새에 대한 접근 방식과 조류 인플루엔자 전파 유형에 대한 의견 차이가 있었음.

○ 단편적으로 분변 회수를 위한 그리퍼 시스템에 대하여서도 일부 기관에서는 찬성의 견해를 보였고, 일부 기관에서는 질병 전파 경로에 대한 우려로 반대 의사를 표현하였음.

○ 폐사체 식별에서도 드론의 고도를 낮추어 근접 촬영을 수행하면 폐사체 여부를 쉽게 확인할 수 있으나 일부 기관에서는 철새를 흠트려 놓을 수 있다는 이유로 반대를 표시하였음.

○ 철새도래지 출입이나 관련된 정보를 확보하기 위하여서는 유관 기관들의 협조가 필요하였기에 각 기관의 의견을 무시하며 연구를 진행하기 어려웠음.



마. RGB 항공 영상과 적외선 항공 영상을 이용한 조류 폐사체 식별한계

○ 본 연구의 목적 및 내용 중 “철새 폐사체 식별 및 위치분석을 위한 항공 영상 처리 기술 개발”이 있으며 이를 달성하려는 방법으로서 i) RGB 항공 영상을 이용하여 조류를 검출하고 ii) 검출된 조류의 적외선 항공 영상을 이용하여 해당 조류의 온도를 측정 후 iii) 폐사체 여부를 판단하는 방법을 시도하였음

○ 결론적으로, 위의 세 단계 중 두 번째 단계까지는 성공적으로 이루어졌으나 마지막 세 번째 단계에서 결과를 얻을 수 없었음. 즉, 조류 온도는 측정할 수 있었으나 측정된 온도정보를 기반으로 대상 조류가 폐사체인지 아닌지를 확신할 수 없었음

○ 그림 220은 50m 고도에서 촬영된 적외선 항공 열 영상으로서 조류의 군집상태를 보여주고 있음

○ 측정된 적외선 항공 열 영상으로부터 조류 온도를 분석한 결과, 조류의 표면 온도는 대기 온도, 서식지 (호수, 저수지 등)의 수온 그리고 땅 온도(지온)보다 높은 것으로 확인되었음

○ 하지만, 이러한 온도정보는 조류의 표면 온도이며 따라서 대기 환경에 많은 영향을 받을 것으로 판단됨. 정상조류의 내부 체온이 40도인 것으로 알려져 있으며 이와 비교할 때 실제로 적외선 항공 영상으로부터 측정, 분석된 살아있는 조류의 표면 온도는 정상체온보다 매우 낮게 확인됨

○ 조류가 폐사할 경우, 초기에는 정상온도인 40도보다 낮게 형성될 것으로 예상하였으며 시간이 경과함에 따라 살아있는 조류에 비하여 대기 온도나 수온, 지온과 평형상태를 이룰 것으로 예상하였으나 표 88에서와같이 측정, 분석된 살아있는 조류의 표면 온도정보로서는 이러한 경향을 판단할 수 없었음

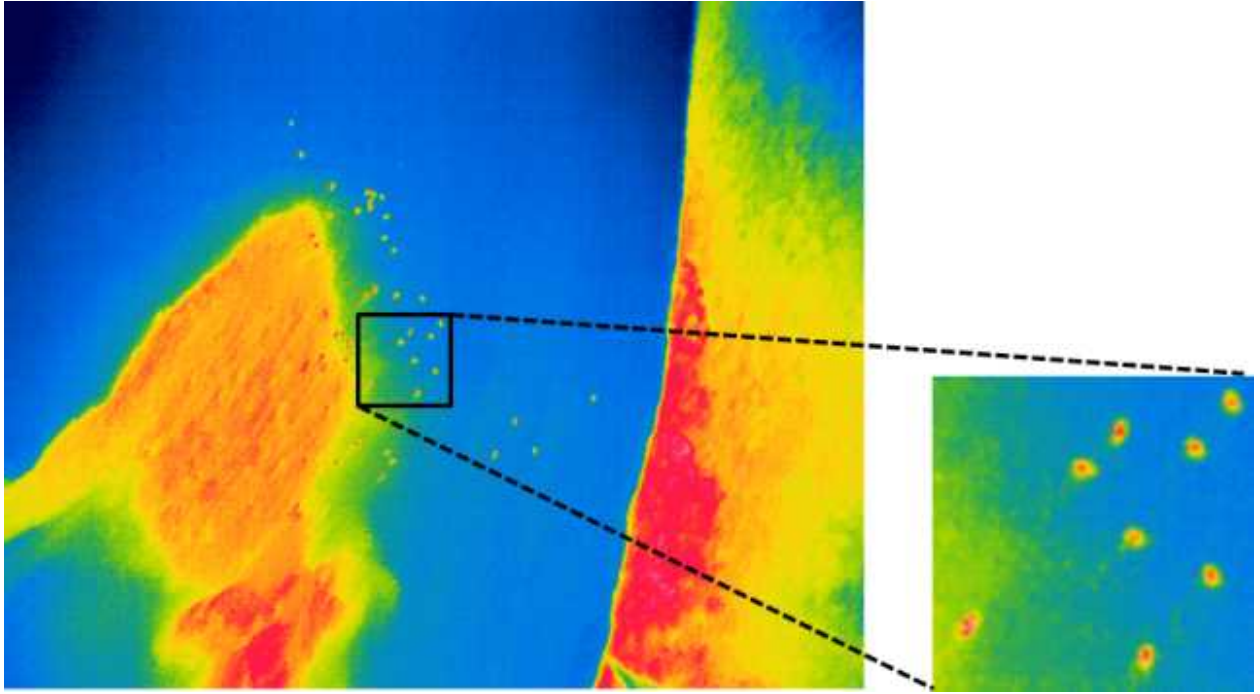


그림 221 야생조류의 적외선 항공 영상

표 88 대기 온도 (기온)에 따른 철새 표면 온도 (°C, 적외선 열 영상 촬영 결과)

| 촬영    | 1차    | 2차    | 3차    | 4차   |
|-------|-------|-------|-------|------|
| 기온    | 16    | 10.4  | 7.5   | 3.1  |
| 조류 온도 | 20~24 | 15~17 | 10~12 | 7~10 |

### 3. 차후대책(후속연구의 필요성 등)

○ 결론적으로, 본 연구를 통해 드론 항공 영상 (RGB 영상)을 이용하여 조류를 식별하는 것이 가능하였고 RGB 영상과 적외선 항공 열 영상의 다중영상정보를 이용하여 식별된 조류의 표면 온도를 측정, 분석하는 것은 성공적으로 수행하였으나 과연 어떤 온도 기준에서 조류가 폐사하였는지를 판별하는 것은 본 연구에서는 증명할 수 없었음

○ 즉, 조류 폐사체를 온도정보로 판별한다면 그 판별의 기준이 되는 정량적인 온도 기준의 정립은 본 연구 과정 중에 달성하지 못하였으며, 이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단됨

○ 조류의 표면 온도를 기반으로, 폐사체의 여부를 판단하기 위해서는 주변의 대기 온도, 습도, 조도, 일사량 등과 같은 환경정보와 그때의 표면 온도 및 조류의 부패상태 등의 다양한 인자들이 고려되어야 할 것으로 판단되며 이와 유사한 연구가 사람의 경우에는 수행되어 있음

○ 즉, 본 연구에서 획득된 딥러닝 기반 조류식별모델과 적외선 항공 열 영상을 이용한 조류온도정보 획득기술을 활용하여 조류의 폐사 여부를 확인하고 폐사체를 정확히 판별하기 위해서는 인간 시체의 사망 추정 시간을 분석하는 노모그램 법 등과 같이 환경요인들과 조

류의 종류에 따른 조류 폐사체 판단기준 정립을 위한 연구가 필요함

## 4장. 연구결과의 활용 계획 등

| 코드번호   | B-07-01 |
|--|---------|
| ○ 본 연구에서 개발되는 드론을 활용한 정밀 예찰 및 방역기술은 아직까지 조류 독감의 현장 예찰과 방역에 적용된 적이 없는 새로운 기술로서 연구를 통해 관련 기술과 장치가 개발될 경우, 발병이 의심되는 전국의 축산 농가 현장에 즉각 투입되어 기존의 방역체계에 부족한 신속한 검증과 확진의 초동대응에 활용될 수 있음  |         |
| ○ 드론과 고정식 CCTV를 활용한 정밀 예찰 및 방역기술은 주·야간에 상관없이 운영이 가능하고 최적으로 설계된 영상처리기술을 적용함으로써 기존의 현장방역에서 큰 문제로 지적되고 있는 방역관련 전문 인력의 부족과 방역인력의 비전문성 문제를 해결할 수 있을 것으로 전망하며 신속하고 정확한 예찰 및 방역을 가능하게 함   |         |
| ○ 드론과 고정식 CCTV를 활용한 정밀 예찰 및 방역기술은 최적설계·제작된 드론시스템, 최신 영상처리기술뿐만 아니라 첨단통신, 데이터베이스 및 소프트웨어기술을 융합한 최첨단 기술로써, 기존의 항공영상 응용기술이 갖는 영상분석, 데이터통신 및 드론운영의 제한사항들을 극복하고 상대적으로 넓은 면적의 검사영역에서의 예찰을 빠르고 정확하게 수행할 수 있으므로 기존의 예찰 및 방역에 소요되는 많은 비용과 시간을 절감할 수 있을 것으로 기대함 |         |
| ○ 본 연구를 통해 개발하고자 하는 드론과 고정식 CCTV를 활용한 정밀 예찰 및 방역기술에서는 철새 폐사체, 사람·차량의 식별을 위해 가시광 RGB영상뿐만 아니라 적외선 항공 열영상과 night vision 영상을 같이 활용함으로써 대상체의 식별성능을 증대시킬 수 있을 뿐만 아니라 필요에 따라 야간 예찰과 방역을 수행하여 초동대응에 즉각 대응함으로써 많은 비용과 시간을 절감할 수 있음                            |         |
| ○ 본 연구를 통해 개발되는 정밀 예찰 및 방역관련 기술과 장치들은 현재까지 대부분 수입에 의존하고 있으며 제안된 과제가 성공적으로 수행된다면 관련 기술과 장치들의 국산화를 달성할 수 있고 보안, 환경, 도시설계, 국방 등 전방위 산업에 적용함으로써 국산화 기술경쟁력 제고와 드론을 활용한 영상장비 시장 점유율 확대를 통한 경제적 파급 효과를 획득할 수 있음   |         |
| ○ 성공적인 연구의 수행을 통한 목표기술과 장치의 개발이 완료된 이후 지속적인 현장검증과 기술의 보안을 통해 개발기술 및 장치를 업그레이드하여 제품의 현장신뢰성을 확보하고 국가기관 신뢰성 검증 및 국내외 전시회참여를 통한 마케팅 전략을 구축하여 사업화를 실현함  |         |

○ 본 연구를 통하여 개발한 기술을 활용하기 위하여서는 조류독감을 모니터링을 실시하는 방역기관 또는 검역본부와의 협의를 통해 법규의 허용범위 내에서 어떠한 방법으로 운용이 가능할 지 담당기관과의 협의를 통해 차후 개발방향을 제시하고자 함.

○ 실용화 및 제품화 방안

- 아래와 같은 4단계의 실용화·제품화 전략을 마련함
- 1단계 : 현장 축산 농가, 농장 또는 시, 도 검역본부의 실공정 평가
- 2단계 : 현장 축산 농가 또는 시, 도 검역본부의 VOC(Voice of Customer) 수용 및 적용을 통한 개발제품의 성능평가, 향상 및 보완
- 3단계 : 발병이 의심되는 축산 농가, 농장 또는 거점 예찰, 방역 현장에 개발 시스템 투입 및 현장적용을 통한 작동성능 검증
- 4단계 : 국가방역시스템, 지자체 운영시스템 및 현장방역본부와의 연동기능을 추가 보강한 최종 제품 제작 및 판매

○ 개발되는 기술을 활용한 타 산업분야 관련 사업화 방안

- 드론을 활용한 영상분석기술, 데이터 통신, 소프트웨어 및 데이터베이스와 관련된 다양한 기술들은 농업, 환경, 보안, 산림, 국방, 엔터테인먼트 등의 전방위 산업분야에 광범위하게 적용될 수 있으며 국내외 관련 산업을 대상으로 큰 시장을 형성할 수 있음
- 개발되는 기술들은 현재 운영되고 있는 예찰 및 방역체계와는 완전히 다른 방식이기 때문에 기존의 국가방역시스템, 지자체 운영시스템 및 현장방역본부와 연동될 수 있는 프로토콜을 개발 후 발병이 의심되거나 철새가 도래하는 시기에 현장의 축산 농가, 농장에 시범 투입하고 marathone 테스트를 수행함

○ 미래원천기술 확보방안

- 제안된 연구과제를 통해 획득할 수 있는 드론을 활용한 정밀 예찰 및 방역기술들은 AI 뿐만 아니라 구제역과 같은 가축질병의 관리와 방역에 대해서도 적용할 수 있으며 이를 통해 국내 여름철 장마와 폭염으로 인한 가축질병예방과 예찰 및 방역분야에서의 취약성을 개선하고 대외 축산기술 경쟁력을 강화할 수 있음
- 제안된 과제의 연구과정 중에 개발하고자 하는 대용량·빅데이터를 이용한 인공지능망 고속학습기술은 최근 들어 크게 주목받고 있는 미래원천기술 중 하나로서 미래첨단농업뿐만 아니라 다양한 분야에 활용될 수 있음
- 뿐만 아니라, 인공지능망 고속학습기술을 응용하는 영상처리 분야의 선도기술을 확보할 수 있으며 이는 해외 선진농업국가와의 기술격차를 해소하고 차세대 영상인식기술에 대한 원천기술을 확보할 수 있는 기회를 제공함

○ 신산업 창출방안



- 제안된 연구과제를 수행하는 과정 중에 획득할 수 있는 첨단 센서 및 영상처리기술, 분석기술, 통신 및 데이터베이스기술들은 드론을 활용한 정밀 예찰 및 방역과 같은 항공 영상처리 및 영상인식분야뿐만 아니라 지능형 농업로봇, 자율주행 수확기 등과 같은 농업의 다양한 분야에 적용될 수 있고 스마트팜, 작물의 표현형분석(phenotyping), 작물의 생육진단 및 병해충예찰 등과 같은 신산업분야에도 밀접한 관계를 가짐

○ 제품 신뢰성 확보 방안

- 공인 전문 신뢰성 시험 기관을 통한 신뢰성 인증 확보 : 한국표준과학연구원 또는 한국인정기구 (KOLAS, Korea Laboratory Accreditation Scheme) 인증기관을 통한 항공영상 검출 광학계 검교정 및 기초 성능 신뢰성 인증 확보할 수 있음
- 한국신뢰성협회 (RAKO, Reliability Association of Korea)를 통하여 개발제품에 대한 환경 및 수명 시험이 가능한 공인 인증기관과의 인증 절차를 공동 수립 후 내구성 등에 대한 신뢰성 인증을 확보함

○ 제품 양산계획

- 연구가 종료된 이후 지속적인 인건비, 재료비 및 설비 투자를 통하여 사업화가 개시된 3년차부터 연간 10대 이상 양산이 가능하도록 하며, 매년 평균 10%이상의 양산 증대를 통하여 2022년 이후에는 10억 규모 매출 달성을 목표로 함 (표 1 참조)
- 사업화 준비기간 동안 지속적인 연구개발 인력 및 생산 인력 충원을 통한 양질의 인적 인프라를 구축함 (표 2 참조)

표 1 개발종료 후 3년간 양산 및 사업화 계획

| 구 분                  | 사업화 년도                    |                           |                           |       |
|----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-------|
|                      | ( 2021 )년<br>(개발종료 후 3년)  | ( 2022 )년<br>(개발종료 후 4년)  | ( 2023 )년<br>(개발종료 후 5년)  |       |
| 사업화 제품               | 드론 항공영상기반<br>정밀예찰 및 방역시스템 | 드론 항공영상기반<br>정밀예찰 및 방역시스템 | 드론 항공영상기반<br>정밀예찰 및 방역시스템 |       |
| 투자계획(백만원)            | 100                       | 300                       | 500                       |       |
| 판매 계획<br>(백만원)       | 내 수                       | 500                       | 800                       | 1,000 |
|                      | 수 출                       | 100                       | 200                       | 400   |
|                      | 계                         | 600                       | 1,000                     | 1,400 |
| 수입대체효과(백만원)<br>(해당시) | 500                       | 800                       | 1,000                     |       |
| 고용 창출(명)             | 1                         | 2                         | 2                         |       |

표 2 제품의 사업화 준비 및 사업화 기간 중 인력 충원계획

| 구분      | 사업화 준비 기간           |                        |                     | 사업화 기간                 |                        |
|---------|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------|------------------------|
|         | (2019년)<br>과제종료후 1년 | (2020년)<br>과제종료후<br>2년 | (2021년)<br>과제종료후 3년 | (2022년)<br>과제종료후<br>4년 | (2023년)<br>과제종료후<br>5년 |
| 연구개발 인력 | 1                   | 1                      | 1                   | 0                      | 0                      |
| 생산 인력   | 0                   | 0                      | 0                   | 1                      | 1                      |
| 기타      | 0                   | 0                      | 0                   | 1                      | 1                      |
| 계       | 1                   | 1                      | 1                   | 2                      | 2                      |

○ 판로확보 및 마케팅 계획

- 양산 제품에 대한 목표 고객은 국가 방역관련기관, 지자체 방역관련기관 및 대규모 축산 농장 등으로 예상하며 수요가 예상되는 파생시장은 축산, 농업관련 뿐만 아니라 환경, 보안, 산림, 국방, 엔터테인먼트 등으로 매우 다양할 것으로 예상되며 그림 4-1에서와 같이 상용화 시스템 제작, 제품 우수성 홍보를 위한 다각적인 마케팅, 기 확보된 다양한 네트워크를 활용한 인적 협업 및 새로운 측정 패러다임 창출을 통한 신규 시장 창출의 4단계 마케팅 전략을 수립하여 제품의 사업화를 추진함



그림 4-1 4단계 마케팅 전략을 이용한 개발제품의 사업화

○ 기술이전 계획

- 주관기관의 참여기업 기술이전 : 본 기술의 개발완료 후 상용화 단계에서 주관기관의 특허 출원과 등록이 진행될 경우 해당 기술의 사업성을 검토 및 기술 선납료 상호 협의 후 기술이전을 진행할 수 있음

## 붙임. 참고문헌

- Chabot, D.; Francis, C.M. Computer-automated bird detection and counts in high-resolution aerial images: a review. *J. Field Ornithol.* **2016**, *87*, 343–359. <https://doi.org/10.1111/jfo.12171>
- Bibby, C.J.; Burgess, N.D.; Hill, D.A.; Mustoe, S. *Bird census techniques*; Academic Press, London, 1992
- Gilmer, D.S.; Brass, J.A.; Strong, L.L.; Card, D.H. Goose counts from aerial photographs using an optical digitizer. *Wildl. Soc. Bull. (1973-2006)* **1988**, *16*, 204–206.
- Cunningham, D.J.; Anderson, W.H.; Anthony, R.M. An image-processing program for automated counting. *Wildl. Soc. Bull.* **1996**, *24*, 345–346.
- Trathan, P.N. Image analysis of color aerial photography to estimate penguin population size. *Wildl. Soc. Bull.* **2004**, *32*, 332–343.
- Descamps, S.; Béchet, A.; Descombes, X.; Arnaud, A.; Zerubia, J. An automatic counter for aerial images of aggregations of large birds. *Bird study* **2011**, *58*, 302–308. <https://doi.org/10.1080/00063657.2011.588195>
- Groom, G.; Petersen, I.K.; Fox, T. Sea bird distribution data with object based mapping of high spatial resolution image data. In *Challenges for earth observation-scientific, technical and commercial. Proceedings of the Remote Sensing and Photogrammetry Society Annual Conference*; 2007.
- Groom, G.; Krag Petersen, I.; Anderson, M.D.; Fox, A.D. Using object-based analysis of image data to count birds: mapping of Lesser Flamingos at Kamfers Dam, Northern Cape, South Africa. *Int J Remote Sens.* **2011**, *32*, 4611–4639. <https://doi.org/10.1080/01431161.2010.489068>
- Groom, G.; Stjernholm, M.; Nielsen, R.D.; Fleetwood, A.; Petersen, I.K. Remote sensing image data and automated analysis to describe marine bird distributions and abundances. *Ecol. Inform.* **2013**, *14*, 2–8. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2012.12.001>
- Maussang, F.; Guelton, L.; Garello, R.; Chevallier, A. Marine life observation using classification algorithms on ocean surface photographs. In *OCEANS 2015-Genova*; IEEE, 2015; pp. 1–4.
- Abd-Elrahman, A.; R Pearlstine, L.; Percival, F. Development of pattern recognition algorithm for automatic bird detection from unmanned aerial vehicle imagery. *Surveying and Land Information Science* **2005**, *65*, 37.
- Chabot, D.; Bird, D.M. Evaluation of an off-the-shelf unmanned aircraft system for surveying flocks of geese. *Waterbirds* **2012**, *35*, 170–174. <https://doi.org/10.1675/063.035.0119>
- Grenzdörffer, G.J. UAS-based automatic bird count of a common gull colony. *ISPRS - Int. Arch. Photogramme. Remote Sens. Spatial Inform. Sci.* **2013**, *XL-1/W2*, 169–174. <https://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XL-1-W2/169/2013/>
- Liu, C.-C.; Chen, Y.-H.; Wen, H.-L. Supporting the annual international black-faced spoonbill census with a low-cost unmanned aerial vehicle. *Ecological informatics* **2015**, *30*, 170–178. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2015.10.008>
- Ammour, N.; Alhichri, H.; Bazi, Y.; Benjdira, B.; Alajlan, N.; Zuair, M. Deep learning approach for car detection in UAV imagery. *Remote Sens.* **2017**, *9*, 312. doi:10.3390/rs9040312
- Krizhevsky, A.; Sutskever, I.; Hinton, G.E. Imagenet classification with deep convolutional neural networks. In *Proceedings of the Neural Information Processing Systems Conference, Advances in neural information processing systems*; 2012; pp. 1106–1114.
- Girshick, R.; Donahue, J.; Darrell, T.; Malik, J. Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, Columbus, OH, USA, 23–28 June 2014; pp. 580–587.
- Girshick, R. Fast r-cnn. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision*, Santiago, Chile, 13–16 December 2015; pp. 1440–1448.
- Ren, S.; He, K.; Girshick, R.; Sun, J. Faster r-cnn: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks. In *Proceedings of the Advances in Neural Information Processing Systems*, Montreal, Canada, 7–12 December 2015; pp. 91–99.
- Redmon, J.; Divvala, S.; Girshick, R.; Farhadi, A. Y You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Seattle, WA, USA, 27–30 June 2016; pp. 580–587.

Liu, W.; Anguelov, D.; Erhan, D.; Szegedy, C.; Reed, S.; Fu, C.-Y.; Berg, A.C. SSD: Single shot multibox detector. In European Conference on Computer Vision, Amsterdam, The Netherlands, 11–14 October 2016; pp. 21–37.

Lin, T.-Y.; Goyal, P.; Girshick, R.; He, K.; Dollár, P. Focal loss for dense object detection. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* *arXiv preprint arXiv:1708.02002* **2017**. DOI: 10.1109/TPAMI.2018.2858826

Szegedy, C.; Liu, W.; Jia, Y.; Sermanet, P.; Reed, S.; Anguelov, D.; Erhan, D.; Vanhoucke, V.; Rabinovich, A. Going deeper with convolutions. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition; Boston, MA, USA, 7–12 June 2015; pp. 1–9.

Simonyan, K.; Zisserman, A. Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition. *arXiv* **2015**, 1409.1556v6.

Iandola, F.N.; Han, S.; Moskewicz, M.W.; Ashraf, K.; Dally, W.J.; Keutzer, K. Squeezenet: Alexnet-level accuracy with 50x fewer parameters and < 0.5 mb model size. *arXiv* **2016**, 1602.07360v4.

He, K.; Zhang, X.; Ren, S.; Sun, J. Deep residual learning for image recognition. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition; Seattle, WA, USA, 27–30 June 2016; pp. 770–778.

Huang, G.; Liu, Z.; Van Der Maaten, L.; Weinberger, K.Q. Densely Connected Convolutional Networks. In *CVPR*; 2017; Vol. 1, p. 3.

Chang, Y.-C.; Chen, H.-T.; Chuang, J.-H.; Liao, I.-C. Pedestrian Detection in Aerial Images Using Vanishing Point Transformation and Deep Learning. In 2018 25th IEEE International Conference on Image Processing (ICIP); IEEE, 2018; pp. 1917–1921.

Chen, F.; Ren, R.; Van de Voorde, T.; Xu, W.; Zhou, G.; Zhou, Y. Fast Automatic Airport Detection in Remote Sensing Images Using Convolutional Neural Networks. *Remote Sens.* **2018**, *10*, 443.

Maire, F.; Alvarez, L.M.; Hodgson, A. Automating marine mammal detection in aerial images captured during wildlife surveys: a deep learning approach. In Australasian Joint Conference on Artificial Intelligence; Springer, 2015; pp. 379–385.

Guirado, E.; Tabik, S.; Rivas, M.L.; Alcaraz-Segura, D.; Herrera, F. Automatic whale counting in satellite images with deep learning. *bioRxiv* **2018**, 443671.

Fu, C.-Y.; Liu, W.; Ranga, A.; Tyagi, A.; Berg, A.C. DSSD: Deconvolutional single shot detector. *arXiv* **2017**, 1701.06659.

Howard, A.G. Some improvements on deep convolutional neural network based image classification. *arXiv* **2013**, 1312.5402.

Dai, J.; Li, Y.; He, K.; Sun, J. R-fcn: Object detection via region-based fully convolutional networks. In Advances in neural information processing systems; 2016; pp. 379–387.

Redmon, J.; Farhadi, A. YOLO9000: better, faster, stronger. *arXiv preprint* **2017**.

Redmon, J.; Farhadi, A. Yolov3: An incremental improvement. *arXiv* **2018**, Xiv:1804.02767.

Lin, T.-Y.; Goyal, P.; Girshick, R.; He, K.; Dollár, P. Focal loss for dense object detection. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence* **2018**.

Huang, J.; Rathod, V.; Sun, C.; Zhu, M.; Korattikara, A.; Fathi, A.; Fischer, I.; Wojna, Z.; Song, Y.; Guadarrama, S. Speed/accuracy trade-offs for modern convolutional object detectors. In *IEEE CVPR*; 2017; Vol. 4.

## <별첨서류>

<별첨1> Kmapper 매뉴

<별첨2> KGCS 매뉴얼

<별첨3> NMAI 매뉴얼



# *Kmapper*

## UAV System & Solution

조류인플루엔자 예찰 및 방역업무용 드론

제품소개 및 사용 설명서

K-Mapper X4

K-Mapper X4는 조류인플루엔자 예찰방역용 드론으로  
2017년 농림축산기술기획평가원의 연구비 지원에 의하여  
개발된 것입니다.

# 목 차

## 제 1 부 조류인플루엔자 예찰방역 전용 K-Mapper

|                          |         |
|--------------------------|---------|
| 1. K-mapper 구성과 특징       | 8 ~ 17  |
| 1.1 제품 보증                |         |
| 1.2 A/S 연락처              |         |
| 1.3 기체 적합성 평가 내용         |         |
| 1.4 K-Mapper 사양          |         |
| 1.5 K-Mapper의 주요 부품      |         |
| 2. K-Mapper운용을 위한 준수 사항  | 18 ~ 35 |
| 2.1 초경량비행장치 관련 법규        |         |
| 2.2 K-Mapper의 조종사 자격과 교육 |         |
| 2.3 K-Mapper의 정기점검       |         |
| 2.4 안전사고 예방을 위한 준수 사항    |         |
| 2.5 안전사고 발생 시 대처 방안      |         |
| 3. K-Mapper기체사용법         | 24 ~ 35 |
| 3.1 GCS사용법               |         |
| 3.2 조정기 콘트롤 스위치 사용법      |         |
| 3.3 임무장비(카메라) 조작 설정 방법   |         |
| 3.4 비행 전, 비행 중 이상상황 대처법  |         |
| 4. K-Mapper기체관리법         | 5       |

## 부 록

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| I. 드론(무인항공기시스템)용어 -----             | 12 |
| II. 센서와 임무장비(카메라와 항공촬영) 관련 용어 ----- | 12 |
| III. 비행승인과 항공촬영 신청 -----            | 12 |
| IV. Mission Planner 사용법 -----       | 12 |
| V. 3-D맵핑 기술 -----                   | 12 |

# 제 1 부 조류인플루엔자 예찰방역 전용 K-Mapper

## 1. K-Mapper 구성과 특징

(주)시스테크 K-Mapper는 농업예찰 전문가용으로 제작되어 있으며, 기체를 사용하시 전에 사용자 설명서를 반드시 참고하여 비행하시기 바랍니다.

### 1.1. 제품 보증

(주)시스테크 K-Mapper는 판매일로부터 12개월 기간 동안 재료와 제작 상의 결함이 없음을 보증하며, 보증 기간 동안 (주)시스테크은 제품에 결함이 있는 경우 수리 또는 교체 및 A/S기간 동안 본사 기체를 무료 제공해드립니다.

#### ※ 제품 보증 제한 사항 ※

1. 사용자 부주의에 의한 조작 사고 및 손상
2. 보관, 저장 및 장기간 사용되지 않은 경우
3. (주)시스테크 기술자 외 확인되지 않은 수리 및 개조
4. 과도한 무게에 의한 비행
5. 이·착륙 장애물에 미확인에 의한 경우
6. 판매처에서 제공하는 배터리 이외 제품을 사용하는 경우
7. 전파방해 또는 장애물 미확인에 의한 경우

사고 발생시 제품 보증을 위해 로그파일을 함께 제출하여야 하며,  
로그파일을 변경 또는 훼손시 보증에 제한될 수 있습니다.

### 1.2. A/S 연락처

|        |                                   |
|--------|-----------------------------------|
| 주 소    | 서울특별시 마포구 매봉산로 37, 산학협력연구센터 1205호 |
| 전 화    | 02 - 2636 - 3222                  |
| 팩 스    | 02 - 2636 - 3199                  |
| 기술 상담자 | 이 춘 우                             |
| 이 메 일  | lcw2371@hanmail.net               |



### 1.3. 기체 적합성 평가

[별지 제3호서식]

제 2019-0611-00006 호

### 직접생산확인증명서

○ 대 품 류 : 상용,교육,개인용운송기구및역세시리아  
 ○ 제 품 명 : 특수항공기  
 ※ 동 제종의 직접생산 가능범위: 불임의 세부품명별 필수특이사항제 따른  
 ○ 생 산 업 체 명 : (주)케이씨티엘  
 ○ 사 업 자 번 호 : 107-87-47966  
 ○ 대 표 자 성 명 : 박은경  
 ○ 소 재 지 (본사) : 서울특별시 마포구 배방산로 37 1205호  
 (공장) (주)케이씨티엘 : 109-85-47966 서울특별시 마포구 배방산로 33 1205호(주)케이씨티엘 연구소 1205호

○ 유효 기 간 : ※ 불임의 세부품명별 유효기간 참조  
 「중소기업제품 구매촉진 및 판로지원에 관한 법률」 제9조제4항 본문 및 같은 법 시행규칙 제5조제3항에 따라 위와 같이 직접생산을 증명합니다.

출력일자 : 2019년 02월 01일

중소기업중앙회

- 출력사양(별첨표지)
  - ① 허위생산 제품 또는 다른 회사 제품을 등 직접생산하지 아니한 제품, 직접생산한 제품에 다른 회사 상표 부착제품 납품금지
  - (해당시, 모든 중소기업장년경제제품 직접생산확인 취소 및 6개월간 제정된 금지, 할차처별)
  - ② 생산실적의 실적, 제작 등 직접생산확인기준 미충족 시 30일 이내에 증명서 반납 (미 반납시, 해당제품 직접생산확인 취소 및 6개월간 제정된 금지)
  - ③ 직접생산확인받은 공장의 이전 시 30일 이내 증명서 미반납 시 직접생산확인 취소
- 이 증명서는 중소기업제품 구매촉진 및 판로지원법(www.ampg.go.kr)을 통해 출력(2019-02-01 18:50)한 증명서로서 동 정보영역에서 권위여부를 확인하실 수 있습니다.

방송통신기자재등의 적합등록 편증  
 Registration of Broadcasting and Communication Equipments

상호 또는 성명 (주)케이씨티엘  
 K-MAPPER  
 K-MAPPER  
 K-MAPPER

등록번호 K-REM-0170-K-MAPPER  
 제조사:케이씨티엘(주) (주)케이씨티엘 / 한국  
 등록연월일 2018-03-29

2018년 03월 29일 (Month) 29일 (Day)

국립전파연구원장  
 Director General of National Radio Research Agency

### 직접생산확인증명 KC 인증

verify No:694398141079

**KCTL** 발급번호 : KCS-0020408

### 방송통신기자재등(전자파적합성) 시험성적서

1. 발 급 번 호 : KR18-02K0409  
 2. 발 주 일 : 2018년 03월 15일  
 3. 시 행 기 간 : 2018년 04월 20일 ~ 2018년 04월 28일  
 4. 신청인(발급대상) : (주)케이씨티엘  
 사업등록번호 : 107-87-47966  
 대표자 성명 : 박은경  
 주 소 : 서울특별시 마포구 배방산로33길 11-3 1205호(주)케이씨티엘  
 5. 기자재 명칭 : K-MAPPER 7K-MAPPER  
 6. 품 조 기 : (주)케이씨티엘 / 한국  
 7. 시 행 기 구 : K-MAPPER

방송통신기자재등 시험기관격 인정 및 공인에 관한 고시 제2018-03호 규정에 의하여 시험성적서를 발급합니다.

2018년 05월 20일

(주)케이씨티엘 대표이사 (인)

주소: 경기도 수원시 영통구 안성로 600  
 대표전화: 031-530-0889  
 팩스번호: 031-530-0811

\* 인증 받은 방송통신기자재는 반드시 「직접생산확인서」를 부착하여 사용하여야 합니다.  
 \* 본 시험 성적서 및 인증표지 사용은 본 시험 성적서 유효기간 만료 후 변경됩니다.

주 소: 서울특별시 마포구 배방산로 33길 11-3 1205호(주)케이씨티엘 연구소 1205호



### 방송통신기자재 시험성적서 K-MAPPER

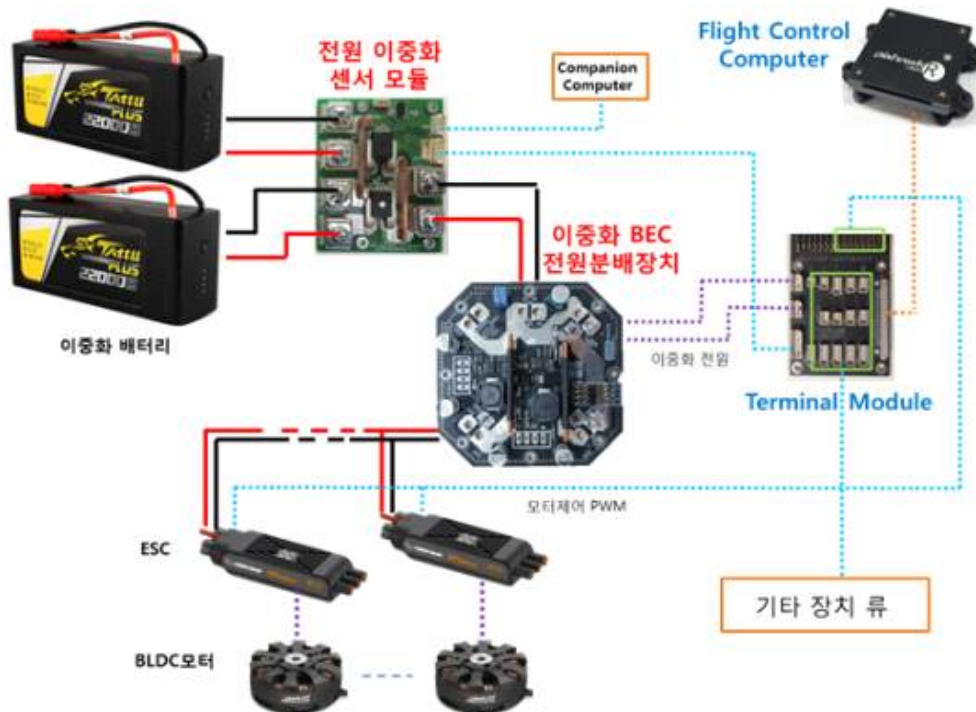
## 1.4. K-Mapper 소개

▷ 광역 예찰방역활동에 최적화된 쿼드콥터



K-Mapper는 2017년도 농림축산식품부 연구개발사업을 통해 개발된 조류예찰용 드론플랫폼이며, 드론으로 취득된 항공영상 이미지를 토퍼닝 방식을 활용하여 야생조류인식, 자동판단 및 개체수 분석에 활용할 수 있도록 설계하였습니다.

그리고 K-Mapper는 다양한 카메라, 센서(RGB, Multi-Spectral, Thermal Sensor)를 탑재해 영농현장에 사용하여 상시 또는 수시 예찰 활동을 시공간적 디지털 데이터를 통해 작황상태 및 현황을 영농현장에서 정보데이터를 활용할 수 있습니다.



## 1.5. K-Mapper 사양



농림축산식품부  
연구과제개발



KC인증 기체



농업예찰 및 항공측량



1회 비행 20Km 배행가능



비행 전과정 자동비행



초경량기체 2.2kg

### □ 제원 □

|           |                    |                 |
|-----------|--------------------|-----------------|
| 기체유형      | 멀티콥터               |                 |
| 이륙준비시간    | 5분 미만              |                 |
| 모터수       | 4개                 |                 |
| 배터리       | Lipo.<br>10,000mAh |                 |
| 비행시간      | 최대 35분             |                 |
| 최대 비행속도   | 14m/sec            |                 |
| 비행제한 풍속   | 8m/sec             |                 |
| 자동임무 비행속도 | 12m/sec            |                 |
| 최대 조종거리   | LTE 커버리지           | 옵션              |
| 최대 조종거리   | 2km                | 기본<br>433MHz    |
| 최대 횡단거리   | 18km               | 비행속도<br>12m/sec |

### □ 하드웨어 및 통신 □

|                 |                              |              |
|-----------------|------------------------------|--------------|
| 재질              | 카본, 알루미늄                     |              |
| 길이              | 600 X 600 X 300(mm)          |              |
| 무게<br>(배터리 포함)  | 4.0                          | QX 카메라<br>포함 |
| 최대이륙 무게         | 5kg                          |              |
| 임무장비 무게         | 600g                         |              |
| 조종기             | 2.1GHz                       |              |
| 텔레메트리           | 433 or 915Mhz                |              |
| 멀티스펙트럴<br>센서    | Sequoia, Rededge             |              |
| 열화상 센서          | FLIR Vue pro, Duo<br>(소형 센서) |              |
| 지상 비행제어<br>시스템  | Notebook(Windows 10)         |              |
| 지상 비행제어<br>프로그램 | Mission Planner,<br>Qground  |              |

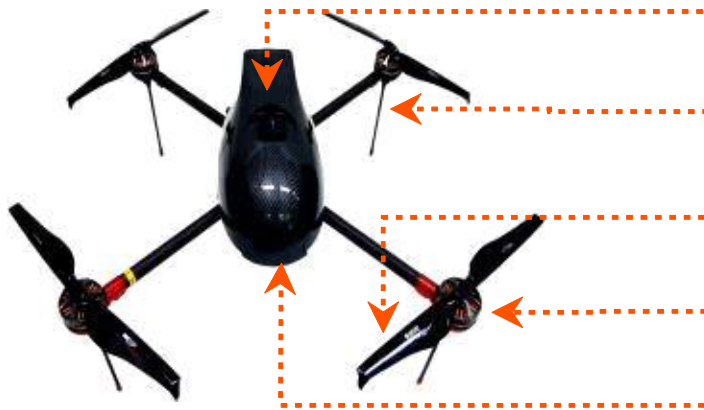
### 교육 프로그램

|                    |            |
|--------------------|------------|
| Ardupilot 자동비행     | 미션플래너 교육   |
| Multi-Spectral(센서) | 카메라 운영 교육  |
| Thermal (센서)       | 카메라 운영 교육  |
| DJI Drone 자동비행     | 자동비행 운영 교육 |

### 3D Mapping 프로그램

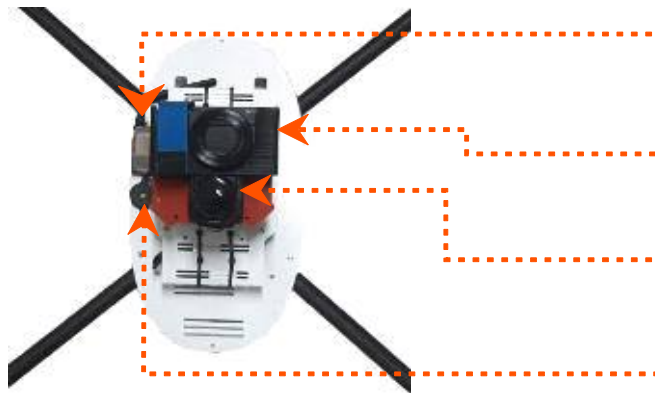
|                  |                          |
|------------------|--------------------------|
| Pix4d Mapper Pro | Pix4d Authorized Trainer |
| Pix4Dfields      | 정밀농업 매핑 소프트웨어            |
| Global mapper    | GIS 적용 소프트웨어             |
| Limon            | 포인트클라우드<br>소프트웨어         |

## 1.6. K-Mapper 구성



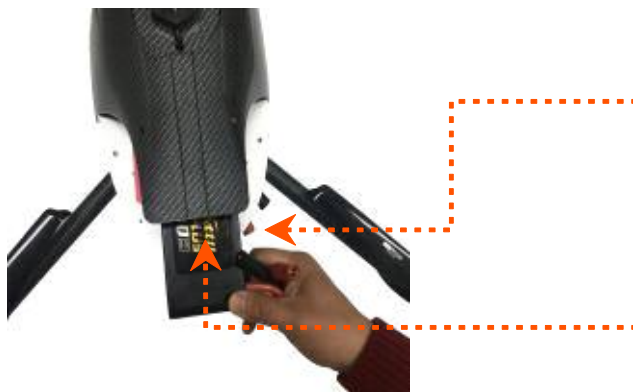
- ▶ GPS
- ▶ 랜딩 스키드
- ▶ 프로펠러
- ▶ 모터
- ▶ 본체

K-Mapper 상부



- ▶ 송·수신기
- ▶ RGB
- ▶ Thermal sensor
- ▶ 벨

K-Mapper 하부



- ▶ 전원 연결부위
- ▶ 배터리 장착부위

K-Mapper 후면

## 1.7. 지상제어시스템(GCS)

▷ 이착륙과 비행을 쉽게하는 GCS



지상제어장치(GCS)

K-Mapper의 **Ground Control Station(GCS)**은 지상에서 비행계획 및 비행모니터를 하는 오픈소프트웨어 Mission Planner를 사용하고 있으며, 언제 어디서나 미리 비행계획과 현장에서 손쉽게 데이터 확인과 편집이 가능합니다.

사용하는 주파수는 아래 표와 같습니다.

| 명 칭     | 모 델 명             | 송 · 수신 (MHz) |
|---------|-------------------|--------------|
| 송 · 수신기 | CUAV Supter Radio | 433 MHz      |
|         |                   | 915 MHz      |

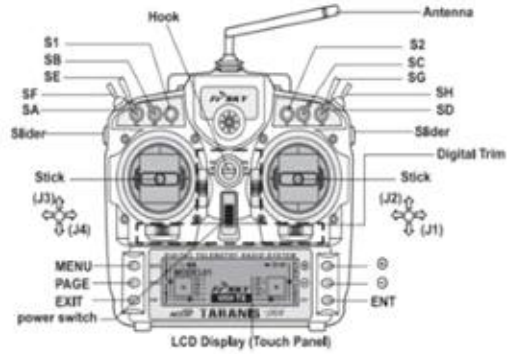


|           |   |
|-----------|---|
| Model     | NT900X3Y  |
| 운영체제      | Windows 10pro   |
| 프로세서 / 칩셋 | Intel Core 13 Processor 7100U (2.40 GHz 3MB L3 Cache) |
| 메모리       | 8GB DDR4 Memory at 2133MHz(On BD 8GB)                 |
| HDD / SSD | None<br>256GB Solid-state drive                       |
| 그래픽       | Intel HD Graphics 620                                 |
| Size      | 309.4 x 208.0 x 13.9mm                                |
| Weight    | 0.799kg   |



## 1.8. RC 조종기

▷ K-Mapper RC 조종기 누구나 조작하기 쉬운 조종컨트롤



▷ K-Mapper RC 조종기

K-Mapper는 **Taranis X9D** 조종기를 사용하고 있으며, 사용자가 조작하기 쉽고 비행 중에 안전하게 사용하실 수 있도록 간단한 조작 방식을 사용하도록 세팅하였습니다.

□ 사양 □

|               |   |
|---------------|---|
| 모델명 :         | Taranis X9D Plus  |
| 채널수 :         | 최대 16채널   |
| 동작전압 :        | 6~15V (2S~3S의 리튬폴리머배터리 사용가능)                                |
| 동작전류 :        | 최대 270mA (RF모듈과 백라이트 모두 동일)                                 |
| 동작온도 :        | 섭씨 -10~60도  |
| 백라이트 LCD스크린 : | 212*64, 선택에 따른 2색상 조합                                       |
| 모델메모리 :       | 60 (SD카드로 확장가능)   |
| 호환 :          | FrSky X시리즈 / D시리즈 / V8-II시리즈 수신기<br>(외장모듈 사용시 다른 수신기도 사용가능) |

□ 특징 □

- 4개의 볼베어링 짐벌
- 수신기 호환
- 음성지원(값, 알람, 설정 등)
- 실시간 비행 데이터 기록
- 수신기 신호감도표시알람
- 극히 적은 지연시간
- 스마트포트 지원
- 진동알람

## 1.9. 배터리 충전기

- ▷ K-Mapper 충전기 세트
- ▷



K-Mapper는 UNRC UN-A9+Plus Charge + 350W SMPS Set 충전기를 사용하고 있습니다.

UNA9 충전기는 일반충전기와 다르게 다른 여러개의 배터리를 동시에 충전할 수 있으며 각각 별도의 충전케이블이 필요하지 않고 밸런스 케이블로 간단하고 쉽게 사용하실 수 있습니다. 단 수소건전지와 일반건전지타입의 충전지는 사용할 수 없습니다.

□ 사 양 □

|            |  |
|------------|--|
| 모델명 :      | UNRC UN-A9+Plus Charge + 350W SMPS Set   |
| 구동전압 :     | 12~14볼트 (입력전압 13.5 볼트 권장)  |
| 출력 :       | 300와트(W)   |
| 사용가능 배터리 : | 1~9셀 리포, Li-po, Li-ion 리튬이온 (밸런스 케이블 사용 충전)<br>※ 주의 ※<br>1. 입력전압을 14볼트 이상 충전 금지.<br>2. 원활한 충전을 위해 파워서플라이는 350W 이상의 제품을 권장.<br>3. 배터리에 충전을 위한 밸런스 케이블이 있어야 함. |
| 파워서플라이 :   | 1. 입력전압 : 교류 110~220 볼트 (스위치로 입력전압 설정 )<br>2. 출력 : 350W<br>3. 출력전압 : 11~15볼트 조정 가능   |

## 1.10. 배터리 종류 및 사양

▷ K-Mapper의 battery는 Li-Po, LI-Hv, Li-ion 3종류의 battery 사용합니다.

| 구분     | Tatto 10,000  | Infinity 10,000  | sistech 18,000  |
|--------|---|--|---|
| 배터리    |  |  |  |
| 용량     | 10,000 mAh  | 10,000 mAh   | 18,000 mAh  |
| 종류     | Li-polimer  | Li-High votage   | Li-ion  |
| 최대충전전압 | 25.2v ( 4.2v )  | 26.1v ( 4.31v )  | 25.2v ( 4.2v )  |
| 무게     | 1500g   | 1450g  | 1400g   |
| 제조국    | 중국  | 중국   | 대한민국(자사제작)  |

### ◆ 배터리 취급 시 주의 사항 ◆

- 1셀당 기준전압 = 3.7V / 완전충전 = 4.2V / 완전방전 = 2.7V
- 배터리를 오해 효율적으로 사용하기 위해서는 아래 항목들을 주의해야 합니다.

- ① 저 전력 경고가 점등될 경우 즉시 복귀 및 착륙시켜야합니다.
- ② 10일 이상 사용하지 않고 보관할 경우 40~60% 정도까지 방전시킨 후 보관해야 한다.
- ③ 과도하게 배터리를 방전시키면 배터리 셀이 손상되므로 주의 해야 한다.
- ④ 더운 날씨에 차량에 배터리를 보관해서는 안 된다.
- ⑤ 비행직후 온도가 높아진 상태에서 충전하지 말아야 한다. 상온까지 배터리 온도가 내려간 상태에서 충전을 하여야한다.

### 1.11. 카메라 및 센서

▷ K-Mapper의 카메라는 600g이하의 센서 또는 카메라를 장착하여 임무합니다.



|       |           |
|-------|-----------|
| 모델명 : | RX 100    |
| 해상도 : | 2,020만 화소 |
| 무게 :  | 281g      |
| 렌즈 :  | 9mm       |
| 사양 :  | 옵션        |

K-Mapper는 일반 DSLR 카메라 장착하여 가능하며 다양한 센서(열화상, 다분광 외 등)를 쉽게 탈 교체가 용이하게 사용할 수 있도록 설계하였고 카메라와 센서를 함께 장착하여 사용가능합니다. (카메라와 센서는 옵션 사양입니다.)

| Thermal Camera    |   | Multi-Spectral Camera |   |
|-------------------|---|-----------------------|---|
| 제품명               | 이미지   | 제품명                   | 이미지   |
| FLIR VUE POR R    |  | MicaSense Rededge_M   |  |
| FLIR DUO PRO R    |  | Parrot SEQUOIA        |  |
| WORKSWEL L WIRIS2 |  | MAPIR Survey2,3       |  |

## 1.12. K-Mapper 기본 구성품

▷ 아래 설명하는 제품은 기본 구성품이며, 지상제어장치(GCS) 소프트웨어 포함입니다.  
(노트북, 카메라는 옵션 사항이며 구매 요청시 추가 금액이 발생합니다.)

| 제 품 명               | 제 품 이 미 지   | 내 용   |
|---------------------|---|---|
| K-Mapper<br>알루미늄케이스 |    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 수량 : 1 개</li> <li>• 용도 : 기체 보관함 (이동식)</li> </ul>                 |
| 공구 박스               |    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 수량 : 1set (6각 드라이버, 나사)</li> <li>• 용도 : 기체 정비</li> </ul>         |
| 프롭펠러                |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 수량 : 1set (cw, ccw)</li> <li>• 용도 : 예비 프롭펠러</li> </ul>           |
| 리튬 폴리머<br>배터리       |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 수량 : 3개</li> <li>• 용도 : 기체 전원</li> </ul>                         |
| 배터리 용량<br>(전류) 측정기  |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 수량 : 1개</li> <li>• 용도 : 배터리 용량 확인<br/>(각 셀의 전류 값을 측정)</li> </ul> |
| 충전기                 |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 수량 : 1set (충전기, 핀 컨넥터)</li> <li>• 용도 : 배터리 충전</li> </ul>         |
| 파워서플라이              |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 수량 : 1set</li> <li>• 용도 : 충전기 보조<br/>(충전기에 연결하여 사용)</li> </ul>   |
| 카메라 가방              |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 수량 : 1 개</li> <li>• 용도 : 수납 가방</li> </ul>                        |



## 2. K-Mapper 운용을 위한 안전 준수 사항

### 2.1. K-Mapper는 항공법을 준수 합니다.

#### 초경량비행장치 관련 법규

##### ◆ 드론 항공법(법률 제14114호, 국토교통부)

제2조 제28호, 제 23조에 따라 항공법상 초경량 비행장치로서 항공법의 규제를 받는다.

| 구 분  | 한국 규제현황 |                   |   |
|------|---------|-------------------|---|
|      | 산업통상자원부 | 미래창조과학부           | 국토교통부                                       |
| 완구용  | O       |                   | X   |
| 비사업용 | X       | O<br>(적합인증, 적합등록) | 안전성<br>인증검사(육안검사)<br>-12kg 초과 시<br>-7m 초과 시 |
| 사업용  |         |                   |   |

□ 항공법 제 23조 제 1항에 의해 드론을 소유한 사람은 종류와 용도, 소유자의 이름을 국토교통부장관에 신고하고, 신고번호를 받아 비행장치에 표시해야 하나, 사업용이 아닌 12kg 이하의 레저용 드론은 신고하지 않아도 되며 대부분의 소비자용 취미·레저용 드론인 경우 이 범주에 포함됩니다. (항공법 시행령 제 14조 제5호)

- 일몰 후부터 일출 전까지 비행금지
- 비행장으로부터 반경 9.3km 이내 관제권, 휴전선 인근, 서울도심 상공 일부는 보안상 비행금지
- 고도 150m 이상 비행금지
- 스포츠 경기장 등 사람이 많이 모인 지역 비행금지
- 무게 12kg 초과 드론은 항공청에 기재신고, 상업용 목적으로 사용시 조종자 자격증명 취득 필수
- 조종자가 음주 상태, 안개/황사 등으로 시야가 좋지 않을 때, 낙하물 투하 비행금지
- 가시거리 내에서만 조정 허용

□ 드론을 이용한 상업 촬영은 항공청 등록 이후에만 가능하며, 일반 항공 촬영도 자본금 3,000만원 이상 법인에서만 촬영이 가능하고 국방부의 허가를 받아야 하며, 주요 시설의 경우는 청와대 허가가 필요

□ 드론 조종사는 낙하물 투하 행위, 인구 밀집지역이나 사람이 많이 모인 장소 상공에서 인명과 재산에 위협을 초래할 비행, 안개 등으로 목표물을 식별할 수 없는 비행, 야간 비행 등을 해서는 안됨

## ◆ 비행 공역 관련 사항

### ★ 비행금지 구역

- 안전상, 국방상, 그 밖의 이유로 항공기의 비행을 금지하는 공역 P518(휴전선 인근지역), P73(청와대를 포함한 서울 강북지역), P61(부산, 고리 원자력발전소), P62(경주, 월성 원자력발전소), P63(영광, 한빛원자력발전소), P64(울진, 한울원자력발전소), P65(대전, 원자력연구소)

### ★ 비행제한공역(R75)

- 항공사격, 대공사격 등으로 인한 위험으로부터 항공기의 안전을 보호하거나 그 밖의 이유로 비행허가를 받지 않은 항공기의 비행을 제한하는 공역
- 비행장(군 비행장은 제외)의 중심으로부터 반지름 3km 이내의 지역의 고도 500ft(150미터 이하) 이내의 범위(해당 비행장에서 법 제83조에 따른 항공교통업무 수행하는 자와 사전협의를 된 경우에는 인정한다.)
- 이착륙장의 중심으로부터 반지름 3km이내의 지역의 고도 500ft 이내의 범위(해당 비행장에서 법 제83조에 따른 항공교통업무수행하는 자와 사전협의를 된 경우 인정한다.)

### ★ 관제공역

- 항공기의 안전 운항을 위하여 규제가 가해지고 인력과 장비가 투입되어 적극적으로 항공교통관제업무가 제공되는 공역(관제권, 관제구, 비행장교통구역)

### ★ 허용고도

- 관제권 또는 비행금지구역이 아닌 곳에서 최저비행고도 150m 미만의 고도에서 비행가능



◆ 비행금지구역 및 비행허가 주요기관




---



---



---



---



---

| 구분 |               | 관할기관                | 연락처  |
|----|---------------|---------------------|--|
| 1  | P73 (서울 도심)   | 수도방위사령부 (화력과)       | 전화: 02-524-3353, 3419, 3359<br>팩스: 02-524-2205 |
| 2  | P518 (휴전선 지역) | 합동참모본부 (항공작전과)      | 전화: 02-748-3294<br>팩스: 02-796-7985             |
| 3  | P61A (고리원전)   | 합동참모본부<br>(공중중심작전과) | 전화: 02-748-3435<br>팩스: 02-796-0369             |
| 4  | P62A (월성원전)   |                     |  |
| 5  | P63A (한빛원전)   |                     |  |
| 6  | P64A (한울원전)   |                     |  |
| 7  | P65A (원자력연구소) |                     |  |
| 8  | P61B (고리원전)   | 부산지방항공청<br>(항공운항과)  | 전화: 051-974-2154<br>팩스: 051-971-1219           |
| 9  | P62B (월성원전)   |                     |  |
| 10 | P63B (한빛원전)   |                     |  |
| 11 | P64B (한울원전)   |                     |  |
| 12 | P65B (원자력연구소) | 서울지방항공청(항공안전과)      | 전화: 032-740-2153<br>팩스: 032-740-2159           |

## 2.2 K-Mapper의 조정사 준수 사항

- ★ 연습용 기체를 3회 이상 충분히 연습한 후 Manual (반자동) 호버링이 가능한 조종사에 한해 기체를 비행해야 합니다.
- ★ K-Mapper는 Mapping 전문 기체로 Mapping을 위한 기체 Setting이 이루어져 있어 타용도(동영상 촬영 등) 사용을 제한해야 합니다.
- ★ 비행 금지구역에서는 지역 항공청의 허가를 받아야 합니다.  
(관제권 \_ 비행장으로부터 반경 9.3km 이내인 곳은 금지 합니다.)
- ★ 비행지역의 지형지물을 사전에 확인하고 비행 동선을 유관 확인합니다.
- ★ 건물이나 나무로부터 20미터 이상 떨어진 공간(상공)을 확보 후 이륙 준비를 합니다.
- ★ 관람자는 조종자 뒤편에 2m 이상의 거리에 위치하며 기체는 항상 조종자의 서있는 방향과 일치하게 전면을 향하게 준비합니다.
- ★ 비행은 안전이 우선이며 기체의 조그만 준비 부족 및 이상 발견 시 절대 비행을 하지 않습니다.
- ★ 조종자는 음주상태나 집중력이 저하되었을 때는 비행을 자제해야 합니다.
- ★ 비행제한 구역을 확인하고 주간에만 유관으로 기체가 확인되는 장소에서 비행을 해야 합니다.(야간: 일몰 후부터 일출 까지)
- ★ 안개, 비 등 시야가 흐려 안전한 비행이 어려운 경우 비행을 금지 합니다.
- ★ 비행 전 기체의 진동으로 인하여 볼트 풀립 현상이 있는지 볼트를 한 번씩 조여줘야 합니다.
- ★ 미션 완료보다는 안전을 우선시합니다. (배터리 저전압 체크)
- ★ 촬영 시 기체 전원을 넣은 후 카메라를 장착하고 카메라 전원을 켜야 합니다.  
(주의 카메라 장착 시 조종기는 반드시 보조 조종자가 소지하고 있어야 합니다.)
- ★ 기체 텔레메트리 수신 불량에 일어나는지 반드시 확인해보고 비행해야 합니다.
- ★ PC에서 평상시와 다른 메시지를 응답할 경우에는 반드시 기체를 조종기로 RTL 하여 Home으로 돌아와야 합니다.

## 2.3 K-Mapper의 정기점검



## 2.4 안전사고 발생시 대처 방안

드론 비행 중 비상상황 및 사고발생 시 알 수 없는 사고가 발생 시 당황하지 마세요.

### ○ 비상상황 시 조치해야 할 방법

1. 주위에 크게 비상이라고 외쳐 주셔야 합니다.
  - 반복 “위험해요~~~ 어디에 계신 분들~~~ 하늘에 드론이 추락합니다~~ 피하세요~~~”
2. AUTO모드에서 Atti(자세제어)모드로 빠르게 반복적으로 전환하여 키가 작동하는지 확인 후 바로 착륙시켜야 합니다.
  - 조종기로 좌우 조종이 가능한지 확인 하세요
3. 최대한 빨리 안전한 장소에 신속히 착륙을 시켜 주셔야 합니다.
  - 사람 또는 건물, 차량이 없는 곳으로 이동 하세요
4. 주위에 적합한 착륙 장소가 없으면 나무 또는 강, 바다, 호수 등으로 추락시켜야 합니다.
  - 인명피해는 없어야 해요

### ○ 드론(초경량비행장치) 사고발생 시 조치사항

1. 인명구호를 위해 신속히 필요한 조치를 취해야 합니다.
  - 드론이 추락하는 방향으로 뛰어가며 사람들에게 알려야 해요
2. 사고조사를 위해 기체, 현장을 보존해야 합니다.
  - 사고 현장 유지, 현장 주변 및 사고 사진(동영상 포함) 촬영하세요
3. 사고조사의 보상 처리
  - 사고 발생시 지체 없이 가입 보험사 담당자에게 전화를 하여 보상 및 절차를 진행하고 사고현장에 대한 영상 및 사진을 첨부하여 보험사 담당자에게 제시하세요

### ○ 사고 보고

1. 보고사항
2. 조종자 및 드론(초경량비행장치) 소유자의 성명 및 명칭
3. 드론(초경량비행장치) 종류 및 신고번호
4. 사고 경위
5. 사람의 사상 또는 파손개요
6. 사상자의 성명 등 사상자의 인적사항 파악을 위하여 참고가 될 사항

### 3. K-Mapper 기체 사용법

#### 2.5 K-Mapper 기체 사용법

##### ◆ 비행 시동 전 기체 준비 사항 ◆

##### ★ 첫 번째.

- 배터리 충전 상태 체크

- 미션에 수량에 맞는 충분한 배터리 수량 확인.

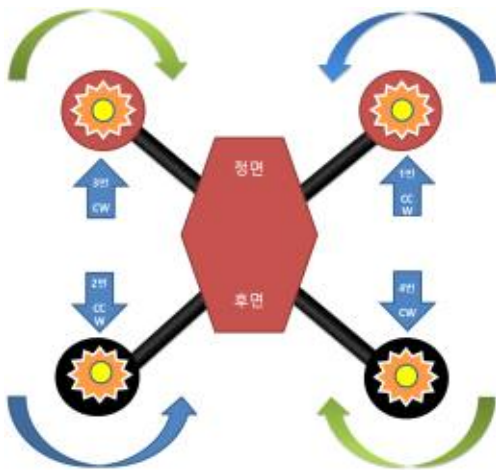
○ 배터리 LED 충전 램프 확인.(완충 시 4개 램프 점등)

##### ★ 두 번째.

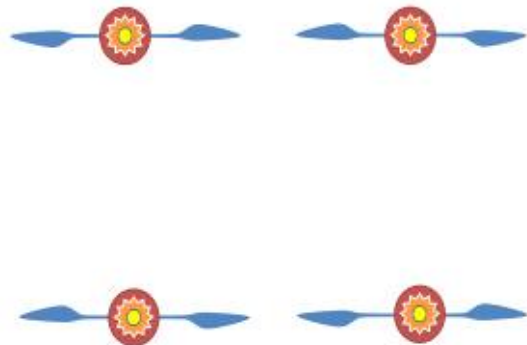
- 프롭 방향 및 볼트 풀림 확인

- 전면 우측 1번 모터(CCW), 후면 좌측 2번 모터(CCW) : 반시계방향
- 전면 좌측 3번 모터(CW), 후면 우측 4번 모터(CW) : 시계방향

##### ▼ 모터 회전 방향 ▼



##### ▼ 프로 방향 ▼



##### ★ 세 번째.

- 전원연결부 결선 상태 유관 체크

- 프레임 및 모터 결속부분 볼트 조임 상태 확인 합니다.
- 상부 GPS 화살표 방향이 정면과 정확히 일치하는지 확인 합니다.

★ 네 번째.

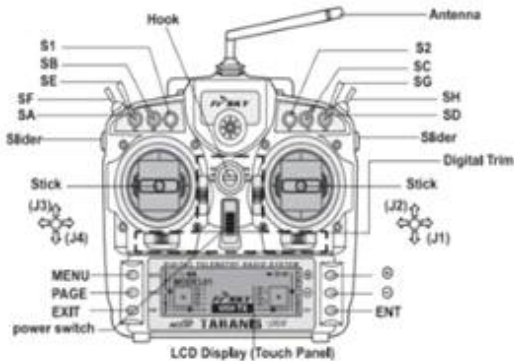
1) 시동 순서(Mission Planner 없이)

- ① 조종기 송신기 스위치 전원을 켜고 모델명을 K\_Mapper와 맞춥니다.
- ② 배터리를 기체에 부착하고 벨크로로 고정해줍니다.
- ③ 전원을 검정, 빨강 케이블 순으로 결합합니다.  
(부저에서 삐~ 소리가 나고 모터 부분에서 삐삐삐 신호음이 들림)
- ④ Radio Trasmmitter에 녹색LED가 작동하는지 확인 합니다.(Binding)
- ⑤ GPS LED 가 파란색이 점멸하면 GPS 신호를 정상적으로 잡은 상태입니다.  
(파란색 LED 가 점멸될 때 LOITER, AUTO 비행이 가능)
- ⑥ ARM, 조종기의 좌측 레버를 아래쪽 우측 (3시 방향)으로 1~2초간 유지 합니다.
- ⑦ “삐빅” 소리가 짧게 나면 ARMED 을 할 수 없는 ERROR 상태로 Mission Planner의 Pre-Arm Error 항목을 체크 해줍니다.(Go to Pre-Arm Check Menu)
- ⑧ “삐 ~~” 소리가 길게 나면 ARMED 상태가 됩니다.
- ⑨ 트로틀 레버를 천천히 올려주면서 기체를 이륙시킵니다.

2) 시동 순서(with Mission Planner)

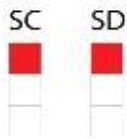
- ① 노트북에 Telemetry 를 연결하고 비행방향으로 유지시킵니다.
- ② Mission Planner를 실행하고 우측상단 포트를 맞추고 연결속도를 57,600으로 맞춘 후에 Connect 버튼을 누릅니다.
- ③ 좌측 상단 Flight window에 기체 수평움직임이 정상인지 확인합니다.
- ④ 조종기의 Mode스위치를 움직여서 Flight window에 정상적으로 Mode가 표시되는지 확인합니다.
- ⑤ 시동 순서 ( Mission Planner 없이)를 따로 시동을 걸어줍니다.

## 2.6 조종기 콘트롤 스위치 사용법



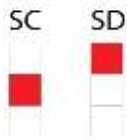
K-MAPPER 조종기 스위치 사용 조작은 누구나 쉽게 사용할 수 있도록 설정하였습니다.

- 좌측 조종기 이미지에서 확인하고 아래 스틱으로 비행모드 변경합니다.



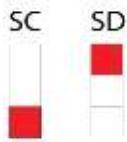
### ■ Altholdmode

고도유지 모드로 일정고도에서 Elev. 키를 밀면 기체는 고도를 유지하면서 전진한다



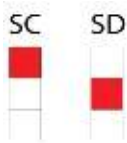
### ■ Loiter mode

GPS로 위치를 인식하여 일정고도를 올릴 상태에서 레버를 조작하지 않아도 현위치를 유지한다. (GPS 신호가 7개 이상인 경우)



### ■ Super simple

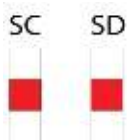
GPS로 위치를 인식하여 일정고도를 올릴 상태에서 엘리베이터 레버를 밀면 먼곳으로 당기면 홈으로 돌아온다. (GPS 신호가 7개 이상인 경우)



### ■ Return to Lunch (RTL)

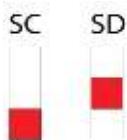
Arm을 걸러줬던 위치로 자동으로 돌아온다.

( Take off 했던 곳에 사람이 있거나 수평이 맞지 않을 때는Loiter Mode로 변경하여 착륙시킨다)



### ■ Land

현 위치에 수직으로 곧바로 착륙시킨다.



### ■ AUTO

기존에 저장된 Mission으로 자동 비행한다.

## 2.7. K-GCS 사용법

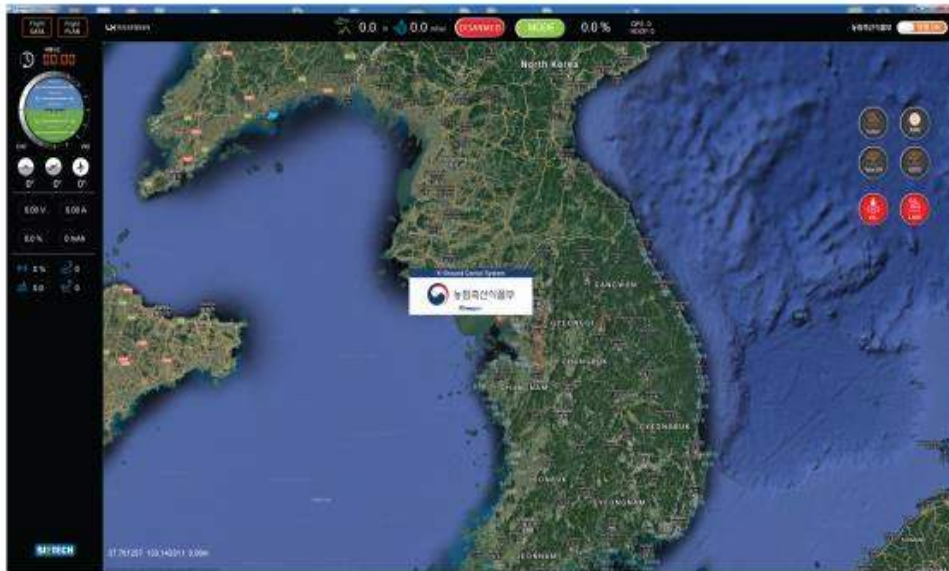
K-GCS 는 조류인플루엔자 예찰 및 방역업무용 드론인 KMAPPER 의 지상 제어 목적으로 개발된 GROUND CONTROL SYSTEM이며 외산 소프트웨어를 대체하여 국내 운용자가 쉽고 안전하게 KMAPPER를 제어 할 수 있도록 개발하였습니다.

K-GCS는 복잡한 외산 소프트웨어를 대체하여 간결하면서도 필요기능을 지원하기 위하여 3개의 메인기능 화면로 구성하였습니다.

- 메인 화면
- 비행 계획화면
- 세부 비행계획 설정 화면

각각의 화면은 현장의 환경을 고려하여 마우스 클릭만으로 제어 가능 하며, 각각의 화면에서 임무수행 버튼을 구축 하여 사용자의 결심 행동을 신속하고 안전하게 진행 하도록 구현 하였습니다

- 메인 화면



K-GCS 메인 화면이며 기체의 비행 상태 및 비행 제어 명령을 처리 하는 화면이다.

화면은 크게 삼분할 되어 있다. 좌측은 기체 비행 상태를 중앙은 지도 및 기체 위치, 우측은 비행 제어 명령 버튼으로 구성되어 있으며 사용자 혼동을 방지 하고자 사용자의 간단한 동작으로 기체 제어를 구현하도록 버튼을 배치하였다.



○ 비행 계획화면



미션 임무 등록 화면으로 사용자가 임무지역을 면적으로 지정하면 임무장비와 촬영 고도에 따라 자동으로 미션을 작성해주므로 사용자는 편리하게 자동으로 미션을 진행 할 수 있다.

○ 세부 비행계획 설정 화면



미션 임무 등록 화면으로 사용자가 임무지역을 면적으로 지정하면 임무장비와 촬영 고도에 따라 자동으로 미션을 작성해주므로 사용자는 편리하게 자동으로 미션을 진행 할 수 있다.




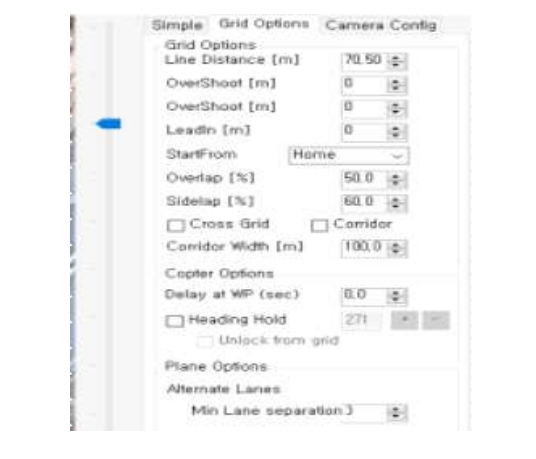
세부 비행 계획 설정 화면은 사용자가 지정한 영역을 기반으로 기체 고도 및 중복도를 설정하면 자동으로 기체의 촬영 경로를 작성하는 화면이다.



이때 프로그램에서 적정 경로 및 촬영 매수와 예상 미션 시간을 사용자에게 제공하므로 사용자는 최적 촬영을 계획 할 수 있다.

비행 계획수립은 결정된 촬영 영역을 기반으로 촬영 미션을 설정 하고 기체의 이동을 제어하는 기초 명령을 작성하여 KMAPPER에 촬영 미션을 업로드합니다.

비행 계획은 다음과 같은 절차에 의하여 수립합니다.

- 촬영 영역 설정
- 세부 비행계획설정 화면에서 촬영 고도, 촬영 중복도를 설정 합니다.
- 전체 미션타임을 확인 후 미션 타임을 25분 이내로 작성합니다.
- 작성된 미션을 파일로 저장 합니다.
- 비행 경로상에 장애물은 없는지 확인 후 기체에 업로드 합니다.

|   |   |
|---|---|
|    | <p>촬영 영역 설정 화면입니다.<br/>우측 상단의 폴리곤 작성 버튼을 클릭 후 설정된 촬영 영역을 순차적으로 클릭하면 화면에 클릭 순서대로 영역이 설정 됩니다.<br/>최소 3점이상 클릭하여 면을 만들면 자동비행을 작성 가능 합니다.</p>  |
|   | <p>촬영 영역을 설정 후 마우스 오른쪽을 클릭하면 상세 메뉴창이 나오며 '자동WP' 탭 클릭 후 'SURVEY (GRID)'를 클릭하면 세부 설정 화면으로 변환 됩니다.</p>   |
|  | <p>세부 설정 화면이며 작업자가 마지막으로 설정한 고도와 중복도를 기초로 자동 경로를 작성 해 줍니다.<br/>화면 상단의 ALTITUDE 항목이 촬영 고도이며 이 수치를 변화 시키면 자동으로 촬영 경로를 수정해 줍니다.</p>  |
|  | <p>'GRID OPTION' 탭을 클릭하면 촬영 중복도를 설정 할 수 있습니다.<br/>OVERLAP 은 기체 진행 방향 중복도를 의미하며 SIDELAP은 기체진행 방향의 횡방향 중복도를 의미합니다.<br/>중복도가 높을수록 높은 영상 정합도를 보이며 낮을수록 미션 타임을 줄일 수 있으므로 적정 중복도에서 미션을 수행 해야 하며 당 연구에서는 종횡중복 50%로 촬영 합니다.</p> |

|  |  |
|--|--|
|   | <p>화면 하단에 상태창 이며 FLIGHT TIME은 사용자 설정시 예측 미션시간을 의미합니다. 미션시간은 당일 기상에 따라 변동이 있을 수 있으므로 안전을 위하여 30분 이내로 제한을 두어야 합니다.</p>   |
|  | <p>화면 우측 하단의 'ACCEPT' 버튼을 클릭하면 처음의 비행 영역 설정 화면으로 돌아가며 자동으로 WAYPOINT가 작성된 모습을 볼 수 있습니다. 사용자는 KMAPPER와 KGCS간에 연결을 설정한 후 우측 상단의 'WP 파일 로딩' 버튼을 클릭하여 기체에 작성된 자동항법 경로 파일을 업로드 합니다. 기체와 연결되지 않은 상태에서는 기체항법정보가 업로드 되지 않습니다.</p> |

#### 4. 연결

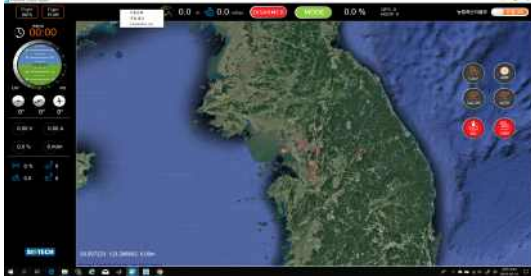
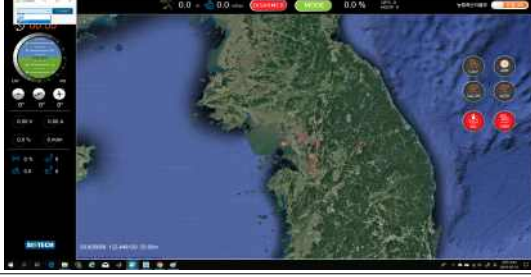
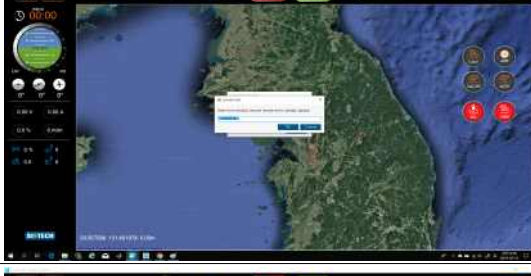
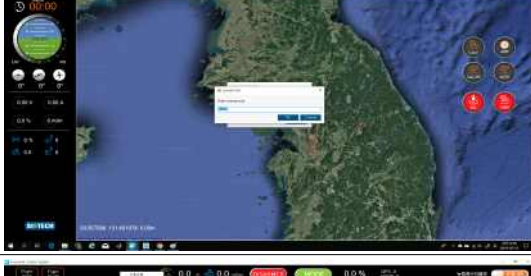
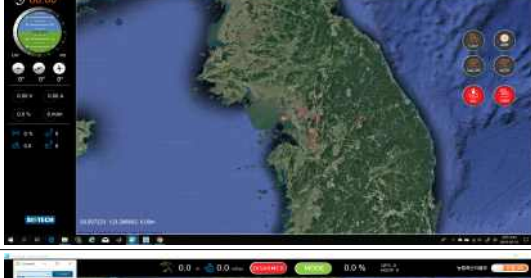
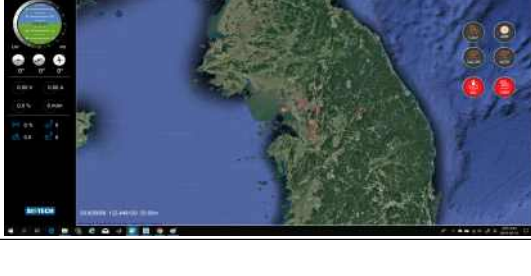
연결은 KMAPPER와 KGCS사이에 통신을 연결하며 통신 연결 수단은 UHF 모뎀과 LTE 모뎀을 사용 가능 합니다. 두 모뎀을 동시 연결 가능하며 이때는 LTE 모뎀을 연결시 원격관제센터에서 드론 제어가 가능 합니다.

이는 예찰 및 방역 전문가가 꼭 현장에서 작업할 필요가 없음을 의미하며, 현장에 작업 지시 및 주요 관심지역에 대한 제어를 원격지 관제 센터에서 명령 가능 하므로 드론 작업자와 업무 분장이 가능하게 됩니다.

UHF 모뎀을 사용 할 경우 UHF 모뎀을 지상 컴퓨터의 USB 슬롯에 연결하면 포트 번호가 자동으로 부여됩니다

LTE 연결 방식은 지상 컴퓨터가 인터넷에 연결되어야 합니다.

이 매뉴얼에서는 사용자가 인터넷에 연결 되었다 가정 하고 진행 합니다.

|   |  |
|---|--|
|    | <p>기체가 전원 인가된 상태에서 화면 상단에 마우스 오른쪽 버튼을 클릭하면 연결 옵션 선택창이 나타납니다.</p> <p>UHF 모뎀을 컴퓨터에 연결한 상태에서는 위 보기에서 'COM 번호'로 보여주며 사용자는 선택하면 자동으로 UHF 모뎀에 연결됩니다.</p> |
|    | <p>LTE 방식 연결시에는 위 연결옵션에서 TCP 방식을 선택 합니다.</p> <p>이때 지상컴퓨터는 인터넷에 연결된 상태이어야 합니다.</p>  |
|   | <p>시스템에서 부여한 LTE 모뎀의 주소를 입력합니다.</p>  |
|  | <p>시스템에서 부여한 PORT 번호를 입력합니다.</p>   |
|  | <p>기체가 전원 인가된 상태에서 화면 상단에 마우스 오른쪽 버튼을 클릭하면 연결 옵션 선택창이 나타납니다.</p> <p>UHF 모뎀을 컴퓨터에 연결한 상태에서는 위 보기에서 'COM 번호'로 보여주며 사용자는 선택하면 자동으로 UHF 모뎀에 연결됩니다.</p> |
|  | <p>LTE 방식 연결시에는 위 연결옵션에서 TCP 방식을 선택 합니다.</p> <p>이때 지상컴퓨터는 인터넷에 연결된 상태이어야 합니다.</p>  |



|   |                                     |
|---|-------------------------------------|
|  | <p>시스템에서 부여한 LTE 모뎀의 주소를 입력합니다.</p> |
|  | <p>시스템에서 부여한 PORT 번호를 입력합니다.</p>    |

## 5. 비행

기체에 전원을 인가하고 KGCS와 연결이 수립한 후 비행계획까지 로드 되었다면 이륙 준비가 모두 마친 상태입니다.

현장 작업자는 이륙전에 비행계획이 정상적으로 작성되었는지, 주변 장애물 요소는 없는지, 비행 경로상에 고층빌딩이나 송전탑등의 위험요소는 없는지, 풍향이나 풍속이 비행에 적당한지 판단한 후 안전한 비행이 예측되면 비행을 시작합니다.

비행의 절차는 다음과 같습니다.

- ARM 버튼을 누릅니다,
- TAKE OFF 버튼을 누릅니다.
- AUTO 버튼을 누릅니다
- 기체 비행상태 화면이나 기체 지도화면을 주시하며 비행을 진행 합니다.
- 자동으로 착륙 합니다.

비행이 비행경로에 의하여 임무가 완수되면 자동으로 착륙 하게 됩니다.

이때 기체 하방 방향에 안전을 위하여 작업자는 조종기를 항상 파지 한 후 안전하게 착륙 할 때 까지 기체를 주시 하여야 합니다.

미션 자동 비행은 작업자가 명령을 입력하면 기체는 입력받은 명령대로 진행 하게 됩니다. 따라서 작업자는 비행 계획 작성부터 최종 착륙 할 때까지 현장 및 지형 환경을 숙지하여 안전한 비행을 수행 하여야 합니다.



|   |   |
|---|---|
|    | <p>‘ARM’ 버튼입니다.<br/>기체에 배터리 장착상태에서 비행경로가 업로드되었으며 비행 안전 점검에서 이상이 없다면 ARM 버튼을 클릭하여 기체를 ‘ARM’모드로 진행 합니다.</p>   |
|   | <p>‘TAKE OFF’ 버튼입니다.<br/>‘ARM’ 단계에서 ‘AUTO’단계로 진행 전에 사용자가 미리설정된 목표 고도 (통상 10M)로 기체를 상승 시킨후 기체 이상 유무를 최종 점검하는 단계입니다.<br/>작업자는 이단계에서 기체의 안정성 및 풍속 등을 확인 한후 안전하다 판단되면 작업을 진행 합니다.</p> |
|  | <p>‘AUTO’버튼입니다. 이 버튼을 클릭하면 KMAPPER 는 미리 설정된 작업경로에 의하여 미션비행을 수행 하게 됩니다.<br/>가시권 비가시권 비행 모두 비행경로가 입력되어 있다면 기체는 비행경로에 따라서 자동으로 비행 하며 착륙 까지 전자동으로 진행 하게 됩니다.</p>                      |



‘FAIL SAFE’ 기능을 수행 하는 버튼입니다. 자동 비행 중에 기체의 이상 징후가 발견되면 작업자는 안전을 위하여 이 버튼을 동작 하므로써 안전 행위를 시행 하게 됩니다. ‘RTL’ 버튼은 기체를 처음 이륙했던 홈포지션으로 다시 복귀 시키며 이 버튼을 클릭하면 홈포지션에 자동으로 착륙하게 됩니다. ‘LAND’버튼은 이 버튼을 클릭하면 비행중에 즉시 착륙 하게 됩니다.



자동 비행 화면입니다.



자동 비행중 작업자는 빨간 테두리 영역을 주의 깊게 주시 하여야 하며 기체는 유저가 ‘AUTO PAN’ 기능을 켜놓으면 항상 화면 중앙에 위치하게 됩니다.



비행 상태 창입니다. 작업자는 비행중 안전을 위하여 지속적으로 주시 하여야 합니다. 대부분의 작업자가 주목해야할 상태를 설명합니다.

비행시간 : 기체의 비행 시간을 의미 합니다, 처음 비행 계획 작성시 계획했던 비행시간대비 미션 진행시간을 주시 하며 30분을 초과하여 비행이 지속 된다면 '미션 중단'을 고려해야 하며 이때는 'RTL' 버튼을 클릭 합니다.

전압 : 기체 배터리의 전압을 표시 합니다.

모든 배터리는 완충상태에서 전력을 소모시 배터리 전압이 강하되므로 작업자는 안전 전압까지 이하로 강하 되는지 확인 후 만일 안전 전압까지 강하 되었다면 즉시 미션을 중단해야 합니다.

통신 상태 : 통신 연결상태의 연결 유지성은 % 로 표시 되며 이 수치는 UHF 모뎀을 사용할 경우 기체와의 거리가 멀어지거나 장애물 뒤로 진행 할 경우 급격히 감소합니다.

## 2.8. 비행 전 기체 점검

|   |          |  |
|---|----------|--|
| 1   | 프롭펠러 점검  |  |
| ▼ 회전하여 점검<br>✓ 회·파손 및 고정 상태 확인<br>✓ 나사 조임 상태 확인<br>✓ 손상 부위 확인<br>✓ 방향 확인(CW, CCW) |          |  |
| 2   | 모터 점검    |  |
| ✓ 나사, 이물질 확인<br>✓ 나사 조임 상태 확인<br>✓ 손상 부위 확인<br>✓ 회전하여 걸림 현상 유·무 확인                |          |  |
| 3   | 랜딩스키드 점검 |  |
| ✓ 나사, 이물질 확인<br>✓ 나사 조임 상태 확인<br>✓ 폴딩 고정 상태 확인                                    |          |  |

|   |           |  |
|---|-----------|--|
| 4   | 본체 커버 점검  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 나사, 이물질 확인</li> <li>✓ 나사 조임 상태 확인</li> <li>✓ 고정 상태 확인</li> </ul> |           |  |
| 5   | GPS 부착 점검 |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 부착 상태 확인</li> </ul>  |           |  |

## ☒ 부 록 ☒

### - 순 서 -

1. 드론 비행체 하드웨어 관련 용어
2. 드론 주변 기기 관련 용어
3. 드론 기능 관련 용어
4. 드론 운용 시스템 관련 용어
5. 드론 기술 관련 용어
6. 미션플래너 메시지
7. 항공 촬영 신청
8. 초경량비행장치 비행승인신청
9. 비행 전 체크 리스트



## 1. 드론 비행체 하드웨어 관련 용어

### ▶ 2.4GHz Spectrum (2.4GHz 스펙트럼) :

Ghz는 기가헤르츠의 단위로서, 드론 컨트롤러가 사용하는 무선 주파수의 단위.

2.4GHz 확산 스펙트럼 컨트롤러는 소형 상업용 드론에 기본 바탕이다. 스펙트럼은 "가변 주파수" 기술로서, 주파수 혼선을 피하기 위하여 "호핑 Hopping" 이라는 기능을 사용하여 혼선이 없는 주파수로 변경을 함. 일반적으로 2.4000~2.4835 GHz 대역을 사용.

### ▶ 5.8GHz Spectrum (5.8GHz 스펙트럼) :

취미/전문가용 RC드론에 사용되는 드론과 조종기 간의 송수신 대역. 드론 카메라의 실시간 영상 정보를 더 빠르고 넓게 그라운드 스테이션에게 전달하는 용도로 사용. FPV 레이싱에서 사용되며 FPV고글과 짝을 이루어 사용함. 일반적으로 5.725~5.850GHz 대역을 사용

### ▶ 펌웨어 (Firmware) :

드론 제어의 가장 기본, 핵심이 되는 운용 소프트웨어로서 비휘발성 메모리에 저장되어 전원이 꺼져도 지워지지 않음. 각종 센서의 컨트롤과 비행 경로 계산, 자동 비행, 각종 응용 소프트웨어 등 이 실행 되도록 관장하며 드론의 FC 등을 제어 함.

### ▶ F/C (Flight Controller) :

드론의 다양한 기능을 통제하는 중앙 제어 컴퓨터.

### ▶ FC (Flight Controller), 플라이트 컨트롤러 :

FC, F/C 참조. 드론 비행을 관장하는 중앙 컴퓨터.

### ▶ IMU (Inertial Measurement Unit) :

관성 측정 장치. 기체의 자세와 움직임, 안정성을 제어하는 핵심 부품으로서 가속도계와 자이로 등 각종 센서가 포함된다.

### ▶ 가속도계 (Accelerometer) :

기체의 전후,좌우,상하(일반적으로 Roll방향) 방향에서 가속도를 측정하는 전자 장치. 자이로센서, 전자컴파스와 함께 IMU의 기본 구성품.

### ▶ 자이로, 자이로스코프 (Gyro, Gyroscope) :

각 속도 측정 장치. 3차원 공간에서 비행체의 회전(Yaw)를 측정하여 자세를 유지하는 장치

### ▶ 기압계 (기압 센서) :

Barometric Pressure Sensor, Barometer. 대기압을 측정하여 비행고도를 감지하는 장치. 초음파, 광학 센서 등 다른 센서와 함께 사용하여 지상의 높이 판단에 도움을 준다

### ▶ 초음파 센서 :

소리의 파장을 이용하는 센서로서, 쿼드콥터와 멀티콥터에서 주로 사용된다. 초음파 센서는 바닥에 음파를 쏘아 반사되는 파장을 감지하여 지면까지의 거리를 측정하는데 사용이 됩니다. 일반적으로 지면이나 바닥에서 수 미터 상공에서만 작동이 됩니다.

### ▶ GPS (Global Positioning System) :

미국의 위치 정보 추적 위성을 가리킴. 항공기, 차량 등 물체에서 위성의 위치 정보 신호를 수신하여 지상 혹은 공중의 위치를 파악할 수 있는 시스템

▶ 브러시리스 모터 (Brushless Moter) :

고정 전기자 주위를 영구 자석이 회전하는 방식의 모터로서 회전자(브러시) 등 회전 마찰을 일으키는 부품을 제거하여 거의 반연구적으로 사용할 수 있다. 단, ESC 속도 제어 장치가 필요하여 브러시드 모터에 비하여 단가가 비싸다. 브러시리스 모터는 브러시드 모터보다 훨씬 효율적이고 견고합니다.

▶ ESC (Electronic Speed Controller) :

브러시리스 모터의 회전속도를 제어하는 전자 장치.

▶ 전력 분배 보드 PDB (Power Distribution Board) :

멀티콥터 프로펠러의 안정적인 동작을 위하여 각각의 모터에 적절한 전력 공급을 권장.

▶ BEC (Battery Eliminator Circuit) :

단일의 배터리로 멀티콥터의 여러 전자 회로에 전력을 공급하게 하는 부품. 예) 동일 배터리로 송수신 장치와 모터에 동시에 전력을 공급하도록 함. 주로 드론 무게 감량을 위해서 사용됨.

▶ 서보 (Servo) :

서보모터(Servomotor) 혹은 (Servomechanism) 줄임말. 무인항공기는 서보모터를 사용하여 카메라 방향을 상하좌우로 조정하거나 항공기의 날개 방향을 조종하는 등 다양한 기능을 지상에서 제어할 수 있습니다.

▶ 짐벌 (gimbal) :

움직이는 항공기에서(카메라와 같은)기기를 안정적으로 수평을 유지하기 위한 장치.

▶ 카메라 짐벌 (Camera Gimbal) 혹은 짐벌 :

드론과 카메라에 주로 사용되며 카메라와 드론의 진동을 상쇄시켜 영상이 흔들리지 않도록 제어하는 장치. 서보(servos)라는 작은 작동장치를 사용하여 틸트 및 회전이 가능함. 비디오 카메라와DSLR을 포함한 다양한 카메라를 장착할 수 있다.

▶ OSD (On Screen Display) :

지상 모니터에 무인기의 비행 정보를 보여주는 장치. 주로 배터리 잔량, 고도, 방향 등의 원격 측정 데이터를 보여 줌.

▶ 수신기(Receiver, 리시버) :

카메라의 신호를 수신하여 화면/고글에 표시하는 장치.

▶ 송신기(Transmitter, 트랜스미터) :

파일럿에서 드론으로 명령을 전송하는 장치 혹은 카메라 신호를 고글에 위치한 수신기로 중계하는 부품.

▶ Radio 라디오 :

일반적으로 송신기 또는 컨트롤러를 가리킴, 특정 주파수 또는 채널에서 신호를 전송하여 드론의피치, 요, 롤 방향을 제어.

▶ R/C : Radio Controlled 무선제어 :

R/C, Radio Controlled, 무선제어의 줄임말. 혹은 Radio Controller, Remote Controller 무선 조종기, 원격 조종기. 무선 수신기 혹은 스마트폰, 테블릿PC로 멀티콥터, 쿼드콥터를 제어하는 것. 혹은 드론의 무선조종기, 컨트롤러

▶ 컨트롤러(Controller) :

송신기, 조종기, 라디오, 라디오 컨트롤러, 리모트 컨트롤러, RC 등 다양하게 불림. 파일럿이 드론을 제어하기 위해 사용하는 장치.

▶ 카본(탄소섬유, CF, Carbon Fiber) :

가벼우면서 강도가 높은 소재로 드론, 비행기 등에 주로 사용됨.

▶ 프롭 Prop :

프로펠러(Propeller)의 줄임말

▶ 아두이노(Arduino) :

오픈 소스를 사용하여 기체의 제어 프로그래밍이 가능한 개방형 회로 기판. 많은 레이싱 드론, 조립용 드론, 연습용 드론, 코딩 드론 등의 비행 컨트롤러로 사용되며, 쉽고 저렴하게 드론을 제작할 수 있도록 해줌

▶ 자동 노출계, 인터벌미터(Intervalometer) :

카메라가 매초 혹은 X초의 간격으로 자동으로 스틸 사진을촬영할 수 있도록 해주는 하드웨어 혹은 소프트웨어.

주로 항공 사진에 인터벌 촬영 Interval Shooting 이라고 불리며 고정익의 자동 항법 장치를 이용하여 조종 신호가 도달하지 않는 원거리 특정 지역을 촬영하고자 할 때 사용된다.

▶ JST :

배터리 커넥터(플러그)의 한 종류. 멀티콥터에 주로 사용됨. 다른 타입의 커넥터로 웰케라 커넥터(Walkera Connector)가 있다. 두 커넥터의 변환 어댑터를 구할 수 도 있다.

▶ LIPO :

리포(Lipo, Li-PO), 리튬 폴리머. 주로 드론 배터리에 사용되는 물질.

▶ mAh :

Milliamperere hour - 배터리 용량을 말하는 단위로 1시간에 사용할 수 있는 전류량을 말함. 1000mAh는 1000mA의 방전전류로 1시간을 사용할 수 있는 양임. 쿼드콥터 배터리는 적게는 50mA/h ~ 5000mA/h 이상의 배터리도 있습니다.

## 2. 드론 주변 기기 관련 용어

▶ 808 카메라 :

매우 작은 카메라들 지칭하는 일반적인 용어, 주로 키체인 카메라로 판매됨. 매우 가볍고 작아서 멀티콥터 항공 촬영용으로 주로 사용됨.

▶ FPV (First Person View) :

1인칭 조종사 시점. RPV(Remote Person View) 라고도 함. 드론에 장착된 카메라를 통해 전송되는 실시간 화면을 조종자 혹은 관제 시스템의 고글, 모니터 등으로 확인 가능

▶ FPV 카메라 :

드론 레이싱, 1인칭 비행, 사진 촬영, 영상 촬영에 사용되는 특수한 카메라.

▶ FPV 고글 :

드론 카메라에서 전송되는 실시간 화면을 볼 수 있는 모니터가 달린 안경과 유사한 장치

▶ FPV 레이싱 :

조종사가 FPV 고글을 장착하고 레이싱 드론을 3차원 트랙에서 날리는 경기.

▶ 모비우스 카메라 (Mobius Camera) :

무선 조종 비행기/헬기 사용자에게 인기 있는 초소형 카메라. HD급 동영상 촬영 뿐 아니라, 촬영간격 설정 장치(인터벌 측정기)를 사용하여 스틸 사진도 촬영 할 수 있다.

▶ 밸런스 충전기 :

Balanced Battery Charger 리튬 폴리머 배터리(혹은 기타 드론용 배터리)내부의 복수 배터리 셀 간의 균형을 적절히 맞추면서 충전하는 배터리 충전기

▶ 250 레이서(Racer) :

모터의 대각선 끝에서 끝까지의 길이가 250mm인 레이싱 멀티콥터를 뜻하는 용어. 현재 FPV 레이싱 드론 선수들이 주로 사용하는 드론의 규격.

▶ Tiny Whoop 타이니 우프 :

FPV 비행하기 위해 개조된 작은 마이크로 쿼드콥터. 원래는 마이크로쿼드콥터 제품 Blade Inductrix를 지칭하였으나 현재는 FPV를 사용할 수 있는 모든 마이크로 쿼드콥터를 뜻하는 용어가 되었다.

▶ 쿼드콥터(Quadcopter) :

일반적으로 4개의 모터를 가진 무인기를 뜻함. 각각의 모터 회전속도를 제어하여 호버링과 방향을 수정하여 비행하는 무인기. 가장 대중적으로 알려진 드론의 유형

▶ 헥사콥터(Hexacopter) :

6개의 모터 장착한 멀티콥터로서 모터 하나가 동력을 상실 할 경우에도 안전하게 착륙을 시킬 수 있습니다.

▶ 옥타콥터(Octocopter) :

8개의 모터를 장착한 무인기(드론).

▶ 멀티콥터 (Multicopter) :

세개 이상의 모터에 수평방향의 프로펠러를 장착하여 비행하는 무인 비행체.트리콥터, 쿼드콥터, 헥사콥터, 옥타콥터 등.

▶ VRX :

Video Receiver 영상 수신기.

▶ VTX :

영상 송신기의 약어, 카메라에 연결되어 드론에서 나온 영상 신호를 실시간으로 지상으로 전송.

▶ UAV :

Unmanned Aerial Vehicle 혹은 Unmanned autonomous Vehicle 무인 비행체(드론등).

▶ sUAS (small Unmanned Aircraft System) :

소형 무인 항공기 시스템의 약자.

### 3. 드론 기능 관련 용어

▶ 고도 유지 기능(Altitude Hold Function) :

드론이 설정된 높이에서 스스로 안정적으로 호버링을 하는 기능으로 조종사가 카메라에 집중할 수 있도록 해 준다. 고도 유지를 하기 위해서는 기압계, GPS 등이 필요하다.

▶ 오토 파일럿 (Autopilot) :

조종사의 실시간 제어 없이 비행을 수행하는 무인 비행기의 기능. 예) 사전 설정된 GPS 좌표를 따라 자동 비행하는 기능.

▶ 자율 비행 (Autonomous Flight) :

GPS 나 기타 전자 유도 장치를 사용하여 미리 프로그램된 비행 경로로 조종사의 조종없이 자율적으로 무인기가 비행하는 기능.

▶ 페일 세이프 (Fail Safe, 항공기 안전장치) :

항공기 비행시 오류가 발생할 경우 항공기를 보호하기 위하여 작동하는 시스템. 예를 들어 드론과 조종기 사이의 신호가 끊어진 경우, 드론이 자동으로 최초 이륙 지점 돌아가는 기능.

▶ 플라이 어웨이 보호 시스템(Fly Away Protection System) :

페일세이프 기능 참조. 조종사와 무인 항공기간의 신호가 끊어 질 경우, 드론을 안전하게 착륙하도록 하거나 운항 구역 내에 잡아두는 시스템.

▶ 플라이 어웨이(Fly Away) :

드론 혹은 조종장치의 이상으로 기체 제어가 불가능하여 의도하지 않은 경로로 비행하거나 운항 범위(고도, 속도)를 벗어나는 경우. 조종 불가 상태.

▶ 지오 펜스(geo fence) :

GPS 위치 정보를 바탕으로 드론이 이륙지점에서 일정한 범위를 벗어나지 못하도록 가상의 펜스를 쳐주는 것. 혹은 GPS 정보를 바탕으로 비행 금지 지역을 지정하여 드론이 들어갈수 없도록 설정한 가상의 장애물

▶ 헤드 트래킹(Head tracking) :

머리를 아래위로 움직이거나 옆으로 움직여 드론이 비행하는 동안 카메라 각도를 자동으로 조절 할 수 있는 고글의 고급 기능.

▶ 헤드리스 모드(Headless Mode) :



(IOC 참조). 비행체의 방향에 관계 없이 조종기 스틱의 전진 후진 방향으로 비행체가 움직이는 기능.

▶ 홈포인트(Home Point) :

기체가 GPS를 인식하여 이륙한 지점을 가리킴. RTH 기능 활성화 시 복귀하는 지점이며 매번 비행시 이륙한 지점이 홈포인트로 설정됨. 비행체가 최소 6개 이상의 GPS를 인식하여야 홈포인트로 설정이됨.

▶ INS (Inertial Navigation System) :

관성 항법 시스템. 최초 인식된 GPS 위치 바탕으로 속도계, 모션 센서의 정보를 계산하여 GPS 신호가 일시적으로 끊어졌을 경우나, GPS 신호가 잡히지 않는 지역으로 들어간 경우에도 위치를 파악하여 비행이 가능함.

▶ IOC (Intelligent Orientation Control) 자동 방향 제어 :

일반적으로는 헤드리스(headless) 모드라고 불림. 드론의 노즈(코) 방향이 일반적으로 전방을 가리키나, IOC 혹은 헤드리스 모드를 사용하면 드론의 노즈가 어느 방향을 가리키든 상관 없이 전진 방향과 후진 방향으로 비행체를 조종할 수 있음

▶ 모드 (mod / Modification) :

주로 레이싱 드론, 쿼드콥터를 사용자가 다양한 방식으로 수정, 개조 하는 것.

▶ 조종기 모드의 종류

- 모드 1 송신기 : 오른쪽 스틱이 스로틀인 방식의 송신기, 주로 일본, 영국에서 사용하며, RC 헬기에 많이 사용됨.
- 모드 2 송신기 : 왼쪽 스틱이 스로틀인 방식의 송신기. 미국/유럽에서 주로 사용, 드론에 많이 사용됨.

▶ POI : Point of Interest.

중양의 목표점을 기준으로 하여 원을 그리며 회전하는 기능을 뜻하는 명칭. GPS를 사용하여 자동으로 비행하는 기능을 가진 드론도 있음. 오르빗(Orbit) 혹은 bank turn이라고도 함.

▶ Return to Home(RTH)

홈포인트 자동 복귀 : GPS 신호에 의하여 드론이 이륙한 "홈"위치로 되돌아오는 기능.

▶ 감지 및 회피(Sense and Avoid) :

다른 무인 비행체와 충돌을 방지하고 안전하게 비행할 수 있는 무인비행체의 기능, 감지 및 회피 기능은 자체 분리 및 충돌 회피 기능을 제공합니다.

▶ Telemetry 텔레메트리(원격 측정) :

항공기와 조종자의 컨트롤러/송신기/화면 사이의 연결을 뜻함. 멀티콥터의 배터리 잔량을 그라운드 스테이션에 표시하는 것 등.

## 4. 드론 운용 시스템 관련 용어

▶ ARF (Almost Ready to Fly) :

거의 비행이 가능한 직전 단계까지 패키지가 구성되어 판매되는 제품. ARF 장치는 송신기가 장착되지 않고 나오는 경우가 많으며, 일부 추가 조립이 필요

▶ RTF(Ready to fly) :

쿼드콥터, 멀티콥터 및 무선조종 비행체의 경우 비행에 필요한 모든 장치를 한세트에 판매하는 것을 뜻함. (\* 송신기를 위한 일반 배터리(AA AAA)가 필요한 경우는 있습니다).

▶ BNC (Bind N(and) Fly) :

컨트롤러와 비행체를 연결하기만 하면 비행이 가능한 단계

▶ 상업 비행 :

돈을 벌기 위해 무인 비행기를 조종하는 것. 국내 법에는 드론을 상업적으로 이용할 시에는 초소형 무인 항공기 사업자 등록을 반드시 해야 하며 드론 보험에 가입하여야 함.

▶ BVLOS (Beyond Visual Lind Of Sight) :

비가시권, 육안으로 식별할 수 있는 범위를 벗어남.

▶ LOS(Line Of Sight) 시계 :

가시권. 육안으로 드론을 식별할 수 있는 것을 뜻함.

▶ Visual Line of Sight :

가시권, 조종사가 계기를 사용하지 않고 지상에서 육안으로 비행체를 보며 조종하는 것.

▶ VLOS :

Visual Line of Sight 의 약어.

▶ FAA(Federal Aviation Administration) :

미 연방 항공 관리국, 모든 미국 민간 항공의 통제 및 감독 권한을 가진

▶ FCS (Flight Control System) 비행 통제 시스템 :

조종사가 드론을 조종할 수 있도록 통제해 주는 종합적인 네트워크 시스템.

▶ GIS(Geographic Information System) :

수집, 저장, 수정, 분석, 관리 및 표시를 위한 공간 정보 혹은지리 정보 데이터.

▶ 그라운드 컨트롤 스테이션 GCS (Ground Control Station) :

지상 통제 센터. 지상에 있는 컴퓨터에서동작하는 소프트웨어로서 무인 항공기에서 전송되는 비행 정보, 카메라 정보 등을 화면에 나타나도록 하는 장치. 각종 센서와 비행 데이터, 영상 정보, 실시간 영상 등의 데이터를 수신하여 화면에 표시하며, 비행체로 비행명령을 전송할 수 있음.

▶ 비행 금지 구역(No Fly Zone, NFZ) :

정부 규제에 의하여 무인기의 비행이 금지되는 지역. 주로 공항, 보안지역, 국가 기간 시설, 민감한 정보가 있을 수 있는 지역.

▶ 사전 비행 계획 Pre Flight Planning :

안전한 비행을 위하여 비행에 관계되는 모든 적용 표준 및 규정에 따라 이륙 전 조종자와비행요원에 의해 수행되는 활동. 기상, 비행 경로, 비행 구역, 장비 구성, 지원 인력,

지형 및 통신 요건 및 그 밖의 요인들을 지칭함.

▶ 스포터(Spotter) :

파일럿이 FPV를 통해 비행하는 동안 육안으로 드론을 추적하는 사람. 고글로 인해 볼 수없는 시야의 잠재적인 위험을 파일럿에게 알려줌.

▶ Visual Observer :

UAS 파일럿이 비행체 운행시 충돌 방지를 위해 지원하는 임무를 가진 요원, 다른 드론의이동 경로 확인, 공중에 떠 있는 물체, 구름, 장애물 및 지형 등 장애물을 피하도록 지원을하며, FPV 비행과 관련된 정보를 알려 줌.

▶ Waypoint 웨이포인트:

지도상 물리적 공간에서 이동할 지점을 점으로 선택하여 비행체가 비행할 경로를 지정해주는 것. 웨이포인트는 쿼드콥터의 자율적인 비행 임무를 계획하는데 사용된다.

▶ UTM : Unmanned(UAV) Traffic Management

무인기 교통 관제의 약어, 미국 나사에서 만들어진 개념으로서, 복수의 무인 비행기를 낮은 고도의 공역에서 통합적으로 안전하게 관제하기 위한 시스템. 클라우드를 기반으로 이 시스템은 낮은 고도에서 무인기의 트래픽을 관리하고, 비가시권 자율 비행하는 UAS의 충돌을 방지하는 데 도움이 됨.

## 5. 드론 기술 관련 용어

▶ 장난감 등급(Toy Grade) :

일반적으로 10만원 미만의 완구형 쿼드콥터(드론)을 가리킴. 일반적으로 완구형 드론은최소한의 센서와 저렴한 부품을 사용하여 안정성이나 비행성능은 기대하기 힘 듬. 간편한 조작과 작은 크기로 인하여 공간 활용성이 높으며 가격 대비 다양한 기능을 제공한다. 초보자의 입문용으로 사용이 가능함

▶ 취미 등급, (Hobby Grade) :

취미용 드론 등급. 완구형 드론(Toy Grade)에서 한 단계 높은 등급의 드론. 토이 드론에 비하여 향상된 안정성과 조종성을 지니고 있으며, 더 많은 센서와 자동 항법 장치, 고급 부품을 사용함.

예: DJI Spark, Mavic Pro, AR Drone, Dobby, Vitus, Yuneec Typhoon 등.

Tx : 전송 또는 송신의 약어 / Rx : 수신기 또는 수신을 뜻하는 약어

▶ 추진력 (Thrust) :

프로펠러와 모터의 회전 조합으로 발생한 양력을 이용하여 물체를 하늘로 들어 올리는 힘.

▶ 스로틀 (Throttle) :

전기 모터의 RPM (속도)을 증가 또는 감소시키는 것

▶ WOT :

Wide Open Throttle - 스로틀 스틱의 최대값.

▶ 요우 (Yaw) :

중심축을 중심으로 하여 수평 비행면으로 쿼드콥터가 회전하는 것을 뜻함.

▶ 피치 (Pitch) :

드론에서 일반적으로 수평으로 축으로 아래위로 움직임을 말함.

비행시 기수가 앞으로 혹은 뒤로 숙여지는 것.

▶ 롤 (Roll) :

세로를 축으로 비행체를 기울이면서 좌우로 이동하는 것

▶ 트림 (Trim) :

일반적으로 완구형 드론 및 조립형 드론의 조종기 스틱의 기준점을 조정하는 것, 드론이 안정적으로 호버링과 비행을 위하여 조종기 방향타의 틀어진 부분을 조정하는 것.

비행체가 안정적으로 호버링을 할 수 있도록 함.

▶ 바인드 (Bind) :

컨트롤러와 특정 드론간에 통신이 가능하도록 서로 연결 시켜 주는 것.

▶ AGL (Actual Ground Level) :

실제 이륙 지면에서 측정된 고도

▶ 중력 중심 (Center of Gravity, GC) :

무게 중심이라고 하며, 기체 밸런스의 중심점. 보통의 경우 문자가 부착되어 있거나 기체가 매달려 있는 경우의 포인트일 경우가 많음. 다른 배터리, 카메라, 기타 보조 기기 등을 추가할 때 CG(혹은 기체 밸런스)를 반드시 유지해야 합니다..

▶ 항공 사진(Aerial Photography) :

드론에 장착된 카메라로 공중에서 촬영한 영상과 비디오

▶ KAP (Kit Aerial Photography) :

연에서 촬영하는 항공 촬영방식.

▶ JPEG :

제이펙. 대부분의 디지털 카메라에서 사용되는 사진 형식. RAW 원본 파일에서 파일의 용량을 줄이기 위하여 압축을 함.

▶ RAW :

디지털 스틸 사진의 저장 형식. RAW파일에는 카메라가 촬영한 모든 정보가 포함되어 있으며 jpg파일처럼 압축하여 처리되지 않음.

▶ 영상 지연 시간 :

드론 카메라의 실시간 영상이 지상의 모니터나 고글로 전송되어 보여지는 영상간의 시간차.

▶ 젤로 Jello :

진동에 의해 동영상이 흔들리며 촬영 되는 현상. 멀티콥터의 진동과 흔들림에 의하여 영상이 흔들리거나 울렁거림이 발생할 수 있으며 이를 젤로라고 부른다. 고품질의 짐벌을 장착하여 젤로현상을 줄일 수 있음.

▶ 아크로(Acro) :

아크로바틱, 즉 곡예 모드의 약자. 프리스타일 비행이라고도 부름.

▶ 축 (Axis) :

3차원 공간의 비행면에서 항공기의 움직임을 뜻함. 드론은 기본적으로 3축 자이로 센서를 기본으로 장착하고 있으며 가속도계를 장착한 경우 6축 자이로 센서라고 부르기도 한다.

▶ 빌드 (Build) :

TAG 드론 , 드론사전 , 드론용어 , 드론용어사전 , 사전 , 용어 드론이 궁금하면! /알기 쉬운 드론 연구소 카테고리의 다른 글기 성품이 아닌 가정에서 조립 제작하는 유닛.

▶ 플래시 flash, 리셋 :

칩이나 컨트롤러의 컴퓨터 코드를 재설정 또는 추가하는 것... "ESC를 플래시한다" 혹은 "ESC 리셋"

▶ 주파수 (Frequency) :

드론 조종에 사용되는 전파 신호. 브랜드마다 다를 수 있으며, 비행체 간의 전파 간섭을 방지하기 위하여 멀티 채널을 사용합니다.

▶ 페이 로드(Payload) :

탑재 중량. 무인기에 배터리를 장착하여 무인기가 이륙할 수 있는 중량, 페이로드는 비행체와 배터리를 제외한 순수하게 무인기에 탑재할 수 있는 중량.

## 6. 미션플래너 메시지

▶ RC not calibrated :

조종기 칼리브레이션 메시지.

▶ Bara not healty :

기압센서 고장 메시지.

▶ Alt Disparity :

기압센서에서 측정된 고도와 관성제어(기압센서+가속센서)에서 계산한 고도가 2m 이상 차이가 발생 할 때 나타나는 메시지.

▶ Compass not healty :

지자계 하드웨어의 오류 메시지.

▶ Compass not calibrated :

지자계 칼리브레이션 메시지.

▶ Compass mag filed :

mag filed가 너무 크거나 작을 때 발생(약 +-35%이상 차이 날 때)



▶ Compass inconsistens :

내부 지자계와 외부지자계가 다른 방향을 가리킬 때 발생.

▶ GPS glitch :

GPS가 필요한 모드(Geo-Fence 포함)에서 GPS 비정상적 작동시 발생.

▶ Need 3D Fix :

GPS가 필요한 모드(Geo-Fence 포함)에서 자신의 위치를 아직 잡지 못했을 때 발생.

▶ Bad velocity :

기체가 초속 0.5m 이상의 속도로 움직일 때 또는 기체가 떨어지는 순간이나 GPS가 5hz이하로 비정상 작동할 때, 가속센서 칼리브레이션이 안되어 있을시 발생.

▶ High GPS HDOP :

HDOP 수치 2이상 일 때 발생.

▶ INS not calibrated :

가속센서의 각 축 offset값이 0일 때 발생.(가속센서 칼리브레이션 할 것)

▶ Accel not healthy :

펌업 후 발생하는 경우가 많음.

▶ Gyro not healthy :

펌업 후 발생하는 경우가 많음.

▶ Gyro cal failed :

칼리브레이션 중 offset값을 제대로 못잡는 경우 발생.

▶ Gyro inconsistent :

2개의 축에서 보내는 회전각이 초당 20도 이상 차이날 때 발생.

▶ Check board voltage :

FC내의 전압이 <4.3v 이하 이거나 >5.8v 이상 일 경우 발생.

▶ CH7 & CH8 Opt cannot be same :

7,8번에 같은 기능을 할당 하지 말 것.

▶ Check FS\_Thr\_Value :

노른 FS의 PWM값이 스로틀의 최소 PWM 값에 근접했을 시 발생.

▶ Check Angle\_Max :

뱅크각이 10도 이하이거나 80도 이상일 때 발생.

▶ ACRO\_BAL\_ROLL./PITCH :

ACRO\_BAL\_ROLL./PITCH의 P게인 값이 Stablize모드의 Roll/Pitch의 P게인 값보다 높을 때 발생.

## 7. APS 윈스탑 신청 방법

### ① APS 윈스탑 (www.onestop.go.kr) 접속

The screenshot shows the APS homepage with the following elements:

- Header: 업무문의: 드론 비행승인 | 항공사진촬영 | 장치신고/사업등록 | 시스템 여려문의: 032-741-7180 / foism an@korea.kr | 이훈우 정보수 | 로그아웃
- Navigation: 시스템소개, 항공민원신청 (highlighted), 처리부서·담당자지정, 항공민원처리현황, 정보마당
- Main Content:
  - 시스템소개: 전자처리 대상 인허가, 시스템 개념도, 민원처리시스템 개요, 인허가 기관시스템 개요
  - 항공민원신청: 신청서작성 (highlighted with a red box and arrow)
  - 처리부서·담당자지정
  - 항공민원처리현황: 민원결과조회, 시행문서
  - 정보마당: 공지사항, O&A
- Footer:
  - 총합: 목록서(330), 온도: 16°C
  - 환검상태: 사용자실명서, 기본환검상태
  - Flight Schedule Table:
 

|         |      |       |       |       |     |
|---------|------|-------|-------|-------|-----|
| GCR7994 | ZBTJ | 11:45 | 11:45 |       |     |
| JNA245  | ROAH | 11:50 | 11:50 |       |     |
| CES2040 | ZSQD | 11:55 | 11:55 |       |     |
| AAR541  | EDDF | 12:00 | 12:00 |       |     |
| JNA223  | RJFF | 12:00 | 12:00 |       |     |
| CAL165  | RCKH | 11:30 | 11:30 | 11:33 | DEP |
  - FCIS 관련 시스템: UBKAIS 시스템, GDS

### ② 초경량비행장치 비행승인, 항공사진 촬영허가 신청서

The screenshot shows the '신청서 작성' (Application Form) page with the following elements:

- Header: 업무문의: 드론 비행승인 | 항공사진 촬영 | 장치신고/사업등록 | 시스템 여려문의: 032-741-7180 / foism an@korea.kr | 이훈우 정보수 | 로그아웃
- Navigation: 시스템소개, 항공민원신청, 처리부서·담당자지정, 항공민원처리현황, 정보마당
- Main Content:
  - 신청서 작성: 신청서 선택 (active), 신청서 작성, 신청서 접수, 신청완료
  - 신청서 선택: 신청하고자 하는 민원문서를 선택하신 후 작성해 주십시오. (사업변경신고서는 처리부가 지방청 항공운항과 항공정보실이 동일합니다) (\*※ 원활한 민원처리를 위하여, 처리기관을 고려하여 사전에 신청하여 주시기 바랍니다.)
  - 무인비행장치:
    - \* 장치신고 (문의: 서울 032-740-2148) [신고]
    - \* 사업등록 (문의: 서울 032-740-2169) [신고]
    - 초경량비행장치 비행승인신청서(드론) (승인기관 연락처) [승인]
    - 항공사진 촬영허가 신청서 (항공사진촬영 책임부대 연락처) [허가]
- Footer:
  - 이훈우관 | 개인정보 처리방침
  - 본 페이지에 게시된 이메일 주소가 자동 수집되는 것을 거부하며, 이를 위반시 정보통신법에 의해 처벌됨을 유념하시기 바랍니다.
  - Copyright©2016. by. ONESTOP. All rights reserved

③ '항공사진촬영허가 신청 방법.'

업무문의: 드론 비행승인 | 항공사진촬영 | 절차신고/사업등록 | 시스템 예외문의: 032-741-7180 / foisman@korea.kr | 이훈우 정남수 노그이공

APS AIRLINE BUSINESS PLAN ONESTOP PROCESSING SYSTEM | 시스템소개 | 항공민원신청 | 처리우서·담당자지정 | 항공민원처리현황 | 정보마당

항공사진 촬영허가신청서 | 신청서 선택 | 신청서 작성 | 신청서 접수 | 신청완료 | 목록 | 목록 | 인쇄 | PDF다운

항공사진 촬영허가신청서 [항공촬영 승인업무 책임부대 면학처] | 처리기간: 7일

신용한 문서가 처리완료 상태가 되어 담당 공무원(또는 승인부대 담당자)이 허가문서를 첨부해 주면, 여기서 허가문서 파일을 다운로드할 수 있습니다.

허가문서: [첨가보기] [첨가보기] [첨가보기]

신청인:
 

- 성명/영점: [ ]
- 연락처: 010 [ ] [ ] [ ]
- 구분:  개인  관영업체  관공서

비밀장치:
 

- 사진의 용도(상세): [ ]
- 촬영장비 명칭및종류: K-mapper
- 촬영구분:  정시간  시각  동영상
- 항공기종: 멀티콥터
- 규격/수량: 800\*800\*600 / 1
- 항공기명: K-mapper

일시: 2018-10-18 ~ 2018-10-18 [ ] ※ 기간은 30일을 초과할 수 없습니다.

촬영계획:
 

- 목적: [주변 식물 식생지수 테스트(나무, 풀, 도로 외 주변 시설)]
- 촬영고도: 150
- 좌표(드론제외): [ ]
- 항로(드론제외): [ ]
- 순항고도/항속: 150 / 8
- 성명/생년월일: [ ] | 1979-12-07 [ ]
- 소속/직역: [ ]
- 비고사항: 촬영 목적 외 1 명 추가

조종사:
 

- 성명/생년월일: [ ] | 1991-09-06 [ ]
- 소속/직역: [ ]
- 비고사항: [ ] 외 0 명 추가

첨부파일: (초경량비행장치 사용자등록증 등, 군 항공사진 촬영허가 신청에 필요한 파일만 첨부)

처리기관: [군 항공촬영과] | [1군단] | [담당자] | [군 관할구역 항공사진 촬영신청서 촬영지역 담당부대로 자동지정됩니다.]

[ ] 년 [ ] 월 [ ] 일 | 신고인: 이훈우 (서명 또는 인) | 군 부대장 귀하

- 위 내용에 작성된 내용을 참고하여 기체 사양을 작성하시어 공란을 채우십시오.
- 첨부 서류는 아래와 같습니다.
  - (주)시스테크\_K-MAPPER 방송통신사재 시험성적서
  - 초경량등록 사업자등록증
  - (주)시스테크\_K-MAPPER 방송통신사재 적합등록 필증
  - 드론 보험증권
- 반경은 최대 1000m / 고도는 150m 이하 로 작성하는 것이 좋습니다.

- 신청 후 승인 처리 기간은 7일입니다.

④ 비행 촬영 처리 결과

항공민원처리결과

신청: 4 | 작성중: 0 | 신청: 1 | 처리중: 0 | 처리완료: 1 | 반려: 2

| # | 접수일자       | 항공사 | 항공사문서번호         | 사업계획명       | 처리부서     | 사업문서                    | 상태   | SLOT |
|---|------------|-----|-----------------|-------------|----------|-------------------------|------|------|
| 1 | 2018-10-17 | --- | 이준우(2018.10.17) | 항공사진촬영허가신청서 | 군 항공촬영관련 |                         | 신청   | ---  |
| 2 | 2018-08-28 | --- | 이준우(2018.08.28) | 항공사진촬영허가신청서 | 군 항공촬영관련 | 군-조감부출급(2018-08-30 1군단) | 처리완료 | ---  |

Sorting took 0.103 sec. 1-4 of 4

- ⑤ 처리 결과 PDF 다운 ▶ 허가문서에 처리 결과 PDF 첨부, 기체 제원표 첨부

항공사진 촬영허가신청서

신청서 선택 | 신청서 작성 | 신청서 접수 | **신청완료** | [목록](#) | [시](#) | [목록](#) | [인](#) | [PDF 저장](#)

처리기간  
7일

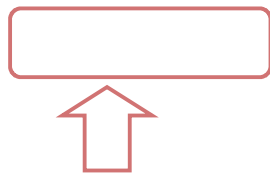
**항공사진 촬영허가신청서** [항공촬영 승인업무 책임부대 연락처]

신청한 문서가 처리완료 상태가 되어 담당 공무원(또는 승인부대 담당자)이 허가문서를 첨부해 주면 여기서 허가문서 파일을 다운로드하실 수 있습니다

|       |  |       |           |       |           |       |           |
|-------|--|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|
| 허가문서  | <table border="1"> <tr> <td>파일 선택</td> <td>선택된 파일 없음</td> </tr> <tr> <td>파일 선택</td> <td>선택된 파일 없음</td> </tr> <tr> <td>파일 선택</td> <td>선택된 파일 없음</td> </tr> </table>   | 파일 선택 | 선택된 파일 없음 | 파일 선택 | 선택된 파일 없음 | 파일 선택 | 선택된 파일 없음 |
| 파일 선택 | 선택된 파일 없음  |       |           |       |           |       |           |
| 파일 선택 | 선택된 파일 없음  |       |           |       |           |       |           |
| 파일 선택 | 선택된 파일 없음  |       |           |       |           |       |           |
| 신청인   | • 성명/명칭: 이준우<br>• 연락처: 010 - 3399 - 3344<br>• 구분: <input type="radio"/> 개인 <input checked="" type="radio"/> 촬영업체 <input type="radio"/> 관공서   |       |           |       |           |       |           |
| 비행장치  | • 사진의 용도(상세): 멀티콥터촬영서를 필 용한 주변 식물 식생지<br>• 촬영장비 영질및종류: K-mapper 자사 드론<br>• 항공기종: 멀티콥터<br>• 촬영구분: <input type="checkbox"/> 정사진 <input checked="" type="checkbox"/> 시각 <input type="checkbox"/> 동영상<br>• 규격/수량: 800*800*600 / 1<br>• 항공기명: K-mapper  |       |           |       |           |       |           |
| 촬영계획  | • 일시: 2018-09-03 - 2018-10-31 <input type="button" value="달력"/> ※ 기간은 30일을 초과할수 없습니다.<br>• 촬영지역: 경기 고양시 일산서구 대화동 2712<br>* 임박시 주의사항<br>- 지반 주소를 사용하 주시기 바랍니다.<br>- 주소검색'을 이용하시고, '주소검색'으로 검색되지 않는 경우에만 직접 입력해 주시기 바랍니다.<br>- 직접 입력시에는, 도, 시 명칭부터 동, 읍, 면, 리까지 모두 써주시고, 띄어쓰기도 유의해 주시기 바랍니다. |       |           |       |           |       |           |

⑥ 초경량비행장치 비행승인신청 방법.

★ 비행승인신청 작성 전 반드시 항공촬영허가서를 받아 첨부해야 비행승인이 진행됩니다.







### 초경량비행장치의 제원 및 성능표

|                  |           |             |                                |     |
|------------------|-----------|-------------|--------------------------------|-----|
| 소유자              | (주)시스테크   | 형 식         | K-mapper                       |     |
| 종 류              | 무인비행장치    | 제작자         | 차사 제품                          |     |
| 제작<br>번호         | sis1501   | 제작<br>연월일   | 2018.02.1                      |     |
| 용 도              | 비영리(항공촬영) | 보관처         | 서울특별시 마포구 월드컵북<br>로2길 81-3, 2층 |     |
| 주<br>요<br>제<br>원 | 최고속도      | 20 m/s      | 엔진                             | 배터리 |
|                  | 순항속도      | 4 m/s       | 탑승<br>인원                       | 0   |
|                  | 실속속도      | -           | 자<br>중<br>량                    | 4kg |
|                  | 길이×폭×높이   | 800x800x600 | 연<br>료<br>용<br>량               | -   |

### 초경량비행장치 사진

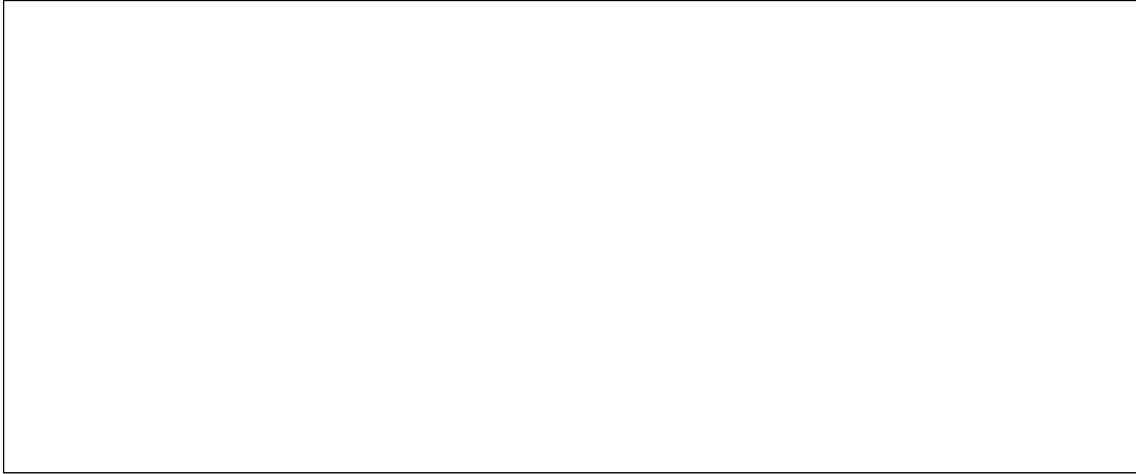


## 비행 전 체크 리스트

- [ ] 기체 프레임 볼트 체결상태 확인
  
- [ ] 프롭 체결상태, 방향 확인
  
- [ ] 프롭 주변 전선 확인
  
- [ ] 미션 비행 전 비행 테스트  
(현장에 도착해 처음에 꼭 해야 할 조치)
  
- [ ] Alt hold mode로 10m 높이 호버링 후 전후좌우 움직임
  
- [ ] RTL 체크
  
- [ ] 카메라 설정 값 확인
  
- [ ] PC / Mission Planner 실행
  
- [ ] PC / Mission 설정
  
- [ ] PC / Mission, shutter trigger now 확인

### 1.2.5 광역 예찰방역을 가능하게 하는 드론예찰방역프로그램

### 3.3 임무장비(카메라) 조작 설정 방법



### 3.4 비행전 비행중 이상상황과 대처법

-보완 예정



## 4. K-Mapper 기체 관리법

### 제 4 부 예찰방역을 위한 K-Mapper 사용법

---

#### 11. 예찰방역 계획

##### 11.1 비행활동(예찰 및 방역) 영역 설정

### 11.2 비행 고도와 속도 설정

## 12. 현장 출동과 출동전 점검 사항

### 12.1 현장 출동 준비

### 12.2 점검 리스트

### 13. 예찰 방역활동 실시(장비 전개 및 운용)

#### 13.1 현장과 기상 점검

#### 13.2 GCS설치와 촬영계획 점검

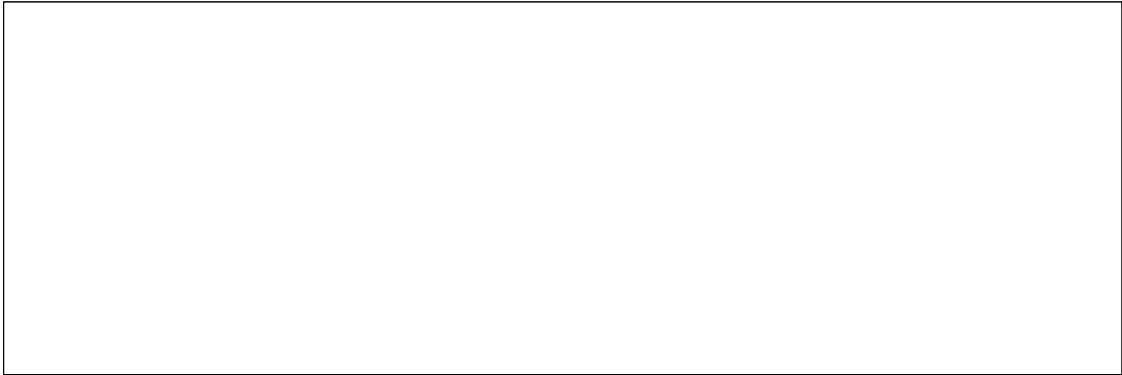
#### 13.3 K-Mapper의 이륙



#### 13.4 GCS를 이용한 비행 중 모니터링



#### 13.5 LTE를 이용한 비행 중 영상통신



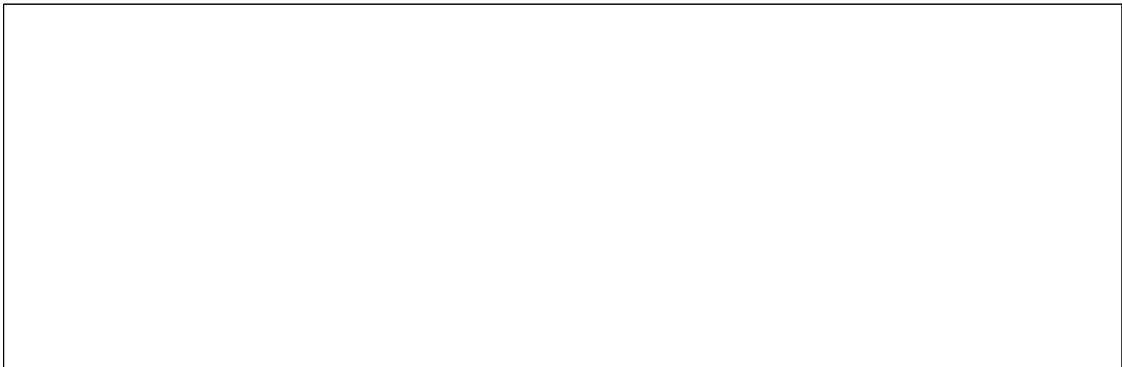
#### 13.6 K-Mapper의 착륙



### 13.7 수집영상정보 저장과 분석



### 13.8 비행직후 장비의 점검과 회수



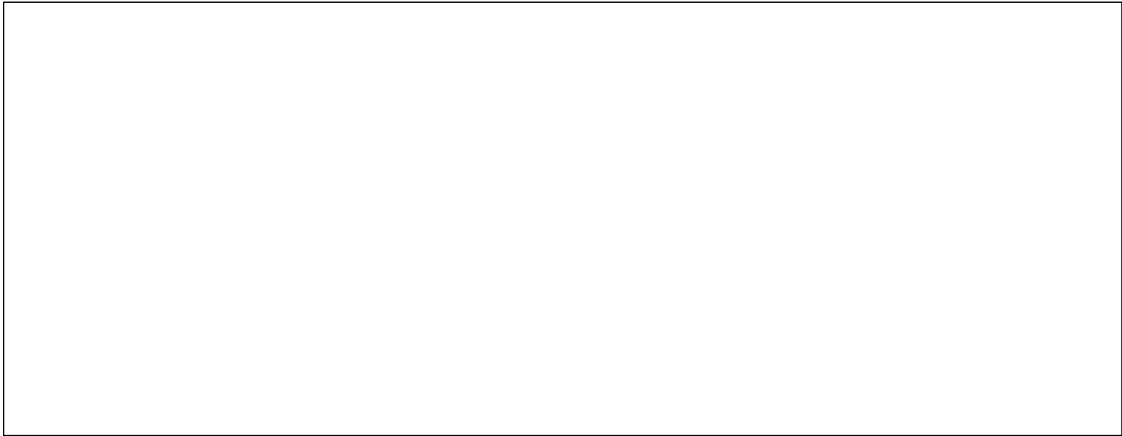
## 14. 예찰 방역활동 후 정비와 점검

### 14.1 K-Mapper의 정비와 점검



### 14.2 임무장비(카메라)의 정비와 점검





### 14.3 이상 징후와 대처방안 Trouble Shooting



# 목 차

|                 |       |       |
|-----------------|-------|-------|
| 1. K-GCS 소개     | ----- | 2     |
| 2. K-GCS 화면     | ----- | 2 ~ 4 |
| 3. K-GCS 비행계획수립 | ----- | 4 ~ 5 |
| 4. K-MAPPER 연결  | ----- | 6     |
| 5. 비행           | ----- | 7 ~ 9 |

# K- GCS 매뉴얼

## 1. K-GCS 소개

K-GCS 는 조류인플루엔자 예찰 및 방역업무용 드론인 KMAPPER 의 지상 제어 목적으로 개발된 GROUND CONTROL SYSTEM이며 외산 소프트웨어를 대체하여 국내 운용자가 쉽고 안전하게 KMAPPER를 제어 할 수 있도록 개발하였습니다.

## 2. K-GCS 화면

K-GCS는 복잡한 외산 소프트웨어를 대체하여 간결하면서도 필요기능을 지원하기 위하여 3개의 메인기능 화면로 구성하였습니다.

- 메인 화면
- 비행 계획화면
- 세부 비행계획 설정 화면

각각의 화면은 현장의 환경을 고려하여 마우스 클릭만으로 제어 가능 하며, 각각의 화면에서 임무수행 버튼을 구축 하여 사용자의 결심 행동을 신속하고 안전하게 진행 하도록 구현 하였습니다.

○ 메인 화면



그림 104 K-GCS 메인 화면

- K-GCS 메인 화면이며 기체의 비행 상태 및 비행 제어 명령을 처리 하는 화면이다.

- 화면은 크게 삼분할 되어 있다. 좌측은 기체 비행 상태를 중앙은 지도 및 기체 위치, 우측은 비행 제어 명령 버튼으로 구성되어 있으며 사용자 혼동을 방지 하고 자 사용자의 간단한 동작으로 기체 제어를 구현하도록 버튼을 배치 하였다.

○ 비행 계획화면



그림 105 K-GCS 비행 계획

- 미션 임무 등록 화면으로 사용자가 임무지역을 면적으로 지정하면 임무장비와 촬영 고도에 따라 자동으로 미션을 작성해주므로 사용자는 편리하게 자동으로 미션을 진행 할 수 있다.

○ 세부 비행계획 설정 화면

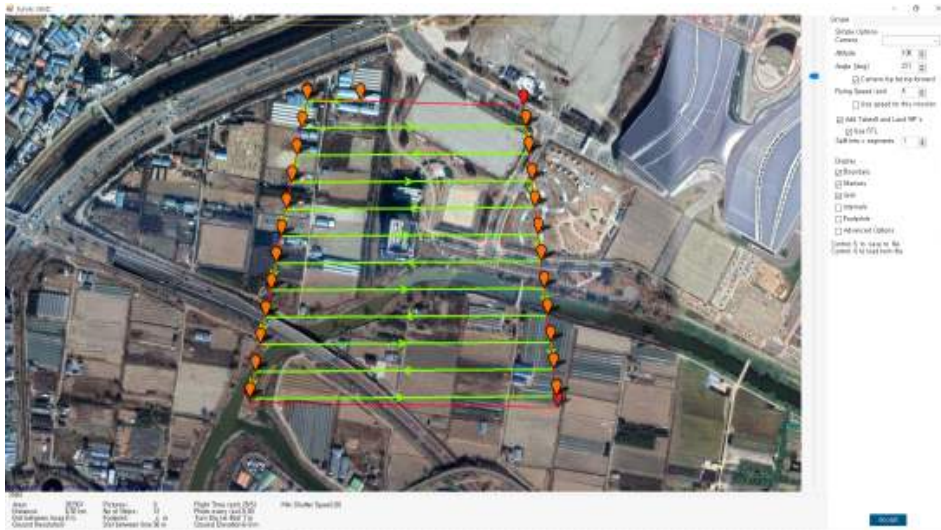


그림 105 K-GCS 비행 계획 설정

- 세부 비행 계획 설정 화면은 사용자가 지정한 영역을 기반으로 기체 고도 및 중복도를 설정하면 자동으로 기체의 촬영 경로를 작성하는 화면이다. 이때 프로그램에서 적정 경로 및 촬영 매수와 예상 미션 시간을 사용자에게 제공하므로 사용자는 최적 촬영을 계획 할 수 있다.




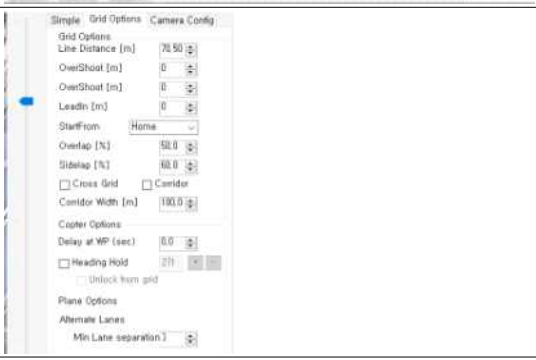


### 3. K-GCS 비행 계획 수립

비행 계획수립은 결정된 촬영 영역을 기반으로 촬영 미션을 설정 하고 기체의 이동을 제어하는 기초 명령을 작성하여 KMAPPER에 촬영 미션을 업로드합니다. 비행 계획은 다음과 같은 절차에 의하여 수립합니다.

- 촬영 영역 설정
- 세부 비행계획설정 화면에서 촬영 고도, 촬영 중복도를 설정 합니다.
- 전체 미션타임을 확인 후 미션 타임을 25분 이내로 작성합니다.
- 작성된 미션을 파일로 저장 합니다.
- 비행 경로상에 장애물은 없는지 확인 후 기체에 업로드 합니다.



표 28 K-GCS 미션 설정

|   |  |
|---|--|
|    | <p>촬영 영역 설정 화면입니다.<br/>우측 상단의 폴리곤 작성 버튼을 클릭 후 설정된 촬영 영역을 순차적으로 클릭하면 화면에 클릭 순서대로 영역이 설정 됩니다.<br/>최소 3점이상 클릭하여 면을 만들면 자동비행을 작성 가능 합니다.</p>   |
|    | <p>촬영 영역을 설정 후 마우스 오른쪽을 클릭하면 상세 메뉴창이 나오며 '자동WP'탭 클릭 후 'SURVEY (GRID)'를 클릭하면 세부 설정 화면으로 변환 됩니다.</p>   |
|   | <p>세부 설정 화면이며 작업자가 마지막으로 설정한 고도와 중복도를 기초로 자동 경로를 작성 해 줍니다.<br/>화면 상단의 ALTITUDE 항목이 촬영 고도이며 이 수치를 변화 시키면 자동으로 촬영 경로를 수정해 줍니다.</p>   |
|  | <p>'GRID OPTION'탭을 클릭하면 촬영 중복도를 설정 할 수 있습니다.<br/>OVERLAP 은 기체 진행 방향 중복도를 의미하며 SIDELAP은 기체진행 방향의 횡방향 중복도를 의미합니다.<br/>중복도가 높을수록 높은 영상 정합도를 보이며 낮을수록 미션 타임을 줄일 수 있으므로 적정 중복도에서 미션을 수행 해야 하며 당 연구에서는 중형중복 50%로 촬영 합니다.</p>           |
|  | <p>화면 하단에 상태창 이며 FLIGHT TIME은 사용자 설정시 예측 미션시간을 의미합니다.<br/>미션시간은 당일 기상에 따라 변동이 있을 수 있으므로 안전을 위하여 30분 이내로 제한을 두어야 합니다.</p>   |
|  | <p>화면 우측 하단의 'ACCEPT' 버튼을 클릭하면 처음의 비행 영역 설정 화면으로 돌아가며 자동으로 WAYPOINT가 작성된 모습을 볼 수 있습니다.<br/>사용자는 KMAPPER와 KGCS간에 연결을 설정한 후 우측 상단의 'WP 파일 로딩' 버튼을 클릭하여 기체에 작성된 자동항법 경로 파일을 업로드 합니다.<br/>기체와 연결되지 않은 상태에서는 기체항법정보가 업로드 되지 않습니다.</p> |

#### 4. K-MAPPER 연결

연결은 KMAPPER와 KGCS 사이에 통신을 연결하며 통신 연결 수단은 UHF 모뎀과 LTE 모뎀을 사용 가능 합니다. 두 모뎀을 동시 연결 가능하며 이때는 LTE 모뎀을 연결시 원격관제센터에서 드론 제어가 가능 합니다.

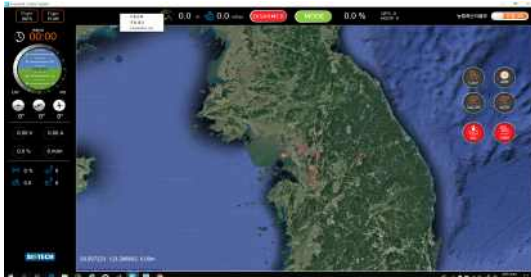
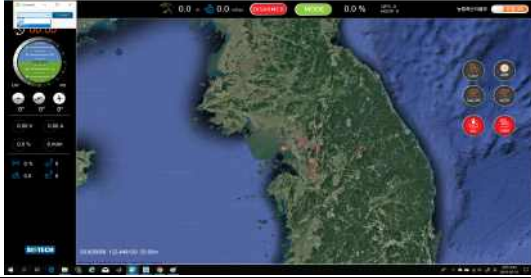
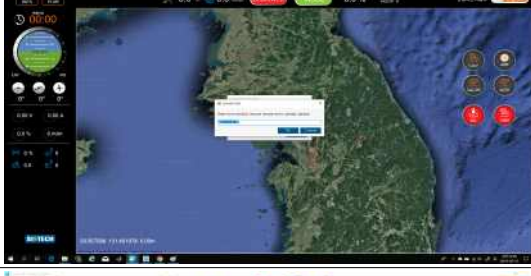
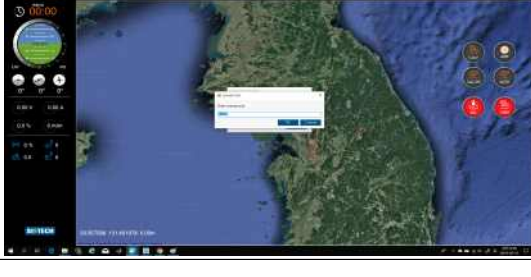
이는 예찰 및 방역 전문가가 꼭 현장에서 작업할 필요가 없음을 의미하며, 현장에 작업 지시 및 주요 관심지역에 대한 제어를 원격지 관제 센터에서 명령 가능 하므로 드론 작업자와 업무 분장이 가능하게 됩니다.

UHF 모뎀을 사용 할 경우 UHF 모뎀을 지상 컴퓨터의 USB 슬롯에 연결하면 포트번호가 자동으로 부여됩니다

LTE 연결 방식은 지상 컴퓨터가 인터넷에 연결되어야 합니다.

이 매뉴얼에서는 사용자가 인터넷에 연결 되었다 가정 하고 진행 합니다.

표 29 K-MAPPER와 K-GCS 연결

|   |   |
|---|---|
|   | <p>기체가 전원 인가된 상태에서 화면 상단에 마우스 오른쪽 버튼을 클릭하면 연결 옵션 선택창이 나타납니다.</p> <p>UHF 모뎀을 컴퓨터에 연결한 상태에서는 위 보기에서 'COM 번호'로 보여주며 사용자는 선택하면 자동으로 UHF 모뎀에 연결 됩니다.</p> |
|  | <p>LTE 방식 연결시에는 위 연결옵션에서 TCP 방식을 선택 합니다.</p> <p>이때 지상컴퓨터는 인터넷에 연결된 상태이어야 합니다.</p>   |
|  | <p>시스템에서 부여한 LTE 모뎀의 주소를 입력 합니다.</p>  |
|  | <p>시스템에서 부여한 PORT 번호를 입력합니다.</p>  |

## 5. K-MAPPER 비행

기체에 전원을 인가하고 KGCS와 연결이 수립한 후 비행계획까지 로드 되었다면 이륙 준비가 모두 마친 상태입니다.

현장 작업자는 이륙전에 비행계획이 정상적으로 작성되었는지, 주변 장애물 요소는 없는지, 비행 경로상에 고층빌딩이나 송전탑등의 위험요소는 없는지, 풍향이나 풍속이 비행에 적당한지 판단한 후 안전한 비행이 예측되면 비행을 시작합니다.

비행의 절차는 다음과 같습니다.


- ARM 버튼을 누릅니다,
- TAKE OFF 버튼을 누릅니다.
- AUTO 버튼을 누릅니다
- 기체 비행상태 화면이나 기체 지도화면을 주시하며 비행을 진행 합니다.
- 자동으로 착륙 합니다.

표 30 AUTO 비행 실행

|   |  |
|---|--|
|   | <p>‘ARM’ 버튼입니다.<br/>기체에 배터리 장착상태에서 비행경로가 업로드되었으며 비행 안전 점검에서 이상이 없다면 ARM 버튼을 클릭하여 기체를 ‘ARM’모드로 진행 합니다.</p>  |
|  | <p>‘TAKE OFF’ 버튼입니다.<br/>‘ARM’ 단계에서 ‘AUTO’단계로 진행 전에 사용자가 미리설정된 목표 고도 (통상 10M)로 기체를 상승 시킨후 기체 이상 유무를 최종 점검하는 단계입니다.<br/>작업자는 이단계에서 기체의 안정성 및 풍속등을 확인 한후 안전하다 판단되면 작업을 진행 합니다.</p> |



|   |  |
|---|--|
|    | <p>'AUTO'버튼입니다. 이 버튼을 클릭하면 KMAPPER 는 미리 설정된 작업경로에 의하여 미션비행을 수행 하게 됩니다. 가시권 비가시권 비행 모두 비행경로가 입력되어 있다면 기체는 비행경로에 따라서 자동으로 비행 하며 착륙 까지 전자동으로 진행 하게 됩니다.</p>   |
|   | <p>'FAIL SAFE' 기능을 수행 하는 버튼입니다. 자동 비행 중에 기체의 이상 징후가 발견되면 작업자는 안전을 위하여 이 버튼을 동작 하므로써 안전 행위를 시행 하게 됩니다. 'RTL' 버튼은 기체를 처음 이륙했던 홈포지션으로 다시 복귀 시키며 이 버튼을 클릭하면 홈포지션에 자동으로 착륙하게 됩니다. 'LAND'버튼은 이 버튼을 클릭하면 비행중에 즉시 착륙 하게 됩니다.</p> |
|  | <p>자동 비행 화면입니다.</p>  |
|  | <p>자동 비행중 작업자는 빨간 테두리 영역을 주의 깊게 주시 하여야 하며 기체는 유저가 'AUTO PAN' 기능을 켜놓으면 항상 화면 중앙에 위치하게 됩니다.</p>  |

|   |  |
|---|--|
|  | <p>비행 상태 창입니다. 작업자는 비행중 안전을 위하여 지속적으로 주시 하여야 합니다. 대부분의 작업자가 주목해야할 상태를 설명합니다.</p> <p>비행시간 : 기체의 비행 시간을 의미 합니다, 처음 비행 계획 작성시 계획했던 비행시간대비 미션 진행시간을 주시 하며 30분을 초과하여 비행이 지속 된다면 '미션 중단'을 고려해야 하며 이때는 'RTL' 버튼을 클릭 합니다.</p> <p>전압 : 기체 배터리의 전압을 표시 합니다. 모든 배터리는 완충상태에서 전력을 소모시 배터리 전압이 강하되므로 작업자는 안전 전압까지 이하로 강하 되는지 확인 후 만일 안전 전압까지 강하 되었다면 즉시 미션을 중단 해야 합니다.</p> <p>통신 상태 : 통신 연결상태의 연결 유지성은 % 로 표시 되며 이 수치는 UHF 모뎀을 사용할 경우 기체와의 거리가 멀어지거나 장애물 뒤로 진행 할 경우 급격히 감소합니다.</p> |
|---|--|

비행이 비행경로에 의하여 임무가 완수되면 자동으로 착륙 하게 됩니다. 이때 기체 하방 방향에 안전을 위하여 작업자는 조종기를 항상 파지 한 후 안전하게 착륙 할 때 까지 기체를 주시 하여야 합니다.

미션 자동 비행은 작업자가 명령을 입력하면 기체는 입력받은 명령대로 진행 하게 됩니다. 따라서 작업자는 비행 계획 작성부터 최종 착륙 할 때까지 현장 및 지형 환경을 숙지하여 안전한 비행을 수행 하여야 합니다.



# 드론을 이용한 조류인플루엔자 예찰 및 방역 통합 운영 프로그램

Solution for Active Surveillance and Control for Avian  
Influenza free Poultry Industry

**No More Avian Influenza (NMAI) Ver.1.0**

2018. 12.

농림축산식품부  
농림축산기술기획평가원  
서울대학교

# 목 차

## 제 1 부 K-Mapper와 CCD카메라를 이용한 예찰방역시스템, NMAI 1.0

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| 1. NMAI 1.0의 목적                  | 1 |
| 2. NMAI 1.0의 배경                  | 2 |
| 3. Avian Influenza 국가방역시스템과 NMAI | 4 |

## 제 2 부 예찰방역시스템, NMAI 1.0 구성과 기능 및 데이터베이스

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 1. NMAI 1.0 구성              |    |
| 1.1 NMAI 1.0의 기본 하드웨어       | 5  |
| 1.1.1 무인항공기시스템 K-Mapper X-4 | 5  |
| 1.1.2 지상방역시스템 CCD카메라        | 7  |
| 1.1.3 NMAI 1.0 운영서버         | 9  |
| 1.2 NMAI 1.0의 기본 소프트웨어      |    |
| 1.2.1 비행제어 및 관리             | 10 |
| 1.2.2 2D 및 2D 맵핑 용도         | 11 |
| 1.2.3 영상정보 분석용              | 12 |
| 2. NMAI 1.0 기능              |    |
| 2.1. 예찰 및 방역업무 지시 및 보고 기능   | 13 |
| 2.2. 차단지역 설정                | 13 |
| 2.2. 영상정보분석                 | 13 |
| 2.3. 공공정보 제공                | 13 |
| 3. NMAI 1.0용 DB의 구조         |    |
| 3.1 조류 예찰 정보                | 13 |
| 3.1.1 비행정보                  | 13 |
| 3.1.2. 예찰 결과 정보             | 13 |
| 3.2 방역대 감시 정보               | 14 |
| 3.3 농가 역학조사 정보              | 14 |
| 3.4 계정정보                    | 14 |

## 제 3 부 예찰방역시스템, NMAI 1.0 사용법

|                   |    |
|-------------------|----|
| 1. NMAI 1.0 운영 개요 | 15 |
|-------------------|----|

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 2. NMAI 1.0의 역할별 사용법 -----  | 15 |
| 2.1. K-Mapper 조정사           |    |
| 2.2. 조류인플루엔자 예찰방역관리 전문가     |    |
| 2.3. 조류사육 농업인과 일반인          |    |
| 2.4. NMAI 1,0 운영관리자         |    |
| 3. NMAI 1.0의 페이지별 사용법 ----- | 16 |

## **부 록**

|                         |    |
|-------------------------|----|
| I. 조류인플루엔자 관련 용어 -----  | 17 |
| II. NMAI 1.0 소스코드 ----- | 17 |

# 제 1 부 K-Mapper와 CCD카메라를 이용한 예찰방역시스템, NMAI

## 1. NMAI의 목적

NMAI란 No More Avian Influenza의 약자로 조류 폐사체 수색과 관련된 항공예찰과 축산농가 역학조사 활동에 대한 작업지시와 그 분석결과를 관리하는 통합 운영 프로그램의 명칭이다. 이 프로그램은 크게 다음과 같은 3가지 기능을 제공한다.

- 예찰 및 역학조사 업무 지시
- 수행한 업무 결과의 보고
- 예찰 및 역학조사 결과의 확인

GIS를 기반으로 하여 누구나 사이트 접속 시 예찰 결과를 확인할 수 있고 예찰 전문가(이하 전문가)와 예찰 작업자(이하 작업자)는 로그인을 통하여 각각에 해당하는 업무를 수행할 수 있도록 제작하였다.

관리자의 경우 예찰·역학조사 전문가로 작업자에게 예찰 업무를 지시할 수 있으며 작업자의 경우 Unmanned Aerial Vehicle(UAV)과 CCTV를 활용하여 업무를 수행하고 예찰 결과를 보고할 수 있도록 하였다.

이를 통하여 예찰 및 역학조사의 효율을 증진 시키고자 하였고 이를 통하여 조류 인플루엔자로 인한 농가의 피해를 저감하고자 하였다.



드론을 이용한 조류인플루엔자 예찰 및 방역 통합 운영 프로그램

## No more Avian Influenza

드론과 CCTV를 활용한 예찰 및 방역 지시를 전달하고 결과를 보고하고 확인할 수 있는 서버

본 결과는 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 가축질병대응기술 개발사업의 지원을 받아 연구되었음 (317026-02).

연구기간: 2017.05.29 - 2018.12.31



그림 1 NMAI의 intro 페이지

## 2. NMAI의 배경

- 조류독감은 조류인플루엔자(Avian Influenza, AI)에 의해 발생하는 조류의 급성 전염병으로 닭, 칠면조, 오리 등 가금류에서 피해가 심각하며 바이러스의 병원성에 따라 고병원성과 저병원성 조류인플루엔자로 구분됨. 고병원성은 위험도가 높아 세계동물보건기구(OIE, Office International des Epizooties)에서도 발생 시 의무적으로 보고해야하는 관리 대상 질병으로 지정하고 있으며, 국내에서는 제1종 가축 전염병으로 분류되고 있다.
  
- 우리나라는 세계에서도 유례없는 철새 도래지로서 2003년 12월 충북에서 처음 조류인플루엔자가 확인된 이후, 거의 매년 같은 패턴으로 발생하고 있으나 조류독감의 확산을 막기 위한 실질적이고도 능동적인 방역대책은 살처분이 유일한 상황으로서 조류인플루엔자에 대한 정밀한 예찰과 과학적인 방역체계의 구축이 절대적으로 필요하다.
  
- 우리나라는 2016년 11월부터 발생한 AI로 인해 835농가, 3,337만수(닭: 2,788만수, 오리: 262만수, 메추리 등: 287만수) 살처분 매몰하였다. (출처: 농림축산식품부 AI방역 일일보고, '17. 2. 26.)
  
- 2016년에 개정된 농림축산식품부의 '조류인플루엔자 긴급행동지침'에 따르면 방역대별로 통제초소 및 거점 소독장소를 운영하며 방역대별 차량, 사람 통제 방안으로서 사람의 경우에는 아직까지 특별한 통제 기술이 존재하지는 않고, 발생농장의 방문금지를 당부하고, 발생지역에서는 마을 거주자나 관계관 이외의 통행을 금지시키며 발생농장의 방문을 금지하는 수준에서 방역이 이루어지고 있다. 또한, 축산관련차량의 경우, 거점 소독장소에 도착하면 GPS를 이용해 축산차량을 선별하고 소독장소 전광판에 차량정보 (차량번호, 차량유형, 초소접근거리)를 표시하며, 자율적인 축산차량의 소독을 유도하는 수준으로서 국내의 경우 드론 및 항공촬영기술과 같은 첨단과학기술을 적용한 방역대내 예찰과 차량, 사람의 식별을 통한 첨단 방역조치는 이루어지지 않고 있는 형편이다.
  
- AI 바이러스는 원래 조류에서 사람에게 직접 전파되지 않는 것으로 알려져 있었으나, 1997년 홍콩에서 고병원성 AI 인체감염이 발생하여, 2014년 5월 기준으로 총 16개국에서 발생하였다. 2003년말 인도네시아, 이집트 및 베트남에서 H5N1형 고병원성 AI 인체감염이 발생하였으며, H7N9형 인체감염사례는 2013년 중국에서 처음으로 발생, 2014년에는 H5N6형 인체감염 사례가 중국에서 보고되었다.



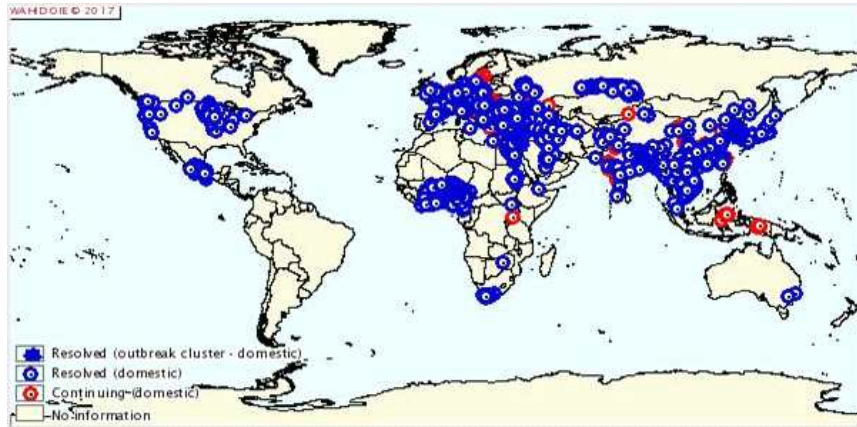


그림 2. 2005년부터 2017년까지 전세계 조류인플루엔자 발생현황도

- “살처분·이동통제 범위 등에 대한 오리·닭 등 품목별 현 국가 예찰 및 방역시스템의 평가와 개선방안 연구”에서 전국 가축방역 담당 공무원과 공중방역 수의사 등을 대상으로 한 설문 조사에 따르면 방역당국의 시·예찰을 통한 발병 인지가 부족한 이유로 건수 달성 위주의 예찰의 응답이 제일 많았으며 농장주 반대로 인한 축사 직접 방문이 곤란한 점과 철새 관찰이 용이하지 않다는 문제점 또한 공동 2위로 나타났다. 인력 및 전문성 부족으로 인해 시료 채취가 정밀하지 못하고 상시 방역업무가 지나치게 많은 점 등이 지적되었으므로 철새 관찰의 어려움과 방역 업무의 부담을 줄이기 위한 대체 기술 연구와 전문성 부족을 해결할 수 있도록 데이터베이스 관리 및 통합 운영 플랫폼이 필요하다고 조사되었다.
  
- 시·공간 군집 분석을 통한 조류인플루엔자 연구에서는 철새와 차량 등에 의하여 원거리에서 고병원성 조류인플루엔자가 유입되고 초기 대응 실패 시에 인접 전파를 통해 주변으로 확산되어 군집을 형성하는 것을 파악하였다. 또한, 주요 철새 도래지역이 아닌 지역에서도 발생빈도가 높게 나타나는 것을 발견하였으며 지속적인 바이러스 유입을 효과적으로 차단하지 못하여 일대 농가를 지속적으로 오염시킨 것으로 나타나 초기 발견 및 대응이 중요한 것으로 보인다. 사회연결망 유형 분석 방법의 연구에서는 원거리 전파는 축산차량에 의한 것으로 확인되어 차량을 대상으로 한 방역관리도 필수적이다. 예찰대상 철새와 텃새를 대상으로 한 전염, 확산 모델링으로 조류 인플루엔자의 확산의 흐름을 분석한 연구로 철새에서 인근 농장에 주는 영향을 파악하였고 철새 및 주변 텃새에 대한 예찰 활동으로 AI 발생으로 인한 피해를 최소화 할 수 있을 것으로 판단된다.

### 3. Avian Influenza 국가방역시스템과 NMAI

- 국내 국가방역시스템은 2013년 1월부터 국가가축방역통합시스템(KAHIS)으로 통합되어 운영되고 있다. KAHIS는 가축질병 발생의 사전 예방 및 질병 발생시 확산 방지를 위해 최신 정보통신(ICT)기술을 활용하여 동물질병 및 가축방역 정보 통합 관리라는 목적을 가지고 축산농장 및 시설, 차량 출입정보 등 방역 기초 정보 제공 및 예방에서 예찰, 진단, 통제, 사후 관리까지 가축방역 통합업무 처리 지원을 수행하고 있다.

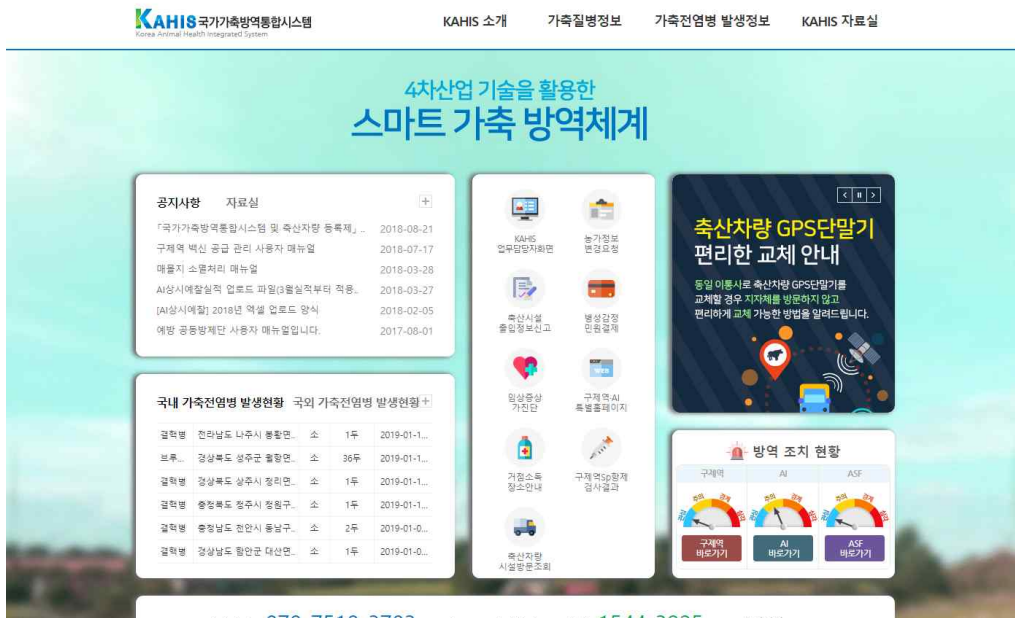


그림 3. KAHIS 홈페이지

- 조류 인플루엔자도 구제역, 돼지열병, 광견병 등과 같이 KAHIS에서 통합적으로 관리되고 있으며 NAMI의 경우 KAHIS와 별도로 운영되며 조류 인플루엔자를 예찰하거나 역학조사를 수행하기 위하여 만들어진 시스템으로 전문가가 현장작업자에게 예찰 및 방역 업무를 지시할 수 있고 현장작업자는 실제 작업을 수행한 결과를 보고할 수 있는 시스템이다. 이를 위한 통합 운영 시스템을 구축하였다.

## 제 2 부 예찰방역시스템, NMAI 1.0 구성과 역할 및 데이터베이스

### 1. NMAI 1.0 구성

#### 1.1 NMAI 1.0의 기본 하드웨어

NMAI 시스템의 하드웨어는 기본적으로 UAV와 비행조종시스템, 영상취득을 위한 장치(CCD카메라, CCTV 시스템), 운영 서버 시스템으로 구성된다.

##### 1.1.1 무인항공기시스템 K-Mapper X-4

조류 인플루엔자를 전파하는 철새 폐사체를 찾기 위하여 감시해야 하는 철새 도래지의 면적은 상당히 넓은 반면에 예찰업무를 수행할 수 있는 인력은 한정적이다. 그래서 예찰에 걸리는 시간과 비용을 단축할 수 있도록 카메라를 설치한 UAV를 이용한 항공촬영이 요구된다.

이를 수행하기 위하여 본 연구팀에서는 연구.분석을 통하여 NMAI 시스템을 위한 쿼드콥터형 UAV인 K-Mapper X-4를 개발하였다. 시스테크에서 개발한 K-Mapper X-4의 경우 장시간의 비행을 위하여 부품들을 선정하였고, 조류들을 자극하지 않기 위한 색상도 선택하였다. NMAI 시스템을 이용할 사용자는 K-Mapper X-4를 사용하여도 되고, 그 외의 Arudupilot 계열의 UAV를 선택하여 사용할 수도 있다.



그림 4 무인항공기시스템 K-Mapper X-4의 외형

표 1 K-Mapper X-4의 제원

| 구 분    | 내 용   | 비 고 |
|--------|-------|-----|
| 기체 유형  | 멀티콥터  |     |
| 이륙준비시간 | 5분 미만 |     |

|                      |                      |                          |        |
|----------------------|----------------------|--------------------------|--------|
| 배터리                  | 10,000mAh 리튬배터리      |                          |        |
| 비행시간                 | 최대 35분               | 무풍 호버링 기준                |        |
| 최대 비행속도              | 14m/sec (50km/h)     |                          |        |
| 비행제한 풍속              | 8m/sec (30km/h)      |                          |        |
| 자동임무 비행속도            | 12m/sec (43km/h)     |                          |        |
| 최대 조종거리              | LTE커버리지              | 옵션                       |        |
| 최대 조종거리              | 2km                  | 기본 433MHz                |        |
| 최대 횡단거리              | 18km                 | 비행속도 12msec기준            |        |
| ◆ 하드웨어 및 통신 ◆        |                      |                          |        |
| 길이                   | 65mm X 650mm X 300mm |                          |        |
| 무게(10,000mAh 배터리 포함) | 4.0kg                | QX1 카메라 포함               |        |
| 최대이륙 무게              | 5kg                  |                          |        |
| 임무장비 최대 무게           | 600g                 |                          |        |
| 조종기                  | 2.4 GHz              |                          |        |
| 텔레메트르                | 433 or 915MHz        |                          |        |
| 탑재가능 센서              | 멀티스펙트럴               | Sequoia, Rededge         | Option |
|                      | 열화상                  | FLIR VUE, Duo 형 모델       | Option |
| 지상 비행제어              | 시스템                  | Notebook (Windows 10)    |        |
|                      | 프로그램                 | Missino planner, Qground |        |

○ K-Mapper X-4의 경우 국내 (주)드론테크 사에서 개발한 FC를 적용하는 등 부품의 국산화도 상당부분 달성하였다.

|   |               |                         |
|---|---------------|-------------------------|
|  <p>그림 5 국산 FC</p> | Model         | Dronetec 1              |
|   | CPU           | 180 MHz ARM® Cortex® M4 |
|   | RAM           | 256KB SRAM (L1)         |
|   | GPS           | U-Blox®7/8              |
|   | 기압계           | MEAS MS5611             |
|   | 자이로 스코프       | L3GD20H 16              |
|   | 가속도계 /<br>자력계 | LSM303D 14              |
|   | 무게            | 38g                     |

### 1.1.2 지상방역시스템 CCD카메라

#### 가. 형상 취득용 카메라 선정

- 고해상도 영상촬영을 위함

|   |        |                                      |
|---|--------|--------------------------------------|
|  | Model  | SAMSUNG NX500                        |
|   | 센서 크기  | 2.5 X 15.7mm                         |
|   | 해상도    | 2,820만 화소                            |
|   | 셔터속도   | 자동:1/6000-1/4초,<br>수동:1/6000-30초, 벌브 |
|   | 센서 타입  | BIS CMOS                             |
|   | 크기     | 119.5 X 63.6 X 42.5mm                |
|   | 무게     | 292g                                 |
|   | 카메라 타입 | 미러리스                                 |

#### 나. 열화상 영상 취득용 카메라 선정

- 열화상 영상촬영을 위함



|   |                      |   |
|---|----------------------|---|
|  | Model                | FLIR VUE PRO R                              |
|   | Sensor Resolution    | 640 x 512<br>Uncooled VOx<br>Microbolometer |
|   | Lens Options         | 13 mm                                       |
|   | Spectral Band        | 7.5 - 13.5 μm                               |
|   | Measurement Accuracy | +/-5°C or 5% of reading                     |
|   | Size                 | 2.26" x 1.75" (including lens)              |
|   | Weight               | 3.25 - 4 oz<br>(Configuration Dependant)    |
|   | Input Supply Voltage | 4.0 - 6.0 VDC                               |

다. 열화상, RGB 동시촬영 영상 취득용 카메라 선정

- 열화상, RGB 동시촬영 영상 취득용 카메라 위함

|   |          |                      |
|---|----------|----------------------|
|  | Model :  | RX 100               |
|   | 센서 크기 :  | 13.2x8.8mm           |
|   | 해상도 :    | 2,020만 화소            |
|   | 셔터속도 :   | 셔터(1/2000초)          |
|   | 센서타입 :   | CMOS1                |
|   | 크기 :     | 22mm x 36mm x 77.5mm |
|   | 무게 :     | 281g                 |
|   | 카메라 타입 : | 하이엔드.사이버샷            |

라. 카메라 Trigger system

- 열화상 영상촬영을 위함

|   |                      |                     |
|---|----------------------|---------------------|
|  | Model                | Seagull MAP2        |
|   | Size                 | 28.6 x 10.3 x 7.7mm |
|   | Weight               | 1.6g                |
|   | Input Supply Voltage | 3.5 ~ 5.5 V         |
|   | Input Power Range    | 25.75mA             |
|   | Input signal         | PWM                 |

### 1.1.3. NMAI 1.0운영서버

현장운동을 위한 노트북과 데이터 저장을 위한 서버 시스템으로 구성된다. 노트북의 경우 사양의 제한은 없으나 원활한 운영을 위하여 아래 사양 이상의 모델을 권장한다.

|   |           |  |
|---|-----------|--|
|  | Model     | NT900X3Y   |
|   | 운영체제      | Windows 10pro  |
|   | 프로세서 / 칩셋 | Intel Core 13 Processor 7100U(2.40 GHz 3MB L3 Cache) |
|   | 메모리       | 8GB DDR4 Memory at 2133MHz(On BD 8GB)                |
|   | HDD / SSD | None<br>256GB Solid-state drive                      |
|   | 그래픽       | Intel HD Graphics 620                                |
|   | Size      | 309.4 x 208.0 x 13.9mm                               |
|   | Weight    | 0.799kg  |

그림 10 노트북 시스템

|   |           |  |
|---|-----------|--|
|  | Model     | NT900X3Y                                   |
|   | 운영체제      | LINUX Ubuntu                               |
|   | 프로세서 / 칩셋 | Intel Core I7-8700                         |
|   | 메모리       | 삼성 DDR416GB<br>PC4-19200                   |
|   | HDD / SSD | 4TB Deskstar NAS<br>HDN726040ALE614<br>패키지 |
|   | 그래픽       | Intel UHD 630                              |

그림 11 서버 시스템

## 1.2 NMAI 1.0의 기본 소프트웨어

### 1.2.1 비행제어 및 관리

NMAI 1.0에서는 비행제어 및 관리를 위하여 2가지 Ground Control Station(GCS) 프로그램을 선택하여 사용한다. 하나는 UAV 비행 제어에 가장 보편적으로 사용되는 Mission Planner이고 다른 하나는 Mission Planner의 소스코드를 이용하여 연구팀에서 자체적으로 수정한 GCS 프로그램을 활용하게 된다.

미션 플래너는 오픈 소스인 아두이노 오토파일럿 프로젝트(Arduino autopilot project)를 위하여 마이클 오본(Michael Osborne)이 만든 GCS 프로그램이다. 멀티콥터 뿐만 아니라 Plane이나 Rover도 제어기능도 지원한다. 윈도우 환경에서만 구동되며 장비의 설정값 조정, 장비의 제어, 작업 후 이력 분석 등의 기능을 제공한다.

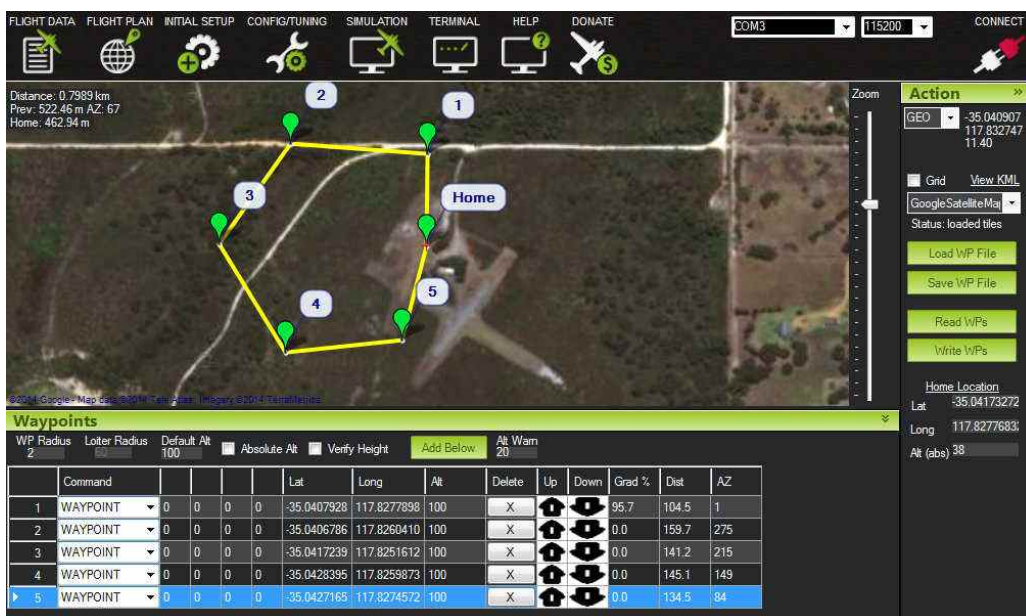


그림 12 Mission Planner

- 구글맵, Bing, 오픈 스트리트 맵들, 커스컴 WMS 등을 활용하여 손쉬운 웨이포인트 생성
- 드랍 다운 메뉴를 통한 미션 상세 명령 지시 기능
- 미션 로그파일을 저장하고 분석하는 기능 제공
- 비행기체에 대한 APM 설정기능 제공
- UAV 시뮬레이터를 만들기 위한 인터페이스 기능 제공

자체 제작한 GCS프로그램의 경우 UAV 조작에 익숙하지 않은 예찰 작업자를 위하여 조작 난이도를 낮추고 UI를 수정한 프로그램이다.



### 1.2.2 2D 및 2D 맵핑 용도

Pix4D는 맞춤형 전문 워크플로(Workflow)를 위한 드론을 통합하고 결과를 쉽게 공유하는 소프트웨어 솔루션이다. Pix4D가 내놓은 전문 소프트웨어는 모든 카메라의 이미지를 정확한 지도와 모델로 변환하는 작업을 수행한다.

Pix4D is a Swiss company that develops a suite of software products that use photogrammetry and computer vision algorithms to transform RGB, thermal and multispectral images into 3D maps and models.[1][2] This software is developed and supplied by the company Pix4D SA, which started in 2011 as a spinoff of the École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) Computer Vision Lab in Switzerland.[3]

Pix4D suite of products include Pix4Dmapper, Pix4Dfields, Pix4Dbim, Pix4Dmodel and Pix4Dcapture.

Its software solution lines operate on desktop, cloud, and mobile platforms.[4] Pix4Dmapper has been used to map both the Matterhorn mountain in Switzerland[5] and the Christ the Redeemer statue in Brazil.[6]

### 1.2.3 영상정보 분석용

- 수집된 철새와 모형 새 데이터에 대하여 9종의 딥러닝 알고리즘을 적용하여 검출모델을 학습시켜 다양한 속도와 정확도의 식별모델을 개발함
- Faster R-CNN, R-FCN, Retinanet, SSD, YOLO 등의 딥러닝 물체검출 Meta-architecture들과 Inception, Resnet, Mobilenet 등의 Feature extractor들을 조합하여 물체 검출 정확도를 비교함.
- 표 9는 CNN(Convolutional Neural Networks) 기반의 9종 딥러닝 검출 모델들의 성능평가 결과이며, 정확도 지표인 AP(Average Precision) 결과를 나타냄. AP는 검출 정밀도 (precision)과 재현율(recall)의 관계로부터 계산된 값으로, 정밀도와 재현율의 식은 다음과 같음

$$Precision = \frac{True\ Positives}{True\ Positives + False\ Positives}$$

$$Recall = \frac{True\ Positives}{True\ Positives + False\ Negatives}$$

표 9 CNN기반 모델 별 성능평가 결과

|              | Feature extractor | Inference time (ms/image) | AP      |         | AP <sub>wild</sub> | AP <sub>model</sub> |
|--------------|-------------------|---------------------------|---------|---------|--------------------|---------------------|
|              |                   |                           | IOU:0.3 | IOU:0.5 | IOU:0.3            | IOU:0.3             |
| Faster R-CNN | Resnet 101        | 95                        | 95.44   | 80.63   | 96.18              | 95.23               |
|              | Inception v.2     | 82                        | 94.04   | 79.35   | 95.90              | 93.94               |
| R-FCN        | Resnet 101        | 87                        | 94.86   | 79.83   | 95.92              | 94.12               |
| Retinanet    | Resnet 50         | 75                        | 91.49   | 73.66   | 92.37              | 83.75               |
|              | Mobilenet v.1     | 57                        | 85.01   | 66.01   | 90.05              | 62.64               |
| SSD          | Mobilenet v.2     | 23                        | 85.90   | 54.87   | 89.13              | 65.20               |
| Yolo v3      | Darknet-53        | 41                        | 91.80   | 58.53   | 91.98              | 90.77               |
| Yolo v2      | Darknet-19        | 34                        | 90.99   | 56.80   | 92.34              | 88.99               |
|              | Tiny Yolo         | 21                        | 88.23   | 54.22   | 89.75              | 79.24               |

- 항공영상에서의 조류 검출을 위한 9종의 딥러닝 검출 알고리즘을 비교한 결과, 이미지 당 연산속도와 정확도가 반비례하는 관계로 나타나는 것을 확인함
- Resnet101 네트워크를 Feature extractor로 사용한 Faster R-CNN 알고리즘의 경우가 IOU 0.3과 0.5의 기준에서 모두 가장 높은 AP를 보였으며, 이미지 한 장당 95ms 가량의 연산 시간이 소요되었음
- 이를 바탕으로 영상정보 분석용 프로그램을 구축하였다.



## 2. NMAI 1.0의 기능

### 2.1 예찰 및 방역감시 업무 지시 및 보고 기능

예찰 및 방역관리자가 지역과 업무내용, 작업일자 등을 설정하고, 구체적인 작업 정보를 제공할 수 있다.

### 2.2 차단 지역 설정

영상분석결과 조류 폐사체를 발견한 경우 Avian Influenza 감염 여부를 판별하게 된다. 검사결과 감염되었음이 확인되면 NMAI 시스템에서 차단방역 지역을 표시할 수 있게 된다. 농가에서 발생한 경우에도 농가 주변을 차단 지역으로 설정할 수 있다.

### 2.3 영상정보분석

촬영한 사진을 이용하여 조류 폐사체가 존재하는지 여부를 분석하고, 농가 역학조사 사진의 경우 농가 주변에 이상이 없는지를 확인할 수 있도록 한다.

### 2.4 공공정보 제공

예찰 조사 결과와 차단 지역 설정 결과를 관심이 있는 방문자들에게 제공하여 위험지역내 출입을 사전에 차단하는 효과와 이를 통한 전염병 전파를 막는 효과가 있다.

## 3. NMAI 1.0용 DB의 구조

### 3.1. 조류 예찰 정보

#### 3.1.1. 비행경로

UAV에 들어있는 로그 정보 중 비행과 관련된 정보들을 저장한다. 사용자가 상세한 정보를 이용하기 어려우므로 데이터 변형 없이 이용한다.

| No   | Time    | data type | TimeUS   | Status | GM S     | GW k | Nsats | Hdop | Lat      | Lng     | Alt  | Spd   | GCrs     | VZ     | U |
|------|---------|-----------|----------|--------|----------|------|-------|------|----------|---------|------|-------|----------|--------|---|
| 1010 | 38:01.2 | GPS       | 3.26E+08 | 3      | 1.89E+08 | 1977 | 18    | 0.59 | 37.27007 | 126.673 | 3.59 | 0.032 | 200.0122 | -0.016 | 1 |
| 1085 | 38:01.4 | GPS       | 3.26E+08 | 3      | 1.89E+08 | 1977 | 18    | 0.59 | 37.27007 | 126.673 | 3.6  | 0.04  | 200.0122 | -0.008 | 1 |
| 1161 | 38:01.6 | GPS       | 3.26E+08 | 3      | 1.89E+08 | 1977 | 18    | 0.59 | 37.27007 | 126.673 | 3.61 | 0.036 | 200.0122 | 0.013  | 1 |
| 1236 | 38:01.8 | GPS       | 3.26E+08 | 3      | 1.89E+08 | 1977 | 18    | 0.59 | 37.27007 | 126.673 | 3.61 | 0.033 | 200.0122 | -0.006 | 1 |
| 1310 | 38:02.0 | GPS       | 3.27E+08 | 3      | 1.9E+08  | 1977 | 18    | 0.59 | 37.27007 | 126.673 | 3.63 | 0.004 | 200.0122 | -0.027 | 1 |
| 1387 | 38:02.2 | GPS       | 3.27E+08 | 3      | 1.9E+08  | 1977 | 18    | 0.59 | 37.27007 | 126.673 | 3.64 | 0.057 | 200.0122 | -0.053 | 1 |

#### 3.1.2. 예찰 결과 정보

- 전문가의 지시

지역(범위), 지시일자, 작업자 지정

- 작업자의 작업  
작업(범위, 지시범위와는 다를 수 있음), 작업일자,  
작업경로, 작업 기록,  
발견시(여러건 일 수 있음) - 발견위치, 사진, 발견확률

### 3.2. 방역대 감시 정보

- 전문가의 지시  
CCTV위치, 지시일자, 작업자지정, 지시기간
- 작업자의 작업  
CCTV 설치일, 수거일  
CCTV 일간 이력 (경우에 따라 통계치)

| 날짜/시간            | 이벤트           | 장치        |
|------------------|---------------|-----------|
| 2018-12-06 15:03 | A N P R<br>감지 | 23서3657   |
| 2018-12-06 15:02 | A N P R<br>감지 | 27오6772   |
| 2018-12-06 15:02 | A N P R<br>감지 | 대구29머1887 |
| 2018-12-06 15:01 | A N P R<br>감지 | 61부7541   |
| 2018-12-06 15:01 | A N P R<br>감지 | 07우7132   |
| 2018-12-06 15:00 | A N P R<br>감지 | 27오6772   |
| 2018-12-06 15:00 | A N P R<br>감지 | 59거9349   |
| 2018-12-06 15:00 | A N P R<br>감지 | 59거9349   |
| 2018-12-06 14:59 | A N P R<br>감지 | 21어9356   |
| 2018-12-06 14:58 | A N P R<br>감지 | 59거9349   |
| 2018-12-06 14:57 | A N P R<br>감지 | 59거9349   |

### 3.3 농가 역학조사 정보

- 전문가의 지시  
농가, 지시일자, 작업자 지정
- 작업자의 작업  
농가, 작업일자, 작업한 사진(등), 작업 기록

### 3.4. 계정정보

| 아이디 | 패스워드 | 이름 | 신분 | 소속 | 전화번호 |
|-----|------|----|----|----|------|
|     |      |    |    |    |      |

## 제 3 부 예찰방역시스템, NMAI 1.0 사용법

### 1. NMAI 1.0 운영 개요

### 2. NMAI 1.0의 역할별 사용법

#### 2.1. K-Mapper 조정사

UAV나 CCTV를 작동하고 관리하여 실제 방역 업무를 수행하는 사람으로 전문가에게 지시를 받았거나 필요에 의하여 예찰 업무를 수행하고 이를 서버에 업로드하는 역할을 수행함.

#### 2.2. 조류인플루엔자 예찰방역관리 전문가

검역 및 방역 관련 예찰 업무를 내리는 사람으로 예찰업무가 필요할 시 예찰 업무 지시를 작성하여 작업자에게 전달하고 지도상에서 예찰 결과를 확인함

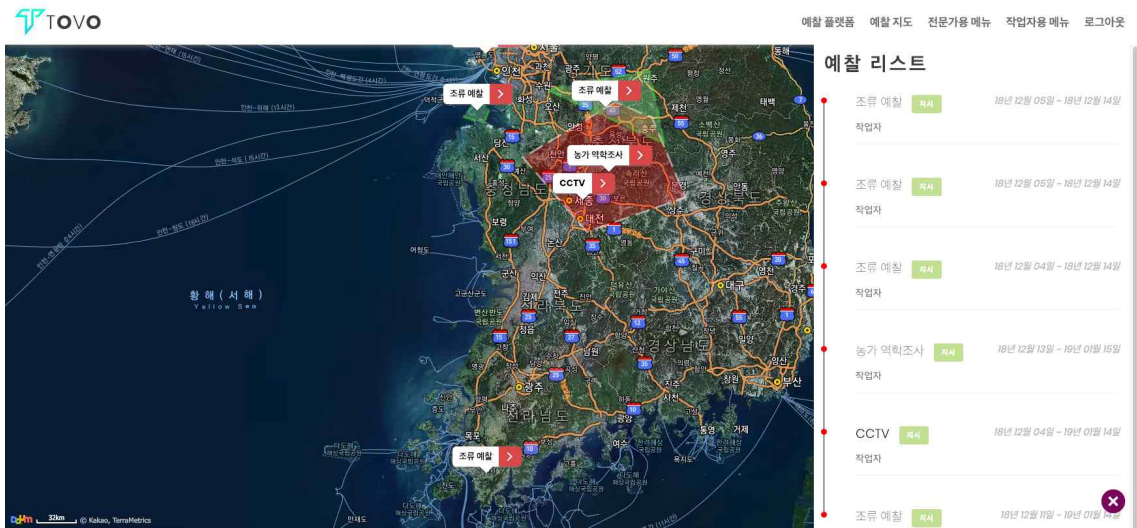
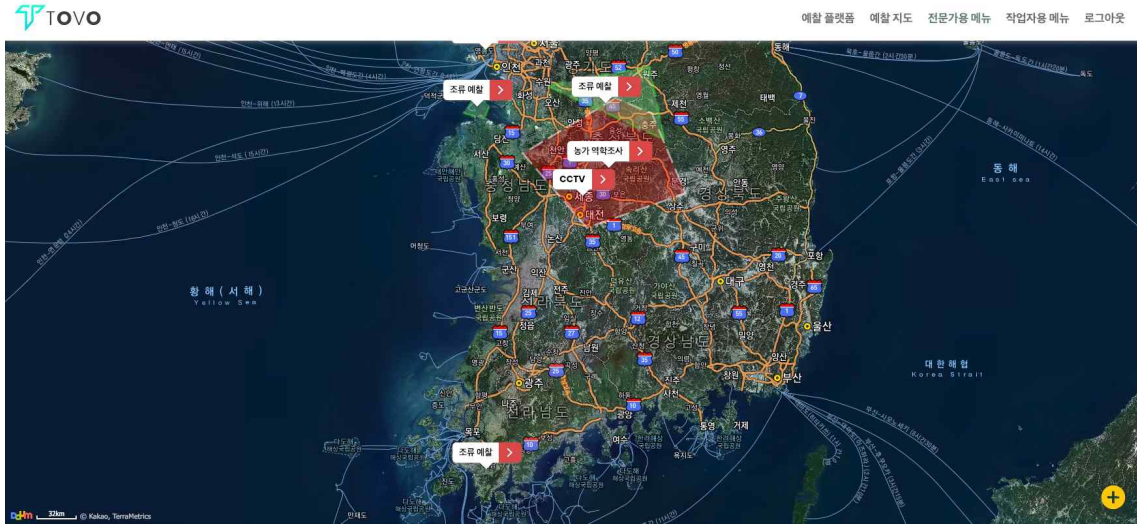
#### 2.3. 조류사육 농업인과 일반인

전문가와 작업자를 제외하고 예찰 결과에 관심이 있어 본 서버에 접속한 모든 사람으로 로그인이 필요하지 않고 작업자가 수행한 결과를 확인할 수만 있음.

#### 2.4. NMAI 1,0 운영관리자

### 3 NMAI 1.0의 페이지별 기능

#### 1. 메인페이지 (예찰 결과 표시 페이지)



#### □ 설명

- 사이트에 접속하면 보이는 기본 페이지
- 화면에 지도가 표시되고, 작업자가 올려놓은 예찰 결과가 지도상에 표시되는 시스템.
- 전문가와 작업자는 로그인 가능

#### □ 기능

- 지도 내 예찰 결과의 표시
- 예찰 결과는 조류 예찰, 농가 예찰, CCTV 예찰로 구분이 되며 조류 예찰의 경우 지도상에 경로가 표시되며 폐사체가 발견된 위치가 점으로 표시됨. 농가 예찰이나 CCTV 예찰의 경우 해당 지점의 위치가 지도상에 표시됨.
- 예찰 결과별로 색상 등으로 구분
- 해당 점을 선택하면 작업자가 작성한 결과보고서 및 사진을 확인할 수 있음

## 2. 로그인 페이지

### □ 설명

- 사용자의 로그인 기능 제공

### □ 기능

#### - 로그인

- 신규가입은 서버관리자에게 신상정보를 제공하면 (아이디, 패스워드, 이름, 신분, 소속, 전화번호, 이메일 필요) 서버관리자가 계정을 생성하여 제공하는 형태로 운용

-> Table(회원정보)에 저장

- > 신분은 작업자/전문가로 나누어지며 신분에 따라 접속되는 페이지가 달라짐. 전문가의 경우 예찰 업무를 작성하고 작업자에게 전달할 수 있고, 작업자의 경우 부과된 업무를 확인하고 결과 보고를 작성할 수 있음.

-> ID와 PW 분실시 조회 이메일이나 전화번호로 본인확인



### 3. 전문가 페이지

#### □ 설명

예찰 업무 명령을 작성하고 작업자에게 해당 명령을 전달할 수 있는 기능을 담당하는 페이지

#### □ 기능

- 기존에 작성하거나 전달했던 예찰 업무들 확인 기능(작업자, 전달일자, 진행상황 및 결과)

- 신규 예찰 업무 명령 작성

조류예찰: 지역(범위), 지시일자, 작업자 지정, (기간 지정이나 반복 지정)

전문가는 지시일자를 여러 날자 선택하고 작업자에게는 일자별로 업무가 생성되는 시스템

농가예찰: 농가, 지시일자, 작업자 지정

(농가 정보도 간략하게 입력할 수 있으면 좋을 것 같음. 품종이나 육종수, 해당 정보가 나중에 전문가가 영상 볼 때 같이 뜨면 좋을 것 같습니다. 전문가가 보통 농림부 관계자이므로 관련 정보를 가지고 있을 것으로 보임)

CCTV예찰: CCTV 위치, 지시일자, 작업자 지정, 지시기간)

- 기존 예찰 업무 수정 기능

- 작업자 조회 기능

- 전문가에게 작업이 전달되면 전문가에게 연락이 가는 시스템

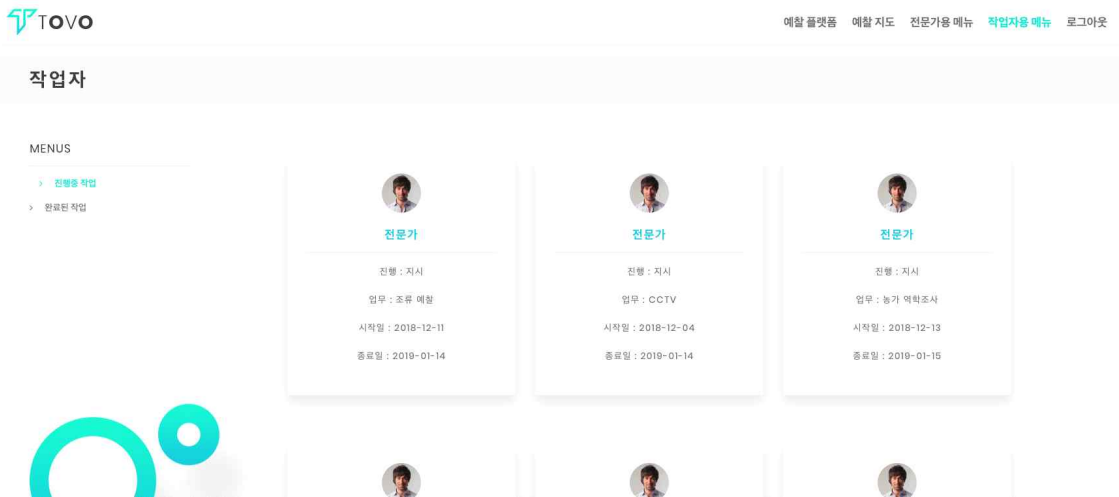
#### 4. 작업자 페이지

##### □ 설명

작업자로부터 작업 지시를 받고, 이에 관한 결과를 작성하는 기능을 담당하는 페이지

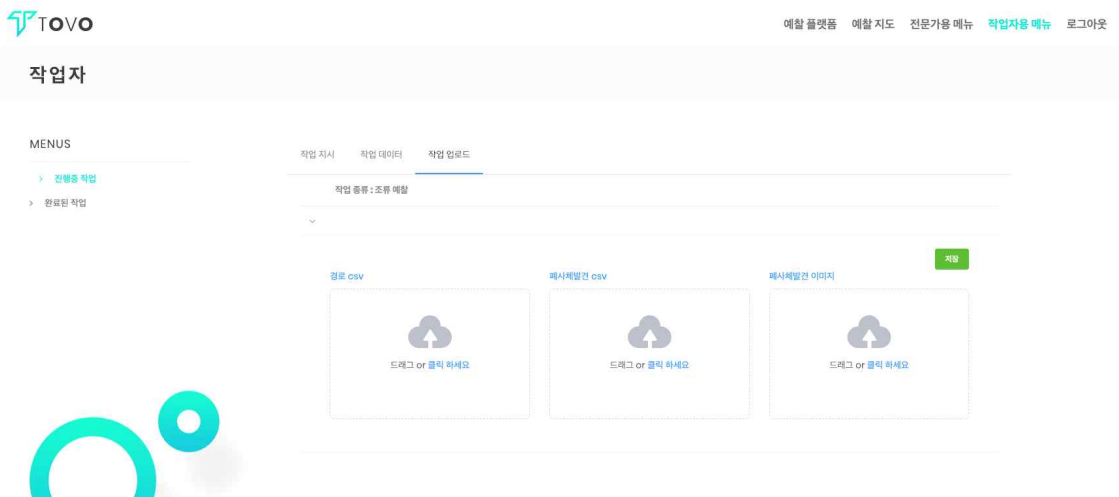
##### □ 기능

- 기존에 작성하거나 전달받은 예찰 업무들 확인 기능(전문가, 전달일자, 진행상황 및 결과)



- 기존 예찰 결과 수정

- 게시물 내 업로드기능(UAV 비행 로그 파일, 사진 파일)



조류예찰: 작업(범위, 지시범위와는 다를 수 있음), 작업일자, 작업경로, 작업 기록, 발견시(여러건 일 수 있음) - 발견 위치, 사진, 발견확률

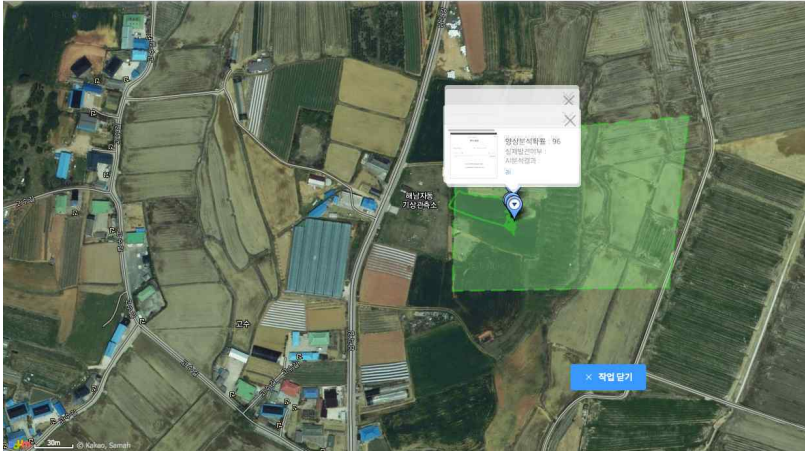
농가예찰: 농가, 작업일자, 작업한 사진(등), 작업 기록

CCTV예찰: CCTV 일간 이력 통계 -> 선택하면 상세 이력을 볼 수 있도록

## 5. 조류 예찰 결과 페이지



예찰 플랫폼 | 예찰 지도 | 전문가용 메뉴 | 작업자용 메뉴 | 로그아웃



### 조류 예찰

32 적재

18년 12월 11일 - 19년 01월 14일

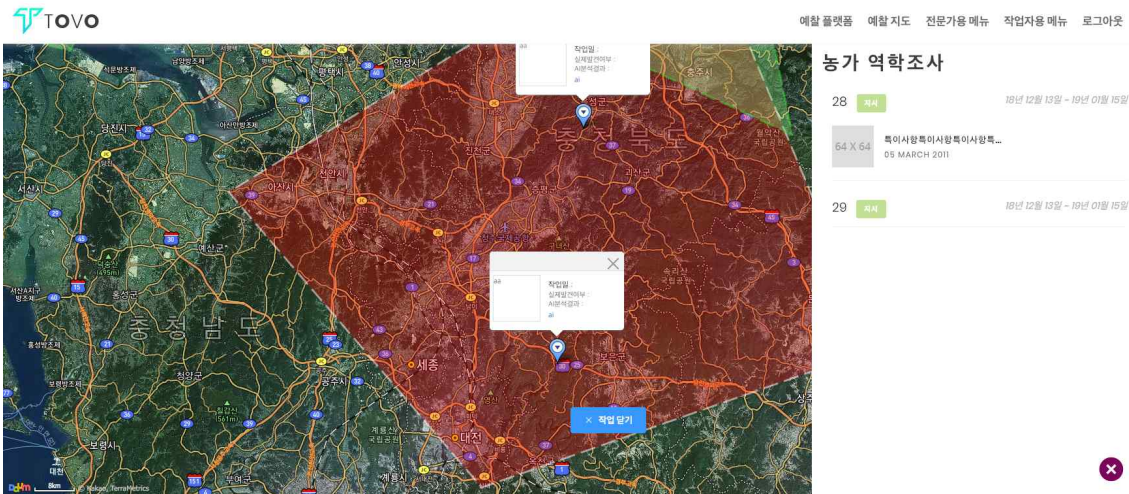
#### □ 설명

조류 예찰결과 보고서 파일과 비행 로그 파일을 업로드 하고 확인할 수 있는 페이지.  
메인 페이지에서 조류 예찰관련 포인트를 선택하면 좌측엔 지도와 우측엔 표 형태로 내용을 기재

#### □ 기능

- UAV 비행 로그 파일을 통해 비행 경로 지도상으로 표시
- 폐사체가 발견된 위치 정보를 지도에 표시해주고 해당 지점을 찍은 사진도 같이 보여줌.
- 이미지 분석 결과 확률 값을 표시
- 지점 선택시 상세 정보 확인 가능(작업일시, 작업지역, 작업자, 영상분석확률, 발견위치, 실제 발견여부, A.I. 확진여부)

## 6. 농가 역학조사 페이지



### □ 설명

- 메인 페이지에서 농가 예찰 관련 포인트를 선택하면 나오는 페이지로 농가 예찰비행 촬영한 사진을 확인할 수 있는 페이지
- 역학조사를 실시하는 수의사 분들이 현장을 방문하지 않아도 현장 상황을 확인할 수 있도록 현장의 상태를 표시

### □ 기능

- 게시물 내 업로드기능(사진 파일)
- 농가 사진을 3D 맵핑한 사진과 2D 맵핑한 평면에서 구역별로 촬영한 사진을 보여주는 방식으로 구성



## 7. 방역대 감시 페이지



작업 지시일 : 2018-12-26 작업 시작일 : 2018-12-04 작업 종료일 : 2019-01-14

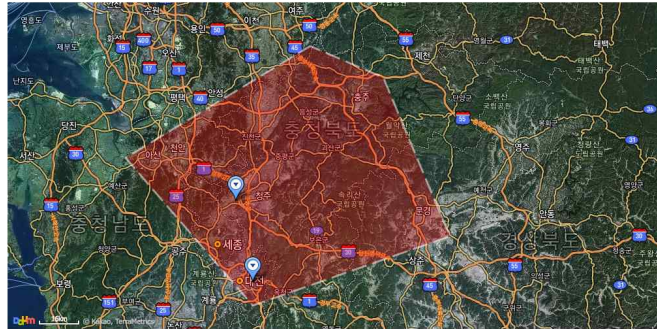
전문가 : 전문가 작업자 : 작업자

작업 종류 : CCTV 작업 진행률 : 지시 작업 진행일 :

MENUS

> 진행중 작업

> 완료된 작업



### □ 설명

- 농가 주변에 설치한 CCTV에서 촬영한 결과를 바탕으로 분석한 결과를 보여주는 페이지
- 메인 페이지에서 CCTV와 관련된 포인트를 선택하면 나오는 페이지로 좌측엔 지도와 우측엔 일자별 보행량, 차량통행량 통계로 작성
- 상세보기를 선택하면 사람이나 차량이 지나간 시간 정보까지 표현

### □ 기능

- CCTV 설치 위치를 지도상에 표시
- 방역대 감시 결과(차량 번호판 분석, 차량 통행량)
- 상세보기에서 보행인 정보는 보행인이 지나간 시간, 차량은 차량이 지나간 시간, 차량 종류, 차량 번호판을 보여준다.

## 부 록

|                         |    |
|-------------------------|----|
| I. 조류인플루엔자 관련 용어 -----  | 12 |
| II. NMAI 1.0 소스코드 ----- | 12 |
| III.                    |    |