

연구개발 최종보고서·요약서

I. 인쇄 규격

- 1. 크기: A4 신판(가로 210mm * 세로 297mm)
- 2. 제본: 좌철
- 3. 용지
 - 가. 표지: 백상지(150g/㎡)
 - 나. 내용: 백상지(80g/㎡)
- 4. 인쇄 방법
 - 가. 표지: 바탕 백색, 활자 흑색
 - 나. 내용: 흑색 지정 활자

II. 편집 순서

- 1. 표지
- 2. 제출문
- 3. 보고서 요약서
- 4. 국문 요약문
- 5. 영문 요약문
- 6. 영문 목차
- 7. 본문 목차
- 8. 뒷면지

III. 참고 사항

전자 조판 인쇄 시에는 이에 준한다.

IV. 편집 순서별 서식

18CTAP
-C1170
26-03

보안 과제(), 일반 과제(○) / 공개(), 비공개()
발간등록번호()
국토교통기술촉진연구 사업 제3차연도 최종 보고서

3
D

I
m
a
g
e

P
r
o
c
e
s
s
i
n
g

종합
수계
관리
시스
템
최
종
보
고
서

2019

국
토
교
통
과
학
기
술
진
흥
원

R&D / 18CTAP-C117026-03

3D Image Processing

기술 탑재

무인비행체기반

종합수계관리시스템

최종보고서

2019. 07. 05.

주관연구기관 / 한국외국어대학교 연구산학협력단
협동연구기관 / (주)휴인스
(주)동원측량콘설탄트
랏데컴뮤니케이션코리아

국토교통부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통과학기술진흥원 귀하

‘3D Image Processing 기술 탑재 무인비행체기반 종합수계관리 시스템’

(연구개발 기간 : 2016.06.28. ~ 2019.04.27) 과제의 최종보고서 10부를 제출합니다.

2019. 07. 05.

주관연구기관명 : 한국외국어대학교 (대표자) 박영철 (인)

협동연구기관명 : (주)휴인스 (대표자) 송태훈 (인)

(주)동원측량콘선탄트 (대표자) 임수봉 (인)

(주)랏데컴뮤니케이션코리아 (대표자) 조운호 (인)

주관연구기관책임자: 강구영

협동연구기관책임자: 송태훈, 임수봉, 천진우

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에
동의합니다.

보고서 요약서

과제 고유 번호	18CTAP-C117 026-03	해당 단계 연구 기간	3차년도	단계구분	3단계/ 총 3단계
연구사업명	중사업명	국토교통기술촉진연구사업			
	세부사업명	응용			
연구과제명	대과제명				
	세부과제명	3D Image Processing 기술 탑재 무인비행체기반 종합수계관리 시스템			
연구책임자	강구영	해당단계 참여연구원 수	총:25명 내부:25명 외부: 명	해당단계 연구비	정부:330,000천원 민간:110,000천원 정부외: 천원 상대국: 천원 계:440,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총:25명 내부:25명 외부: 명	총 연구비	정부:900,000천원 민간:300,000천원 정부외: 천원 상대국: 천원 계:1,200,000천원
연구기관명 및 소속 부서명	한국외국어대학교, (주)휴인스, (주)동원측 량콘선탄트, 랏데컴뮤니케이션코리아			참여기업명 (주)휴인스, (주)동원측량콘선탄트, 랏데컴뮤니케이션코리아	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	

※ 국내·외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	일반
-------------------------	----

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 ·장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기 탁 번호	2	3	1			7					

국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황

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

요약

본 연구는 무인비행체를 이용하여 수계내 녹조평가를 위해 Image Processing기법을 개발하였고, 다음의 핵심기술을 개발하였음

- 수계모니터링 시스템 개발 및 적용기술
- 국내현장 적용 가능한 Image Processing을 위한 Database구축
- 통합형 GCS(Ground Control System) 개발
- Drone UAV H/W 및 S/W 개발
- Image Processing & Vision system S/W 개발

129

4. 국문 요약문

연구의 목적 및 내용	UAV(Unmanned Aerial Vehicle)를 이용하여 국토이용 중 수계관리를 위한 IT+BT+ET+NT+CT 기반 첨단융합기술 개발과 국내 수계관리 최적의 Data Processing & Vision System 기법을 개발 하여 수량(하천저장능력), 녹조경보, 탁도, 하천변 유역변화 등의 수자원 통합관리 시 스템 을 구축하고, 모니터링 시스템의 개발 및 상용화를 목표로 함 UAV Data Processing & Vision System 기법 개발 - 현장 적용 가능한 수계지표 Level에 따른 수량예측 모델, 파장 검출 기법을 통한 녹조발 생 감지, 이동형 센서 및 Data Transmission을 이용한 탁도 분석, 3D Feature Extraction 기법을 적용한 하천변 유역변화 Database 구축 상수원보호구역인 경안천을 대상으로 실제 관측 및 Data Processing을 통한 현장실험 검증, 특허등록 - UAV 비행제어 보드, 카메라, 센서, GPS, AHRS, S/W architecture 연구개발 - UAV 시제품 제작 및 모의 비행 환경 구축 (H/W in-the-loop simulation) - UAV 제어용 통합형 GCS(Ground Control System) 구축 환경감시 자료(녹조, 수량, 탁도, 수온, 유역변화)와 영상자료 통합수집시스템 개발 - 자동항법 모드 및 원격조정 모드 항법 S/W개발				
연구개발성과	○ 정적·동적 모니터링 시스템 및 Data Processing & Vision System기법 개발을 통한 혁신 적 수계관리 체계 구축 ○ 고비용 모니터링 시스템을 저비용으로 대체 및 무인 운용 시스템으로 Multi-site 모니터 링 가능 ○ GPS/IMU 등 항법장치 적용과 기동력을 향상시킨 Compact System 체계의 고효율 관리기법 적용				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	○ 국가 기술개발 분야 - 국토지리 수자원 변동의 국지적, 실시간 감시 및 관리 자동화 시스템구축 - 원격탐사센서 및 처리기술의 확보로 다양한 관련사업의 활성화 및 경쟁력 제고 - 저비용의 효율적 정보공간 및 수계관리 기법 제공 - 국토 이용 및 수자원 관리의 선진화 ○ 사회문화 분야 - 신속한 수계관리 시스템으로 사회 안정화에 기여 - 수자원 관리 효율화, 녹조, 하천유실, 범람 등에 대한 예방으로 국가 신뢰성 확보 ○ 기술의 시장성 및 경제적 기대효과 - 기존의 고비용 모니터링 시스템을 저비용으로 대체가능 - 시장 개척을 통한 일자리 창출 - 무인항공기의 활용 범위를 확장시킴으로써, 시장 점유율 향상 및 수출량증대 - 2022년 20억\$ 해외 시장의 20%를 목표한다면 4억\$의 수출 효과 기대 ○ 첨단융합 기술로 인한 산업 파급효과 - 수계관리를 위한 효율적인 무인항공기 운영시스템 확보로 타응용 분야 확대 - IT+BT+ET+NT+CT의 첨단융합기술 실용화 실현 - 복합센서와 카메라 기술 융합을 통한 신속/정확 현장 모니터링 기여				
핵심어 (5개 이내)	무 인 비 행 체	리모트센싱	수계	수질	녹조

〈 SUMMARY 〉

Purpose & Contents	IT+BT+ET+NT+CT based development of advanced fusion technology for water management in land use by the UAV(Unmanned Aerial Vehicle), Building unified water resources management of water flow rate(Self purification capacity of river), Water bloom warning, Turbidity, Basin change, etc by developing a national water management best practice techniques. The goal is to the development and commercialization of the monitoring system. ○ Development of UAV Data Processing & Vision System ○ Building of changes in river basin databases applying 3D feature extraction, movable sensor and turbidity analysis Using data transmission, water bloom detection using wavelength detection technique, Water flow rates prediction model in accordance with the applicable field water-index level ○ Actual observation targets protection area of source water, Gyeongancheon and Data Processing through field test, patent application, commercialization verification ○ UAV Prototyping and Building of simulated flight environment ○ R&D of UAV flight control board, camera, sensor, GPS, AHRS, S/W architecture ○ UAV control building unified GCS(Ground Control System) - Environmental monitoring data(Water bloom, water flow rate, turbidity, Basin change, water temperature) and Development of image Data unified Collection System ○ S/W development of Autopilot mode and Remote Control mode				
Results	○ Monitoring system of static-dynamic and Development of Data processing & Vision system building with innovative water management system ○ Replacing high cost monitoring systems by low cost, and unattended operating system to Multi-site can be monitored ○ GPS/IMU etc apply and to have improved mobility high-efficiency management techniques can be applied Compact System				
Expected Contribution	○ Technology Development - Local, real-time monitoring of the variation of the national geographic water resources and construction of automated management system of water resources - Activating and enhancing the competitiveness of various industries by securing remote sensing sensor and processing technology - Providing low-cost, effective information and water system management techniques - The advancement of land use and water resource management ○ Social and Cultural field - Contributing to social stabilization with prompt water system management - Securing the reliability of the country for the efficiency of water resources management and the prevention of algal bloom, loss of river, flood etc. ○ The marketability of technology and economic expectation effectiveness - Being able to replace conventional, high-cost monitoring system with low-cost one - Job creation through market development - By expanding the application of unmanned aircraft, Improving market share and increasing exports - If we target for 20% of the \$ 2 billion overseas market by 2022, \$ 400 million export effect can be expected. ○ Industry impact caused by the modern Fusion Technology - Other application areas expanded caused by the securing of effectively operating unmanned aerial vehicle systems for Watershed Management - IT+BT+ET+NT+CT modern fusion technology commercialization realization - Fast/accuracy field monitoring contribute to through fusion of the multiple sensor and camera techniques				
Keywords	Unmanned Aerial Vehicle	Remote Sensing	Water System	Water Quality	Water Bloom

< Table of Contents >

1. Introduction of Research and Development Project	1
2. Current Trend of Technology in Korea and Other Countires	6
3. Research Performances and Achievements	9
4. Accomplishment of Objectives and Contribution to Related Field	102
5. Application of Research Results and Performance	105
6. Collection of International Science and Technology Information	106
7. Disclosure Agreement about Research and Development	109
8. Registration of Research Facilities and Equipment to national science and technology information system	109
9. Research Laboratory and Facilities Safety Procedures	109
10. Representative Research Achievement and Performance	110
11. Other Information	111
12. References	112
13. Appendix	114

〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요	1
2. 국내외 기술 개발 현황	6
3. 연구수행내용 및 성과	9
4. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	102
5. 연구개발성과의 활용 계획	105
6. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보	106
7. 연구개발성과의 보안등급	109
8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황	109
9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적	109
10. 연구개발과제의 대표적 연구 실적	110
11. 기타 사항	111
12. 참고 문헌	112
12. 부록	114

제1장. 연구개발과제의 개요

1. 연구개발 목적

본 연구의 개발목적은 UAV(Unmanned Aerial Vehicle)를 이용하여 국토이용 중 수계관리를 위한 IT+BT+ET+NT+CT 기반 첨단융합기술 개발 및 국내 수계관리 최적의 Data Processing & Vision System 기법을 개발하여 수량(하천저장능력), 녹조경보, 탁도, 하천변 유역변화 등의 **수자원 통합관리 시스템을 구축하고, 모니터링 시스템의 개발 및 상용화를** 목표로 함

2. 연구개발의 필요성

- 국내 하천관리는 크게 자연적, 정책적, 사회적 측면을 고려한 관리계획이 수립되어 적절한 범위 및 대상, 주체 및 조직 등을 설정하여 체계를 마련하고 있음
- 하천은 국가하천, 지방1급 하천, 지방2급 하천의 3등급으로 구분하여 등급별로 하천의 시·종점을 일괄적으로 계획·정비하고 있으며 행정구역별로 지자체에서 관리하고 있음
- 하지만 하천과 관련된 조사 및 관측체계는 생공용수, 농업용수, 지하수, 수질, 수량별 구분에 따라 국토교통부, 환경부, K-Water, 기상청 등으로 다원화되었으며, 이러한 체계로 인하여 수리수문자료의 조사 관측에 있어 일관성이나 통일성이 미흡하고 자료 관리의 효율성이 낮은 수준이라 평가되고 있음
- 21세기형 무인비행체는 정찰, 감시 등 국방 목적의 고전적 활용영역을 넘어 정글이나 오지, 화산지역, 재해지역, 원자력사고 등 인간이 접근할 수 없는 영역은 물론 방송, 교통정보, 물류 등 그 활용영역이 사회 전 분야로 급속히 확대 중임
- 우리나라 하천의 생태적 특성을 고려한 “하천 건전성 확보”라는 분야의 최종목표 달성을 위해서는 기존의 고전적 하천관리 체계와 더불어 시·공간적 제한을 뛰어넘는 새로운 개념의 하천환경 관리체계가 필요함
- 따라서, 무인비행체를 이용한 수계관리라는 본 연구를 통해 2040 국토교통 미래기술 예측조사 7대 메가트렌드 중 Ecological 영역의 “에너지·자원 부족” 중 물·식량 부족의 심화에 대비한 “수자원의 국제적 가치 상승”이라는 미래사회 기술적 수요에 대응할 필요성이 있음
- 하천의 생태적 특성과 체계적인 종합적 수계관리를 위해서는 IT+BT+ET+NT+CT 기술기반 첨단융합기법을 적용하여야 하며, 이는 공간정보 분석 및 평가를 통해 구현될 수 있음
- 무인비행체를 이용한 하천 및 유역관리는 지역적, 항공운영의 기술적, 안전성 등의 제약조건이 거의 없어, 미래유망기술로서 시장선점을 위한 핵심기술로서의 가치가 있음
- 공간정보 활용을 통한 수계관리 기술은 수계, 산림, 도심지역, 재해, 재난, 사고대응 등의 연계적 측면에 있어서 적용 및 활용성이 매우 높은 기술 분야임. 아울러 전자, 제어, 통신 등의 학문분야 발전을 통해 신성장 사업을 창출할 수 있고, 융합적 일자리 확보가 가능할 것으로 보임

3. 연구개발의 중요성 및 차별화방안

(가) 연구개발의 중요성

- 원격탐사 시장규모는 2013년도 76억 달러, 2014년 81억 달러 성장을 바탕으로 2019년에는 121억 달러의 시장이 형성될 것으로 예측됨 (Remote Sensing Technologies and Global Markets(IAS022D))
- 무인비행체 원격 탐사는 탐사 활동과 정보 수집 활동, 무기 유도, 자연재해와 폭풍우 추적 조사에도 사용되고 있으며, 세계 무인항공기 원격 탐사 시장의 연평균 복합 성장률(CAGR; Compound Annual Growth)은 2014-2019년 8.2%에 달할 것으로 예상됨
- 이러한 시장동향 및 성장 규모는 첨단융합기반 미래유망기술이라고 여겨지며, 본 연구 기술개발을 통해 시장선점이 필요함

(나) 연구개발의 차별화방안

- 본 연구에서 개발될 연구 성과물 중 현장적용 소프트웨어는 UAV Data Acquisition, Ortho Rectification, 3D Video Production, 2D/3D Feature Extraction, DEM/DTM/DSM Creation and Editing, UAV Photogrammetry Mapping의 6가지로 구성되어 있고, 통합형 시스템 개발로는 국내 최초임
- 무인비행체를 이용한 수질에 대한 측정자료 수집 및 분석, 제어 등의 관리는 실제 환경에 적용하여 운용이 가능할 수 있는 최적의 요소를 탑재하는 것이 필요하며, 본 연구에서는 이를 위한 통합형 GCS(Ground Control System)를 구축하여 비행 상황 실시간 모니터링 및 관제 시스템, 자동 항법 미션 모드 및 응급 시 원격 조종 항법 모드, 관제 및 자료 수집을 위한 무선 통신 Protocol(WIFI/Bluetooth, LTE 등 기반), 환경감시자료(녹조, 수량, 탁도, 수온, 유역변화)와 영상자료 통합수집시스템, 개발 환경 구축을 위한 HILS(H/W In-the-loop Simulation 환경 구축)를 통합형 시스템으로 구축함
- 수계측정 자료의 결과 중 인과관계를 도출해낼 수 있는 온도(수온), 녹조, 일사량 등에 대해서는 통계적 분석을 통한 과학적인 접근이 필요함
- 본 연구에서는 무인비행체를 이용한 수계 지표자료 측정과 과학적인 분석기법 통해 수계관리에 대한 차별화전략을 수립하여 공간정보의 활용성을 극대화 시켜 다양한 수요자와 연계할 수 있는 가능성을 높임
- 본 연구진은 무인항공기를 이용한 수계관리의 성공적인 연구를 수행하기 위한 자연과학+공학적 이론과 경험이 풍부함. 수계 관리 분야에서는 수년간 수계의 오염물질, 생물학적 반응기작, 생태학적 위해성분야에서 많은 연구와 논문 등을 발표하였고, 무인비행체의 운영 및 통합 GCS 시스템에 관해서는 한국항공우주연구원 및 국방과학연구소와의 공동연구 등을 통해 많은 노하우와 기술이 축적되어 있음
- 본 연구진은 무인비행체의 수계 영상자료를 대상으로 한 특수 Data Processing 기술 역량을 보유하고 있으며, 실시간 모니터링용 S/W 구축 및 개발이 가능함
- 본 연구진은 고정밀도/고해상도 데이터 수집 및 처리/관리/제어 기술을 통해 제안기술의 상용화 및 시장 진입의 가능성을 높을 수 있을 것으로 사료됨
- 위성사진을 활용한 연구는 수계를 연속적으로 원하는 시간에 촬영이 불가능하고, 기후(구름, 안개, 태양 등)의 영향을 받아 원하는 자료를 구축하기가 매우 어려움. 본 연구에서 개발될 Image Processing 기법을 활용하여 확보가 가능한 위성사진을 해석할 수 있는 가능성을 타진하여 보고서에 수록하도록 하겠음
- 인공위성 사진을 통한 수계관리는 시간적 관찰 한계(실시간 불가능), 구름의 지배적 영향(구름이 많으면 관찰 불가능), 조도량에 따른 오차(태양 반사량), 경제성(상대적 고가) 등에서 많은 어려움이 있음. 하지만 드론을 운용한 수계관리는 실시간 모니터링 및 특정시간 집중 관리 가능, 구름 및 조도량에 대한 간섭작용 미미, 낮은 운용비용에서 실제 국토정보를 관리하는데 많은 우수성이 있음
- 본 연구범위에서 수계관리 뿐만아니라, 인근해역의 환경관측의 적용의 가능성에는, 육지에 있는 수계(하천, 강)를 대상으로 연구개발된 드론은 해당지역을 관찰하는데 간섭작용으로 존재하는 바람의 영향에 따라 그 운용방법 및 하드웨어적인인 부분이 매우 다르게 나타날 수 있음. 따라서 해양관측은 본 연구개발의 기술적 성숙도가 완료되고, 바람의 영향에 따른 드론의 공간적 비행능력을 향상시킨 후 적용할 가능성이 있다고 보여짐
- 본 연구개발의 최종 수계관리 범위는 1차적으로 경기도 용인/광주를 잇고 있는 경안천이고, 경안천은 상수도보호구역으로 지정되어 있는 지방하천으로 수계관리를 하는데 있어서 매우 중요한 의미를 가지고 있음. 모니터링 항목으로는 녹조, 탁도, 수온, 유량이며 본 항목들을 종합적으로 해석한다면 비점오염원(무허가 공장에서 배출되고 있는 오염물질)에 대한 접근도 가능할 것으로 보여짐

무인항공기(UAV)를 이용한 수계관리에 관한 연구



3. 연구개발 범위

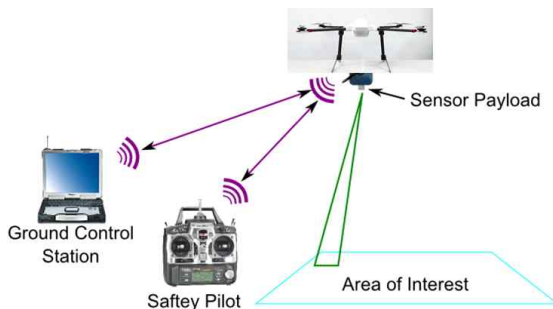
가. 1차 연도

① 개발 목표

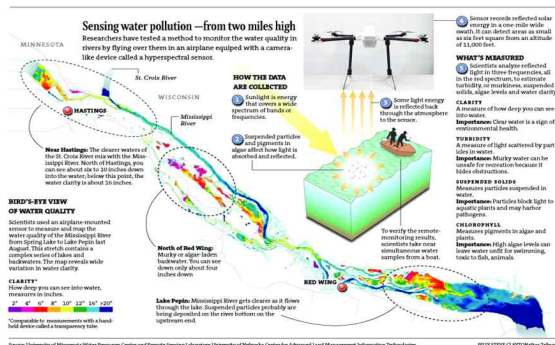
- 주관연구기관(한국외국어대학교): Image Processing을 위한 Database 구축
- 공동연구기관 1 ((주)휴인스): 3파장 및 스캔 카메라 영상기법 활용 및 적용연구개발
- 공동연구기관 2 (랏데컴뮤니케이션코리아): Image Processing 데이터 해석 연구개발

② 개발 내용 및 범위

- 주관연구기관(한국외국어대학교): 수계 녹조, 수량, 탁도, 수온감시기법 개발
- 공동연구기관 1 ((주)휴인스): 영상자료 수집을 위한 최적하드웨어 적용 및 개발
- 공동연구기관 2 (랏데컴뮤니케이션코리아): 이미지해석 신뢰도 확보 및 운영기법 개발



《무인항공기 영상자료 획득 모식도》



《원격탐사기술 수계관리 적용》

나. 2차 연도

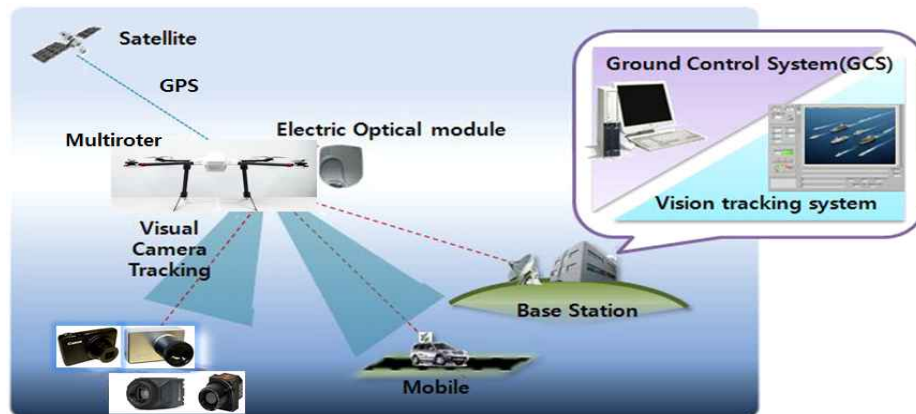
① 개발 목표

- 주관연구기관(한국외국어대학교): 현장 실용화 가능성에 대한 평가 및 확대적용 가능성 연구

- 공동연구기관 1 ((주)동원측량콘선탄트): 무인비행체 하드웨어 현장적용 기술 구축
- 공동연구기관 2 (랏데컴뮤니케이션코리아): 무인비행체 소프트웨어 현장적용 기술 구축

② 개발 내용 및 범위

- 주관연구기관(한국외국어대학교): 자료해석을 위한 비행지점 및 영상촬영시점의 환경에 따른 베이스라인 설정
- 공동연구기관 1 ((주)동원측량콘선탄트): 무인비행체 하드웨어 Payload설정 및 운영체제 개발
- 공동연구기관 2 (랏데컴뮤니케이션코리아): 수계 영상촬영에 따른 현장 간섭작용 및 제어기술 개발



다. 3차 연도

① 개발 목표

- 주관연구기관(한국외국어대학교): 영상데이터 Image Processing & System Software 현장운용 기술개발 및 적용
- 공동연구기관 1 ((주)휴인스): 무인비행체 위치와 자세의 갱신을 차이 극복을 위한 중앙 프로세서 기능연구 개발 및 통합/연동에 의한 종합관제 시스템 구축
- 공동연구기관 2 (랏데컴뮤니케이션코리아): 실험 분석에 의한 GCS 기능/성능 연구개발

② 개발 내용 및 범위

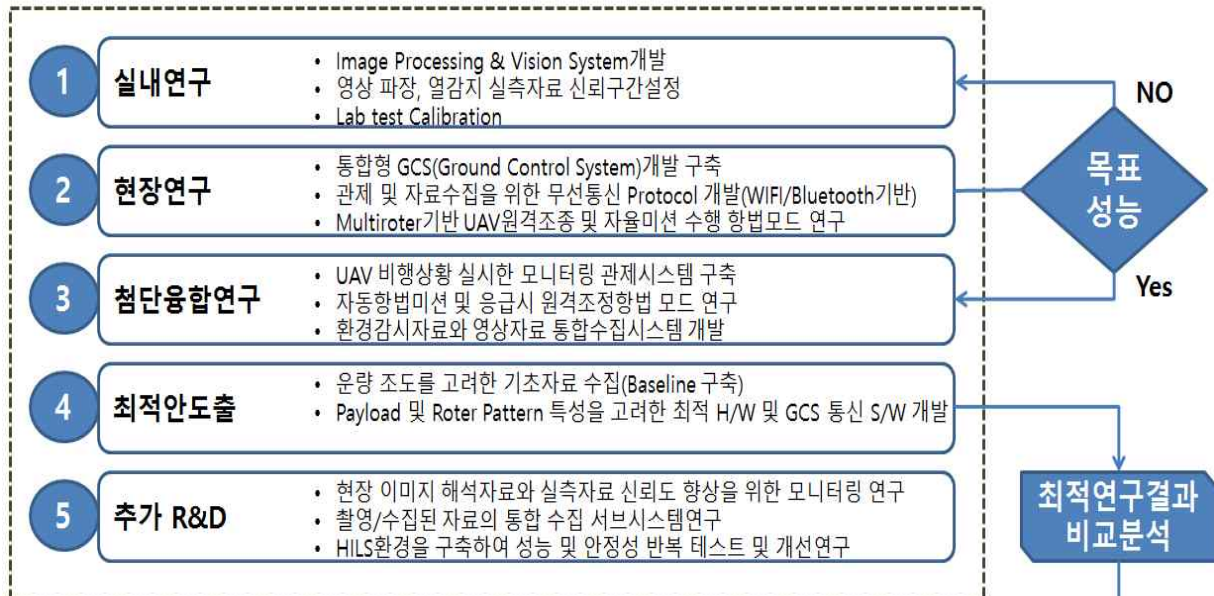
- 주관연구기관(한국외국어대학교): 비행 미션 수행시의 비행체 상태 자료 수집에 의한 반응성의 정량 분석 및 영상자료 데이터 해석 신뢰도 향상 기법 연구개발
- 공동연구기관 1 ((주)휴인스): 비행제어 시스템(자율 점항법 및 수동 원격제어 포함) 기술개발
- 공동연구기관 2 (랏데컴뮤니케이션코리아): 현장의 장애물 안전지대 실험에 의한 실환경변수 고려에 대한 적응성 연구개발
- 위성사진은 연구대상의 수계를 연속적으로 원하는 시간에 촬영이 불가능하고, 기후(구름, 안개, 태양 등)의 영향을 많이 받아서, 실제 원하는 자료를 구축하기가 매우 어려움. 하지만, 본 연구에서 개발될 Image Processing 기법을 활용하여 확보가 가능한 위성사진을 해석할 수 있는 가능성을 타진하여 보고서에 수록하도록 하겠음
- 드론을 이용하여 하천 샘플을 채취하는 방법은, 드론과 동일한 시간/장소/위치를 무인선박과 센서로 지정하여 함께 움직이며 공간정보와 수계의 시료를 동시에 채취 및 확보 하는 방법이 있음. 또한 드론으로 직접 수계의 시료를 채수하는 것은 분석 항목에 따른 시료량과 이에 대한 Payload가 달라지므로, 다각적인 분석과 시도가 필요할 것으로 사료됨. 본 사항에 대해서는 연구개발되는 드론의 사양에 맞추어 직접 시료를 채취하는 방법 및 기법에 대해 시도를 하여 결과보고서에 제시하도록 하겠음



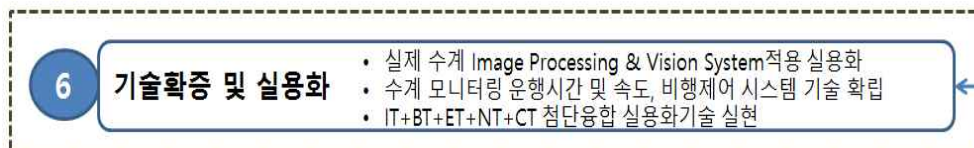
라. 연구개발 추진전략 및 방법

- 성공적인 최종성과물 생산을 위한 과학적/유기적 체계 수립
- 본 연구를 시작으로 국토정보를 종합적으로 수행할 수 있도록, 국내외 사례를 지속적으로 모니터링 하여, 기술개발을 하도록 하겠음. 향후에는 개발된 기술을 활용하여 사고지역 조기대응 모니터링, 국토지역 식생, 동식물, 자원 등의 자료구축 등이 있을 것으로 보여짐

R&D 단계



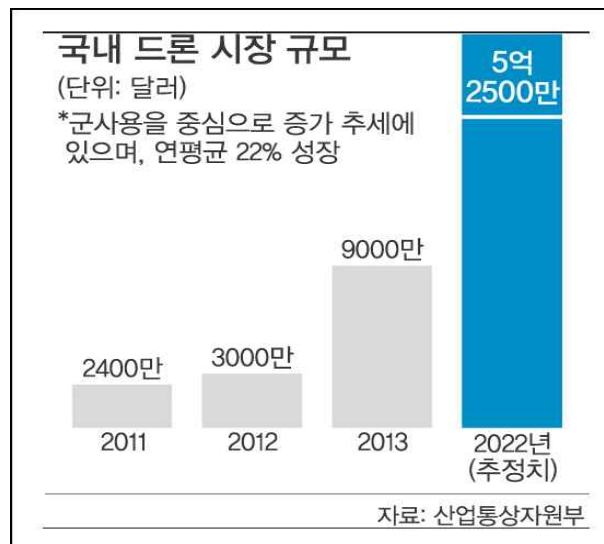
활용 및 실용화 단계



제2장. 국내외 기술 개발 현황

1. 연구개발 대상의 국내현황

- 국내 무인비행체 기술을 이용한 모니터링 시스템 관련 연구는 시작 단계에 불과하며, 현장 적용이 아닌, 독립적인 Unit Process 수준으로 연구되고 있음
- 무인비행체는 현재 중국 DJI가 상업용 시장을 주도하고 있으며, 그 외에 SenseFly, Aeryon, CybAero, Gryphon과 같은 미국 외의 회사들이 출현하고 있음. 이에 반해, 국내 드론 산업은 대한항공과 한국항공우주산업(KAI)이 주도하여 정찰이나 군사 위주로 전개되고 있으며, 최근 주목받고 있는 엔터테인먼트, 항공촬영, 국토관리 등에 쓰일 수 있는 소형 드론은 아직 국내에서 소수의 업체만이 개발 진행 수준임
- 국내 드론 시장 규모는 2013년 9000만 달러이고, 2022년 5억달러 규모로 성장할 것으로 추정하고 있음.
- 국내 드론 시장은 군용 중심이며, 최근 정부는 국토교통부와 산업부/미래창조과학부등 범정부 차원에서 2020년까지 단계적으로 드론을 상용화한 ‘드론 활성화 로드맵’을 발표함.
- 산업통상자원부에서 발표한 국내 드론 시장 규모는 다음과 같음



- 급성장중인 국내드론 시장 경쟁은 중국 DJI가 거의 점령한 상태임
- 외국산에 점령당한 국내시장을 위해 정부는 국산 드론 개발을 중점 국책과제로 선정한 상태
- 정부가 제시한 시범사업은 물품수송, 산림보호 및 재해감시, 시설물안전진단, 국토조사 및 순찰, 해안 및 접경지역 관리등이며, 드론 비행장 조성과 산업유치에 지자체와 연계중임
- 2016년 예산에 드론등 무인이동체 미래선도핵심기술 개발에 60억 신규 편성함

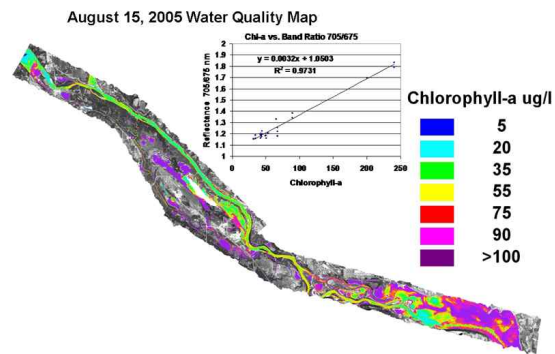


2. 연구개발 대상의 국외현황

- 미국 등 선진국은 무인항공시스템 기반 Remote Sensing 기술을 활용 한 국토, 산림 및 하천관리 기술 개발을 완료하고 실용화·운영 중임
- 영국 시장조사기업 INEA 컨설팅에 따르면, 2013년 기준 상업용 드론 시장 점유율은 미국 61%, 아시아 태평양 국가 20%, 유럽 17%, 중동 및 아프리카 2%로 미국은 앞으로 격차를 더 벌려 2020년 세계 드론 시장의 70%를 장악할 것이라고 발표함
- 미 방위산업 시장분석업체인 틸그룹에 따르면 세계 드론 시장 규모는 연평균 8% 성장해 2022년에는 114억달러에 이를 것으로 추정.
- 중국 베이징시 기관지인 경화시보는 최근 “드론의 상업적 이용이 급증하면서 세계 드론 시장의 총가치(판매액과 연구개발비, 국방비 포함) 규모는 2025년 710억달러(약 77조원)에 이를 것”이라고 전망.
- 중국 드론 시장 규모는 2020년이면 500억위안(약 8조7000억원)에 이를 것으로 예측되며, 중국의 대표적인 드론 제조 업체는 DJI임
- 일본 야마하는 20년 전부터 농업용 드론을 개발·판매하고 있고, 야마하는 일본 농림부의 의뢰로 1987년 세계에서 처음으로 농업용 드론인 ‘R-50’을 개발했다. 지난해 말까지 2400대 이상을 팔아 시장 점유율이 77% 수준임
- 미국은 드론 전문 업체인 3D로보틱스가 주도하고 있으며, 2015년 리눅스재단, 인텔, 퀄컴과 함께 ‘드론 코드 프로젝트’를 진행하고, 제품 출시 예정임



《 주거지역 생태 관리 》



《 하천 및 강 녹조 예측·관리 》



Legend ■ Flooded ■ Non-flooded ■ Persistent water

《 도시지역 홍수관리 》



《 3D 영상 국토관리 》

3. 수출·입 효과

- 국내 무인항공기 시장은 2011년 2400만 달러, 2012년 3000만 달러, 2013년 9000만 달러로 군사용을 중심으로 증가 추세
- 세계 소형 무인항공기 시장의 60%를 차지한 중국 DJI사는 2014년 한 해 100억원 이상을 우리나라로 수출
- 세계 7위의 기술력을 가진 우리나라 무인항공기와 실시간 수계 감시 시스템의 소프트웨어의 융합을 통

해, 세계 시장에서 경쟁력을 확보할 수 있음.

- 수계 관리 실시간 모니터링 시스템의 기반이 완료되는 2020년부터 시장에 상용화를 예상
- 개발 완료 후 2020년부터 수출입 효과 발생 추정
- 2022년 500억원 규모의 국내 상업용 드론 시장의 수입대체 효과 기대
- 2022년 20억\$ 해외 시장의 20%를 목표한다면 4억\$의 수출 효과 기대

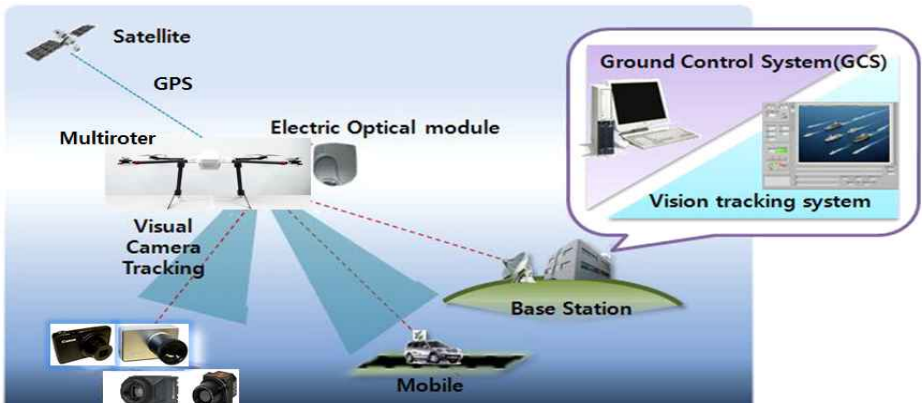
제3장. 연구수행내용 및 성과

1. 연구개발 핵심성과 및 내용

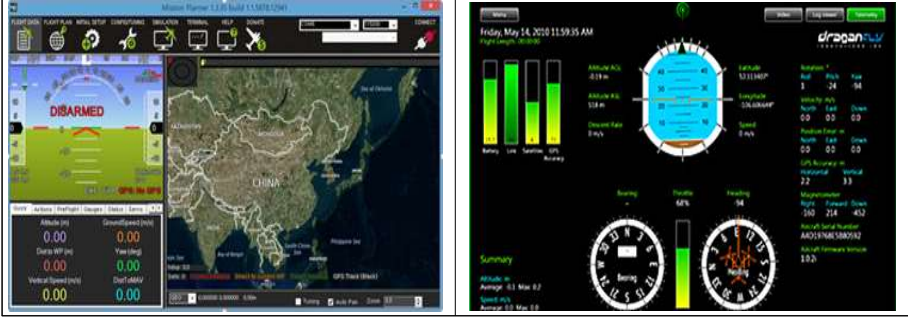
가. 핵심연구성과

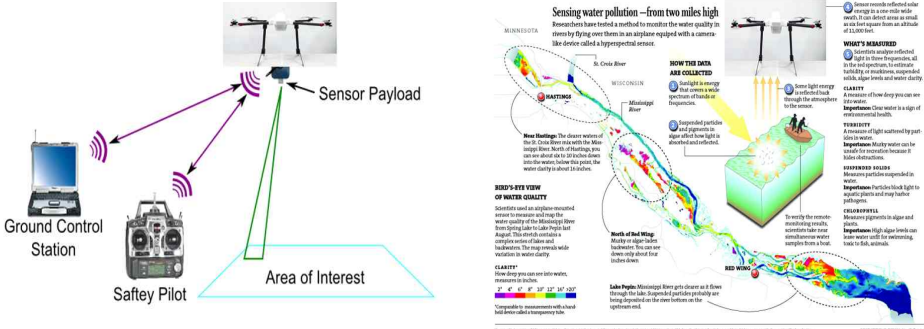
연번	핵심성과 (CTE)	핵심성과 설명	성과유형
1	수계모니터링 시스템 개발 및 적용	- 녹조, 수량, 탁도, 수온, 하천변 유역변화 감지를 위한 Lab test(Calibration) - 현장 이미지 해석자료와 실측자료 비교분석 - 신뢰도 95%이상의 모니터링 시스템 구축	시스템
2	국내현장 적용 가능한 Image Processing을 위한 Database 구축	- 운량, 조도를 고려한 기초자료 수집 (베이스라인) - 수계 녹조, 수량, 탁도, 수온 감시기법 개발 - 3파장 및 스캔영상 기법 활용	기법
3	Image Processing & Vision System Software 개발	Image & sensor data collect and edit S/W - UAV Data Acquisition, Ortho Rectification, 3D Video Production , 2D/3D Feature Extraction, DEM/DTM/DSM Creation and Editing, UAV Photogrammetry Mapping	기법
4	통합형 GCS(Ground Control System) 구축	- Drone의 비행 상황 실시간 관제 시스템 구축 - 자동 항법 미션 모드(장애물 회피 최저 고도 상회 순항 시스템 등) 및 응급 시 원격 조종 항법 모드 지원 - 관제 및 자료 수집을 위한 무선 통신 Protocol 개발 (WIFI/Bluetooth 또는 LTE 기반) - 환경감시자료(녹조, 수량, 탁도, 수온, 유역변화)와 영상자료 통합수집시스템 개발	장치
5	Drone UAV H/W 및 S/W 개발	- Drone 원격 조종 모드 및 자율 미션 수행 항법 모드(장애 물 회피 최저고도 상회 순항 시스템 등) 수행 - 모니터링을 위한 실시간 영상 전송 모듈 탑재 - 환경 실태 분석을 위한 3 파장 카메라 및 열감지 카메라 부착 - Payload 및 Rotor Pattern 특성을 고려한 최적 H/W 및 GCS 통신 S/W 개발 - 개발 환경 구축을 위한 HILS(H/W In-the-loop Simulation 환경 구축)	장치

나. 핵심연구성과별 설명

핵심성과 1	
정의	수계모니터링 시스템 개발 및 적용
목적	현장 실용화 가능성에 대한 평가 및 확대적용 가능성 연구
성능목표	(기존기술 수준) - 영상처리 및 해석 S/W운용기법 미흡 - 현장 실측자료와 모니터링자료 상관관계 미흡 (개발기술 수준) 무인항공기를 이용한 수계관리 통합 시스템 연구 - S/W, H/W 현장적용 기술 구축 및 성능시험 - 국내 수계(경안천)를 대상으로 영상모니터링 운영 및 데이터 수집 - 현장 실용화 가능성에 대한 평가 및 확대적용 가능성 연구 

핵심성과 2	
정의	수계 녹조, 수량, 탁도, 수온 감시기법 개발
목적	H/W부분의 영상촬영기법 개발, 파장별 열측정 기능별 최적 조건 확립
성능목표	(기존기술 수준) - 운량, 조도를 고려한 기초자료 미흡 - 조도량과 수계 및 반사에 따른 영상자료 인식수준 부족 (개발기술 수준) - 기초자료 해석을 위한 비행지점 및 시점의 환경에 따른 Baseline 설정 - 실측자료와 상관성분석을 통한 Image Processing Baseline 확립 - 최적 성능/조건의 영상촬영장비 설정, 현장 영상처리 신뢰도 평가/검증 

핵심성과 3	
정의	데이터 실시간 전송 및 통합형 GCS 운영 시스템
목적	측정 데이터와 영상의 별도 저장, 후처리 운영 및 현장 시스템 안전성 검증
성능목표	(기존기술 수준) - 무인비행체의 원격조정, 임무수행 등 통합 운용기법 미흡 - 무선통신 및 비행체상태 정밀 모니터링기법 미흡 (개발기술 수준) 무선 통신 (WiFi/Bluetooth/LTE) 기반 Uplink/Downlink Protocol 개발 - Downlink: 실시간 영상 전송, 비행체 상태 (고도, 자세, 위치, 기타 sensor, actuator data)의 주기적 전송 - Uplink: commands (자동비행/원격제어비행 모드 switch, 위도/경도 multi-point navigation, hovering, landing/takeoff, 3파장 카메라/열감지 카메라 촬영 등) - GUI window 구성: 명령창, 비행체 상태창, 영상 창 등 

핵심성과 4	
정의	Image Processing & Vision System Software
목적	정밀 영상해석 기법 개발과 중앙 프로세서 기능적 역할 연구개발
성능목표	(기존기술 수준) - 수계관리 실측데이터와 영상처리 데이터 수치계산기법 미흡 - 현장 실측자료와 모니터링자료 상관관계 미흡 (개발기술 수준) 무인항공기를 이용한 수계관리 통합 시스템 연구 - S/W, H/W 현장적용 기술 구축 및 성능시험 - 통계학적 유의성/신뢰도 검증 및 통합형 수계관리 실용화 현장 검증  - 현장 실용화 가능성에 대한 평가 및 확대적용 가능성 연구

핵심성과 5	
정의	무인비행체 하드웨어 및 소프트웨어
목적	현장 실용화 가능성에 대한 무인비행체 하드웨어 및 소프트웨어기술 개발
성능목표	(기존기술 수준) - 통신기법 확대적용 미흡 - 정밀 비행제어 시스템(자율 점향, 수동원격제어) 미흡 (개발기술 수준) Quadroter 또는 Hexaroter Drone 시제품 구현 - H/W 특성 (예시) - FCC: Cortex M7 Controller, 영상전송: 5.1~5.8GHz CONNEX - 장비: E0/IR Camera, 3파장 카메라, 열감지카메라, 각종 센서 - 운행시간: 35 분, 최대 속도: 60km/h, 최대 고도: 150m - 무선통신: WIFI/Bluetooth/LTE S/W - 비행 제어 시스템 (자율 점향법 및 수동 원격제어 포함) - GCS 통신, 3파장/열 감지 카메라 제어 모듈, 실시간 영상 전송 모듈

2. 연차별 연구결과 및 성과

가. 1차년도 연구 수행내용 및 결과

연구 범위	연구 수행 방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
클로로필-a 분석	수계에 함유되어 있는 클로로필-a의 양을 측정하는 방법은 아세톤 용액을 이용하여 시료를 여과한 여과지로부터 클로로필 색소를 추출하소, 추출액의 흡광도를 663, 645, 630, 750nm 에서 측정하여 클로로필-a의 양을 계산함	클로로필 a (mg/m ³)의 농도 산출은 아래의 식에 준하여 분석하였고, 수질오염공정시험기준에 따른 정도보증관리(QA/QC)를 수행하였음 $\frac{(11.64X_1 - 2.16X_2 + 0.10X_3) \times V_1}{V_2}$
녹조촬영영상 Image Processing	색은 사람의 눈에 들어와 유채색 또는 무채색의 감각을 일으키는 가시복사이고, 색차식이란 2가지 색에서 색자극의 색차를 정량적으로 표현하기 위한 계산식임 CIEDE 색차식의 역사는 1964년 CIEDE 1964로부터 시작하여 CIEDE 1976, CIEDE 1994, 현재는 CIEDE 2000을 사용하고 있음. 색차식은 산업 현장에서 생산되는 제품의 컬러의 미세한 변화를 측정하여 양품을 구분하는 용도로도 많이 사용됨	$\Delta E_{90}^* = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right)^2} + R_T \frac{\Delta C'}{k_C S_C} \frac{\Delta H'}{k_H S_H}$ $\Delta L' = L_2^* - L_1^* \quad \bar{L} = \frac{L_1^* + L_2^*}{2} \quad \bar{C} = \frac{C_1^* + C_2^*}{2}$ $a_1' = a_1^* + \frac{a_1^*}{2} \left(1 - \sqrt{\frac{\bar{C}^7}{\bar{C}^7 + 25^7}}\right) \quad a_2' = a_2^* + \frac{a_2^*}{2} \left(1 - \sqrt{\frac{\bar{C}^7}{\bar{C}^7 + 25^7}}\right)$ $\bar{C}' = \frac{C_1^* + C_2^*}{2} \text{ and } \Delta C' = C_2^* - C_1^* \quad \text{where } C_1' = \sqrt{a_1'^2 + b_1'^2} \quad C_2' = \sqrt{a_2'^2 + b_2'^2}$ $h_1' = \text{atan2}(b_1', a_1') \mod 360^\circ, \quad h_2' = \text{atan2}(b_2', a_2') \mod 360^\circ$ $\Delta h' = \begin{cases} h_2' - h_1' & h_1' - h_2' \leq 180^\circ \\ h_2' - h_1' + 360^\circ & h_1' - h_2' > 180^\circ, h_2' \leq h_1' \\ h_2' - h_1' - 360^\circ & h_1' - h_2' > 180^\circ, h_2' > h_1' \end{cases}$ $\Delta H' = 2\sqrt{C_1' C_2'} \sin(\Delta h'/2), \quad \bar{H}' = \begin{cases} (h_1' + h_2' + 360^\circ)/2 & h_1' - h_2' > 180^\circ \\ (h_1' + h_2')/2 & h_1' - h_2' \leq 180^\circ \end{cases}$ $T = 1 - 0.17 \cos(\bar{H}' - 30^\circ) + 0.24 \cos(2\bar{H}') + 0.32 \cos(3\bar{H}' + 6^\circ) - 0.20 \cos(4\bar{H}' - 63^\circ)$ $S_L = 1 + \frac{0.015(\bar{L} - 50)^2}{\sqrt{20 + (\bar{L} - 50)^2}} \quad S_C = 1 + 0.045\bar{C}' \quad S_H = 1 + 0.015\bar{C}'T$ $R_T = -2\sqrt{\frac{\bar{C}^7}{\bar{C}^7 + 25^7}} \sin\left[60^\circ \cdot \exp\left(-\left[\frac{\bar{H}' - 275^\circ}{25^\circ}\right]^2\right)\right]$
지상관제 시스템 연구개발 (실시간 영상전송 모듈 관련)	- MAVLink 프로토콜은 다양한 환경(언어, 플랫폼 등)에서 이용이 가능하도록 Open Source로 배포되고 있으며, 비행체와의 통신은 Socket(UDP)을 인터페이스로 하는 데이터 교환을 진행함 - 본 연구에서는 연구과제 수행을 위해 open source로 제공되는 지상관제시스템인 APM-Planner의 응용을 위해 관련 구조를 분석함으로써 연구과제 목적에 맞는 지상관제시스템을 개발하였음	- QT-Framework를 기반으로 구현된 APM-Planner는 Communication, Internal Information, Display Part로 구성되어지며, 지상관제시스템 구동을 위한 리소스 사용 이외의 각 부분 간 데이터 처리는 Singla/Slot(Event driven)을 이용함 - GCS는 MavLink 프로토콜을 이용하여 무인 비행체의 제어 및 상태 모니터링을 위한 데이터를 수행하고, MAVLink는 Micro Air Vehicle Communication의 준말로 무인 비행체와 지상관제시스템 간 통신 제어를 위해 개발된 통신 프로토콜로써, 2009년에 Lorenz Meier에 의해 LGPL 라이선스 기반으로 Release되었음
Image Processing을 위한 데이터 생산	- Image Processing 과정에서 고화질, 고정밀의 결과를 획득하기 위해서는 촬영된 상호 이미지간의 높은 중첩도가 요구됨(최소 60%이상, 80% 이상 권장) - 촬영될 지형의 유형과 객체에 따라 GSD(Ground Sampling Distance)를 고려하여야 함. 이는 개체 유형에 따라 수집요령이 다르며, GSD 이미지를 촬영하는 거리를 지정해 주어야 함	- 사진의 GPS 정보가 없을 경우 GCP(Ground Control Point)를 측정하여 사진의 정보를 입력 - 사진들 간 Overlap 80~90% 이상으로 사진촬영해 오차율의 범위 감소 - 충분한 Overlap이 쌓여진 사진을 Image process프로그램(Photo scan)을 이용하여, 이미지 데이터를 처리할 수 있는 형태의 정사영상(Orthomosaic)으로 정밀하게 병합함(정사영상(Orthomosaic)이란 여러 사진을 하나의 사진으로 만드는 과정을 말함)

○ 수계 녹조(클로로필-a) 측정 방법(특허 1건 출원, 소프트웨어 1건 등록)

- 본 연구개발 프로그램의 목적은 수계의 녹조 상태를 이미지로 판별하기 위함임
- 색차식 : 색은 사람의 눈에 들어와 유채색 또는 무채색의 감각을 일으키는 가시복사이고, 색차식이란 2 가지 색에서 색자극의 색차를 정량적으로 표현하기 위한 계산식임
- CIEDE 2000 : CIEDE 색차식의 역사는 1964년 CIEDE 1964로부터 시작하여 CIEDE 1976, CIEDE 1994, 현재 는 CIEDE 2000을 사용하고 있음. 색차식은 산업 현장에서 생산되는 제품의 컬러의 미세한 변화를 측정하 여 양품을 구분하는 용도로도 많이 쓰임
- 이에 대한 연구개발 성과는 특허출원 1건[이미지 프로세싱을 이용한 녹조 특정 장치 및 방법, 출원번호 : 10-2017-0042961], 저작권 등록 1건[소프트웨어 등록, 컴퓨터프로그램저작물>응용프로그램>과학기술>통계분석용S/W, 녹조이미지분석프로그램, 제C-2017-005603호]
- CIEDE 2000의 색차식 공식은 다음과 같음

$$\Delta E_{00}^* = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right)^2 + R_T \frac{\Delta C'}{k_C S_C} \frac{\Delta H'}{k_H S_H}}$$

$$\Delta L' = L_2^* - L_1^*$$

$$\bar{L} = \frac{L_1^* + L_2^*}{2} \quad \bar{C} = \frac{C_1^* + C_2^*}{2}$$

$$a_1' = a_1^* + \frac{a_1^*}{2} \left(1 - \sqrt{\frac{\bar{C}^7}{\bar{C}^7 + 25^7}}\right) \quad a_2' = a_2^* + \frac{a_2^*}{2} \left(1 - \sqrt{\frac{\bar{C}^7}{\bar{C}^7 + 25^7}}\right)$$

$$\bar{C}' = \frac{C_1' + C_2'}{2} \text{ and } \Delta C' = C_2' - C_1' \quad \text{where } C_1' = \sqrt{a_1'^2 + b_1'^2} \quad C_2' = \sqrt{a_2'^2 + b_2'^2}$$

$$h_1' = \text{atan2}(b_1', a_1') \mod 360^\circ, \quad h_2' = \text{atan2}(b_2', a_2') \mod 360^\circ$$

$$\Delta h' = \begin{cases} h_2' - h_1' & |h_1' - h_2'| \leq 180^\circ \\ h_2' - h_1' + 360^\circ & |h_1' - h_2'| > 180^\circ, h_2' \leq h_1' \\ h_2' - h_1' - 360^\circ & |h_1' - h_2'| > 180^\circ, h_2' > h_1' \end{cases}$$

$$\Delta H' = 2\sqrt{C_1' C_2'} \sin(\Delta h'/2), \quad \bar{H}' = \begin{cases} (h_1' + h_2' + 360^\circ)/2 & |h_1' - h_2'| > 180^\circ \\ (h_1' + h_2')/2 & |h_1' - h_2'| \leq 180^\circ \end{cases}$$

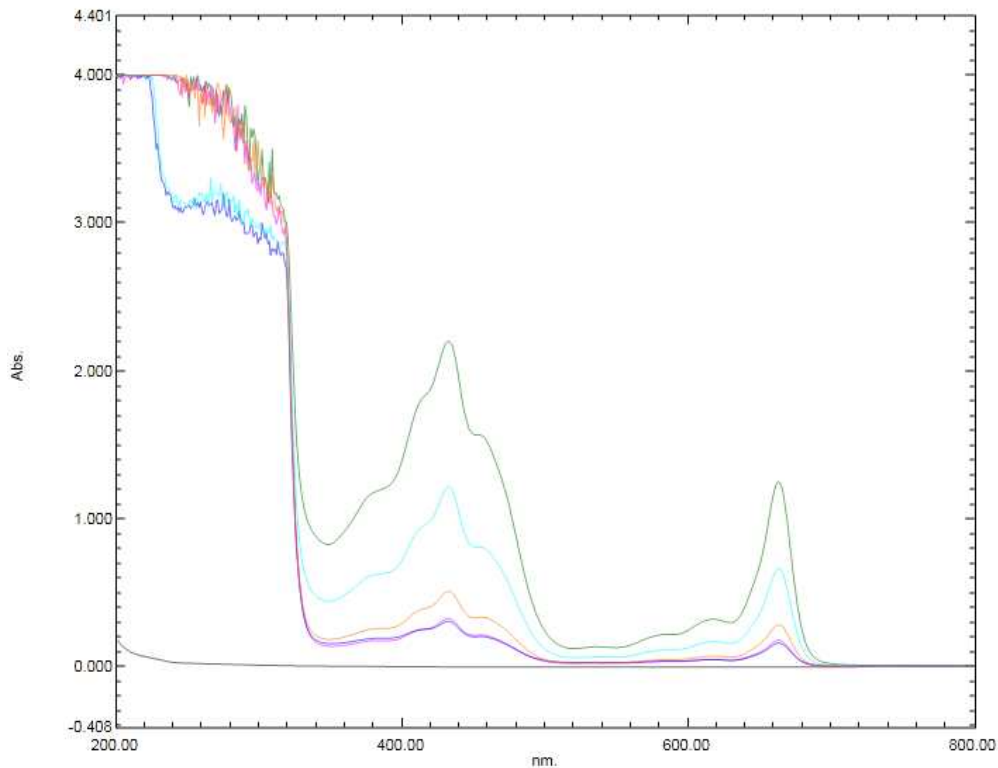
$$T = 1 - 0.17 \cos(\bar{H}' - 30^\circ) + 0.24 \cos(2\bar{H}') + 0.32 \cos(3\bar{H}' + 6^\circ) - 0.20 \cos(4\bar{H}' - 63^\circ)$$

$$S_L = 1 + \frac{0.015 (\bar{L} - 50)^2}{\sqrt{20 + (\bar{L} - 50)^2}} \quad S_C = 1 + 0.045 \bar{C}' \quad S_H = 1 + 0.015 \bar{C}' T$$

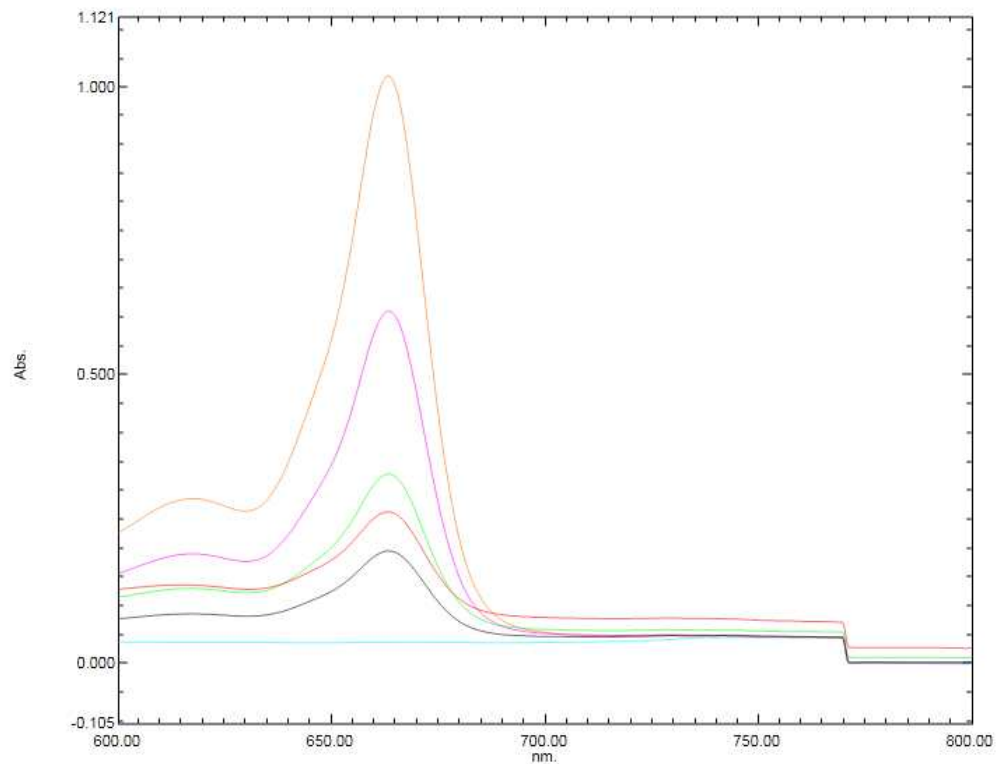
$$R_T = -2\sqrt{\frac{\bar{C}'^7}{\bar{C}'^7 + 25^7}} \sin \left[60^\circ \cdot \exp \left(- \left[\frac{\bar{H}' - 275^\circ}{25^\circ} \right]^2 \right) \right]$$

○ 클로로필-a 분석 파장 평가

- Image Processing 과정에서 정성 및 정량할 수 있는 클로로필-a의 정확한 검출 파장을 선택하기 위해, 수질오염공정시험기준 ES 04312.1a 방법을 적용하여 파장 평가를 수행하였음



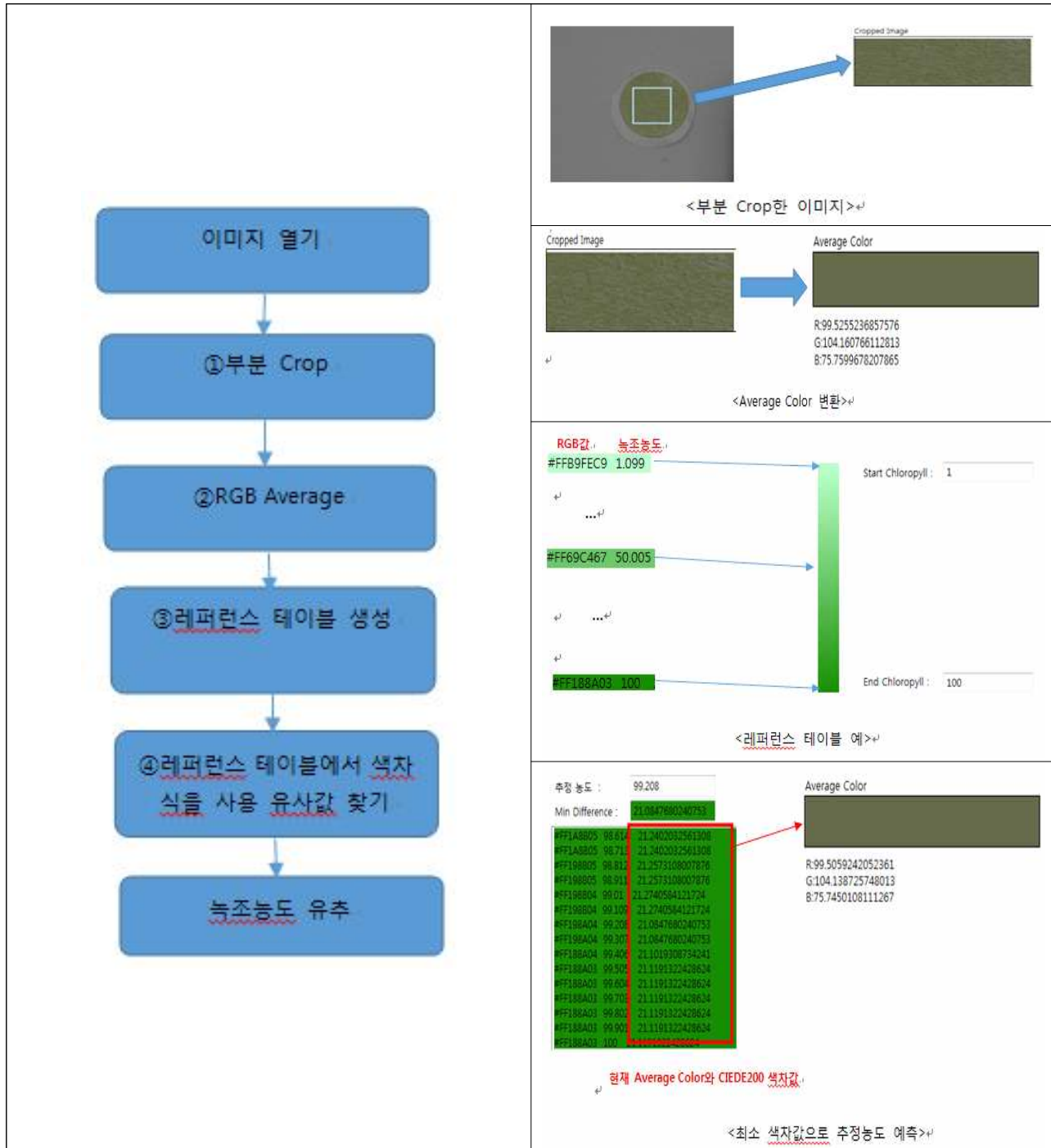
200~800nm 범위의 클로로필-a 검출 파장 분석 결과



클로로필-a의 농도를 정확히 검출할 수 있는 선택파장 선정결과

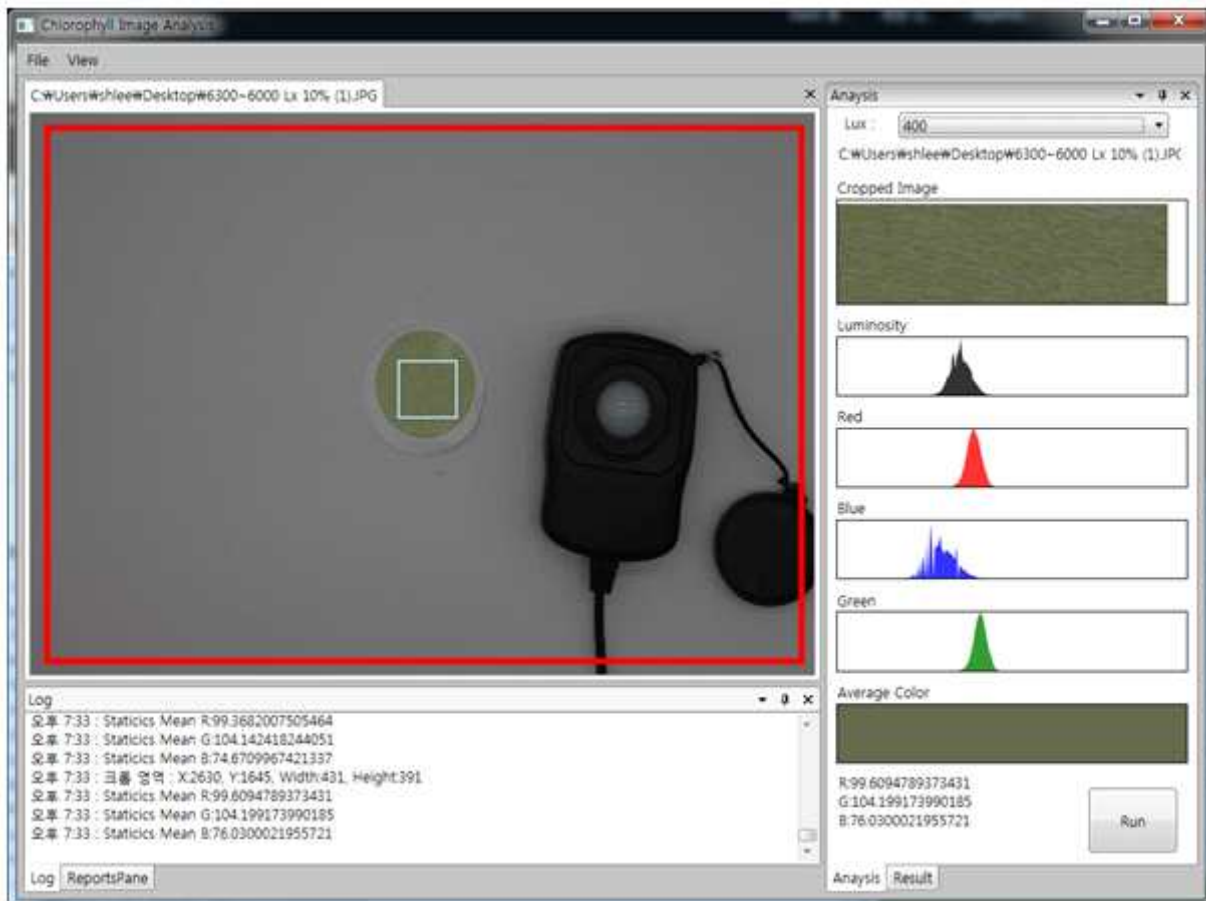
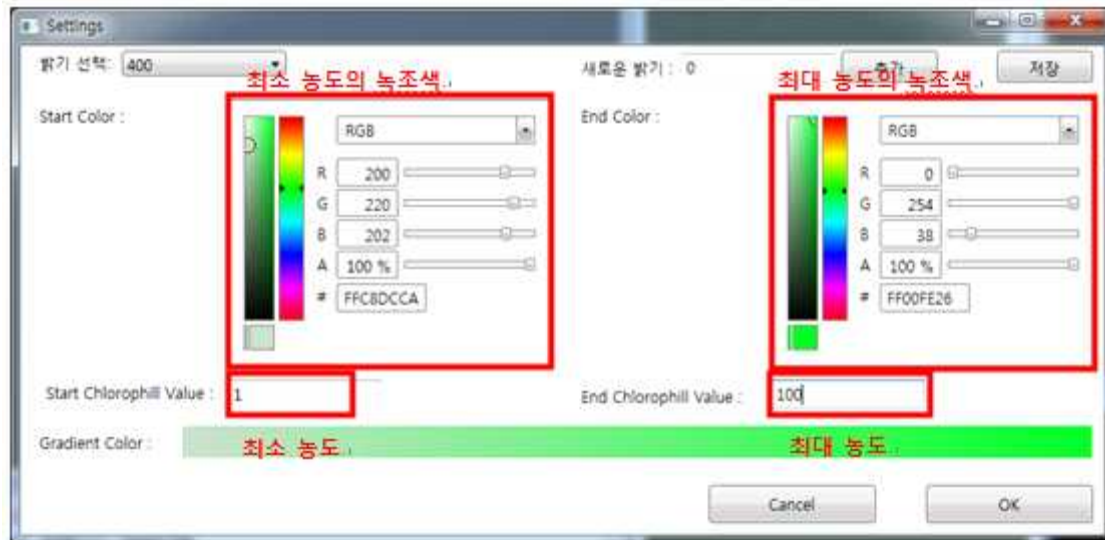
○ 녹조 이미지 분석 프로그램

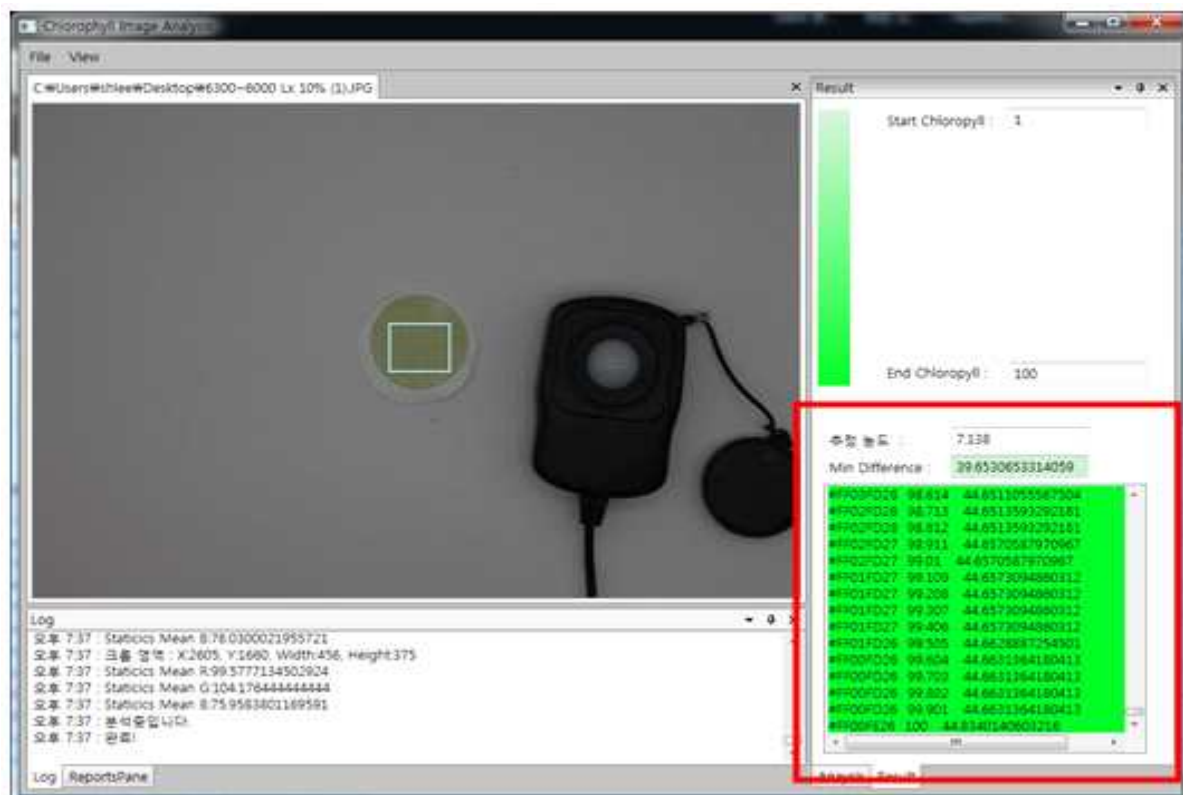
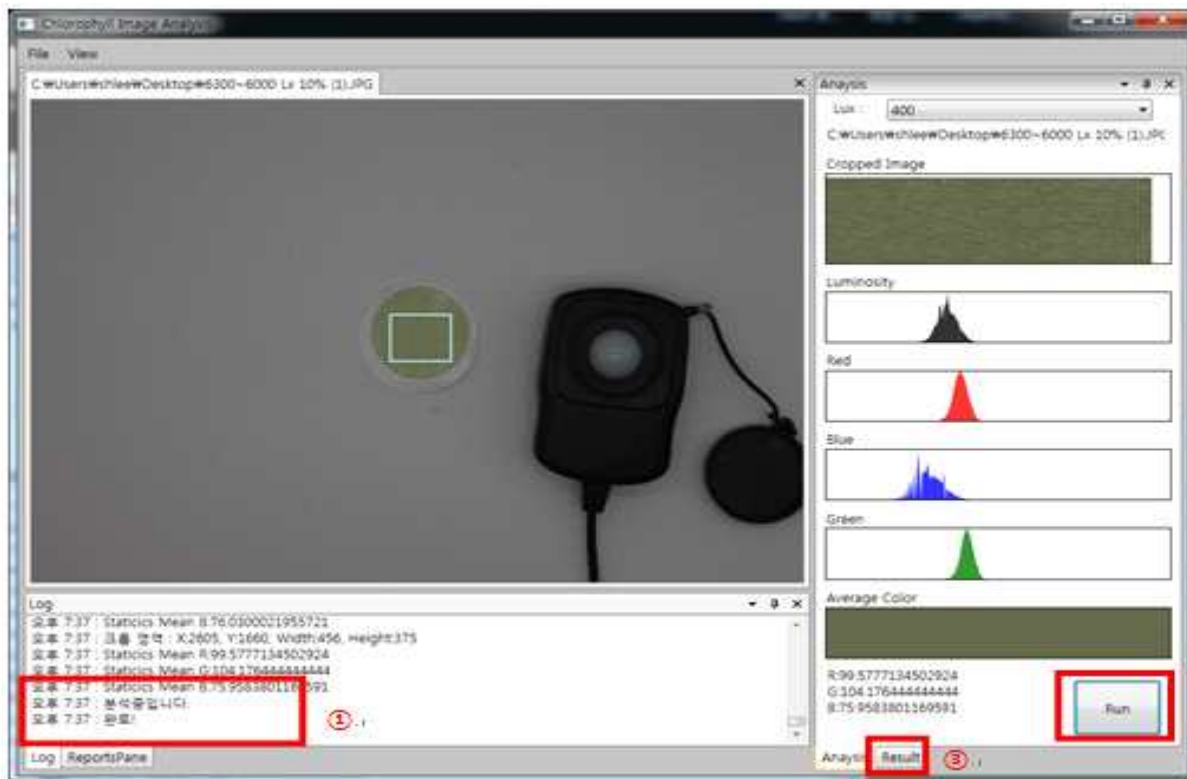
- 카메라로 촬영한 녹조 이미지는 촬영시 조명 밝기에 따라 같은 녹조 농도라 하더라도 변할 수 있음. 따라서 밝기에 따른 녹조 기준값이 될 수 있는 레퍼런스 녹조색을 두고 촬영된 이미지와 비교하여 색차식으로 녹조값을 유추함
- 부분 Crop : 촬영된 이미지는 모든 부분이 녹조발생 부분이 아니기 때문에 녹조로 판별할 이미지를 선택함
- RGB Average : Crop된 이미지는 pixel color RGB값이 모두 다르게 나타나지만, 유사 범위에서 식별되므로, 이에 대한 평균값을 산출함



○ 녹조 이미지 분석 프로그램 운용

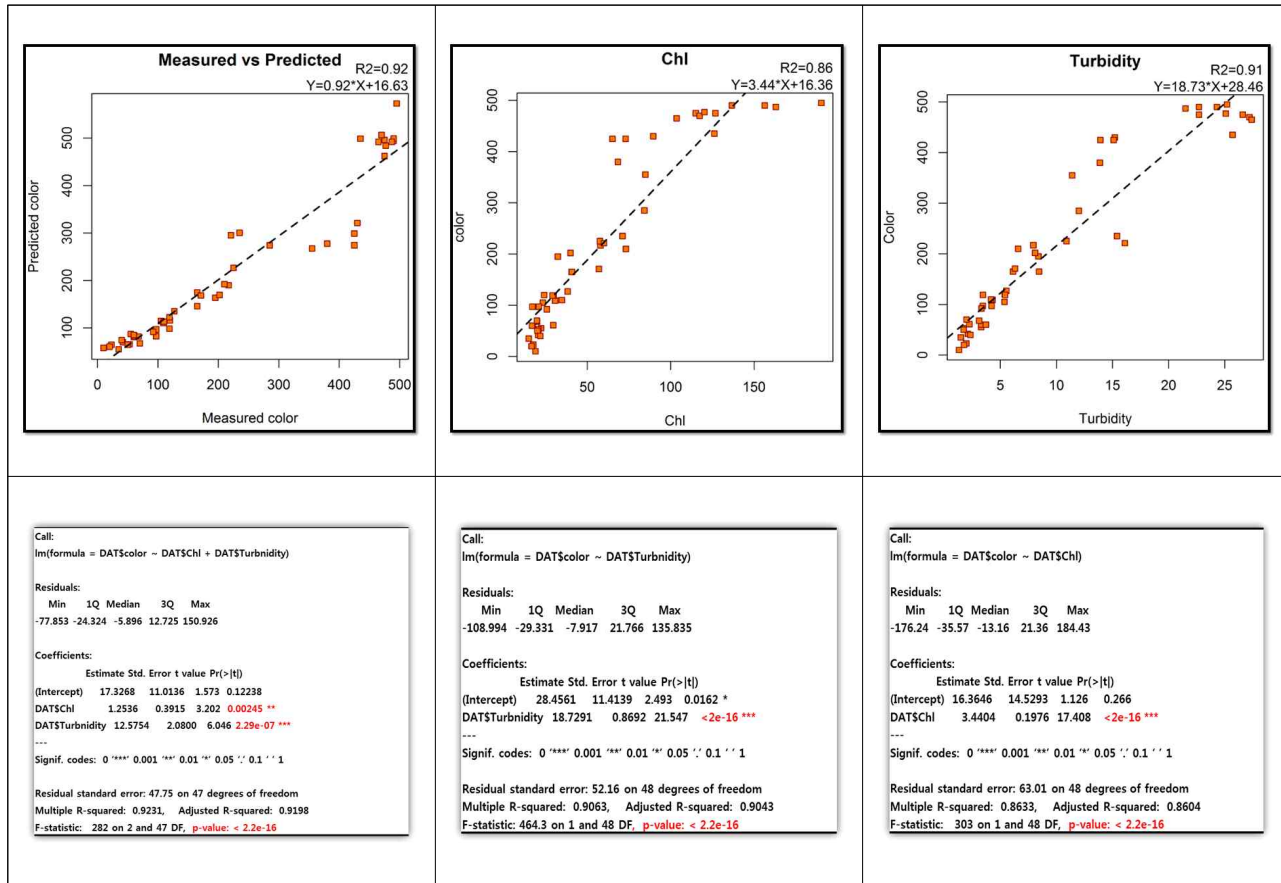
- 광원별(Lux) 레퍼런스 녹조 컬러값과 농도를 정의함
- 이미지에서 측정할 부분을 선택한 뒤, Cropprd Image를 확인함
- 설정이 완료된 프로그램에서 [RUN]을 실행하여 분석하고, 결과를 확인함





○ 녹조 이미지 정밀분석을 위한 탁도, 색도, 클로로필-a 상관분석결과

- 녹조가 발생되면 식물성플랑크톤의 종류에 따라 고유의 색을 나타내는 현상이 일반적임
- 고유한 색으로 인해 발생하는 색도 및 탁도 등과 구분지어, 이미지를 통한 정밀한 녹조 농도의 산출기법이 필요함
- 이에, 본 연구에서는 녹조가 존재하여 색을 띄는 동일한 시료를 대상으로 탁도, 색도, 클로로필-a 상관분석을 수행하였음



- 본 실험에서는 색도, 탁도, 클로로필-a의 분석값을 대상으로 각각의 상관관계를 도출하여 실측값과 예측값을 비교평가할 수 있는 경험적 수식을 도출하였음
- 모든 실험군에서 p-value는 <0.5 이하로 평가되었고, 상관관계도 90%이상으로 산출되었음

○ 무인항공기 이미지 촬영 연구수행 단계

- 이미지 촬영의 계획 수립
 - (1) 프로젝트 유형 결정(공중, 지상, 혼합)
 - (2) 지형/객체 결정
 - (3) 이미지 촬영 카메라 유형 선택
 - (4) 이미지 촬영 속도 결정
 - (5) 이미지 촬영 고도 결정
 - (6) 이미지 촬영 경로 결정
- 본 연구에서 수행한 이미지 촬영 중 고려사항 수립
 - (1) Image Processing 과정에서 고화질, 고정밀의 결과를 획득하기 위해서는 촬영된 상호 이미지간의 높은 중첩도가 요구됨(최소 60%이상, 80% 이상 권장)

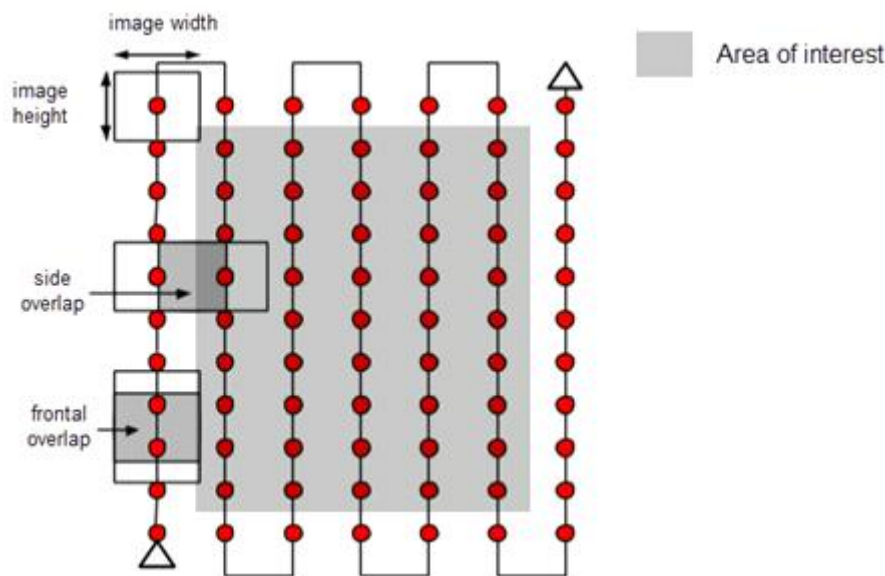
- (2) 촬영될 지형의 유형과 객체에 따라 GSD(Ground Sampling Distance)를 고려하여야 함. 이는 개체 유형에 따라 수집요령이 다르며, GSD 이미지를 촬영하는 거리를 지정해 주어야 함

○ 이미지 수집의 경우와 카메라 구성

이미지 수집에는 크게 11가지의 경우에 따라 수집 요소가 다르게 나타남. 본 연구는 수계를 대상으로 녹조를 포함한 수질에 대한 정밀한 데이터를 수집하여야 하므로, 아래의 사항들을 고려하여 최적의 이미지 촬영 및 Image Processing의 단계를 수립하였음

(1) 일반적인 경우

- 숲, 눈, 호수, 농업 분야 및 재건하기 어려운 다른 지형을 포함하지 않는 경우
- 대부분의 권장되는 중첩도는 75%이상의 정면 중첩과 60%의 측면 중첩도가 요구됨
- 규칙적인 그리드 패턴으로 이미지를 촬영하는 것이 좋으며, 카메라는 GSD를 유지하려면 일정한 수준 높이로 유지 되어야 함



특수한 환경이 아닌 일반적 이미지 촬영기법이 적용될 수 있는 지역

(2) 산림과 울창한 숲

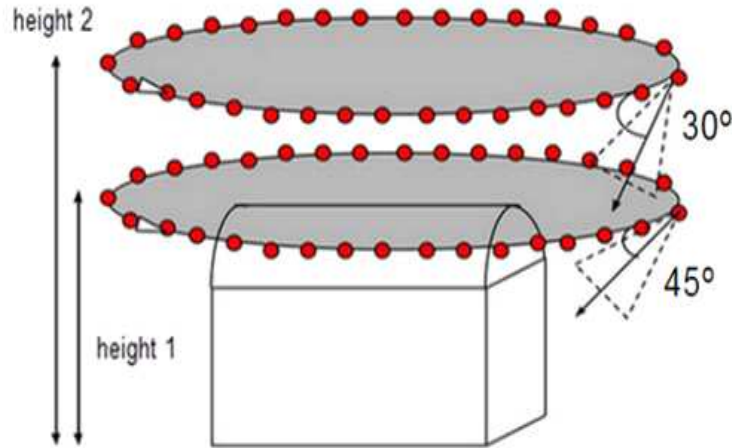
- 나무와 울창한 숲의 경우는 식물의 비슷한 형태로 인해 이미지가 잘 겹쳐지지 않는 현상 때문에 키포인트를 추출 하는 것이 어려움
- 좋은 결과를 얻기 위해서는 이미지 사이의 정면 중첩도와 측면 중첩도를 더 늘려 이미지의 화질을 올려 준다거나 비행 고도를 증가 시켜 원근 왜곡을 적게 해주는 이미지 처리기법이 필요함
- 10cm/pixel의 GSD를 수립하게 되면 보다 좋은 결과를 얻을 수 있다.

(3) 농업 분야가 있는 평평한 지형

- 농업 분야와 같은 동질적인 시각이 포함된 평평한 지형 역시 이미지 사이의 키포인트를 찾기 어려움
- 산림과 울창한 숲의 경우와 마찬가지로 고도를 올려준다거나 평면 중첩도와 측면 중첩도의 비율을 높여 주어야함

(4) 건물 재구성(건물의 3D 모델링)

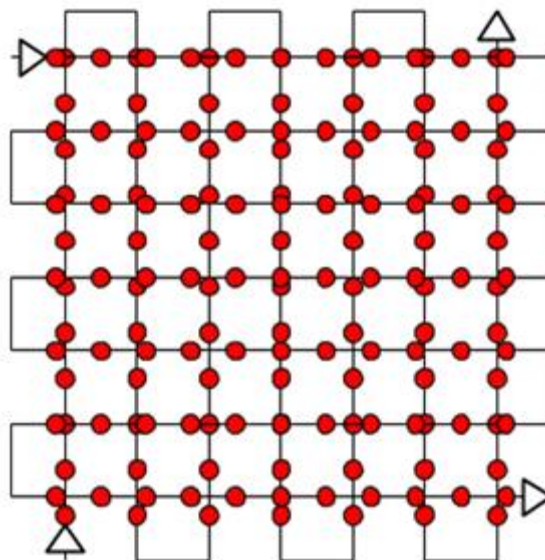
- 3D 건물을 재구성하기 위해선 특정 이미지 수집 계획이 필요함
- 처음 45° 카메라 각도로 건물의 주변을 촬영해준 후 건물 둘레를 두 번째 및 세 번째 높이로 높이고 각 라운드 마다 카메라의 각도를 줄임
- 물체의 크기와 물체의 거리에 충분한 중첩도를 확보하려면 5~10° 마다 한 장의 이미지를 촬영하는 것이 좋음. 또한 거리가 짧은 물체는 큰 물체보다 더 작은 각도로 이미지 촬영을 필요로 함



고도와 면적이 있는 건물 형태의 지형물이 존재하고 있는 경우 이미지 촬영기법

(5) 도시 재건(눈에 보이는 파사드, 도시 지역의 3D 모델링)

- 도시 지역의 3D 재구성에는 건물의 모든 정면이 이미지에서 볼 수 있도록 이중격자 이미지 수집계획을 수립하여야 함



도시지역의 구성의 이미지 촬영을 위한 이중격자 촬영 모식도

(6) 특별한 경우(눈, 모래 및 수면(바다, 호수, 강 등))

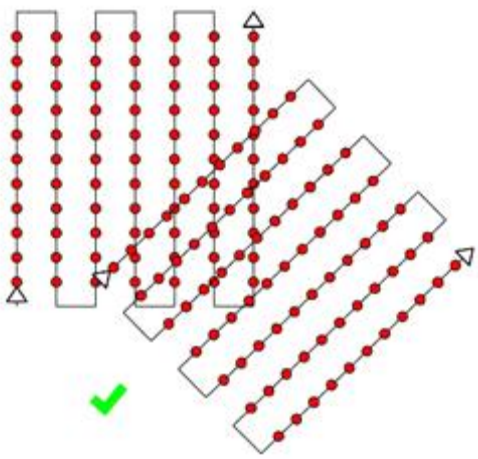
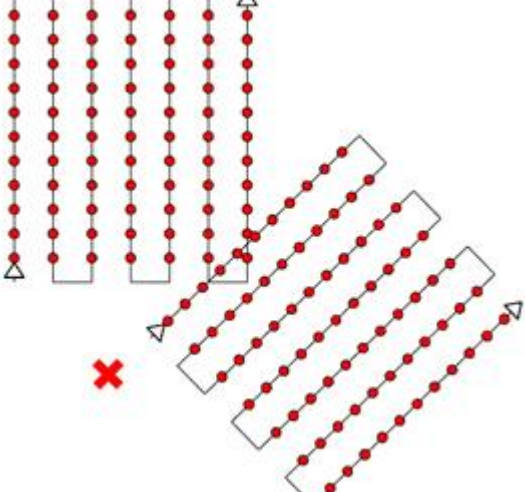
- 눈이나 모래의 경우 균일한 영역으로 인해 키 포인트가 거의 없음
- 높은 정면 중첩도와 높은 측면 오버랩이 필요하며, 이 이미지의 경우 노출 설정에 따라 이미지가 대조되어 보이기도 함
- 물과 파도의 경우에는 태양반사율에 매칭을 할 수 없고, 물 같은 경우 이미지에 지형이나 지물이 포함되어 있어야 하며 높은 고도인 경우에도 지형이나 지물을 많이 포함 하고 있어야함

(7) 코리도 맵핑(관심영역이 도로나 강 등의 선형인 이미지)

- 철도, 도로, 강과 같은 선형을 맵핑 하기 위해서는 최소 2개의 비행 노선이 필요함
- 또한 GCP(Ground Control Point)는 필수 항목이 아니지만 맵핑을 하는데 있어 지리정보와 정확성을 향상시키기 위해 GCP를 넣어주는 것이 효과적임

(8) 다중 항공편(다중으로 항공편을 사용하여 촬영한 이미지)

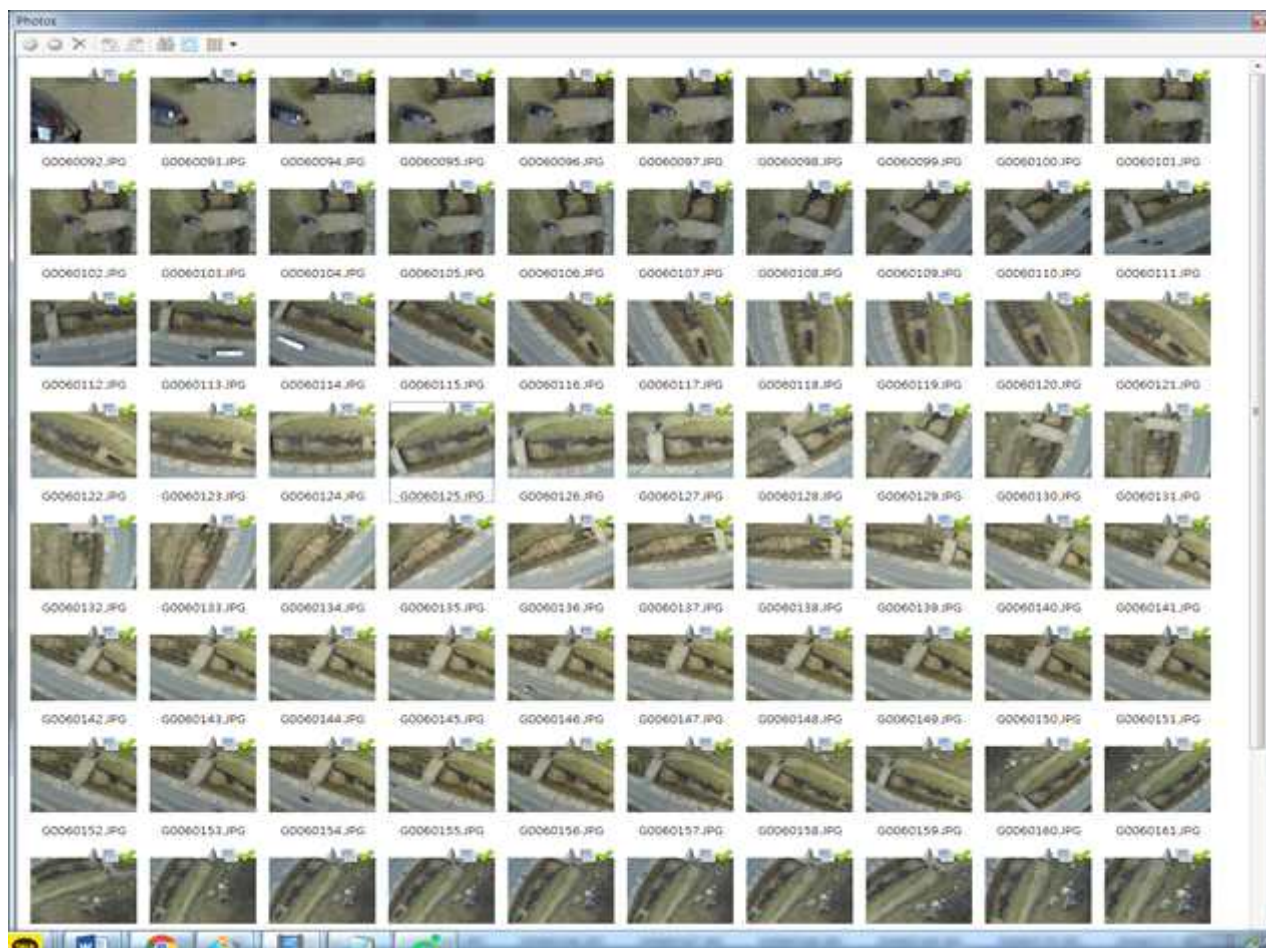
- 이미지 촬영 대상의 높이가 다르면 공간 해상도가 달라지므로 비행간의 비행고도를 가능한한 일치 시켜 주어야 함
- 또한 여러 조건(태양방향, 기상조건, 새, 자동차 등)을 동일하게 하여 최대한 많은 중첩도를 설정하는 것이 필수적임

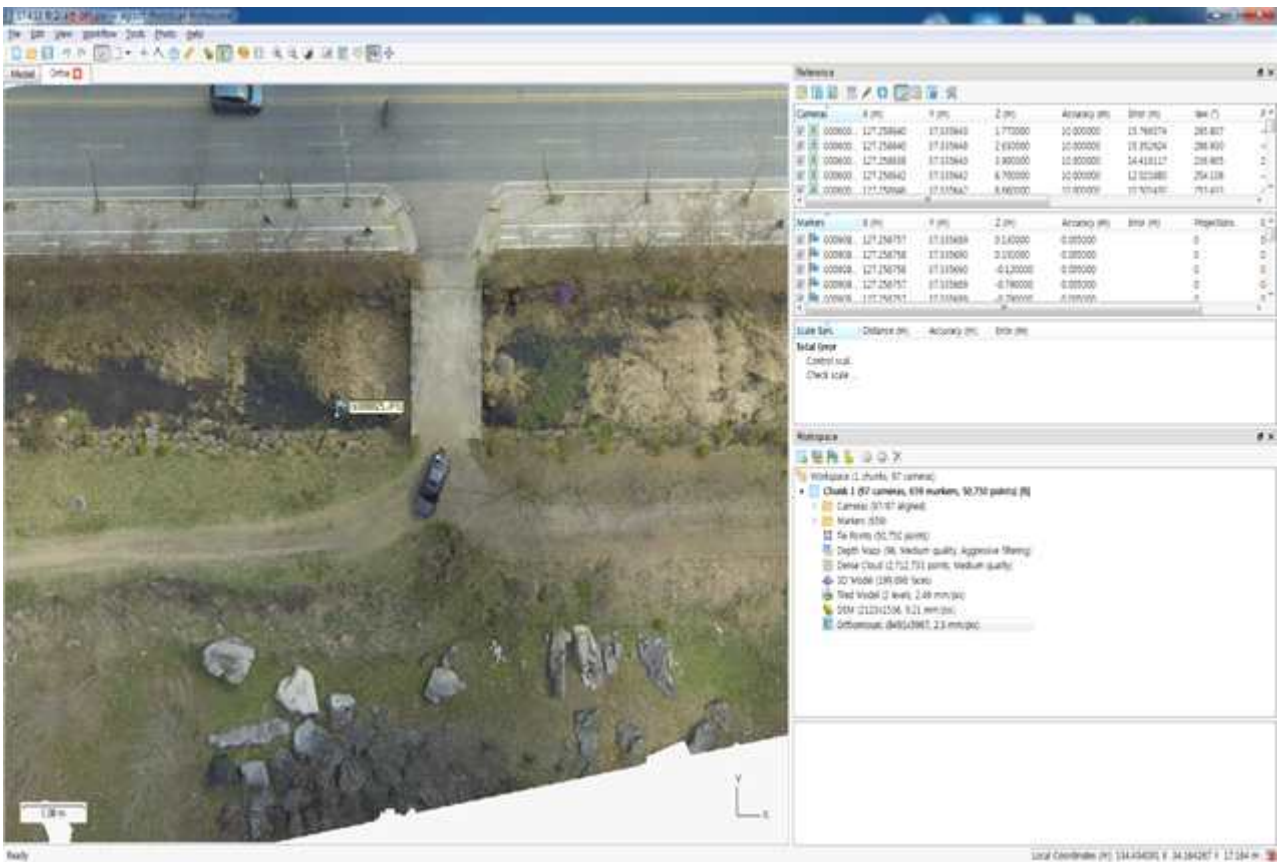
	
두 항공기 사이의 충분한 이미지 촬영 중첩도	두 항공기 사이의 충분지 않은 이미지 촬영 중첩도



두 항공기 비행에 대한 권장 이미지 중첩에 관한 수립모식도

○ 현장에서 실제 촬영한 무인항공기 이미지

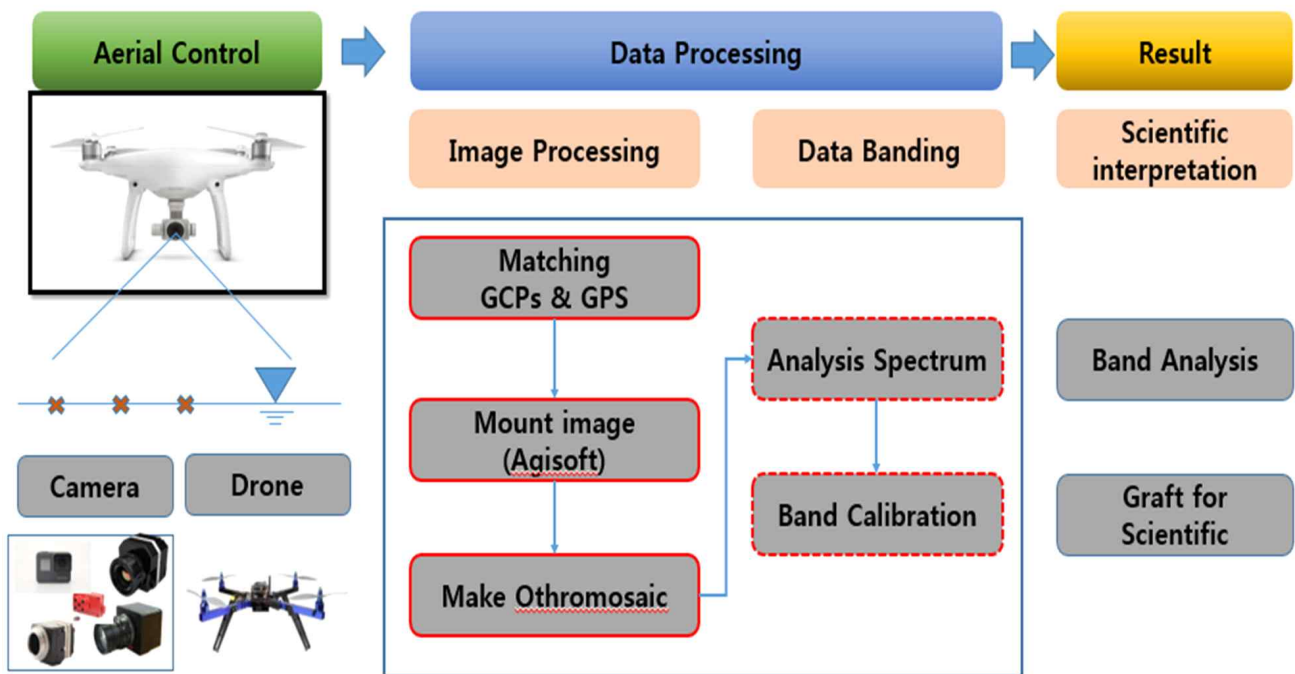




- 촬영된 이미지를 중첩도 80% 이상으로 하여 정사영상을 제작한 결과물은 다음 그림과 같음
- 촬영된 지점은 경기도 용인시에 위치한 경안천으로 상수원 보호구역으로 지정되어 있는 지역임



- 본 연구에서 수행한 Image Processing 단계의 순서도는 다음과 같음
- 최종적으로는 촬영된 이미지를 대상으로 Band analysis를 통해 실제 수계에서 존재하고 있는 대상물질에 대한 신뢰성평가와 정도관리를 수행하는 것이 가장 중요함



○ 이미지 촬영 고도에 따른 맵핑 기법

- 무인비행체를 이용한 고도, 카메라 종류(NIR, Red-edge, Thermal, RGB)에 따른 이미지 촬영

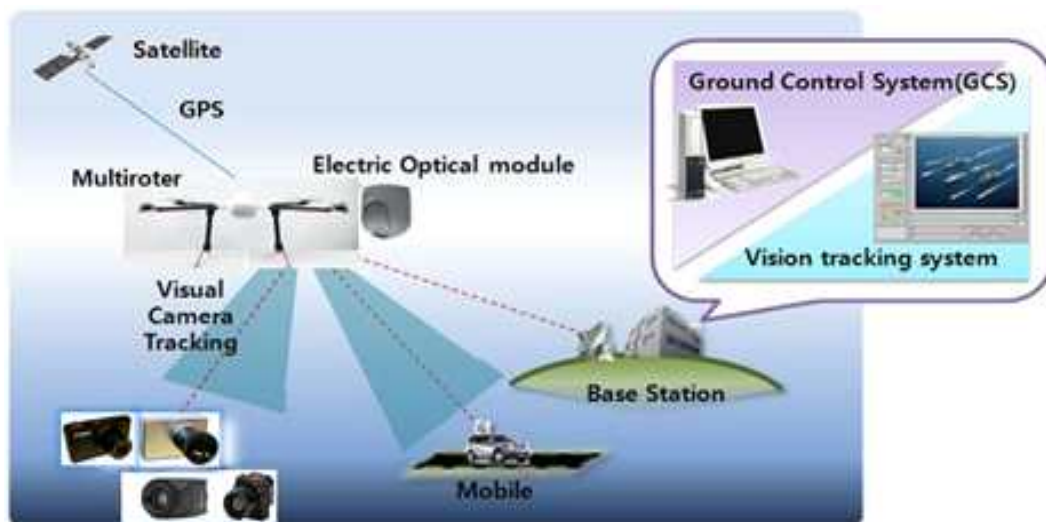
	
고도 15m 촬영 이미지	고도 25m 촬영 이미지
	
고도 80m 촬영 이미지	고도 100m 촬영 이미지

- 사진 촬영과정에서 카메라의 사진들 간 최소 Overlap 80 %가 유지되는 범위로 촬영, 또한 사진의 GPS 정

- 보를 이용해 오차를 감소(GPS가 탑재 되어있는 카메라의 사진 정보 EXIF 에는 사진 촬영이 된 시점에 경도, 위도, 고도, 값 정보를 저장하고 있다. WGS84좌표체계를 따름)
- 사진의 GPS 정보가 없을 경우 GCP(Ground Control Point)를 측정하여 사진의 정보를 입력,(이 과정은 수치표고모델DEM(Digital Elevation Model) 과 수치표면모델DSM(Digital Surface Model)을 만드는 과정에 필요한 과정임)
- 사진들 간 Overlap 80~90% 이상으로 사진촬영 해 오차율의 범위 감소
- 충분한 Overlap이 쌓여진 사진을 Image process프로그램(Photo scan)을 이용, 정사영상(Orthomosaic)으로 병합(정사영상(Orthomosaic)이란 여러 사진을 하나의 사진으로 만드는 과정을 말한다.).
- Overlap 충분하지 않을 경우 사진의 empty hole이 발생함, 또한 사진이 충분히 찍히지 않는 경우 부 교합이 발생, 정밀도가 떨어지며, 또 바람이 많이 부는 날에는 수면 위 잔물결이 생겨 사진의 Overlap이 충분히 이루어지지 않는 단점과 비행체의 흔들림으로 인해 비행 중 오차범위가 발생할 수 있음
- 병합된 사진의 Reflectance rate를 각 band 로 pixel화 시켜 원하는 band 파형에 대한 측정값과 상관관계를 분석 할 데이터를 matching 시킴
- 충분하게 Overlap이 되고 정사영상을 Matching시킨 데이터를 가지고 클로로필-a 의 농도별, 조도별, 색도별, 탁도별의 상관관계를 분석

○ 지상관제 시스템 분석(APM-Planner)

- 지상관제시스템(Ground Control System, GCS)은 무인비행체의 비행통제, 목표수행, 실시간 제어 등의 작업을 지상에서 제어하기 위한 시스템으로 무인비행체의 응용 성격에 맞추어 설계되었음
- 아래 그림은 위 설명의 수계 관리를 목적으로 하는 드론과 지상관제시스템의 관계를 보여주는 그림임



드론과 지상관제시스템 간의 관계

- 현재 GCS는 다양한 버전이 Open Source로 배포 되고 있으며, QGroundControl, MissionPlanner, APMPlanner가 대표적인 지상관제 시스템임
- 지상관제 시스템들은 PC 및 Tablet 등 다양한 플랫폼에서 실행 및 비행체 제어가 가능하도록 구성되어 있음
- GCS는 MavLink 프로토콜을 이용하여 무인 비행체의 제어 및 상태 모니터링을 위한 데이터 통신을 수행하고, MAVLink는 Micro Air Vehicle Communication의 준말로 무인 비행체와 지상관제시스템 간 통신 제어를 위해 개발 된 통신 프로토콜로써, 2009년에 Lorenz Meier에 의해 LGPL 라이선스 기반으로 Release되었음
- 현재 PX4, PIXHAWK, APM 등에서 테스트가 되었으며, MCU/IMU Communication뿐만 아니라 Linux

interprocess와 ground link communication을 위한 backbone으로써의 역할을 담당함

- MAVLink 프로토콜은 다양한 환경(언어, 플랫폼 등)에서 이용이 가능하도록 Open Source로 배포되고 있으며, 비행체와의 통신은 Socket(UDP)을 인터페이스로 하는 데이터 교환을 진행함
- 본 연구에서는 연구과제 수행을 위해 open source로 제공되는 지상관제시스템인 APM-Planner의 응용을 위해 관련 구조를 분석함으로써 연구과제 목적에 맞는 지상관제시스템을 개발하였음

○ APM-Planner의 구조

- QT-Framework를 기반으로 구현된 APM-Planner는 Communication, Internal Information, Display Part로 구성되어지며, 지상관제시스템 구동을 위한 리소스 사용 이외의 각 부분 간 데이터 처리는 Single/Slot(Event driven)을 이용함
- Communication Part에서는 다양한 입출력 환경(UDP 및 TCP, Serial)을 갖는 전송 레이어를 담당하는 LinkInterface와 LinkInterface로부터 수신 받은(혹은 송신하는) 데이터를 드론 간 상호 데이터 통신 프로토콜인 MAVLink 프로토콜을 분석하는 MAVLinkProtocol이 있음
- Internal Information Part는 Communication Part의 MAVLinkProtocol로부터 수신 받은 메시지를 임시 저장하는 기능을 담당하고, Display Part는 드론으로부터 수신 받은 데이터를 모니터링 하기 위한 부분으로 드론의 비행 상태를 비롯한 제어, 통제 정보를 확인할 수 있는 부분임
- 각 부분 별 주요 코드 위치 및 기능(함수)은 아래와 같음

(1) Communication Part

fileName	LinkInterface.h	
type	funcName	Description
public	bytesAvailable	수신 된 데이터가 있는지 판단
	getLinkType	생성된 link의 종류(UDP, TCP, Serial)를 반환
signals	bytesReceived	드론으로부터 데이터를 읽었을 때, signal 발생
	connected	Link 연결 시 signal 발생
	disconnected	Link 연결 해제 시 signal 발생
(public) slots	connect	Link 연결 시 호출
	disconnect	Link 연결 해제 시 호출
	writeBytes	드론에 데이터를 송신할 때 호출

fileName	MAVLinkProtocol.h	
type	funcName	Description
public	setConnectionManger	MAVLinkProtocol에서 LinkManager class를 할당
signals	protocolStatusMessage	MAVLink protocol의 상태를 알릴 때, signal 발생
	valueChanged	드론의 센서 및 자세 정보가 갱신 시, signal 발생
	textMessageReceived	드론으로부터 수신 된 메시지가 있을 때, signal 발생
	messageReceived	드론으로부터 MAVLink message 수신 시, signal 발생
public slots	receiveBytes	드론으로부터 수신 된 데이터가 있을 때 호출

(2) Internal Information Part

fileName	LinkManager.h	
type	funcName	Description
public	getProtocol	LinkManager에 속한 MAVLinkProtocol class의 포인터를 반환
	connectLink	인자로 넘겨진 Link를 연결
	disconnectLink	인자로 넘겨진 Link의 연결 해제
	createUAS	LinkManager의 내부에 UAS 객체를 생성
	addLink	새로운 link를 추가
	removeLink	인자로 넘겨진 Link를 LinkManager에서 제거
	getLinkType	인자로 넘겨진 Link ID의 Link type을 반환 (UDP, Serial, TCP)
	getLinkConnected	인자로 넘겨진 Link ID의 연결 상태 정보 확인
	getSerialLinkPort	인자로 넘겨진 Link ID의 port 번호 확인 (Serial Connection)
	getSerialLinkBaud	인자로 넘겨진 Link ID의 baudrate 번호 확인 (Serial Connection)
	getUasObject	LinkManager의 UASObject 객체를 반환
signals	newLink	새로운 Link 생성 시, signal 발생
	protocolStatusMessage	MAVLink protocol의 상태를 알릴 때, signal 발생
	linkChanged	LinkManager의 Link 상태 변경 시, signal 발생
	messageReceived	드론으로부터 MAVLink message 수신 시, signal 발생
public slots	receiveMessage	MAVLink message 수신 시 호출
	linkUpdated	LinkManager의 Link 상태 변경 시 호출
	reloadSettings	LinkManager의 Link 설정 정보가 reload 시 호출

fileName	UASInterface.h	
type	funcName	Description
public	getLocalX	UAS의 X축 값을 반환
	getLocalY	UAS의 Y축 값을 반환
	getLocalZ	UAS의 Z축 값을 반환
	getLatitude	UAS의 현재 위도를 반환
	getLongitude	UAS의 현재 경도를 반환
	getAltitudeRelative	UAS의 상대 고도를 반환
	getRoll	UAS의 현재 roll 값을 반환
	getPitch	UAS의 현재 pitch 값을 반환
	getYaw	UAS의 현재 yaw 값을 반환
	isArmed	UAS의 Arming(시동) 여부 확인
	getAirframe	UAS의 프레임 형태를 반환
	getWaypointManager	UASInterface의 WaypointManager 객체 반환
	getLinks	UASInterface의 LinkInterface list를 반환
	getLinkIdList	UASInterface의 Link ID의 list를 반환
	isMultirotor	UAS의 멀티로터 여부 확인
	isFixedWing	UAS의 고정익 여부 확인
	isHelicopter	UAS의 헬리콥터 여부 확인
	getAutopilotType	UAS의 autopilot type을 반환
	setAutopilotType	UAS의 autopilot type을 설정

signals	statusChanged	상태 변경 시 signal 발생
	componentCreated	새로운 component 생성 시 Signal 발생
	systemRemoved	System 제거 시 signal 발생
	textMessageReceived	Text message 수신 시 signal 발생
	navModeChanged	Navigation mode 변경 시 signal 발생
	armed	UAS에 시동 On 시 signal 발생
	disarmed	UAS에 시동 Off 시 signal 발생
	armingChanged	UAS의 시동상태 변경 시 signal 발생
	modeChanged	UAS의 mode 변경 시 signal 발생
	commandSent	UAS로 명령 송신 시 signal 발생
	connectionChanged	Connection 정보 변경 시 signal 발생
	connecting	UAS와 연결을 시도 시 signal 발생
	connected	UAS와 연결 시 signal 발생
	disconnected	UAS와 연결 해제 시 signal 발생
signals	activated	UAS가 활성화시 signal 발생
	deactivated	UAS가 비활성화시 signal 발생
	manualControl	UAS를 수동 제어 설정 시 signal 발생
	valueChanged	low level 값 변경 시 signal 발생
	voltageChanged	UAS의 전압 정보 변경 시 signal 발생
	waypointUpdated	waypoint 정보 갱신 시 signal 발생
	waypointSelected	waypoint 선택 시 signal 발생
	waypointReached	UAS가 waypoint에 도달 하였을 시 signal 발생
	autoModeChanged	auto mode 정보 변경 시 signal 발생
	parameterChanged	parameter 정보 변경 시 signal 발생
	batteryChanged	배터리 상태 정보 변경 시 signal 발생
	statusChanged	UAS의 상태 정보 변경 시 signal 발생
	actuatorChanged	UAS의 actuator 정보 변경 시 signal 발생
	thrustChanged	UAS의 추력 정보 변경 시 signal 발생
	heartbeat	UAS로부터 heartbeat 전달 시 signal 발생
	attitudeChanged	UAS의 자세 정보 변경 시 signal 발생
	attitudeRotationRatesChanged	UAS의 자세 회전 비율 변경 시 signal 발생
	localPositionChanged	UAS의 local 위치 변경 시 signal 발생
	globalPositionChanged	UAS의 global 위치 변경 시 signal 발생
	altitudeChanged	UAS의 고도 정보 변경 시 signal 발생
	gpsSatelliteStatusChanged	GPS가 수신하는 위성 상태 정보 변경 시 signal 발생
	speedChanged	UAS의 속도 정보 변경 시 signal 발생
	velocityChanged_NED	UAS의 속력 정보 변경 시 signal 발생
	heartbeatTimeout	UAS에 송신 된 heartbeat의 ACK가 없을 시 signal 발생
	homePositionChanged	Home 위치 변경 시 signal 발생
	rawImuMessageUpdate	관성센서의 raw 데이터 갱신 메시지 수신 시 signal 발생
	scaledImuMessageUpdate	관성센서 갱신 메시지 수신 시 signal 발생
	scaledImu2MessageUpdate	관성센서 갱신 메시지 수신 시 signal 발생
signals	sensorOffsetMessageUpdate	센서의 보정 값 갱신 메시지 수신 시 signal 발생
	radioMessageUpdate	Radio 상태 갱신 메시지 수신 시 signal 발생
	compassMotCalibration	나침반 상태 갱신 메시지 수신 시 signal 발생
	protocolStatusMessage	Protocol 상태 메시지 수신 시 signal 발생
	mavlinkMessageReceived	MAVLink 메시지 수신 시 signal 발생

fileName	UASObject.h	
type	funcName	Description
public	getVehicleOverview	UASObject의 VehicleOverview 객체 반환
	getRelPositionOverview	UASObject의 RelPositionOverview 객체 반환
	getAbsPositionOverview	UASObject의 AbsPositionOverview 객체 반환
	getMissionOverview	UASObject의 MissionOverview 객체 반환

(3) Display Part

fileName	UASActionsWidget.h	
type	funcName	Description
private	sendApmPlaneCommand	APM Plane 명령 전송
	sendApmCopterCommand	APM Copter 명령 전송
	sendApmRoverCommand	APM Rover 명령 전송
private slots	activeUASSet	활성화된 새로운 UAS 설정 시 호출
	uasConnected	UAS와 연결 시 호출
	uasDisconnected	UAS와 연결 해제 시 호출
	currentWaypointChanged	현재 waypoint 정보 변경 시 호출
	updateWaypointList	Waypoint 목록 갱신 시 호출
	setMode	UAS의 mode 설정 시 호출
	setAction	UAS의 action 설정 시 호출
	setRTLMode	UAS에 RTL mode 설정 시 호출
	heartbeatReceived	Heartbeat message 수신 시 호출

fileName	UASQuickView.h	
type	funcName	Description
public slots	valueChanged	UAS의 상태 값 변경 시 호출
	addUAS	UAS 추가 시 호출
	setActiveUAS	활성화된 UAS 설정 시 호출

fileName	UASRawStatusView.h	
type	funcName	Description
private slots	valueChanged	UAS의 상태 값 변경 시 호출
	activeUASSet	활성화된 UAS 설정 시 호출

fileName	VehicleOverview.h	
type	funcName	Description
public	getAutopilot	VehicleOverview의 autopilot 반환
	getSystemStatus	System의 상태를 반환
	setAutopilot	VehicleOverview에 autopilot을 설정
	setSystemStatus	System의 상태를 설정
	getNavRoll	Navigation의 roll 값을 반환
	getNavPitch	Navigation의 pitch 값을 반환
	setNavRoll	Navigation의 roll 값을 설정
	setNavPitch	Navigation의 pitch 값을 설정
	getVibrationX	X축 진동 값을 반환
	getVibrationY	Y축 진동 값을 반환
	getVibrationZ	Z축 진동 값을 반환
	setVibrationX	X축 진동 값을 설정
	setVibrationY	Y축 진동 값을 설정
	setVibrationZ	Z축 진동 값을 설정
signals	autopilotChanged	Autopilot 값 변경 시 signal 발생
	systemStatusChanged	System 상태 변경 시 signal 발생
	onboardControlSensor sEnabledChanged	Onboard Control Sensor의 enable 상태 변경 시 signal 발생
	onboardControlSensor sHealthChanged	Onboard Control Sensor의 health 상태 변경 시 signal 발생
	navRollChanged	Navigation의 roll 값 변경 시 signal 발생
	navPitchChanged	Navigation의 pitch 값 변경 시 signal 발생
	vibrationXChanged	X축 진동 값 변경 시 signal 발생
	vibrationYChanged	Y축 진동 값 변경 시 signal 발생
	vibrationZChanged	Z축 진동 값 변경 시 signal 발생
	valueChanged	UAS의 상태 변경 시 signal 발생
public slots	messageReceived	UAS로부터 message 수신 시 호출

fileName	AbsPositionOverview.h	
type	funcName	Description
public	getLat	위도 값 반환
	getLon	경도 값 반환
	getAlt	고도 값 반환
	getVel	속력 값 반환
	getSatellitesVisible	현재 UAS가 인식한 위성 수 반환
	setLat	위도 값 설정
	setLon	경도 값 설정
	setAlt	고도 값 설정
	setVel	속력 값 반환
	setSatellitesVisible	현재 UAS가 인식한 위성 수 설정
signals	latChanged	위도 값 변경 시 signal 발생
	lonChanged	경도 값 변경 시 signal 발생
	altChanged	고도 값 변경 시 signal 발생
	velChanged	속력 값 변경 시 signal 발생
	satellitesVisibleChanged	UAS가 인식한 위성 수 변경 시 signal 발생
public slots	messageReceived	UAS로부터 message 수신 시 호출

fileName	RelPositionOverview.h	
type	funcName	Description
public	getAirspeed	UAS의 대기 속도 정보 반환
	getGroundspeed	UAS의 대지 속도 정보 반환
	getAlt	UAS의 고도 정보 반환
	getHeading	UAS가 향하는 방향 정보 반환
	getThrottle	UAS에 연결된 조종기의 throttle 값 반환
	setAirspeed	UAS의 대기 속도 정보 설정
	setGroundspeed	UAS의 대지 속도 정보 설정
	setAlt	UAS의 고도 정보 설정
	setHeading	UAS가 향하는 방향 설정
	setThrottle	UAS에 연결된 조종기의 throttle 값 설정
	getRoll	UAS의 roll 값 반환
	getPitch	UAS의 pitch 값 반환
	getYaw	UAS의 yaw 값 반환
	getRollspeed	UAS의 roll speed 값 반환
public	getPitchespeed	UAS의 pitch speed 값 반환
	getYawspeed	UAS의 yaw speed 값 반환
	setRoll	UAS의 roll 값 설정
	setPitch	UAS의 pitch 값 설정
	setYaw	UAS의 yaw 값 설정
	setRollspeed	UAS의 roll speed 값 설정
	setPitchespeed	UAS의 pitch speed 값 설정
	setYawspeed	UAS의 yaw speed 값 설정
signals	airspeedChanged	대기 속도 정보 변경 시 signal 발생
	groundspeedChanged	대지 속도 정보 변경 시 signal 발생
	altChanged	고도 값 변경 시 signal 발생
	headingChanged	UAS가 향하는 방향 변경 시 signal 발생
	throttleChanged	UAS와 연결된 조종기의 throttle 값 변경 시 signal 발생
	rollChanged	Roll 값 변경 시 signal 발생
	pitchChanged	Pitch 값 변경 시 signal 발생
	yawChanged	Yaw 값 변경 시 signal 발생
	rollspeedChanged	Roll speed 변경 시 signal 발생
	pitchespeedChanged	Pitch speed 변경 시 signal 발생
	yawspeedChanged	Yaw speed 변경 시 signal 발생
public slots	messageReceived	UAS로부터 message 수신 시 호출

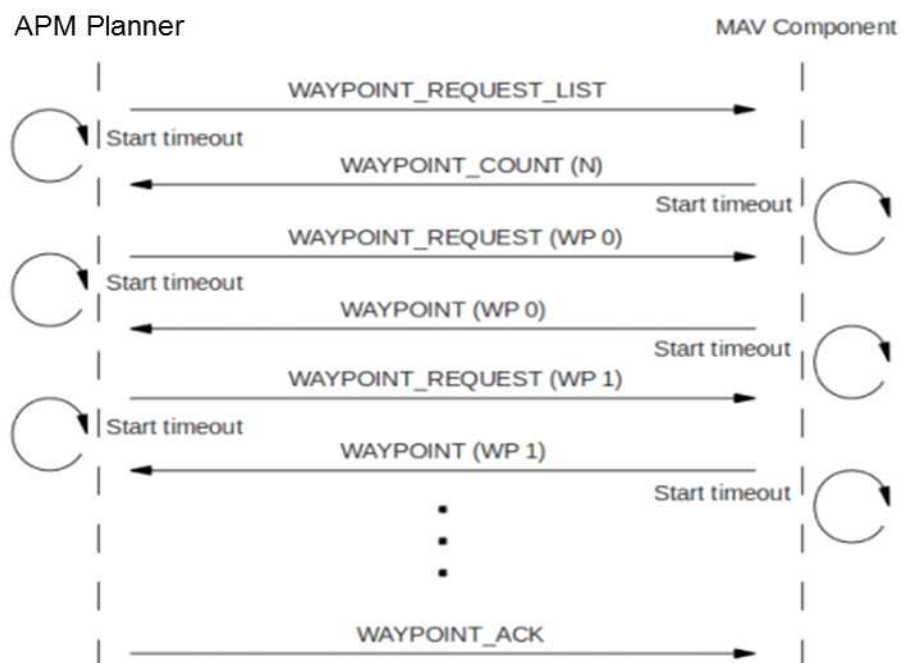
fileName	RelPositionOverview.h	
type	funcName	Description
public	getAirspeed	UAS의 대기 속도 정보 반환
	getGroundspeed	UAS의 대지 속도 정보 반환
	getAlt	UAS의 고도 정보 반환
	getHeading	UAS가 향하는 방향 정보 반환
	getThrottle	UAS에 연결된 조종기의 throttle 값 반환
	setAirspeed	UAS의 대기 속도 정보 설정
	setGroundspeed	UAS의 대지 속도 정보 설정
	setAlt	UAS의 고도 정보 설정
	setHeading	UAS가 향하는 방향 설정
	setThrottle	UAS에 연결된 조종기의 throttle 값 설정
	getRoll	UAS의 roll 값 반환
	getPitch	UAS의 pitch 값 반환
	getYaw	UAS의 yaw 값 반환
	getRollspeed	UAS의 roll speed 값 반환

public	getPitchespeed	UAS의 pitch speed 값 반환
	getYawspeed	UAS의 yaw speed 값 반환
	setRoll	UAS의 roll 값 설정
	setPitch	UAS의 pitch 값 설정
	setYaw	UAS의 yaw 값 설정
	setRollspeed	UAS의 roll speed 값 설정
	setPitchespeed	UAS의 pitch speed 값 설정
	setYawspeed	UAS의 yaw speed 값 설정
signals	airspeedChanged	대기 속도 정보 변경 시 signal 발생
	groundspeedChanged	대지 속도 정보 변경 시 signal 발생
	altChanged	고도 값 변경 시 signal 발생
	headingChanged	UAS가 향하는 방향 변경 시 signal 발생
	throttleChanged	UAS와 연결된 조종기의 throttle 값 변경 시 signal 발생
	rollChanged	Roll 값 변경 시 signal 발생
	pitchChanged	Pitch 값 변경 시 signal 발생
	yawChanged	Yaw 값 변경 시 signal 발생
	rollspeedChanged	Roll speed 변경 시 signal 발생
	pitchespeedChanged	Pitch speed 변경 시 signal 발생
	yawspeedChanged	Yaw speed 변경 시 signal 발생
public slots	messageReceived	UAS로부터 message 수신 시 호출

fileName	MissionOverview.h	
type	funcName	Description
public slots	messageReceived	UAS로부터 message 수신 시 호출

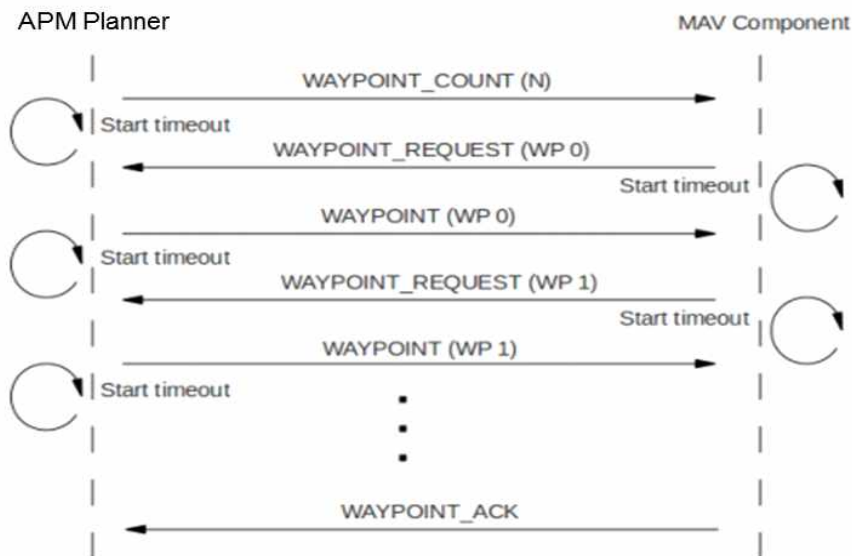
○ 다중경로를 위한 MAVLink Procedure 분석

- 드론과 지상관제시스템(APM-Planner)간 데이터 통신은 MAVLink Protocol을 이용하며, 이는 비행 제어부 터 상태 정보 등 모든 데이터 전송에 사용됨. 그 중 드론 시스템이 특정 미션을 수행하기 위한 다중 경 로 비행과 관련 된 프로토콜 분석 된 내용은 다음과 같음
- 드론과 지상관제시스템 간 다중 경로 비행을 위한 통신 절차는 다음과 같음



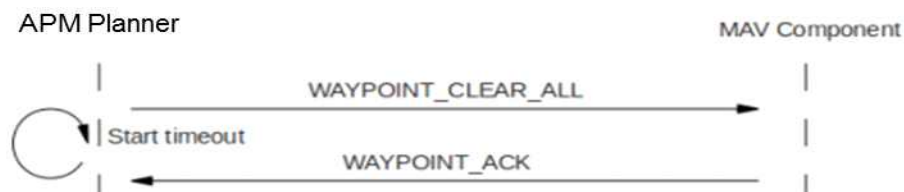
다중 경로 비행 정보가 지상관제시스템에서 드론에게 전달되는 과정

- 드론과 지상관제시스템이 연결 되었다면, 지상관제시스템은 드론에게 다중 경로에 대한 모든 위치 정보를 요청함. 다중 경로에 대한 모든 위치 정보를 수신 받은 드론은 자신이 가지고 있는 다중 경로에 대한 정보(경로 개수)를 지상관제시스템에 송신함
- 지상관제시스템은 드론으로부터 수신 받은 다중 경로의 수만큼 각 경로의 위치 정보를 요청하고, 각 요청을 받은 드론은 지상관제시스템에 다중 경로 비행 중 각 요청에 대한 정보를 송신함. 지상관제시스템은 드론으로부터 다중 경로에 대한 모든 정보를 수신 한 후, WAYPOINT_ACK를 전송하며 데이터 교환을 종료함(통신 과정에서 응답을 기다리는 쪽은 계속 timeout을 확인한다. Timeout을 확인하는 것은 모든 통신에서 동일하게 진행됨)



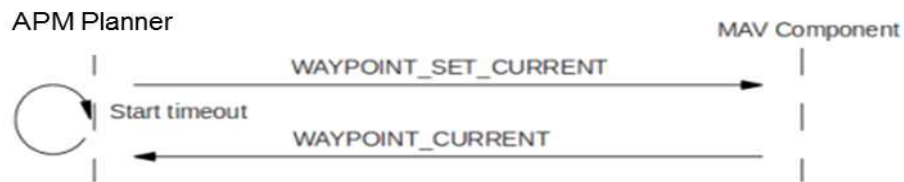
다중 경로 비행 정보가 드론에서 지상관제시스템에게 전달되는 과정

- 반대로 위의 그림은 지상관제시스템에서 드론에게 새로운 다중 경로 비행 제어 요청이 수신되었다면, 드론은 지상관제시스템으로부터 다중 경로 비행 정보를 수신함
- 지상관제시스템은 드론에게 다중 경로의 위치 정보의 수를 송신함. 위와 마찬가지로 드론은 지상관제시스템으로부터 다중 경로에 대한 모든 정보를 수신 한 후, WAYPOINT_ACK를 전송하며 데이터 교환을 종료함(통신 과정에서 응답을 기다리는 쪽은 계속 timeout을 확인한다. Timeout을 확인하는 것은 모든 통신에서 동일하게 진행됨)
- 현재 드론이 가지고 있는 다중 경로의 위치 정보를 초기화 하는 루틴도 포함되는데, 이는 아래 그림과 같이 진행 됨. 지상관제시스템에서 드론에게 WAYPOINT_CLEAR_ALL을 송신하면, 드론은 자신이 가지고 있는 모든 다중 경로 위치 정보를 삭제한 후, 지상관제시스템에 WAYPOINT_ACK 메시지를 송신함



Drone이 가진 모든 다중 경로 위치 정보를 삭제하는 과정

- 아래의 그림은 지상관제시스템에서 새로운 다중 경로의 위치 정보를 드론에게 송신하는 과정을 나타내고, 마찬가지로 다중 경로의 모든 위치정보를 하나의 매개체로 하여 송신하는 것이 아닌, 각 개별의 위치 정보에 Sequence Number를 부여하여 드론에게 전송하는 과정을 확인할 수 있음



APM Planner에서 새로운 Waypoint를 drone에 전송하는 과정

○ 무인기 기반의 수질 분석을 위한 지상관제시스템 적용(HUFS-GCS)

- 본 연구과제 수행을 위해 선정된 드론 기체는 공동연구기관에서 개발한((주)휴인스) Blueye-1K 기체를 기반으로 진행하였고, Blueye-1K 기체의 주요 기능은 아래와 같음



(주)휴인스 社의 Blueye-1K 기체

Features	Auto Path Planning Real-time Video Recording Flight Control Mission Planner		
Datalink	Wi-Fi,	Weight	1.2Kg
	LTE 500m		(2.90 bls.)
Processor	32bit ARM	Height	21cm (8.26 in)
	Cortex-M4		920Kv, Motor.
Flight Range	8Km	Flight Duration	up to 25min.
Flight Speed	50Km/h	Payload cap.	w/payload 200g

○ 비행 제어를 위한 MAVLink Protocol 적용

- 본 연구에서 수집 분석 목적을 위한 드론과 통신을 위한 MAVLink Protocol이 적용된 주요 메시지 타입은 다음 표와 같음

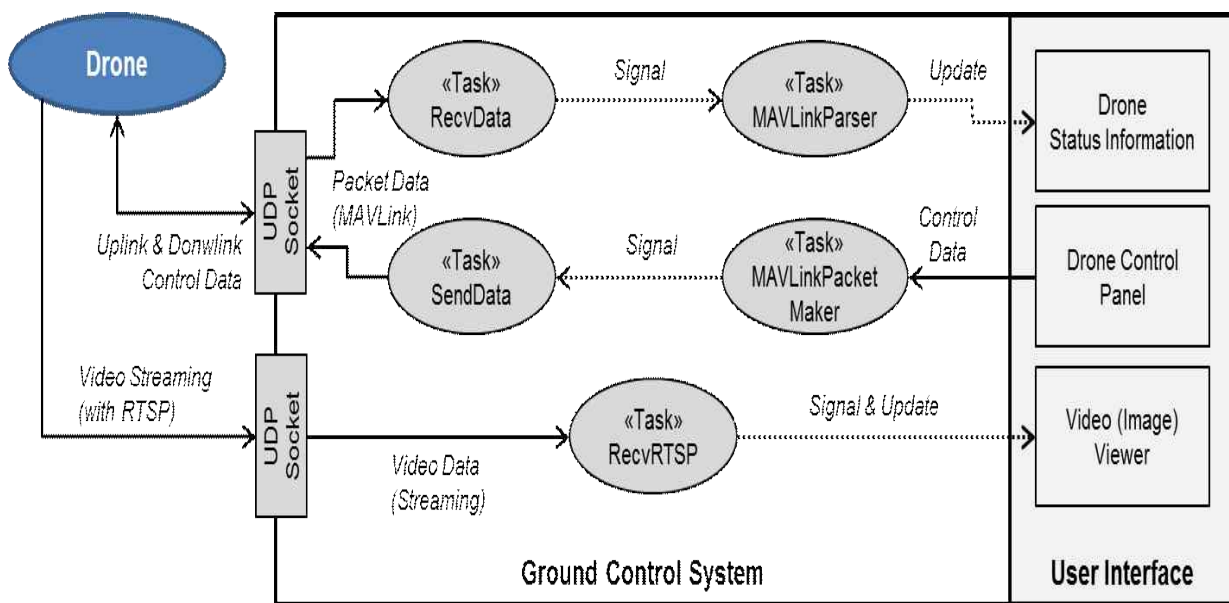
Huins drone으로부터 수신되는 MAVLink message type

Message Type	Description
HAERTBEAT	Drone으로부터 수신된 heartbeat message
SYS_STATUS	Drone의 배터리 정보 및 상태 정보
SYSTEM_TIME	Drone에 설정된 시간 정보
PARAM_VALUE	Drone에서 보낸 총 메시지의 개수 정보
GPS_RAW_INT	Drone의 GPS정보 및 속도, 위성 정보
RAW_IMU	Drone의 현재 9dof 센서 정보
SCALED_PRESSURE	Drone에서 측정한 기압, 온도 정보
ATTITUDE	Drone의 자세 정보
GLOBAL_POSITION_INT	Drone의 위도, 경도, 고도의 정수 정보
RC_CHANNELS_RAW	Drone 조종기의 정보
SERVO_OUTPUT_RAW	Drone의 각 로터의 정보
MISSION_ITEM	Drone에 설정된 multi point navigation 정보
MISSION_CURRENT	현재 Drone이 수행 중인 point의 정보
MISSION_COUNT	Drone에 설정된 총 multi point의 개수 정보
NAV_CONTROLLER_OUTPUT	Multi point navigation의 제어 정보
RC_CHANNELS	Drone 조종기의 정보
VFR_HUD	Drone이 향하고 있는 방향, throttle, 속도 정보
SCALED_IMU2	Drone의 현재 9dof 센서 정보
POWER_STATUS	Drone의 전원 상태 정보
SENSOR_OFFSETS	Drone의 센서 보정 정보
MEMINFO	Drone의 메모리 정보
MOUNT_STATUS	Drone의 mount 정보
AHRS	Drone의 AHRS 정보
HWSTATUS	Drone의 하드웨어 정보
AHRS2	Drone의 AHRS 정보
EKF_STATUS_REPORT	Drone의 속도, 지자계 등 변화 정보
VIBRATION	Drone의 x, y, z 축 진동 정보
STATUSTEXT	Drone으로부터 수신되는 Status 정보

- 드론으로부터 수신 되는 MAVLink 메시지는 모두 28종이고, 그 중 드론의 비행 및 자세 정보가 가장 많은 비중을 차지하며, 그 다음은 GPS 정보가 많은 비중을 차지함
- ATTITUDE의 정보는 4.4Hz로 전송되며, AHRS2 (4.0Hz), VFR_HUD (3.1Hz), GLOBAL_POSITION_INT (2.3Hz) 순으로 데이터 수신에 이루어짐을 확인할 수 있었고, 그 밖의 다중 경로 비행을 위한 비행 정보는 연결 초기 이외의 과정에서는 간헐적으로 전송 되었음
- 연구 결과 그 밖의 기타 메시지는 약 1.0Hz의 빈도로 전송됨을 확인하였음

○ 비행 제어를 위한 MAVLink Protocol 적용

- 드론으로부터 수집 된 이미지를 분석하여 수계 정보를 판단하는 시스템에서는 영상 정보를 올바르게 수집하는 것이 중요하며, 이 기능을 지상관제시스템이 담당하도록 하였음
- 기존의 지상관제시스템은 제어를 위한 Task외의 응용을 위한 Task가 존재하지 않기 때문에, 본 연구에서는 GCS에 영상 수신을 위한 Task를 추가하여 그림과 같이 구성하였음



영상 수신을 위한 GCS의 Task 구조

- 본 연구를 위해 구성 된 지상관제시스템은 두 개의 Socket을 이용함. 하나의 Socket은 기존의 드론을 제어하기 위한 MAVLink Packet 송수신을 위해 사용 되며, 다른 하나의 Socket은 영상 스트리밍 데이터를 전송 받기 위해 사용 됨
- 드론의 제어를 위한 Task의 구조에서 RecvData는 드론으로부터 송신 된 상태 정보 및 응답 데이터를 수신함. 데이터를 수신 하면, MAVLinkParser에 signal을 이용하여 호출하고, 앞서 수신 받은 데이터를 전달함
- MAVLinkParser는 MAVLink Packet Data를 분석하여 상태 정보 및 응답 데이터를 MAVLink Prototype에 의해 분리하고, UI의 상태 정보를 갱신함. 반대로 UI로부터 드론을 제어하기 위한 명령이 전달되면, SendData task를 통해 드론에 전달됨
- 영상 스트리밍 데이터 수신을 위하여 기존의 지상관제시스템에 추가된 RecvRTSP task는 GCS 시스템 내에 하나의 Socket을 두고 드론과 RTSP를 이용한 영상 스트리밍 데이터를 수신함. 수신된 스트리밍 데이터는 UI에 연결 된 Frame에 기존 영상 데이터를 갱신하는 기능을 담당하고, 드론은 장착 된 카메라 모듈을 이용하여 RTSP Streaming 프로세스가 구동되고 있어야 함

○ 영상 수신 Task가 장착 된 지상관제시스템(HUFS-GCS)

- 아래 그림은 기존의 지상관제시스템에 영상 스트리밍을 수신 및 확인을 위해 보완된 지상관제시스템의 결과 화면을 보여줌
- 본 연구개발에 사용된 드론 기체는 (주)휴인스의 Blueye-1K 기체를 이용하였음
- 드론에서 제어 및 RTSP Streaming 프로세스의 구동을 확인 후, 보완 된 지상관제시스템을 이용하여 드론에 연결(UDP이용)하였을 때, 드론으로부터 송신 된 드론의 실시간 상태 정보와 영상 스트리밍 데이터를 올바르게 수신하였음을 확인할 수 있었음

APM Planner (HUF5 Ver) v2.0.24 (HUF5 Ver. v1.0) (localhost.localdomain: 203.253.70.205/192.168.10.11/192.168.122.1)

File Communication View Tool Windows Help

FLIGHT DATA FLY RT-PCA INITIAL EDIT CON GROUNDING JUMPS DOWN

RT-Drone Status & Control Panel

MAV 001 ttyUSB0 57600 DISCONNECT

GCS_Banner

동남대학교 관제시스템

Ground Control Station

Video Streamer (dmkim)

File Media dmkim

Pause Play

Vibration Monitor

Video Stream

X Y Z Green = GOOD Orange = WARN Red = FAIL

Info View

Quick Actions Status Messages

Altitude (GPS) (m) 0.42 Altitude (REL) (m) 0.42

Battery (%) 99.00 Climb (m/s) -0.07

Current (A) 0.50 GPS Fix (I) 1.00

GPS HDOP (m) 99.99 GPS Sat (I) 0.00

Pitch (deg) -3.25 Roll (deg) 3.80

Voltage (V) 12.46 Yaw (deg) -20.56

Map

Centre on UAV

Options

Edit Waypoints Onboard Waypoints

Waypoint	Rel. Alt	Lat	Lon	Alt	Y	Z	Time
0 (HOME)	Abs. Alt	lat 37.3382526°	lon 127.2480726°	alt 0.00m	0°	0.00 m	0.00 s
1 Waypoint	Rel. Alt	lat 37.3381503°	lon 127.2492859°	alt 20.00m	0°	0.00 m	0.00 s
2 Waypoint	Rel. Alt	lat 37.3387133°	lon 127.2493386°	alt 20.00m	0°	0.00 m	0.00 s
3 Waypoint	Rel. Alt	lat 37.3387860°	lon 127.2481799°	alt 20.00m	0°	0.00 m	0.00 s
4 Waypoint	Rel. Alt	lat 37.3393104°	lon 127.2483906°	alt 20.00m	0°	0.00 m	0.00 s
5 Waypoint	Rel. Alt	lat 37.3393360°	lon 127.2494781°	alt 20.00m	0°	0.00 m	0.00 s

Read Write WP Radius (2.00 m) Alt (20.00 m)

New current waypoint 0 Load WP Save WP

영상 스트리밍을 위해 보완된 APM Planner

나. 1차년도 연구성과

(1) 특허출원

관 인 생 략	
출 원 번 호 통 지 서	
출 원 일 자	2017.02.23
특 기 사 항	심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(PG20170003)
출 원 번 호	10-2017-0024046 (접수번호 1-1-2017-0187677-53)
출 원 인 명 칭	주식회사 휴인스(1-2004-010934-5)
대 리 인 성 명	허성원(9-1998-000615-2)
발 명 자 성 명	송태훈
발 명 의 명 칭	복수의 센서들을 구비한 IoT기반 드론시스템
특 허 청 장	
복수의 센서들을 구비한 IoT기반 드론시스템	

관 인 생 략	
출 원 번 호 통 지 서	
출 원 일 자	2017.04.03
특 기 사 항	심사청구(유) 공개신청(무)
출 원 번 호	10-2017-0042961 (접수번호 1-1-2017-0324018-11)
출 원 인 명 칭	한국외국어대학교 연구산학협력단(2-2005-004898-3)
대 리 인 성 명	김영철(9-1998-000040-3)
발 명 자 성 명	강구영 이성종 추연우
발 명 의 명 칭	이미지 프로세싱을 이용한 녹조 측정 장치 및 방법
특 허 청 장	
이미지 프로세싱을 이용한 녹조 측정 장치 및 방법	

제	C-2017-005603	호
---	---------------	---



저작권 등록증

1. 저작물의 제호(명칭)	녹조이미지분석 프로그램
2. 저작물의 종류	컴퓨터프로그램저작물>응용프로그램>과학기술>통계분석용 S/W
3. 저작자 성명(법인명)	롯데컴뮤니케이션코리아 대표 조운호 경기도 성남시 중원구 사기막골로
4. 생년월일(법인등록번호)	1966년01월10일
5. 창작연월일	2017년02월20일
6. 공표연월일	-
7. 등록연월일	2017년03월02일
8. 등록사항	저작자 : 롯데컴뮤니케이션코리아 대표 조운호, 창작 : 2017.02.20

『저작권법』 제53조에 따라 위와 같이 등록되었음을 증명합니다.

2017년 03월 03일

한국저작권위원회

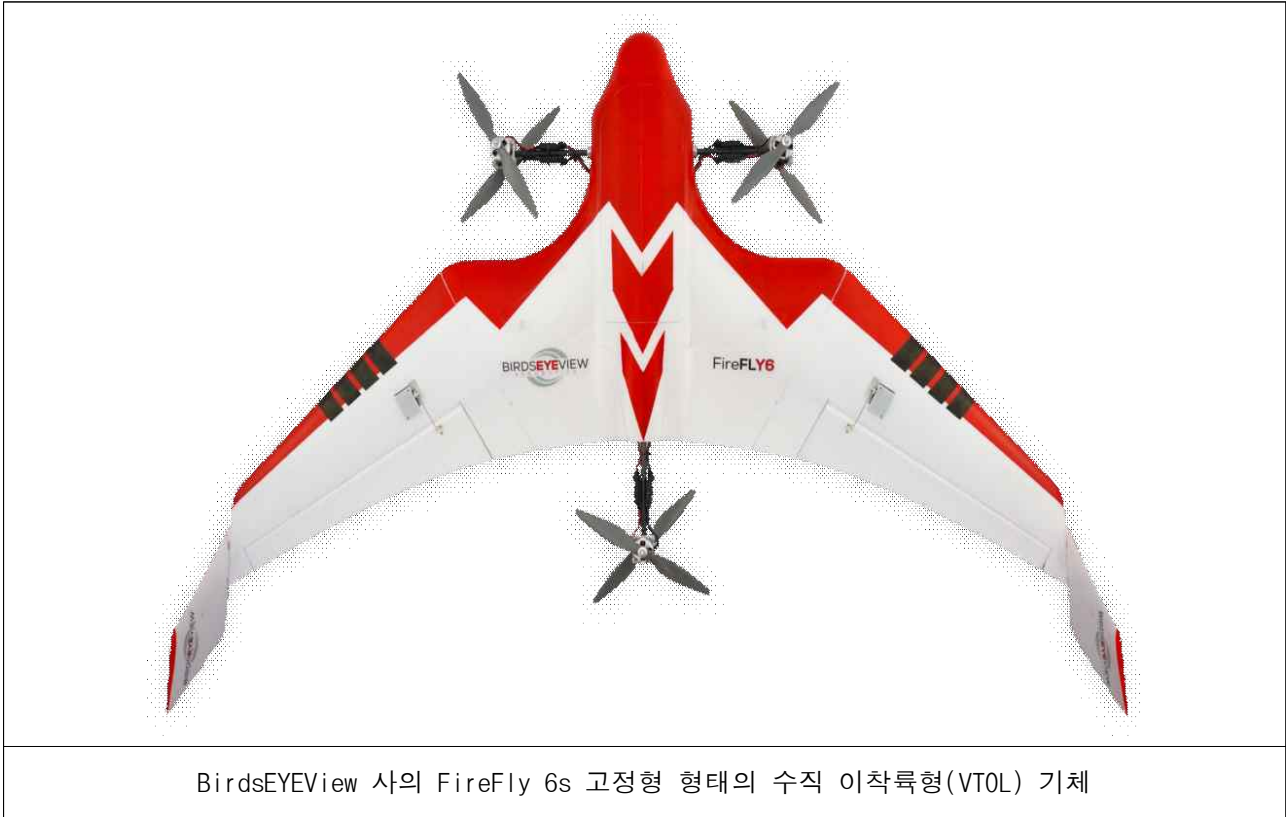


녹조 이미지분석 프로그램 소프트웨어 등록

2017 한국지하수토양환경학회 춘계학술대회 및 Geo-Environmental Engineering(GEE 2017) 2017년 5월 18일 (목) ~ 20일 (토) 서울대학교 글로벌컨벤션플라자 (38동)	P-1 Sorption behavior of Cs⁺ and Sr²⁺ by zeolite 13X Mini Park, Hoon Young Jeong, Jiwon Park, SangChul Lee (Pusan National University) P-2 논토양의 배수형태에 따른 비의 토양 중 비소 흡수특성 고일환, 김정은, 김지숙, 한예은 (환경기술정책연구원) P-3 Pilot application of Bioremediation process for Kuwait crude oil contaminated soil Tae In Kim¹, Yeon Woo Choo¹, Jin Gyeong Hong¹, Seong Jong Lee¹, Min-joo Choi², Min Koo Park³, Gu Young Kang¹ (¹Hankuk University of Foreign Studies, ²Dongmyung enterprise, ³Kamho E&C) P-4 유류의 특성을 고려한 정량적 유류 분석법: 분석법의 검증과 국내 현행 공정법 개선의 필요성에 대하여 송미선¹, 김주영², 최민주², 오상원¹, 강구영¹ (¹한국외국어대학교, ²동명엔터프라이즈) P-5 다중 오염원의 토양 오염 기여도 평가를 위한 자연기원 납 동위원소비 산정기법 개발 전수경^{1,2,3}, 이승학^{1,2} (¹한국과학기술연구원, ²고려대학교 그린스쿨대학원, ³한국광물자원공사) P-6 은나노 형태에 따른 토양매체에서의 <i>C. elegans</i> 독성평가 문종민, 안윤주 (건국대학교) P-7 중금속 오염토 정화 전후 Bait lamina 현장직육성 평가 최영선¹, 김신웅¹, 문종민¹, 정승우², 안윤주³ (¹건국대학교, ²군산대학교) P-8 3D Image Processing 기술을 이용한 무인비행체기반 종합수계관리에 관한 연구 추연안*, 이상종*, 김동민*, 이병욱*, 김정국*, 조상영*, 박영철*, 안현정*, 강구영* (¹한국외국어대학교 환경학과, ²한국외국어대학교 컴퓨터공학과)
3D Image Processing 기술을 이용한 무인비행체기반 종합수계관리에 관한 연구	
2017 SPRING KIPS CONFERENCE 춘계학술발표대회 프로그램 일 자 2017년 4월 28일(금) ~ 29일(토) 장 소 제주대학교 아라캠퍼스 주 최 한국정보처리학회 주 관 제주대학교 스마트그리드와 청정에너지 융복합산업 인력양성사업단 후 원 한국과학기술단체총연합회 협 찬 NAVER KCC정보통신	S1. 소프트웨어공학 31. 수계 관리 시스템을 위한 지상관제 시스템에서의 영상 전송 모듈 구현 KIPS_C2017A0049 김동민*, 이병욱*, 김정국(한국외국어대학교) 32. 모니터링 정보시스템을 위한 데이터 수집 및 분석 방법 KIPS_C2017A0325 김대영*, 장유미(창신대학교), 김은경, 김석훈(순천향대학교) 33. 리스크에 기반한 전사 PMO에 관한 연구 KIPS_C2017A0330 성시창*, 이석주(고려대학교) 34. 스마트 홈 미러를 이용한 의상 추천 시스템 KIPS_C2017A0338 ▶ 이기훈*, 조재현, 문남미(호서대학교) 35. A Design of User-Based Voluntary Service Recommendation Program Using Mobile Push Services for Health Care KIPS_C2017A0383 ▶ 김태중*, 한상준, 원정현, 허준호(부산가톨릭대학교) 36. A Study on Smart Trash Can and User UX Designs: A Software Engineering Approach for Health Care KIPS_C2017A0384 ▶ 윤준호*, 배근표, 허준호(부산가톨릭대학교) 37. An Application Design for Emergency Medical System: A Software Engineering Approach KIPS_C2017A0388 ▶ 최인철*, 허준호(부산가톨릭대학교)
수계 관리 시스템을 위한 지상관제 시스템에서의 영상전송 모듈 구현	

연구 범위	연구 수행 방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
식생지수(NDVI) 분석	이 지수는 건강한 녹색 식생의 척도 다양한 조건하에서 엽록소의 높은 흡수율과 반사율을 사용하여, 이들 값의 차이를 정규화한 지수이다. 이 값은 단위가 없으며 -1에서 +1의 범위를 가지며 +1에 가까울수록 식생의 분포 량과 활동성이 크다는 것을 의미한다.	식생의 분포 량 및 활동성 등의 각종 정보를 지시를 선정하였으며 그에 따른 근적외선 밴드와 가시광선(Red)밴드의 차를 이두 밴드의 합으로 나눈 식으로 식생지수를 평가하였음. $NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$
실제 촬영영상 Image Processing	분광센서는 파장 대역의 밴드에 따라 대상체로부터 방사되어 돌아온 빛을 수많은 대역으로 분광하여 각 분광대역을 감지하여 취득 정보를 기록하여 대역별로 취득한 정보를 저장하며, 영상이 가지고 있는 밴드 수, 밴드폭 등을 의미하며, 분광해상도가 높을수록 지표물의 종류, 특성, 상태 등을 파악하는데 유용.	- 클로로필 - a 의 분광 특성에 적합한 파장대를 선정, 5개의 분광특성을 가진 카메라를 선정하여 반사도 맵을 제작, 반사도맵의 각각의 분광특성을 이용하여 지수 값을 평가하였음. -DLS(Downwelling Light Sensor)와 CRP(Calibration Reflectance Penal)를 이용한 반사 보정과 기하보정을 실시, 데이터의 정확성을 확보

○ 비행체선정



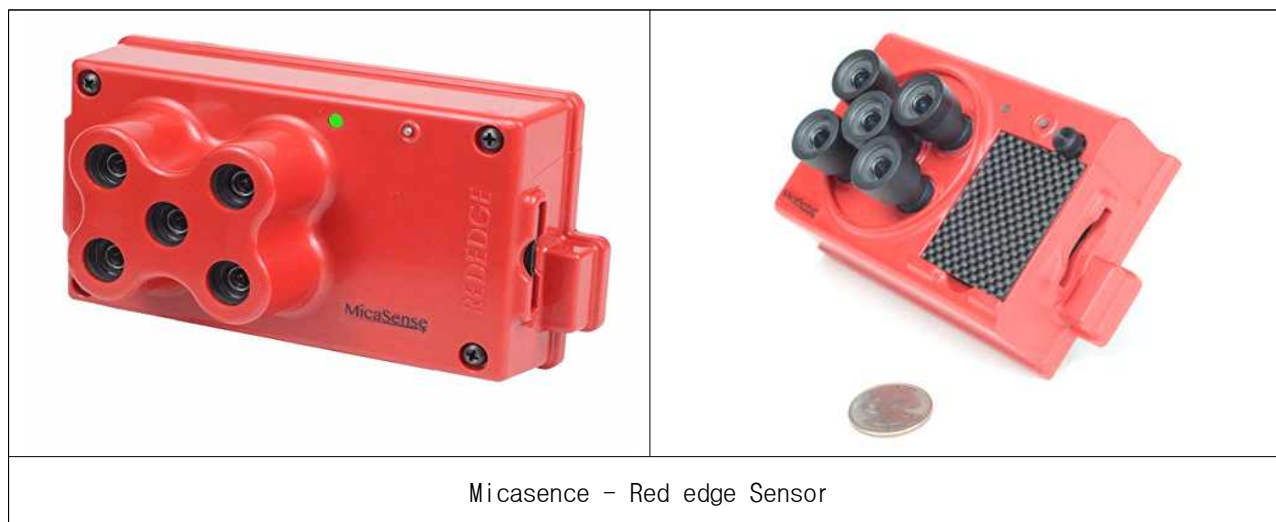
- 고정익의 경우 이륙을 위한 충분한 활주로를 확보 되어야 하는 단점, 우리나라의 경우 충분한 활주로가 어려워 이·착륙 간 고정형비행기에 파손 위험이 있음, 고정익 타입의 경우 모터의 개수가 많이 있지 않기 때문에 배터리 용량을 절약 가능

- 자동항법장치 (RTK GPS, IMU 자동이륙 및 착륙 기능 웨이포인트 내비게이션 기능 카메라 자동 촬영기능 등)를 탑재, 드론 비행항로 지정 간 더 정확한 위치로 비행이 가능, GCP와 결합시켜 보다 빠르고 정확한 데이터를 얻을 수 있음
- 회전익 비행체 보다 더 넓은 범위에 비행이 가능하며 오랜 시간동안 비행 가능한 고정형 형태의 타입인 (VTOL=Vertical Take off and Landing) 수직이착륙이 가능 한 비행체 회전익의 수직이 착륙과 고정형의 광역사진측량의 장점을 결합한 기체의 형태 기체를 선정
- 수직 이 · 착륙형 BirdsEYEVew 사의 FireFly 6s Specification

Wingspan	60"(1524mm)	Range Wireless	(5+km)
length	32.6"(828mm)	Payload Capacity	0.7kg
weight	3.8-4.5kg	Cruise Speed	15-18m/s
Flight Time	50~60min	Coverage	200ha
Range. Physical	up to 53km	Body	EP0, Carbon fiber Frame

○ 다분광 센서 선정

- 분광정보를 알아볼 수 있는 다분광센서의 경우 초분광센서와 다분광 센서로 구별됨
- 초분광 센서의 경우 가격이 비쌈, 고유의 분광정보별로 분석하기는 좋으나 데이터 처리에 있어 시간이 소모, 신속성이 떨어짐
- Payload가 적은 무인비행체의 경우 다분광 센서의 경우 상대적으로 초분광센서의 비해 가격이 싸며 Micasence Rededge 분광센서는 클로로필-a농도를 추출하기 위해 적합함
- 분광정보를 이용한 클로로필-a 농도의 기초 데이터를 수집하기위해 MicaSense Rededge 선정, Blue(465~485nm), Green(550~570nm), Red(663~671nm), RedEdge(712~723nm), Near Infrared(820~860nm) 다음과 같은 5개의 Sensor 분광정보의 데이터를 얻을 수 있음



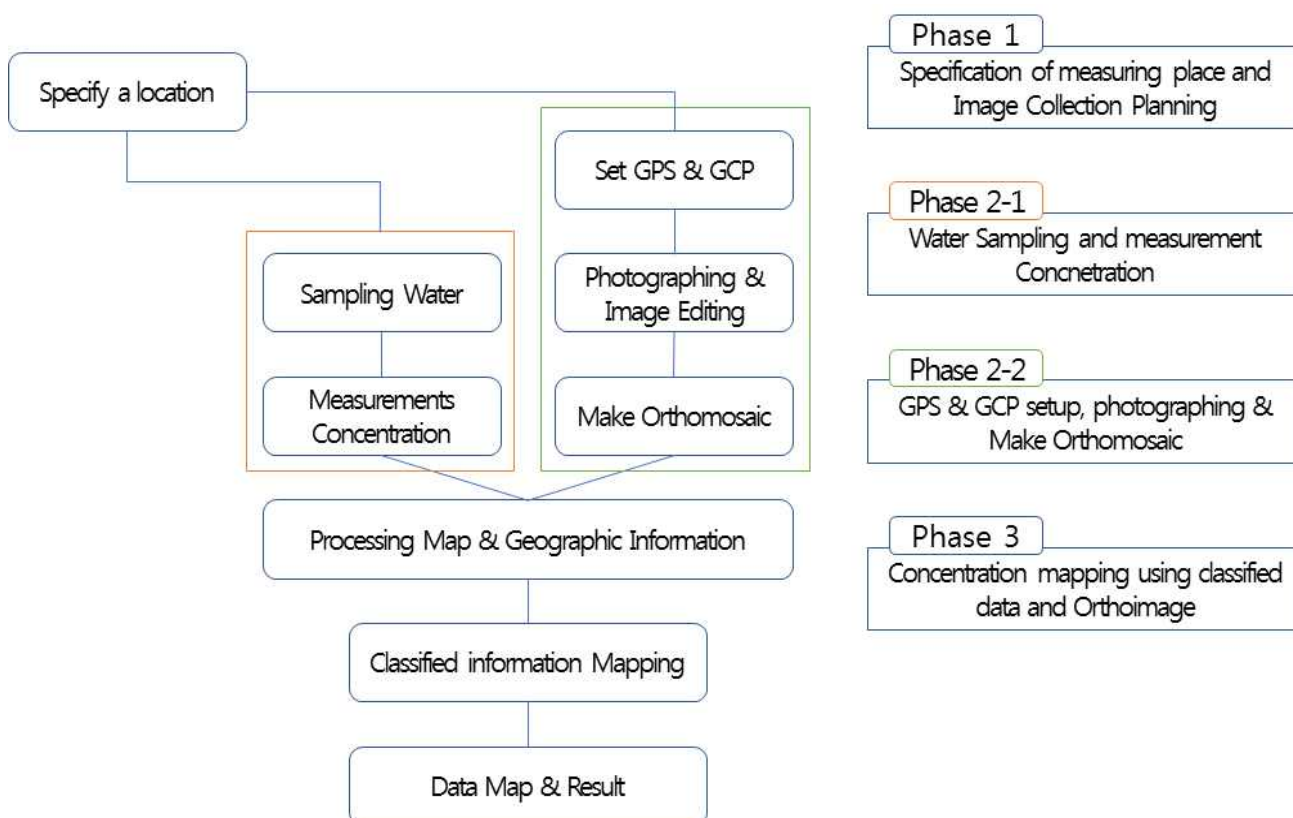
- 카메라의 각각의 반사도를 활용하기위해 CRP를 이용하여 촬영 시간에 따른 비행 전 · 후의 반사 값을 측정 하여 반사도 값에 대한 정보를 획득, DLS를 무인비행체에 설치하여 비행 중의 조도 값을 실시간으로 측정함
- 수계 표면에서 반사되는 반사율을 영상에 반영함으로써, 신뢰성 구축

본 연구에 적용된 반사패널은 다음 그림과 같음



○ Image Processing 영상 데이터취득 과정 1

-본 무인비행체를 이용한 촬영단계 모식도는 다음과 같음



- 연구 대상 지역을 정하고 지역에 따른 현장 답사를 통해 관리 지역을 선정하였음
- 비행 간에 위험을 방지하기위해 사전 비행가능 구역을 검토, 비행 가능 구역에서의 사고 위험을 방지하기위해 지형지물 지도를 검토 후 관리지역의 비행허가 신청 후 비행하여 연구를 진행하였음
- 정확한 지리 정보를 파악하기 위해 국토지리 정보원에서 제공 되어지는 연구 대상지역의 근처 지역 수준점 정보를 확인하여 수준점의 GCP를 설정하였음
- 수준점의 GCP를 바탕으로 연구 대상지역의 GCP를 설정하여 정사영상 편집간의 정확도와 신뢰도를 향상시켜 영상을 제작하였음.

- GPC 설정 간 사용된 장비는 Spectra SP-80을 사용하여 측정, 다음 장비는 폴내장 UHF 안테나를 장착하여 GNSS 신호를 멀티 선택적으로 사용 할 수 있는 장비로 목적과 용도에 맞게 측량 환경에 따라 조절하여 사용 가능 하며 FireFly 6s와 RTK-GPS가 연동 되는 장비로 보다 정확하게 GCP를 설정, 비행간 좌표에 있어 신뢰성이 향상 시켜 촬영비행을 수행함
- 녹조가 많이 발생하는 측정지점 및 이착륙 공간 지역 설정, Image Processing에서의 현행 초경량 비행장치 최고비행고도에 따른 150m 기준으로 설정, GSD(Ground Sample Distance) 11.9cm/pix로 데이터를 획득함. [지상표본거리 (GSD) = 픽셀 크기 (Pixel Size) * 비행고도 (Flight Height) / 초점 거리(f)]
- 무인비행기의 경우 낮은 고도에서 바람 등의 영향을 많이 받음, 이때 영상의 불안정성을 줄이기 위해 중첩도(Overlap) 85%와 횡중첩도(Sidelap) 70%로 적용하여 정사영상을 제작함.



- GCP 설정간 촬영된 사진이며 빨간색으로 15cm x 15cm 로 마커로 하여 150m에서도 잘 보일수 있도록 설정하여 수행하였음
- GCP 설정시 대공포탄을 기준으로 설치해야하지만 표시된 마커가 손실 될 경우를 대비해 특징이 잘 나타날 수 있도록 다음 위사진과 같은 마커를 생성하여 수행하였음
- 영상데이터 정합 간 왜곡을 방지하고 정확도를 높이기 위해 GPS 좌표를 사용하여 항공측량과 11개의 저점의 GCP를 설정하여 수행하였음
- GCP의 측정은 측지기준계 GRS80좌표로 측정하여 우리나라에서 측량에서 사용되는 WGS84 UTM Zone 52N 좌표 체계로 변환하여 데이터 편집을 수행하였음.
- 좌표 체계의 변환에 있어 기준점을 잘못 설정하게 되면 사진이 틀어지거나 영상의 데이터가 부정확한 값이 생성되기도 함



본포교 인근 수준점 사진



수준점 GCP 측량 사진

○ Image Processing 영상 데이터취득 과정 2

- 무인비행체와 사진측량에 자료처리를 위한 주요 소프트웨어는 러시아의 Photoscan 과 스위스의 Pix4DMapper Pro 프로그램을 사용하여 영상처리를 수행함
- Photoscan의 특징으로는 Area-based Matching 의 장점을 가지고 있는 프로그램으로 지역에 따른 특징점을 사로 추출하여 그 점을 기준으로 정사영상을 제작하는 특징을 가지고 있으며 tie - point를 사용하는 Pix4D 프로그램에 비해 영상제작의 신속성을 가지고 있음 신속하게 제작할 수 있는 PhotoScan의 프로그램을 사용해 정사영상을 제작함
- Pix 4D사의 특징으로는 Feature- based Matching 기법을 사용, 속도는 Photoscan의 비해 떨어지지만 장점으로는 데이터를 추출하고 반사도 값을 보정가능, Pixel의 DN값에 대한 후 처리에 상용화되어있는 프로그램으로 빠른 정사영상을 Photo Scan으로 제작하고 그 영상을 Pix4d로 사용하여 연구를 수행함
- 촬영된 영상 중 왜곡이나 노이즈 등의 없는 영상을 사용하여 데이터 편집을 수행, 카메라 센서에 따른 반사도(Red, Green, Blue, NIR, RedEdge)맵을 정사영상으로 제작



1.Blue (480nm)

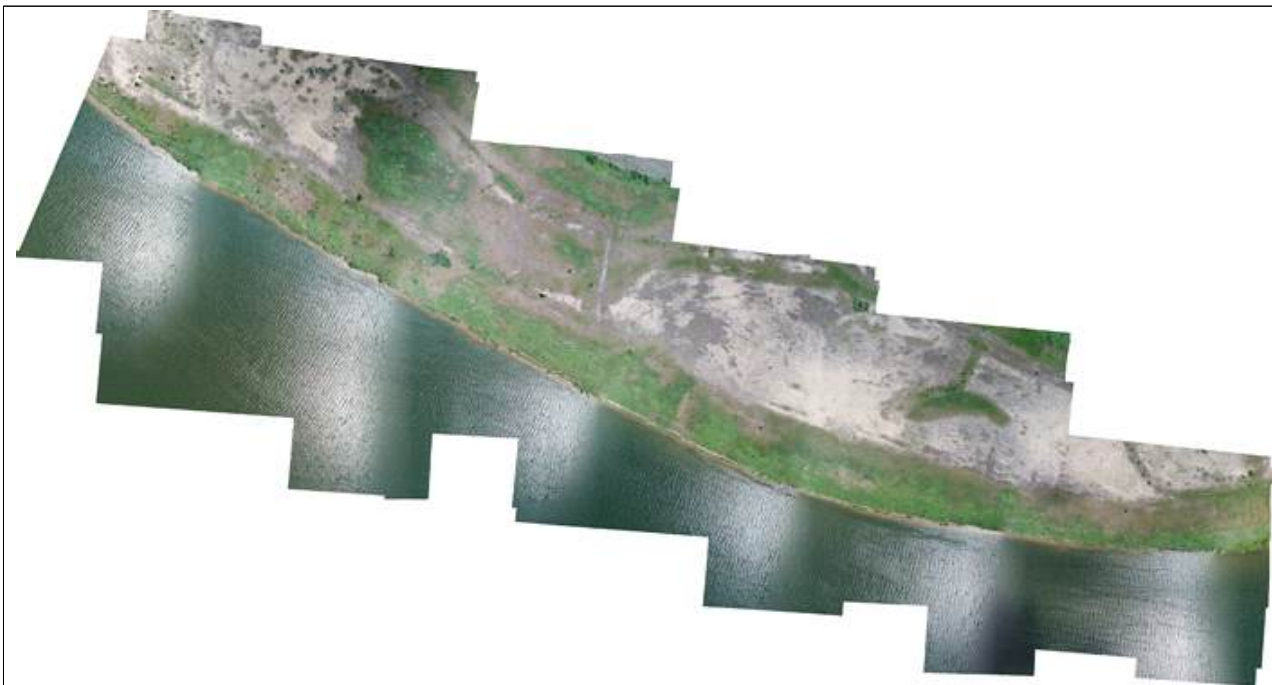
2.Green (560nm)

3.Red (670nm)

4.RedEdge (720nm)

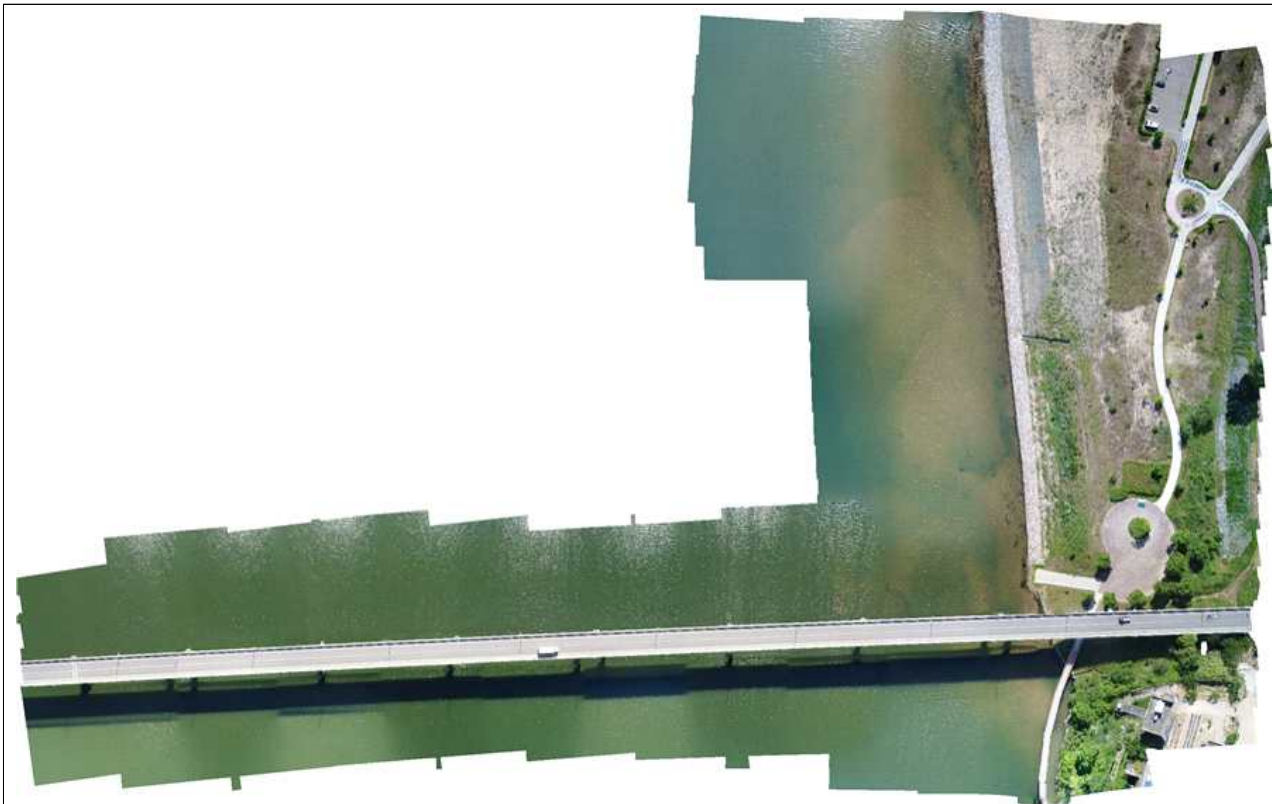
5.NIR (840nm)

반사도의 값을 측정하기 위한 Calibration Reflectance Pane 영상

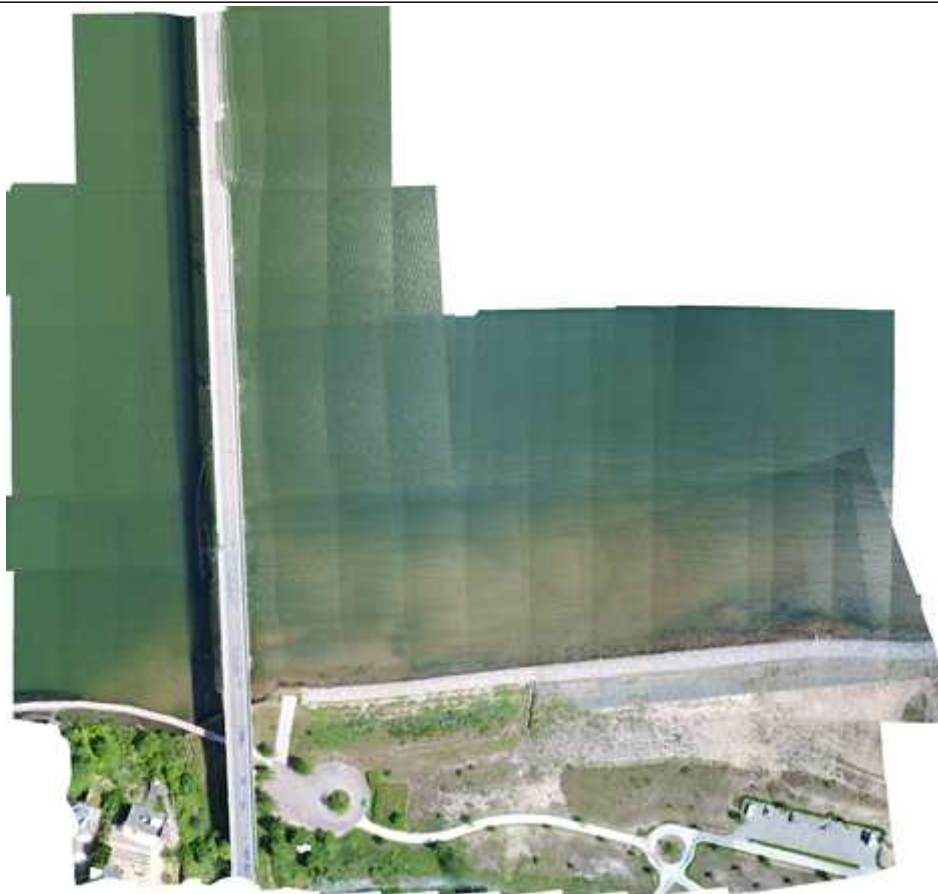


오전12시 ~ 오후 1시 사이에 120m에서 촬영한 사진

- 정사영상 편집 간에 난반사가 생성되어 데이터의 정확도를 감소시켜 정확한 데이터를 산출하는데 어려움이 있음



오후 1시 ~ 2시 사이에 120m에서 촬영한 영상



오전 11시 ~ 12시 사이에 120m에서 촬영한 영상

- 촬영된 사진으로 정사영상을 편집하였을 때 시간에 따라서 다음과 같은 문제점들이 발생하여 시간을 3시에서 4시 사이로 설정하여 촬영계획을 수정하여 연구를 수행함
- 사전 촬영계획으로 생긴 120m의 촬영과 시간의 문제점을 보완하여 촬영 계획을 수정하였음



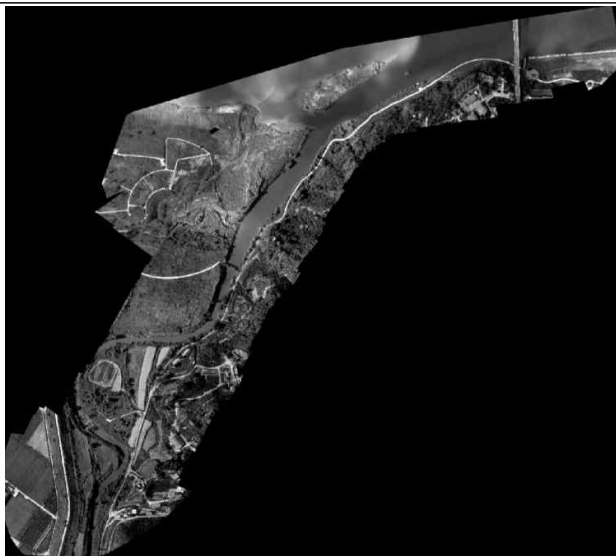
MicaSense - Rededge 카메라 3시~4시에 150m에서 촬영한 영상

- 낙동강 본포교의 강폭이 약700m이상 되어 정사영상 편집 시 Area-based Matching, Feature-based Matching 기법에서 강 중간의 면적과 강의 특징점 추출에 어려움이 있음
- 초경량 비행장치의 법적기준을 초과하는 높이 이상 비행 필요, 촬영계획을 변경하여 촬영하여 진행함
- Area-based Matching, Feature-based Matching 기법이 사용 가능한 본포교 근처 본포취수장 인근 신천천으로 연구 대상을 변경



경상남도 창원시 본포교 낙동강 인근 신천천

- 경상남도 창원시 본포교 낙동강 인근 신천천의 정사영상 Red + Green + Blue 의 3개에 밴드와 + α 밴드 (Red edge + NIR) 영상으로 제작 하여 연구를 진행

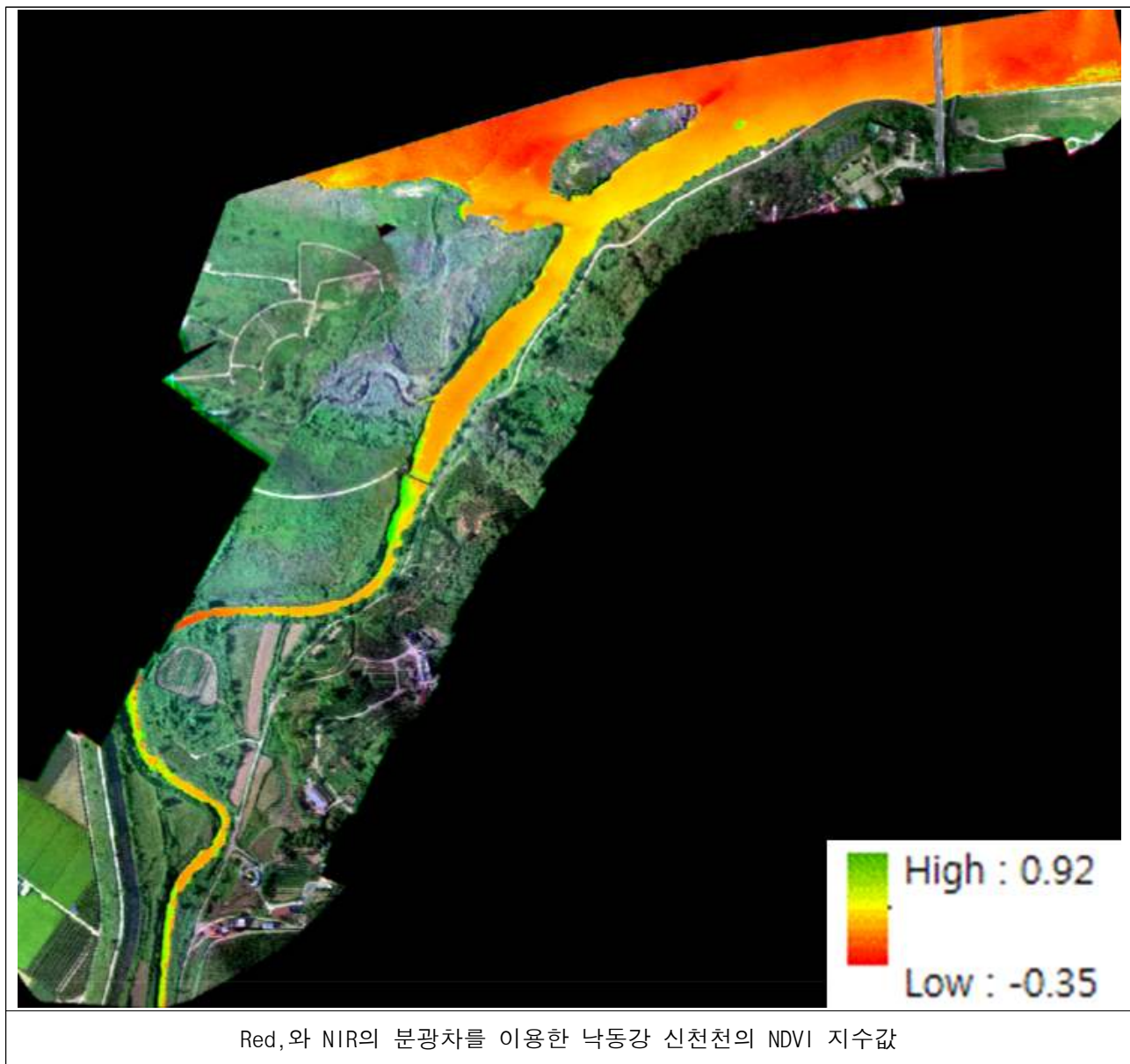


낙동강 신천천 Red band의 정사영상



낙동강 신천천 NIR band의 정사영상

- Red band 와 NIR band의 분광 차를 이용한 식생지수NDVI를 구하여 영상을 제작하였음



- 다리 주변의 NDVI지수값이 높음, 수계내에 식생이 존재한다고 평가할수 있으며 클로로필 - a를 나타낼수 있는 지수역시 다음과같은 지점의 농도가 높다고 평가됨



○ 드론의 비행 S/W 검증을 위한 SITL(Software In the Loop) Simulation 환경 구성

- 실제 드론 비행을 위한 방법에는 여러 가지가 있음. 첫 째로는 드론의 비행 제어 알고리즘, 센서 제어 등 모든 것을 직접 프로그래밍을 하는 방법이 있고 두 번째는 비행 제어 알고리즘이 내장 된 H/W를 기반으로 센서 또는 비전 처리를 추가로 이용하여 보다 효율적인 비행을 할 수 있는 방법이 있음
- 리눅스 재단이 공식 지원하는 유일한 드론 프로젝트로 Dronecode가 있고 3DR을 비롯하여 퀄컴과 인텔 등 다양한 기업들이 이 프로젝트에 동참하고 있음. 최근에 출시되는 다양한 드론들도 Dronecode 프로젝트의 소스코드를 사용해서 개발하고 있으며, Dronecode 프로젝트를 사용하고 테스트할 수 있는 다양한 레퍼런스 보드가 있음
- 그 중에서 표준으로 활용하는 보드가 바로 Pixhawk이임. 자체 드론을 개발하더라도 시작은 모두 Pixhawk에서 시작하고 있으며, 드론의 핵심인 firmware와 middleware를 개발하는 프로젝트가 바로 PX4 프로젝트임. 따라서 Pixhawk를 이용해서 PX4를 익히는 것이 드론 개발의 시작 프로세스이며, 고급 기능을 필요로 하거나 상업용 드론을 위해서는 PX4 코드와 동작의 이해는 필수임

○ SITL (Software In The Loop) Simulation

- PX4는 MAVLink 프로토콜을 사용하여 드론을 제어할 수 있음. 만일 ROS(Robotics Operating System)을 사용하여 PX4를 제어한다면 MAVROS를 사용하면 되지만 드론을 직접 만들어 비행 시험을 하기에는 장소와 안전 문제가 중요한 문제로 대두됨. 따라서 충분한 시뮬레이션 시험이 필요한데, 이 때 사용할 수 있는 3D 시뮬레이터 중 하나가 Gazebo임. Gazebo를 사용하는 이유는 ROS와 연동이 보다 쉽기 때문에 ROS와 MAVROS를 사용하여 PX4 미들웨어를 사용한다면 Gazebo를 사용하여 시뮬레이션이 가능함
- 이에 SITL(Software in the Loop) Simulation은 로컬 네트워크를 이용하여 Host 시스템에서 전체 시스템을 실행하고 자동 제어 장치를 시뮬레이션하기 위한 환경임



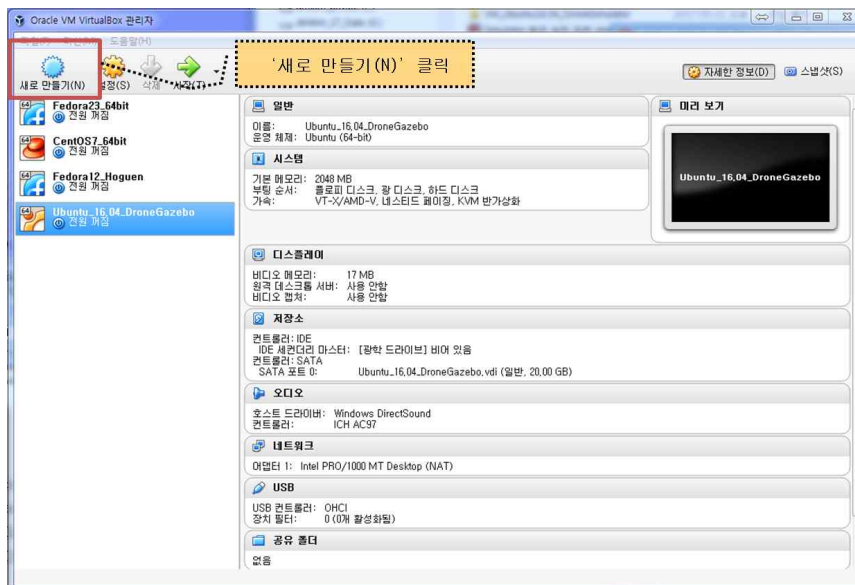
○ SITL Simulation의 Specification

	content	version	etc
H/W	Oracle VirtualBox	v 5.1.22 r115126 (Qt5.6.2) (Qt5.9.0)	Virtual Machine 이용 HDD 20GB, MEMORY 2048MB 구성 모든 환경 구성 시, 약 9.5GB (iso file)
OS	Linux (Ubuntu)	16.04 LTS	ubuntu-16.04.2-desktop-amd64
Software	Gazebo	v7.0	Simulator
	QGroundControl	v3.1.3 v3.2.0	Ground Control Station
	ROS	kinetic	

○ VirtualBox를 이용한 가상머신 환경 구성

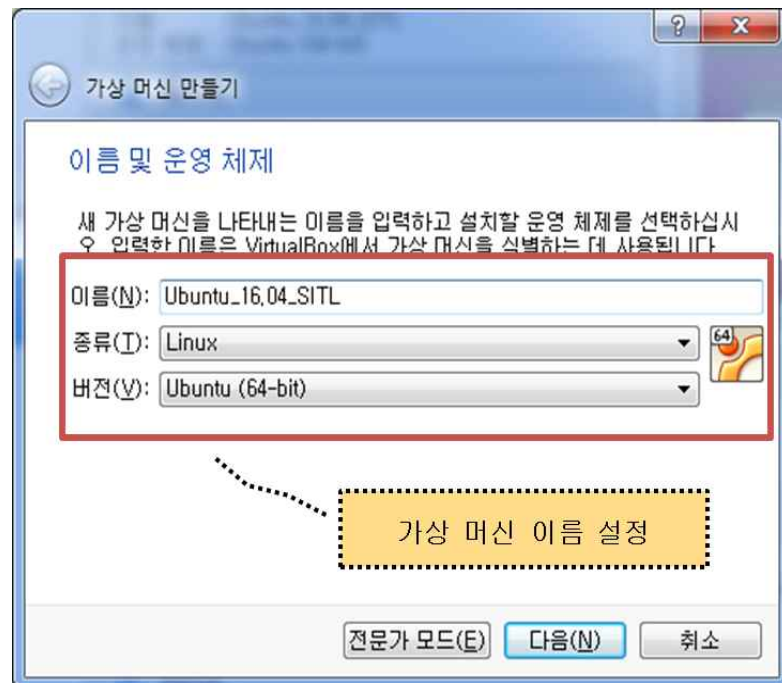
Step 1. 새로운 가상머신 환경 만들기

- VirtualBox 프로그램을 설치 후, 설치 된 VirtualBox를 실행하여 아래와 같은 화면을 확인함. 그 후, 새로 만들기 버튼을 클릭하여 새로운 가상머신 환경 구성을 시작함



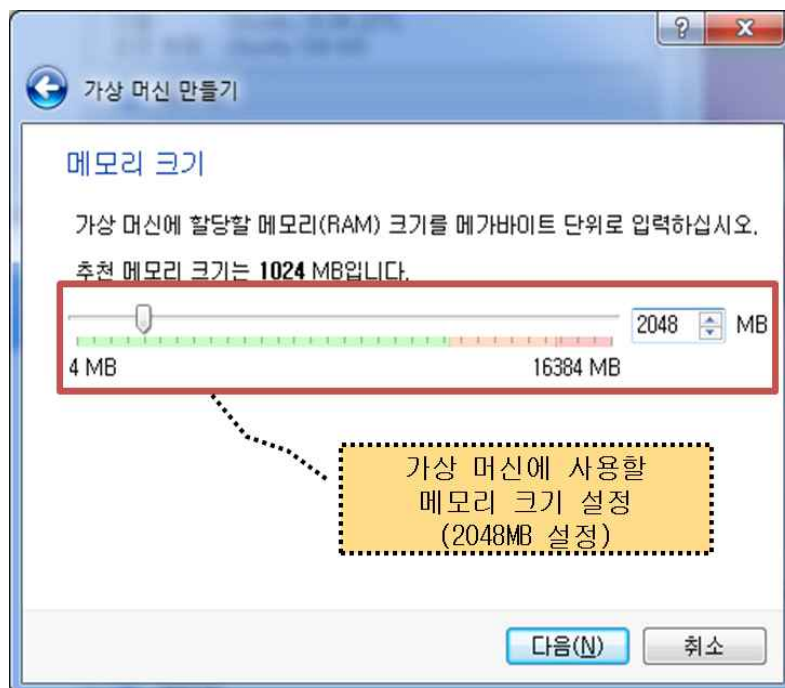
Step 2. 가상머신 이름 설정

- 새로운 가상 머신 이름을 설정하고, 이름은 자유롭게 설정 하되, 종류는 'Linux'로하고 버전은 'Ubuntu (64-bit)' 으로 설정함. 단 가상머신을 설치하려는 Host의 환경에 따라 버전은 'Ubuntu (32-bit)' 등으로 달라질 수 있음. 적당한 이름을 설정하였으면 다음 버튼을 클릭함



Step 3. 메모리 크기 설정

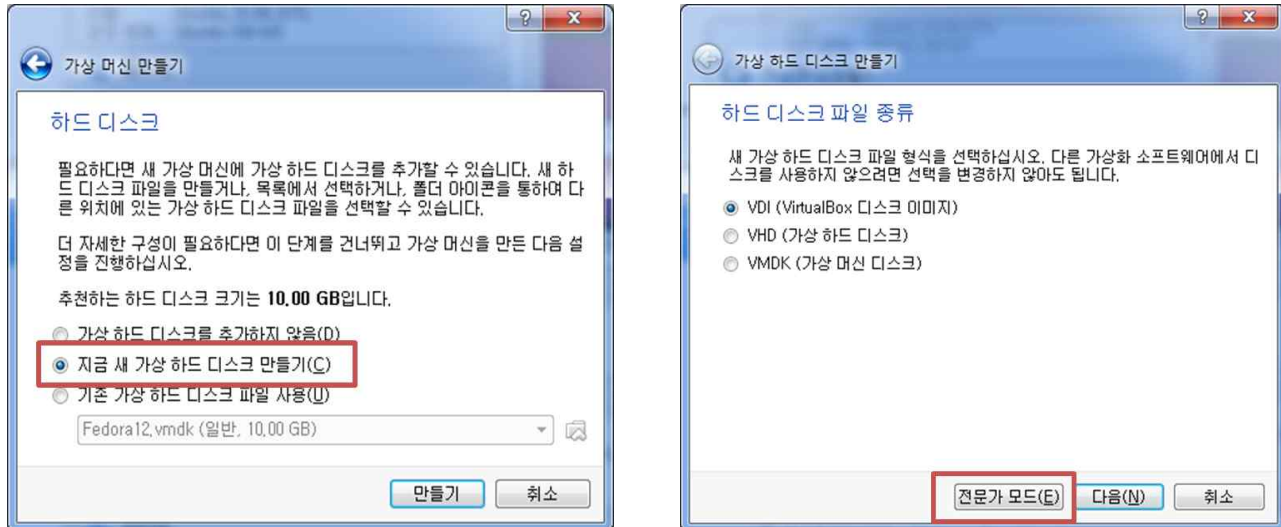
- 가상 머신에서 사용할 메모리 크기를 설정함. 가상 머신이 생성 될 Host의 환경에 따라 메모리 크기는 상이할 수 있으나, 본 매뉴얼에서는 2048MB로 설정함. 참고로 메모리 크기는 가상 머신 생성 후에도 쉽게 변경할 수 있음. 메모리 크기 설정 후, 다음을 클릭함.



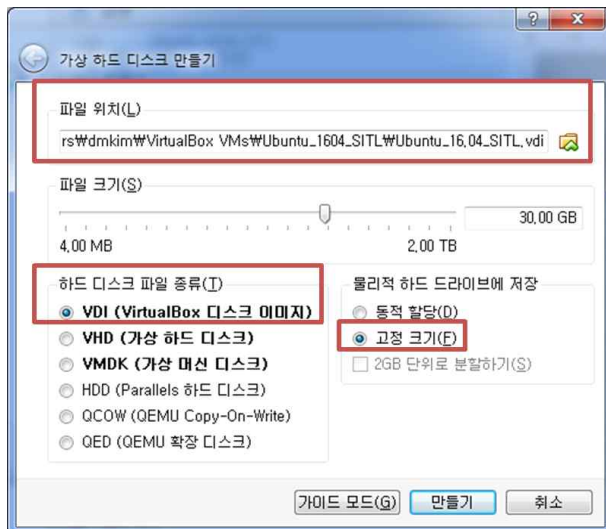
Step 4. 하드디스크 만들기

- 가상 머신에서 사용하게 될 하드디스크를 생성하고, 하드디스크는 메모리와 다르게 가상 머신 생성 후의 속성(크기 등) 변경이 쉽지 않으므로 신중하게 설정하여야 함. 본 설정에서는 가상 머신을 처음 생성하는 상황을 가정한 것이기에, 새로운 가상 하드 디스크를 생성함. 만약 기존에 생성된 가상 하드디스크를 불러오고 싶다면, 기존 가상 하드 디스크 파일을 사용해도 무방함

‘지금 새 가상 하드 디스크 만들기’를 선택 후, 만들기 버튼을 클릭하여 아래의 화면을 확인함



- 전문가 모드에서는 생성하려는 가상 하드디스크의 경로와 크기, 종류 등을 설정할 수 있음. 가상 하드디스크의 경로는 로컬(local)이나 이동식 디스크 등에 설정이 가능함. 파일 크기는 Host의 하드 디스크의 용량에 비례하여 설정할 수 있으나 본 환경 설정을 위해서 30GB의 용량을 설정함



- 하드 디스크 파일의 종류는 VDI(VirtualBox 디스크 이미지)를 선택 하고, 가상 머신을 사용하는 환경(혹은 프로그램)에 따라 하드 디스크 파일 종류의 선택을 다르게 할 수 있으며, 가장 많이 사용하는 파일의 종류는 다음과 같음

- VDI (Virtual Disk Image)

VDI 파일은 Oracle VirtualBox에서만 사용 가능한 포맷 방식으로 하드디스크 타입을 VDI로 선택을 했다면, 생성된 가상 하드디스크를 사용하기 위해서는 반드시 Host에 VirtualBox가 설치되어 있어야 함

- VHD (Virtual Hard Disk)

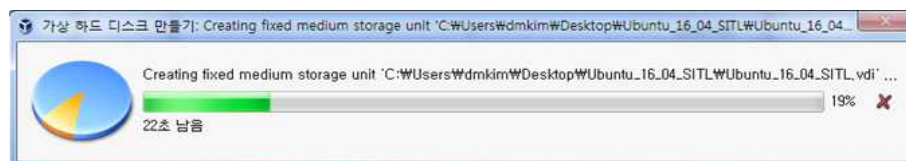
VHD 파일은 Oracle VirtualBox, 마이크로소프트(Microsoft)의 hyper-v, 시트릭스(Citrix)의 Xen에서 구동이 가능한 포맷 방식임. 추가적으로 윈도우7 이상의 OS(운영체제)에서 VHD 파일을 새로 생성하거나 이용하여 물리적 하드디스크를 PC에 연결하여 사용하는 것 같은 방법을 사용할 수 있으며 해당 방법을 사용할 경우, 흔히 OS멀티부팅, PC 백업(Ghost, Trueimage 등등)의 백업이 필요 없음

- VMDK (Virtual Machine Disk)

VMDK 파일은 Oracle VirtualBox, VMWare의 VMWare Player에서 구동이 가능한 포맷 방식임

- 다음으로 가상 하드 디스크의 이미지 저장 방식을 설정해 주고, 동적 할당은 가상 디스크에 용량을 설정한대로 할당하는 것이 아닌 실제 가상 하드 디스크를 사용한 만큼 용량이 증가하게 되는 것임. 반면, 고정 크기는 가상 디스크에 용량을 설정한대로 미리 잡아두고 사용하는 방식임. 두 방식 중에서 하드 디스크에 여유가 있고 조금 더 빠른 사용을 원한다면, 고정 크기를 권장하며 하드 디스크에 용량을 효율적으로 사용하고 싶다면 동적 할당을 선택 하면 됨. 본 설정에서는 고정 크기를 권장함

- 위의 설정을 마치고 '만들기'를 누르면 아래의 진행 창 확인 후, 함께 새로운 가상 머신이 생성됨을 확인할 수 있음

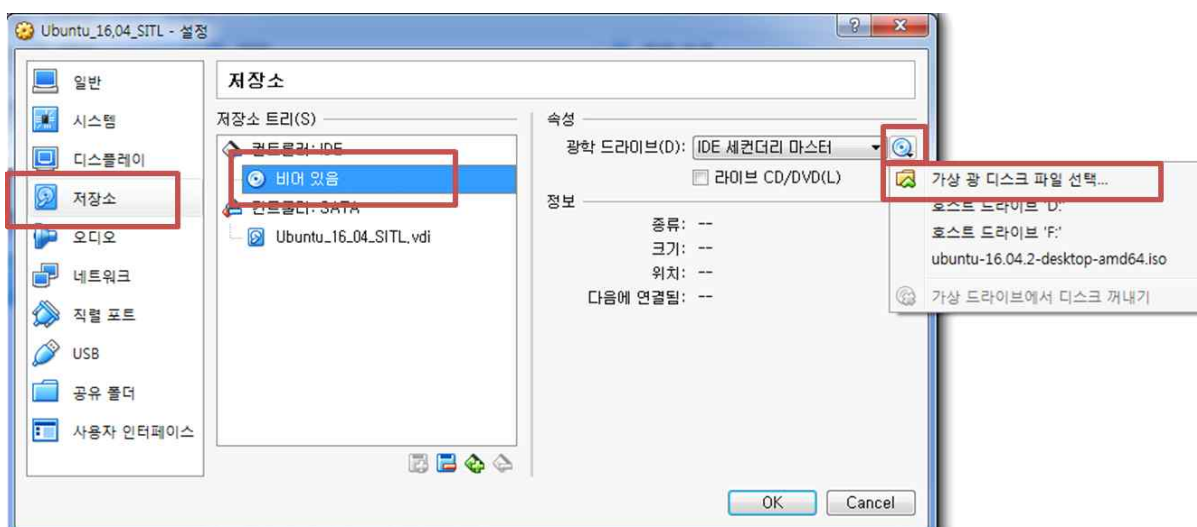


Step 5. 가상 머신에 리눅스(Linux) 설치하기

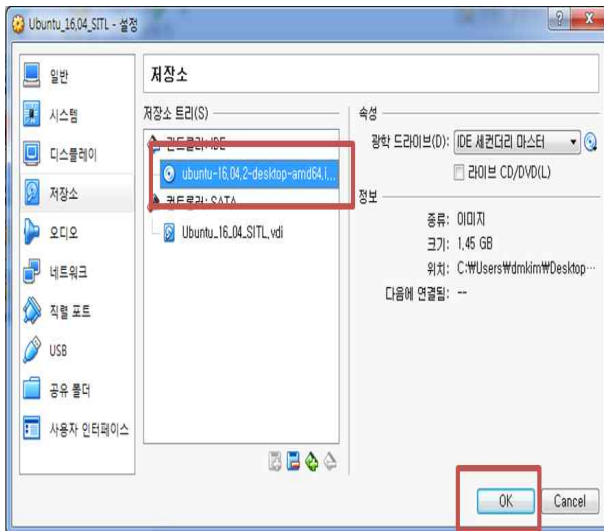
- 본 단계에서는 상위 단계에서 생성 한 가상 머신에 리눅스를 설치하기 위한 방법을 설명함. 리눅스는 Ubuntu 16.04 LTS 버전이며, 만약 다른 종류의 리눅스를 사용해도 무방함(리눅스 설치를 위해 iso 파일은 사전에 준비되어 있다고 가정)
- 리눅스 설치를 위한 설치 파일은 iso(가상 이미지) 파일을 이용하고, 먼저 아래의 그림처럼 생성된 가상 머신을 선택하고, 설정 버튼을 클릭함



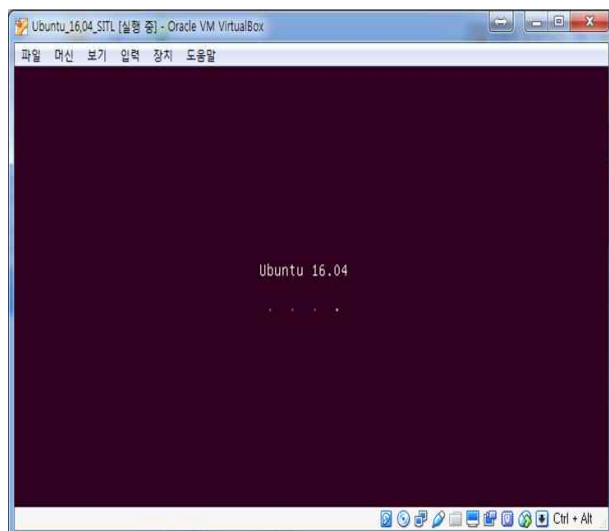
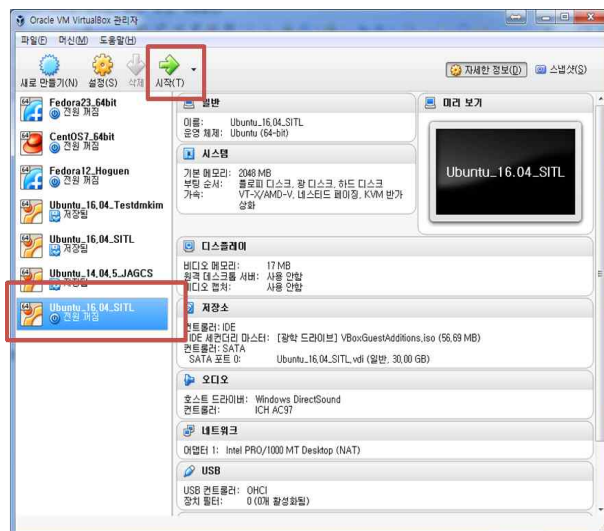
- 왼쪽의 '저장소' 탭에서 가운데 컨트롤러:IDE에서 '비어있음'을 선택하고, 가상 광 디스크 파일을 선택하여 리눅스 설치를 위한 iso 파일을 선택함



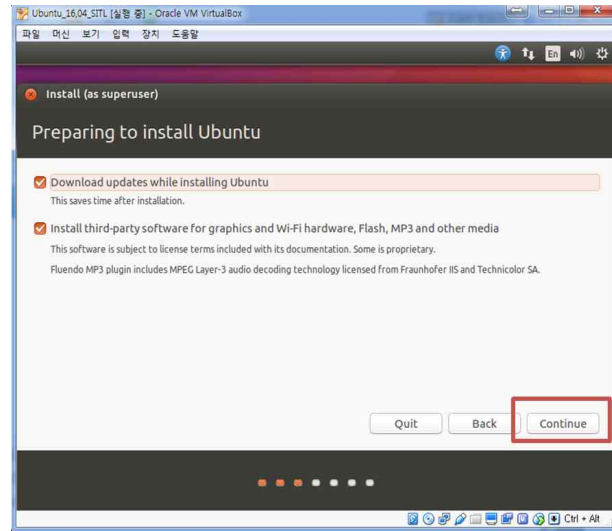
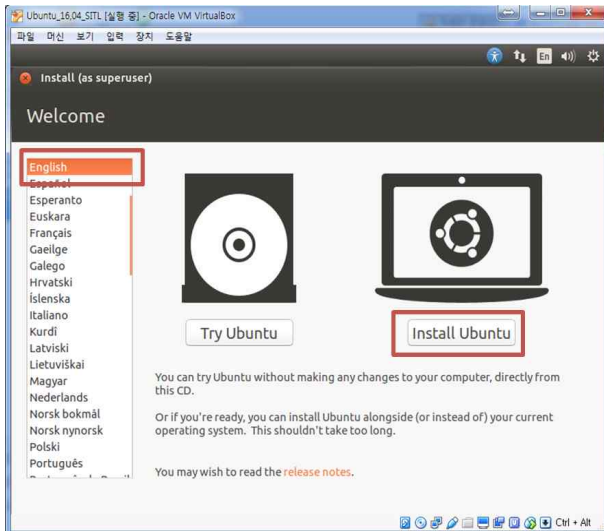
- 올바르게 iso 파일을 선택 했다면, 아래의 그림처럼 해당 가상 머신에 iso 파일이 설정 된 것을 확인할 수 있음



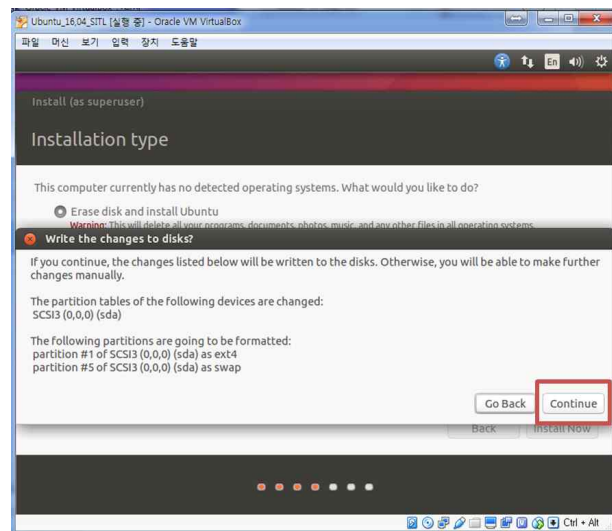
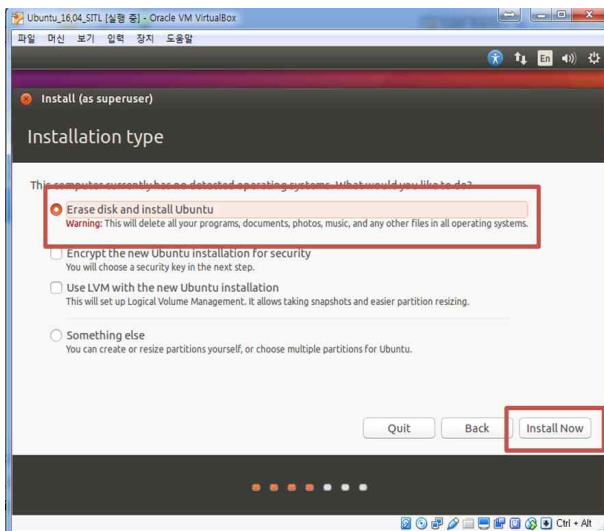
- iso 파일의 설정을 확인 후, 생성 된 가상 머신을 선택 및 '시작' 을 클릭하여 부팅을 시도하고, iso 파일이 올바르게 설정 되었다면, 아래의 부팅 화면을 확인할 수 있음



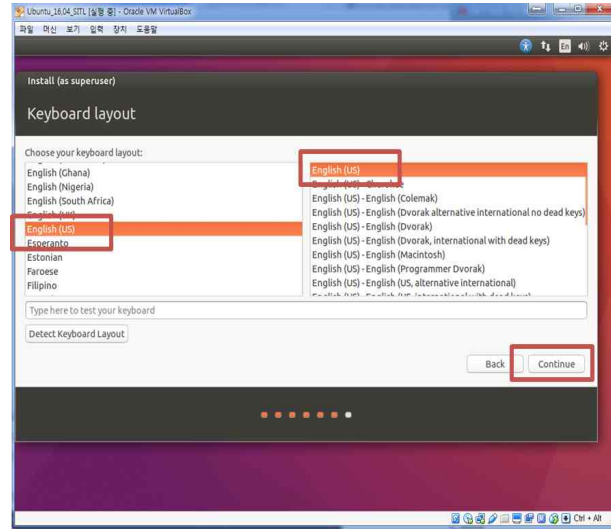
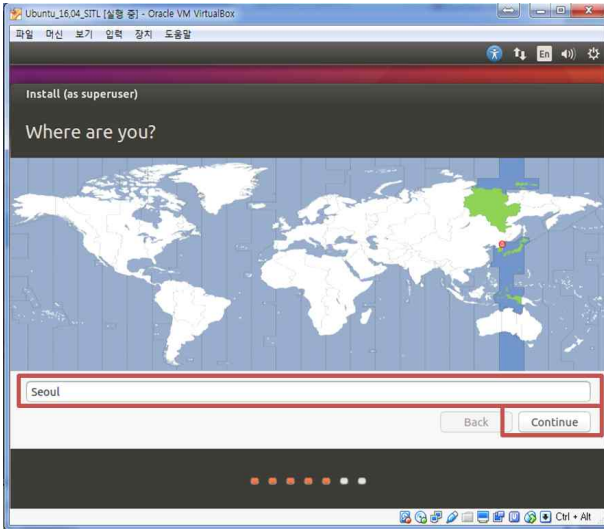
- 아래의 그림을 확인하여 리눅스에서 사용할 언어를 선택하고 'Install Ubuntu' 버튼을 클릭함. 리눅스에서는 향후 환경 설정 및 언어 인코딩 등의 이유로 영어를 주 언어로 사용할 것을 권장함
- 리눅스를 설치하는 과정에서 업데이트 설치 및 기타 응용 프로그램 설치 옵션은 사용자의 선택에 따라 달리 할 수 있음



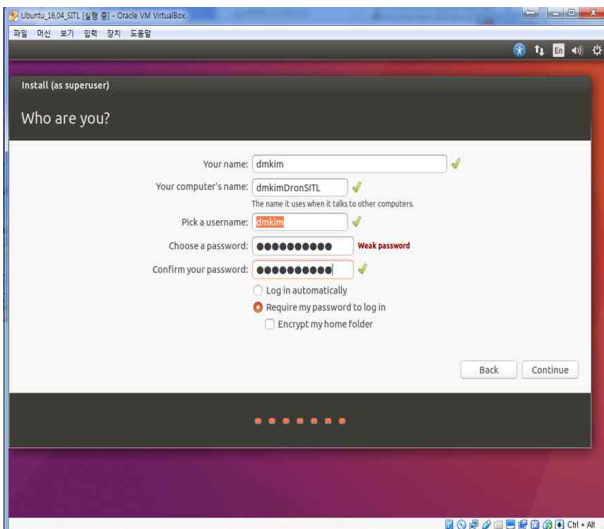
- 리눅스 설치 전, 가상 하드 디스크를 어떻게 사용할 것인지(하드디스크를 포맷 후 리눅스를 설치할 것인지, 혹은 파티션을 생성하여 설치할 것인지 등)를 선택함. 본 환경 설정에서는 'Erase disk and install Ubuntu'를 선택함. 다음 그림에서는 가상 하드 디스크 포맷 후 변경되는 파일 시스템 형식에 대한 안내를 확인 할 수 있음



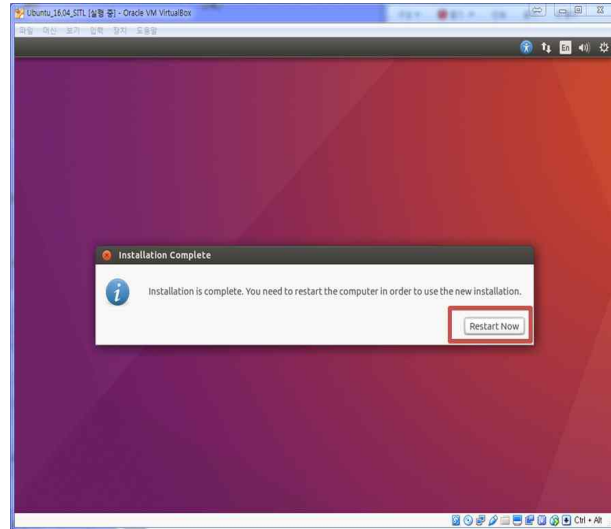
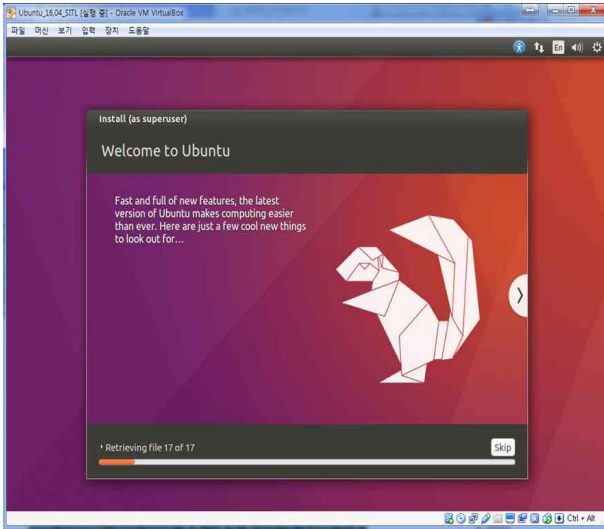
- 리눅스 시스템에서 사용 할 시간 및 키보드 언어를 설정하고, 키보드 언어의 경우 가급적 영어(English)를 선택할 것을 권장함



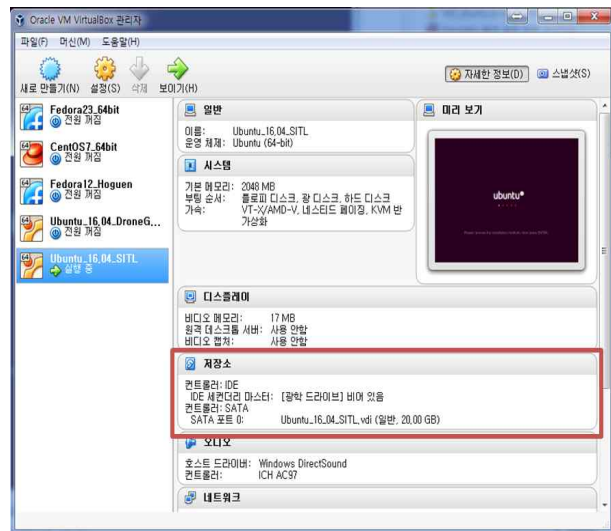
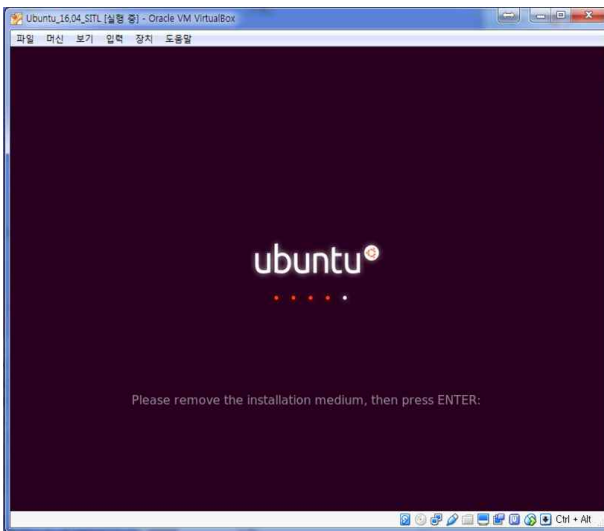
- 다음 단계에서는 리눅스 시스템에서 사용할 계정을 생성함. 여기서 생성되는 계정은 supervisor 권한을 얻게 되고, user-id와 hostname, 그리고 password를 설정하고 continue를 클릭함



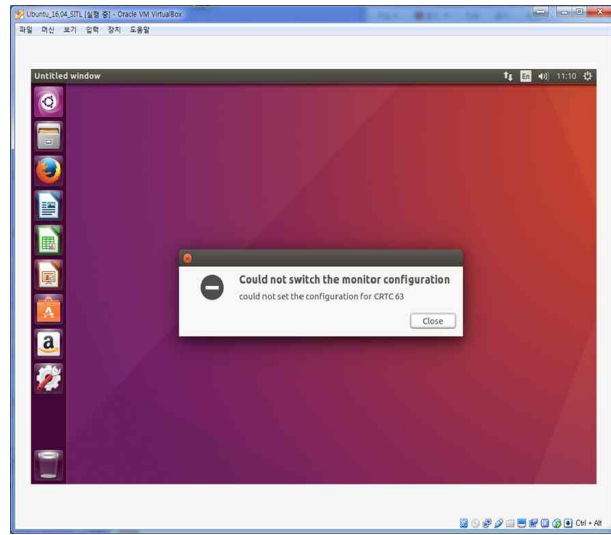
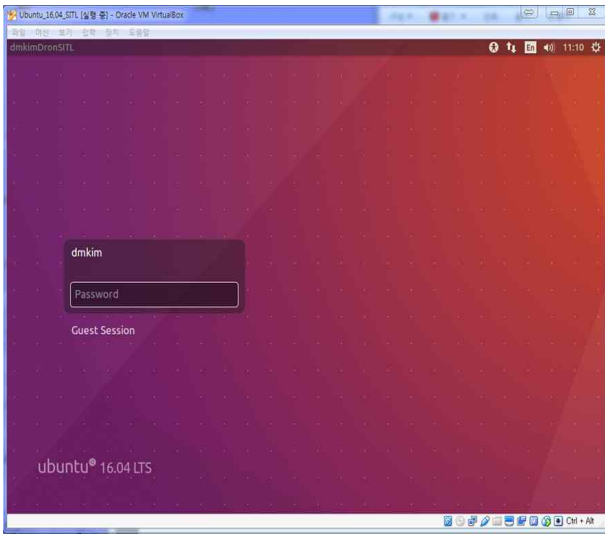
- 계정 생성 후, 리눅스 시스템의 나머지 설치 과정을 확인할 수 있음. 설치가 완료 된다면, 아래의 그림처럼 가상머신 시스템의 재부팅을 요구하는 메시지를 확인할 수 있으며, 'Restart Now' 버튼을 클릭하여 가상머신 시스템을 재부팅 함



- 재부팅 후, 아래와 같은 메시지를 확인할 수 있고, 삽입 된 리눅스 설치 CD를 제거하라는 메시지이나 엔터키를 입력하면, 자동으로 가상머신에서 리눅스 설치 CD(iso 파일)이 제거됨을 확인할 수 있음. 혹시라도 가상머신에서 iso파일이 제거되지 않는다면, 설정에서 iso 파일을 제거해 주면됨

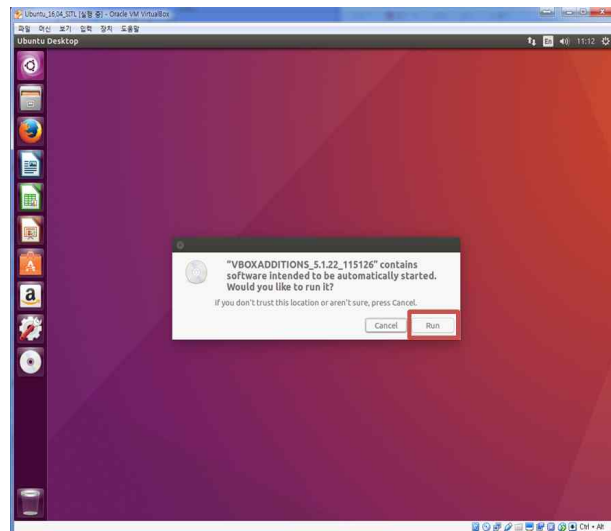
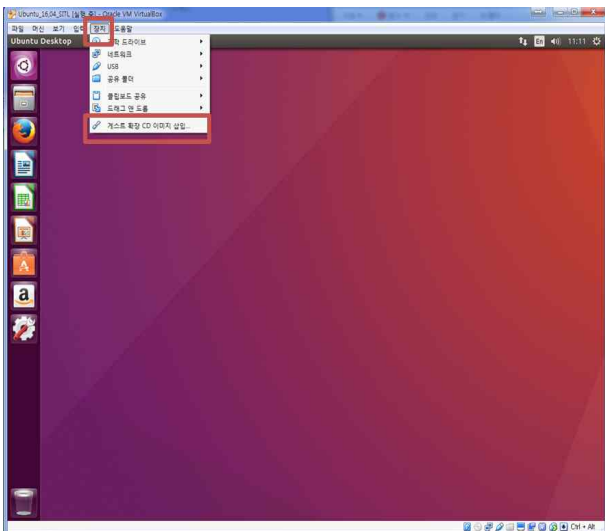


- 부팅이 완료 된다면 아래와 같은 로그인 화면을 확인할 수 있음. 로그인 시 사용자 계정은 앞서 생성 된 계정명이 나타날 것이며, 계정 생성 시 입력 했던 password를 입력하면 리눅스 시스템에 로그인을 할 수 있음
- 로그인 후, 가상머신 화면 윈도우의 크기를 조절 한 다면 아래와 같은 메시지를 확인할 수 있으나 해당 메시지는 무시해도 좋음. 메시지 확인 후, 가상머신 화면 윈도우의 크기에 맞추어 리눅스 시스템의 해상도가 변경 된 것을 확인할 수 있을 것임

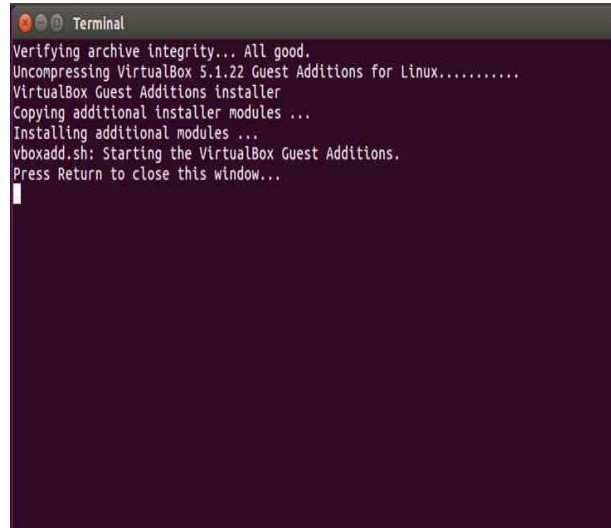
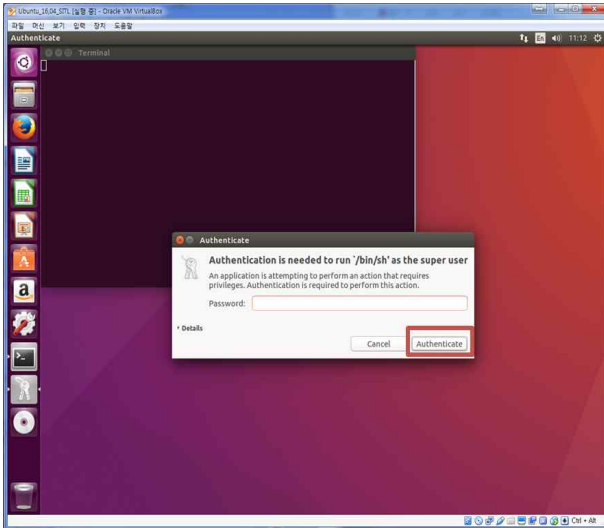


Step 5. 가상머신의 편리한 사용을 위한 게스트 확장 설치 및 클립보드 공유 설정

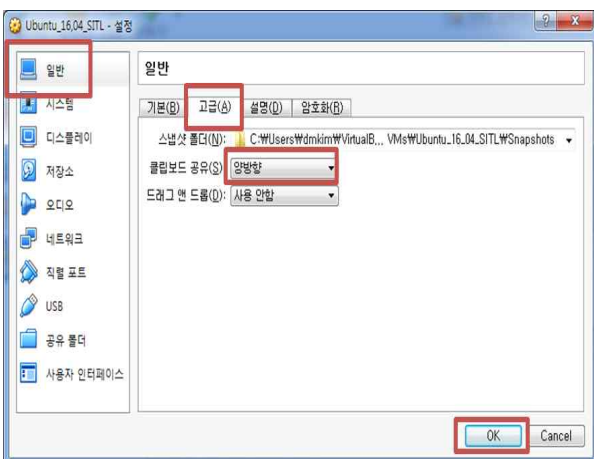
- Host의 자원을 쉽게 공유하기 위해 '게스트 확장 Tool' 을 설치함. 아래의 그림처럼 가상머신 화면에서 확인 가능한 메뉴 바(Menu Bar)에서 '장치', '게스트 확장 CD 이미지 삽입' 을 클릭하고 올바르게 게스트 확장 이미지가 삽입 되었다면 아래(오른쪽)에서 보이는 메시지를 확인할 수 있음. 메시지 확인 후, 'Run' 버튼을 클릭함



- 'Run' 버튼을 클릭 하면 아래의 화면처럼 메시지를 확인할 수 있는데, 이는 리눅스 시스템의 추가적인 유틸리티 설치를 위해 supervisor의 password를 입력하라는 메시지임. 앞서 계정 생성에서 설정한 password를 변경하지 않았다면, 생성 시 기입했던(혹은 로그인 했던) password를 입력함. 올바르게 password를 입력 했다면, 게스트 확장 유틸리티가 정상적으로 설치되는 과정을 확인할 수 있음. 만약 설치 과정에서 실패 되는 메시지를 확인 한다면, 아래의 두 가지 경우를 확인해야 함
- VirtualBox의 최신 버전 확인 후, 그렇지 않을 경우 최신버전으로 업데이트
- 만약 설치 메시지 중, 'Building the main Guest Additional module [failed]' 를 확인한다면, kernel sources와 kernel-devel, make, gcc 등 확인 후, Development Tools를 추가 설치한 후, 다시금 게스트 확장 유틸리티 과정을 반복함



- 아래 그림은 가상머신을 보다 편리하게 사용할 수 있는 팁으로써 Host(윈도우)와 Target(가상머신 -Linux) 간 클립보드를 공유하기 위한 설정이다. 가상머신 종료 후, 해당 가상머신의 설정에서 '일반' 탭의 '고급'에서 클립보드 공유를 '양방향' 또는 원하고자 하는 클립보드 공유 속성을 설정 후, 'OK'를 클릭함. 올바르게 설정 되었다면, 다시 가상머신을 부팅하여 리눅스 시스템을 설정 할 때, 앞서 설정 된 속성에 따라 클립보드를 공유하여 사용할 수 있음



○ MAVLink message frequency

- PX4 Firmware의 코드 내용을 보면 MAVLink message마다 PX4가 GCS로 전송하는 message frequency에 관한 내용이 있음(./Firmware/src/modules/mavlink/mavlink_main.cpp: 2022 line)
- 본 내용은 PX4의 몇 가지 mode중에서 Normal Mode와 Onboard Mode임
- frequency는 (1000000.0f / Frequency Rate)us 로 표기함
- Normal Mode와 Onboard Mode 둘 다 공통적으로 보내는 message 및 message frequency rate는 다음과 같음

Message Type	Frequency Rate
HEARTBEAT	1.0f
STATUSTEXT	20.0f

- Normal Mode에서 보내는 message 및 message frequency rate는 다음과 같음

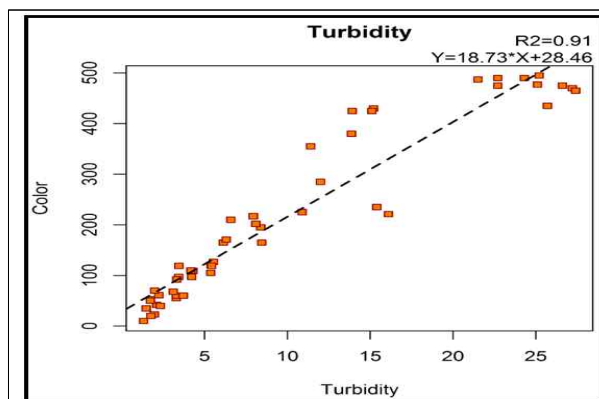
Message Type	Frequency Rate
SYS_STATUS	1.0f
EXTENDED_SYS_STATE	1.0f
HIGHRES_IMU	1.5f
ATTITUDE	20.0f
RC_CHANNELS	5.0f
SERVO_OUTPUT_RAW_0	1.0f
ALTITUDE	1.0f
GPS_RAW_INT	1.0f
DISTANCE_SENSOR	0.5f
OPTICAL_FLOW_RAD	1.0f
VISION_POSITION_ESTIMATE	1.0f
ESTIMATOR_STATUS	0.5f
NAV_CONTROLLER_OUTPUT	1.5f
GLOBAL_POSITION_INT	5.0f
LOCAL_POSITION_NED	1.0f
POSITION_TARGET_LOCAL_NED	1.5f
POSITION_TARGET_GLOBAL_INT	1.5f
ATTITUDE_TARGET	2.0f
HOME_POSITION	0.5f
NAMED_VALUE_FLOAT	1.0f
DEBUG	1.0f
DEBUG_VECT	1.0f
VFR_HUD	4.0f
WIND_COV	1.0f

- Onboard Mode에서 보내는 message 및 message frequency rate는 다음과 같음

Message Type	Frequency Rate
SYS_STATUS	5.0f
EXTENDED_SYS_STATE	5.0f
HIGHRES_IMU	50.0f
ATTITUDE	100.0f
ATTITUDE_QUATERNION	50.0f
RC_CHANNELS	20.0f
SERVO_OUTPUT_RAW_0	10.0f
ALTITUDE	10.0f
DISTANCE_SENSOR	10.0f
OPTICAL_FLOW_RAD	10.0f
VISION_POSITION_ESTIMATE	10.0f
ESTIMATOR_STATUS	1.0f
NAV_CONTROLLER_OUTPUT	10.0f
GLOBAL_POSITION_INT	50.0f
LOCAL_POSITION_NED	30.0f
POSITION_TARGET_GLOBAL_INT	10.0f
ATTITUDE_TARGET	10.0f
HOME_POSITION	0.5f
NAMED_VALUE_FLOAT	10.0f
DEBUG	10.0f
DEBUG_VECT	10.0f
VFR_HUD	10.0f
WIND_COV	10.0f
POSITION_TARGET_LOCAL_NED	10.0f
SYSTEM_TIME	1.0f
TIMESYNC	10.0f
CAMERA_CAPTURE	2.0f
ACTUATOR_CONTROL_TARGET0	10.0f

○ 클로로필 영상 구축에 따른 탁도 보정

- 본 연구에서는 녹조 측정시 탁도에 따른 데이터 신뢰성을 확보하기 위해 실제 녹조가 있는 수계의 샘플을 대상으로 클로로필과 탁도의 상관관계를 산출하여 클로로필 측정시 탁도에 대한 영향을 최소화 하였음



```
Call:
lm(formula = DAT$color ~ DAT$chl)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-176.24  -35.57  -13.16   21.36  184.43

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  16.3646    14.5293   1.126   0.266
DAT$chl       3.4404     0.1976  17.408 <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 63.01 on 48 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.8633,    Adjusted R-squared:  0.8604
F-statistic: 303 on 1 and 48 DF, p-value: < 2.2e-16
```

(1) 저작권등록

제 C-2018-004821 호	
	
저작권 등록증	
1. 저작물의 제호(명칭)	MAVLink(마브링크) 프로토콜 기반의 무인기 기본 제어 및 통신 프로그램
2. 저작물의 종류	컴퓨터프로그램저작물>응용프로그램
3. 저작자 실명(법인명)	한국외국어대학교 연구산학협력단 경기도 용인시 처인구 외대로
4. 생년월일(법인등록번호)	134571-0003947
5. 창작연월일	2018년02월09일
6. 공표연월일	2018년02월09일
7. 등록연월일	2018년02월21일
8. 등록사항	저작자 : 한국외국어대학교 연구산학협력단, 창작 : 2018.02.09, 공표 : 2018.02.09
『저작권법』 제53조에 따라 위와 같이 등록되었음을 증명합니다.	
2018년 02월 22일	
	한국저작권위원회 
MAVLink(마브링크) 프로토콜 기반의 무인기 기본 제어 및 통신 프로그램	

제 C-2018-004820 호



저작권 등록증

- | | |
|-----------------|---|
| 1. 저작물의 제호(명칭) | 무인 보트용 다중 센서 데이터 수집 모듈 |
| 2. 저작물의 종류 | 컴퓨터프로그램저작물>응용프로그램 |
| 3. 저작자 설명(법인명) | 한국외국어대학교 연구산학협력단
경기도 용인시 처인구 외대로 |
| 4. 생년월일(법인등록번호) | 134571-0003947 |
| 5. 창작연월일 | 2018년02월09일 |
| 6. 공표연월일 | 2018년02월09일 |
| 7. 등록연월일 | 2018년02월21일 |
| 8. 등록사항 | 저작자 : 한국외국어대학교 연구산학협력단,
창작 : 2018.02.09, 공표 : 2018.02.09 |

「저작권법」 제53조에 따라 위와 같이 등록되었음을 증명합니다.

2018년 02월 22일



한국저작권위원회



무인 보트용 다중 센서 데이터 수집 모듈

제 C-2018-000385 호



저작권 등록증

- | | |
|-----------------|--|
| 1. 저작물의 제호(명칭) | 녹조정밀진단프로그램 |
| 2. 저작물의 종류 | 컴퓨터프로그램저작물>응용 프로그램>과학기술>통계분석용 S/W |
| 3. 저작자 성명(법인명) | 조문호
경기도 성남시 중원구 사기막골로 |
| 4. 생년월일(법인등록번호) | 1966년01월10일 |
| 5. 창작연월일 | 2017년12월22일 |
| 6. 공표연월일 | 2017년12월26일 |
| 7. 등록연월일 | 2018년01월04일 |
| 8. 등록사항 | 저작자 : 조문호,
참작 : 2017.12.22, 공표 : 2017.12.26 |

『저작권법』 제53조에 따라 위와 같이 등록되었음을 증명합니다.

2018년 03월 26일

이 위치에 복사방지마크가 부착됩니다.

한국저작권위원회



녹조정밀진단 프로그램

(2) 논문발표

A study of Unresolved Complex Mixture (UCM) in crud oil contaminated soil by thermal desorption treatment Haemin Keum¹ · Minseok Song¹ · Guyoung Kang^{1*} Department of Environmental Science, Hankuk University of Foreign Studies * kanggy@hufs.ac.kr 1. Introduction Kuwait oil contaminated soils have been left for 25 years after the war in Iraq. Natural weathering and biodegradation break down crude pollutants and create new compounds, resulting in very slow biological degradation. Unresolved Complex Mixture (UCM) Is present at a high concentration and there are many difficulties in achieving the concentration to be treated in the recovery of the biological crude oil contaminated soil. This study investigated the changes of TPH, PAHs, Alkylated PAHs and UCM concentrations after the low - temperature thermal desorption treatment to evaluate the treatment and behavior of UCM remaining after the bio - washing process and Biopile treatment of the oil contaminated soil in Kuwait.	Remediation of contaminated soil by crude oil Using thermal desorption Min seok Song · Tea in Kim · Gu Young Kang[*] Department of Environmental Science, Hankuk University of Foreign Studies 1. Introduction After the war in Iraq, about 800 oil wells on the coast of Kuwait were destroyed and more than 300km² was contaminated with crude oil. As a method to purify the contaminated soil from crude oil, the Biowashing-Biopile coupling process was carried out on a semi-pilot scale using a microorganism culture solution obtained by cultivation of indigenous microorganisms in crude oil contaminated soil in a previous study. As a result, it was confirmed that TPH (Total Petroleum Hydrocarbon) was removed more than 80%.¹⁾ By GC-FID analysis, However, it is confirmed that UCM(Unresolved Complex Material) is not efficiently removed. UCM is produced during the natural weathering or erosion of soil contaminated with crude oil and is toxic to marine ecosystems²⁾. As a result of the previous study through the oven, the most efficient UCM treatment was confirmed at 300°C for 30 minutes. In this experiment, the heat was applied to the tube indirectly in a closed tube of (Ø2cm × 25cm) for 30min, and the generated gas was collected in 30ml of hexane(Fig.1)³⁾. As a result of GC-FID analysis, UCM decreased from the initial about 1000mg/Kg to less than 100 mg/Kg (Fig.2). The result shows that the addition of the thermal desorption process following the Biowashing-Biopile coupling process can provide a more reliable contamination purification method.
2017 토양지하수학회 추계 학술대회 A Study on Optimum Wavelength Selection of Chlorophyll-a for UAV Image Processing 안현정¹ · 이성준¹ · 추연우¹ · 김태인¹ · 하흥주¹ · 송민석¹ · 금래인¹ · 강구영^{1*} 한국외국어대학교 환경학과 Department of Environmental Science, Hankuk University of Foreign Studies 1. Introduction 녹조 현상은 기후 변화에 의한 온도 상승, 질소와 인 등의 과다한 영양염류 유입, 비점오염원의 증가, 하천 환경 변화로 인한 유속 감소 등의 복합적인 요인으로 조류(藻類, algae)가 주요 하천 및 호소 등에 과다 증식하는 현상을 말한다.¹⁾ 조류는 1차 생산자로서 수생태계 먹이사슬의 중요한 위치에 있다. 그러나 비이성적 대량 증식을 통해 발생하는 담조류에 의한 녹조 현상은 간 손상을 일으킬 수 있는 Microcystin 배출, 이취미(異臭味)로 인한 불쾌감, 정수처리공정 방해, 수질저하, 탁도 증가, CO₂ 고갈로 인한 pH 상승, 유해녹조 사멸시 발생하는 DO 감소와 암모니아의 독성 등으로 인한 피해가 발생된다.²⁾ 녹조 현상은 광역적으로 발생되기 때문에 현장대응이 불가능하고 공간적인 제약 때문에 즉각적인 대응이 어려운 현상이다. 그러나 UAV(Unmanned Aircraft Vehicle)를 활용한 실시간 분석과 광범위한 Image processing 기법을 통하여, 녹조 확산 속도와 경향을 예측하여 선제적 녹조 대응을 할 수 있다. Chlorophyll-a는 광합성을 하는 모든 식물에 들어있는 색소로서 광합성의 핵심 분자이고 조류의 색소 중 가장 높은 비율을 차지한다. 따라서 수계에 존재하고 있는 Chlorophyll-a 농도를 조사하면 조류현상의 변동을 모니터링 할 수 있다.^{3,4)} 본 연구는 UAV Image Processing을 이용한 녹조관리의 기초 연구로서, <i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>에서 Chlorophyll-a를 추출하여 최적 검출 파장에 대한 연구를 수행하였다.	2017 토양지하수학회 추계 학술대회 3D Image Processing UAV-based technology with comprehensive water management system 이성준¹, 추연우¹, 조은혜¹, 김동민², 이병국², 김정국², 조상영², 박영철², 김태인¹, 강구영^{1*} 조운호³, 전진우³ 1. 한국외국어대학교 자연과학대학 환경학과 2. 한국외국어대학교 공과대학 컴퓨터공학과 3. 롯데첨단과학기술연구원 *e-mail : Kanggy@hufs.ac.kr 1. 서론 국내 하천관리는 크게 자연적, 정책적, 사회적 측면을 고려한 관리계획이 수립되어 적절한 범위 및 대상, 주체 및 조직 등을 설정하여 체계를 마련하고 있다. 하지만 하천과 관련된 조사 및 관측체계는 생공측수, 농민측수, 지하수, 수질, 수량별 구분에 따라 국토교통부, 환경부, 수자원공사 등으로 다분화되었으며, 이러한 체계로 인하여 수리수문 자료의 조사 관측에 있어 일관성이나 통일성이 미흡하고 자료 관리의 효율성이 낮은 수준이라 평가되고 있다. 우리나라 하천의 생태적 특성을 고려한 '하천 건전성 확보'라는 분야의 최종목표 달성을 위해서는 기존의 고전적 하천관리 체계와 더불어 시·공간적 제약을 뛰어넘는 새로운 개념의 하천환경 관리체계가 필요하다.
2017 토양지하수학회 추계 학술대회 Study on the Integrated Water System Management based on Unmanned Aerial Vehicle using Image Processing Technology 추연우¹, 이성준¹, 조은혜¹, 김동민², 이병국², 김정국², 조상영², 박영철², 김태인¹, 강구영^{1*} 임수범³, 이상수³ 1. 한국외국어대학교 자연과학대학 환경학과 2. 한국외국어대학교 공과대학 컴퓨터공학과 3. (주)동원측량설계연구소 *e-mail : Kanggy@hufs.ac.kr 1. 서론 최근 무인비행체를 이용한 연구는 다양한 환경과 산업분야에 적용되어 지고 있다. 특히, Image Processing 기법은 측량, 토양환경, 수질, 대기, 환경 분야에서도 많은 적용이 증가다.¹⁾ 본 연구에서는 무인비행체를 이용, Image Processing 기술을 활용하여 국토경보 요소 중 수계를 대상으로 연구를 수행하였다. 본 연구에서 촬영한 장소는 경기도 광주시 피촌면 경안천 수계 생태공원이다. 촬영한 결과로 연구를 진행, 무인 비행체(FireFly 6s)에 부착된 카메라(Micasense Red Edge)를 이용하여 수계(하천, 호소) 이미지를 촬영, 촬영된 이미지를 정사영상(Othromosaic)으로 병합 후 정사영상을 가지고 수면에 비치는 녹조와 간접적으로 연관이 있는 클로로필 a 농도에 따른 정규 식생지수NDVI : Normalized Distribution Vegetation Index) 값을 적용해보고자 하였다.	2017 토양지하수학회 추계 학술대회 Study on correlation of Chlorophyll-a, turbidity and color for UAV Image Processing 하흥주¹, 추연우¹, 이성준¹, 김동민², 이병국², 김정국², 조상영², 박영철², 안현정¹, 강구영^{1*} 1. 한국외국어대학교 자연과학대학 환경학과 2. 한국외국어대학교 공과대학 컴퓨터공학과 1. 서론 하천이나 강에서 조류의 대량 번식으로 인해 발생하는 녹조는 국가적 문제로 제기되고 있다. 녹조로 인해 발생하는 피해를 줄이기 위해서는 발생현황을 파악하고 녹조발생시 빠른 대응체계 마련이 필요하다. 국내에서는 조류 집중발생 구간에 실험시설인 Mesocosm을 설치하여 실제 환경과 같은 조건에서 조류발생을 조사하였다. 하지만 특정 지역에 있는 정보로 전반적인 조류 발생을 알기에는 한계가 있다(1). 이를 보완하기 위해서 항공기에서 촬영한 초분광영상(Hyperspectral Imagery)을 활용하여 전 수역의 조류 분포 상향을 파악할 수 있는 먼다원의 Remote monitoring 기법도 개발 중에 있다. Image Processing 기법은 재난재해, 토양환경, 수질, 대기 등 환경 분야에도 많은 적용이 시도 되고 있다(2),(3). 무인항공기를 이용하여 녹조 모니터링을 하여 수질 관리 능력을 향상하고자 하는 연구가 많이 진행되고 있다(4). 하지만 Remote sensing을 이용하여 탁한 물에서 클로로필-a를 정확히 측정하는 것은 광학적인 복잡요소의 장애로 인해 어려운 실정이다. 본 연구에서는 무인비행체를 이용한 Image Processing 기술을 활용하여 촬영된 이미지를 이용, Image Response 예측 값들 Database화하여 수질오염공정시험기준에 준한 클로로필-a 분석을 통해 농도, 색도차, 탁도차, 조도 값의 따른 Database값을 검증해보고자 하였다.
2017 토양지하수학회 추계 학술대회 MAVLink 프로토콜 기반의 드론 제어를 위한 소형 지상관제시스템 설계 및 구현에 관한 연구 김동민¹, 이병국², 조운하², 김정국² 한국외국어대학교 컴퓨터보안전자시스템학과 gmin@hufs.ac.kr, jgycho@naver.com, gji12@naver.com, jgkim@hufs.ac.kr A Study on the Design and Implementation of Small GCS for Drone control based on the MAVLink Protocol Dongmin Kim¹, Rhee Byunguk, Cho Youngah, Jungguk Kim Dept. of Computer Science & Electronic Engineering Hankuk University of Foreign Studies (Hufs) 요 약 보통의 드론 비행은 수동적 비행보다 특정한 목적을 수행하는 미션 기반의 비행을 지향하기 때문에, 드론 비행 시스템을 구성하는 비행제어 지상관제시스템(GCS, Ground Control System)은 필수적이 되었고, 현재와 지상관제시스템은 QGroundControl, ArduPilot, Open Source로 다양하게 제공되고 있다. 이 기능에 특화된 프로그램이다. 그러나 성능 향상을 위한 연구 목적에는 다소 미흡한 실정이다. 이에 본 연구에서는 지상관제시스템의 성능 개선을 위하여 기존 제어 기능을 수행하는 소형 지상관제 시스템을 설계 및 구현을 위한 연구 내용을 소개하고자 한다.	2017 토양지하수학회 추계 학술대회 Library Optimization for Embedded Systems Using Open Tools Sang-Young Cho Division of Computer & Electronic Systems Engineering, Hankuk University of Foreign Studies, Yongin, Gyeonggi, Korea sycho@hufs.ac.kr Abstract Program optimization is the process of modifying a software system to make some aspect of it work more efficiently or use fewer resources. In this paper, we describe the process of a library optimization to reduce the memory consumption of the UI software of embedded systems. The overall optimization uses freeware tools. The original Qt library of 19.57 MB was optimized to be 7.26 MB in program image size. Keywords: software optimization, open source library, freeware tool, embedded system. 1. Introduction In general, software engineers have been trying to optimize computer programs so that a program executes more rapidly. It is capable of operating with Since the open source library is aiming to be used in various applications, it usually contains too many unused functions for a specific application. This leads to many dead codes that are not used in a prototype software if the software contains the whole library. To minimize memory usage, we should remove unused modules, files, functions, and variables, but this is not a simple task for large libraries. Therefore, tools and systematic methodologies for dead code elimination are needed [3]. In this paper, we describe the process of a library optimization to reduce the memory consumption of the UI software of embedded systems. The overall optimization uses freeware tools and includes optimization techniques to compensate for operation imperfections in the target system. 2. Optimization target and tools
2017 한국소프트웨어종합학술대회	2018 ICEIC

Mathematical methods to locate touch points using laser optic modules

Sang-Young Cho

Abstract—An interactive whiteboards are used in a variety of settings, including in classrooms, in corporate board rooms, in training rooms, in broadcasting studios, and others. Interactive whiteboard implementation is heavily dependent on touchscreen technologies. Existing technologies are suffering from high manufacturing cost, low resolution, screen size scalability when the display screen size is over 100 inches. In this paper, we introduce a new interactive whiteboard system that uses laser modules. The operational principal of the system is similar to that of the camera-based optic system. However, our system positions touches more accurately by using laser emitter and detector, and its operation is simpler due to the absence of image processing. We derived several expressions based on trigonometry calculation to operate the whiteboard including locating laser sensors, screen positioning, calibration, distortion detection, and point locating. With the simplest form of expressions, the operating hardware has little burden to consume software time.

Keywords—calibration, laser sensor, touchscreen, interactive whiteboard.

1. INTRODUCTION

An interactive whiteboard is a large interactive display in the form factor of a whiteboard. It can either be a standalone touchscreen computer used independently to perform tasks and operations, or a connectable apparatus used as a touchpad to control computers from a projector. They are used in a variety of settings, including classrooms at all levels of education, in corporate board rooms and work groups, in training rooms for professional sports coaching, in broadcasting studios, and others [1].

Interactive whiteboard implementation is heavily dependent on touchscreen technologies such as resistive, surface acoustic wave, capacitive, infrared grid, infrared acrylic projection, and optical imaging [2]. A touchscreen is an input and output device normally layered on the top of an electronic visual display of an information processing system. A user can give input or control the information processing system through simple or multi-touch gestures by touching the screen with a special stylus or one or more fingers [3].

This work was supported in part by a grant (16CTAP-C117026-01) from Technology Advancement Research Program funded by Ministry of Land, Infrastructure and Transport of Korean government. This work was supported in part by Hankuk University of Foreign Studies Research Fund of 2018.

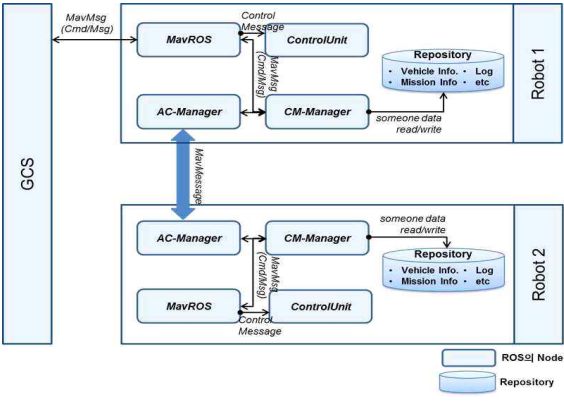
S.-Y. Cho is with the Division of Computer & Electronic Systems Engineering, Hankuk University of Foreign Studies, Yongin, Gyeonggi, 17035, South Korea (corresponding author to provide phone: +82-10-3331-4298; e-mail: sycho@hufs.ac.kr).

Resistive technology is the first generation of touchscreens [4]. It uses two transparent electrically resistive layers. When the user touches the screen, the two layers are connected at the touch point and work as voltage dividers, and the touch location is then calculated. The technology has disadvantages of poor durability and optical quality, and lack of multi-touch. In capacitive-based touch panels, electrodes are arranged as rows and columns and are separated by an insulating material [5]. Capacitive touch panels are most commonly used in smartphones because they support multitouch without altering the visibility and transparency of the display. It suffers from high manufacturing cost when the screen size is large. In surface acoustic wave schemes, the touch position is detected by acoustic waves [6]. It has lower cost, better optical performance, higher durability, and easier integration compared to capacitive method but it requires heavy force for touch and bezel to cover reflectors. In the infrared grid scheme, two adjacent sides of a touch screen are equipped with light emitting diodes, which face photodetectors on the opposite sides, forming an infrared grid pattern [7]. This technology is not suitable for interactive whiteboard applications because of inadequate resolution, slow speed, and limited touch object size.

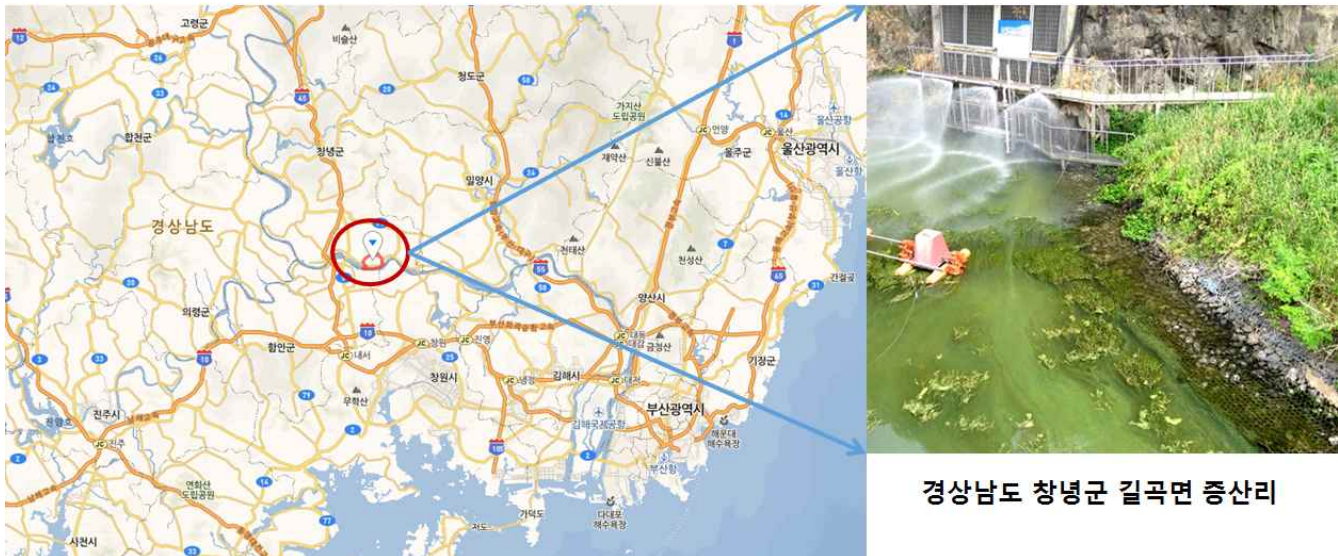
In camera-based optical touchscreen, a peripheral backlight is provided via IR LEDs in the corners of the screen with a retroreflector around the periphery of the screen. As a result of the retroreflectors, light is radiated from the edges of the screen across the surface of the screen. Cameras are placed in two or more corners of the screen; when a finger touches the screen, the peripheral light is blocked and a shadow is seen by the cameras. Then touch position is calculated with image processing and trigonometry [8]. It has advantage of lower cost for larger touch screen but suffers from low resolution. Currently, there are many researches for human-machine interaction beyond 2-D touch interface [9].

An interactive whiteboard can use a touchscreen computer. However, touchscreen technique has some drawbacks such as high-cost and implementation difficulty for more than 100-inch displays [10]. Therefore, cheap and scalable touchscreen methods have been used for interactive whiteboard implementation. Commercially available large-scale touchscreen technologies are optical methods and ultrasonic methods. Optical methods include optical image sensor method and infrared grid method.

In this paper, we introduce a new interactive whiteboard system that uses laser modules. The module consists of spinning

연구 범위	연구 수행 방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
복수 무인기 제어를 위한 지상관제시스템 설계 및 구현	본 연구는 오토파일럿 기술을 활용하여 지역 탐색을 위해 복수 무인기 각각이 개별적인 임무 수행이 가능할 때, 단일 임무 분할 및 분할된 임무를 복수 무인기에 할당하는 관점에서 지상관제시스템의 설계 및 구현 하는 것을 기초로 수행되었음	복수 무인기 제어를 위한 지상관제시스템은 크게 3가지의 제어 기능을 가지며, 연구를 수행한 지상관제시스템은 다음과 같음 -복수의 무인기를 활용한 탐색 임무 분할 및 할당 기능 -지상관제시스템과 복수의 무인기 간 1:N 통신 기능 -MAVLink 프로토콜 기반의 복수의 무인기 상태 모니터링 및 제어 기능
드론과 보트를 활용한 미션 협업 시스템 설계 및 구현	본 연구 과제의 연구 내용(1~2차년도)은 무인기를 활용하여 하천의 상공에서 이미지를 촬영하고, 촬영된 이미지를 분석하여 수질 정보를 얻을 수 있었음. 이는 지역적, 항공 운영의 기술적, 안전성 등의 제약 조건이 거의 없어 연구에 대한 기대 효과는 크지만, 촬영된 이미지로는 100% 정확한 정보를 얻기엔 부족함. 따라서 문제 해결을 위한 방안으로는 실제 수질의 시료를 채취할 수 있는 보트가 필요하며, 무인기와 보트의 협업이 필요함	 ROS의 Node Repository Master 로봇은 지상관제시스템으로부터 주/부 미션 리스트를 전송받아, 협업 미션 수행을 위한 하나의 미션 리스트로 재구성함. Master 로봇은 재구성 된 미션 리스트의 순서대로 미션을 수행하며, 수행 될 미션이 Slave 로봇이 수행 할 미션이라면, Master 로봇은 해당 미션을 Slave 로봇에게 전송함

○ 녹조 Image Processing 연구 대상 지역



- 본 연구의 대표지역은 경상남도 창원군 길곡면 증산리에 위치하고 있는 본포정수취수장임
- 본포정수취수장은 4대강 중 낙동강에 위치하고 있으며, 여러 지천의 유입 및 합류로 인해 녹조가 많이 발생되고 있는 지역으로 알려져 있음
- 특히, 취수장 인근의 신천천은 농업용수 및 배수로로 이용되어 지고 있는 지천으로써, 본 연구에서 집중 관리지역으로 선정하여 연구를 진행하였음
- 다음은 신천천이 낙동강으로 유입되고 있는 모습과 연구를 진행한 지역에 대해 표시하였음



- 연구대상지역인 신천천은 좌측에는 산림, 우측에는 농경지로 입지환경이 형성되어 있었고, 좌측의 농경지에서는 신천천의 용수를 농업용수로 사용하고 있었음(별도의 하천환경관리 시설은 없음)
- 신천천을 60개 지점으로 나누어 시료를 채취하여 클로로필-a의 농도를 분석한 결과 다음 표와 같이 분석되었음

Sample point	Concentration (mg/m ³)	Sample point	Concentration (mg/m ³)	Sample point	Concentration (mg/m ³)	Sample point	Concentration (mg/m ³)
sp01	24.7	sp16	25.1	sp31	23.5	sp46	13.6
sp02	49.2	sp17	45.3	sp32	53.2	sp47	30.2
sp03	57.1	sp18	24.5	sp33	24.5	sp48	10.0
sp04	55.1	sp19	44.0	sp34	23.2	sp49	15.8
sp05	30.9	sp20	51.2	sp35	43.2	sp50	11.0
sp06	11.6	sp21	43.2	sp36	54.2	sp51	24.3
sp07	23.4	sp22	24.1	sp37	25.2	sp52	27.6
sp08	11.2	sp23	47.0	sp38	5.0	sp53	11.2
sp09	51.0	sp24	11.1	sp39	23.1	sp54	24.2
sp10	23.3	sp25	22.5	sp40	26.3	sp55	26.5
sp11	24.3	sp26	17.1	sp41	25.6	sp56	11.4
sp12	11.9	sp27	50.4	sp42	23.7	sp57	9.0
sp13	24.9	sp28	47.3	sp43	35.7	sp58	24.3
sp14	23.9	sp29	45.3	sp44	17.3	sp59	11.7
sp15	48.2	sp30	24.3	sp45	17.0	sp60	6.0

- 분석 최소 농도는 5.0mg/m³, 최대 57.1mg/m³로 평가되었음
- 이는 농경지에서 유출되는 농수(비료 등 영양염류 함유)에 대한 영향으로 판단되었음
- 따라서 녹조 등의 Image Processing을 하기 위해서는 대상 연구지역의 기초 환경정보와 수질분석을 동시에 수행하여 발생원인 및 지역, 이동경로를 평가하는 것이 신뢰성을 높일 수 있는 방법으로 보여짐

○ 무인비행체 자원 및 사용정보

- 연구에 사용된 무인비행체는 고정익 타입의 수직이착륙 기체를 사용하였으며, 비행체의 기능 및 자원은 다음과 같음



BirdsEYEView, FireFly 6s

DLS(Downwelling Light Sensor)

CRP(Calibration Reflectance Pane)

Wingspan	60"(1524mm)	Range Wireless	(5+ km)
length	32.6"(828mm)	Payload Capacity	0.7kg
weight	3.8-4.5kg	Cruise Speed	15-18m/s
Flight Time	50~60min	Coverage	200ha
Range. Physical	up to 53km	Body	EPO, Carbon fiber Frame

- 연구에 사용된 무인비행체는 고정익 타입의 수직이착륙 기체를 사용하였으며, 비행체의 기능 및 자원은 다음
- 비행체 중량은 약 4kg이었고, 충전유효시간은 약 3시간, 운행시간은 40분이었음
- 본 비행체에는 Image Processing을 위한 멀티파장카메라가 장착되어 있으며, 카메라의 중량은 약 130g으로 카메라의 중량으로 인해 비행시간이 급격하게 단축되는 현상은 발생되지 않았음

○ 복수 무인기 제어를 위한 지상관제시스템의 설계 및 구현

- 배터리를 동력원으로 비행하는 무인기는 미션 수행을 위한 센서들의 부착여부에 따라 무인기의 페이로드가 증가하며, 이는 곧 짧은 비행시간을 제공한다. 보다 긴 비행시간을 위한 무인기는 페이로드 증가를 위해 그 크기를 키워야만 함
- 다수의 센서가 부착되어 미션 수행을 위한 무인기는 하나의 대형 무인기를 사용하는 것 보다, 복수의 소형 무인기를 이용하는 것이 자원 사용(배터리, 센서 가용 등) 측면에서 훨씬 효율적임. 또한 최근의 무인기는 오토파일럿의 발전으로 무인기의 비행 안정성 및 임무 수행 안정성이 증가할수록 복수의 무인기가 하나의 탐색 임무를 분할하여 분산 수행하는 것이 효율적임
- 3차년도 연구에서는 오토파일럿 기술을 활용하여 지역 탐색을 위해 복수 무인기 각각이 개별적인 임무 수행이 가능할 때, 단일 임무 분할 및 분할된 임무를 복수 무인기에 할당하는 관점에서 지상관제시스템의 설계 및 구현을 수행하였음
- 지역 탐색을 위한 복수 무인기 임무 분할 및 제어를 위한 지상관제시스템은 복수 무인기 모니터링 및 제어를 위해 지상관제시스템과 무인기 간의 통신상 오버헤드 없는 효율적인 설계 구조를 가지고 있음. 지상관제시스템에 의해 제어되는 단일 무인기는 지역 탐색 임무 수행이 불가능할 경우에는 임무분할스크립트를 통해 복수 무인기를 이용하여 임무 수행이 가능하도록 임무를 분할할 수 있음. 본 연구에서 수행한 지상관제시스템은 다음과 같은 기능을 제공함

- ▶ 복수의 무인기를 활용한 탐색 임무 분할 및 할당 기능
- ▶ 지상관제시스템과 복수의 무인기 간 1:N 통신 기능
- ▶ MAVLink 프로토콜 기반의 복수의 무인기 상태 모니터링 및 제어 기능

- 미션 수행을 위해 복수의 무인기를 제어하는 사용자는 무인기의 수가 증가할수록 임무 부여를 위한 전문적인 지식 및 노력이 필요함. 이에 본 연구에서 개발 된 지상관제시스템은 미션 제공을 위해 설계 및 구현 된 스크립트를 이용하여 기존 임무 분할 및 제공이 가능하고, 위 스크립트는 JSON(JavaScript Object Notation)데이터 형식을 기반으로 정의 되었음

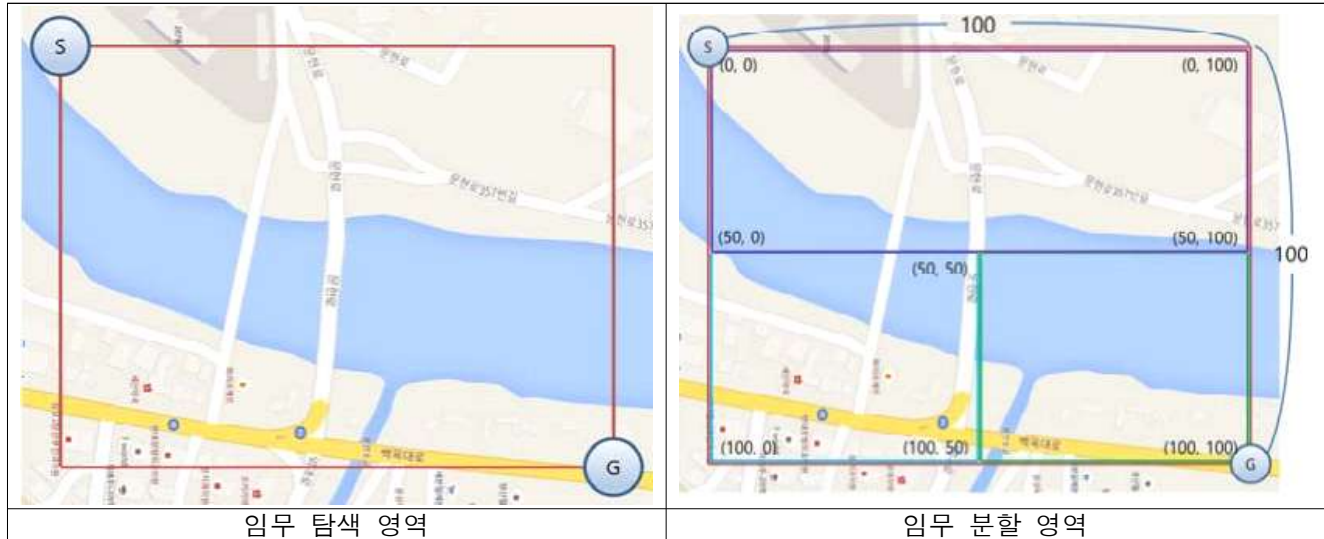
- JSON데이터 형식은 자바스크립트 언어로부터 파생되어 자바스크립트의 구문형식을 따르는 언어 독립형 데이터 형식으로써 속성-값 쌍으로 이루어진 데이터 전달 형식임. 자바스크립트 언어로부터 파생되었기 때문에 단일 데이터뿐만 아니라 프로그래밍 언어에서 사용되는 배열 및 객체에 대한 데이터 표현이 가능하고, 임무 분할을 위해 정의된 JSON 데이터의 key는 다음 표와 같음

임무 분할을 위한 스크립트의 Key 및 설명

Key	Description	Type
NumberOfUAVs	무인기의 개수	공통
MissionID	임무의 이름	
DivisionInfo	임무 분할 정보 데이터의 시작	
DivisionType	임무 분할 타입	
MissionInterval	무인기들의 임무 시작 시간차이	
Direction	임무 진행 방향	DivisionType A
Margin	Waypoint의 간격	
Frame	영역 분할 정보의 시작	
StartX	임무 구역의 시작 x 정보	
StartY	임무 구역의 시작 y 정보	
EndX	임무 구역의 종료 x 정보	
EndY	임무 구역의 종료 y 정보	
AltDiff	무인기들 간의 고도 차이	DivisionType B
MissionInfo	임무 정보	공통
NumberOfWaypoints	임무를 구성하는 좌표의 개수	
Waypoint	임무를 구성하는 waypoint의 정보	
Command	waypoint에 할당된 명령	공통
Seq	waypoint 수행 순서	
Lat	waypoint의 위도	
Lon	waypoint의 경도	
Alt	waypoint의 고도	
Param1	waypoint parameter 1	
Param2	waypoint parameter 2	
Param3	waypoint parameter 3	
Param4	waypoint parameter 4	

- 위에서 정의 된 스크립트를 이용하여 미션 분할 및 부여하는 방법은 다음과 같음
 - 미션을 위한 모든 데이터들은 정수형임
 - 임무 분할타입 두 가지가 있으며, 분할 타입 A는 전체의 탐색 영역(비행 영역)을 분할하여 다수의 무인기에게 미션을 부여하는 방식이고, 분할 타입 B는 복수의 무인기들이 모두 같은 고도를 가지며, 동일한 위/경도 비행경로로 비행하는 방식임
 - 탐색영역의 분할은 가로/세로 비율(0~100)을 이용하여 분할함

복수의 무인기를 활용한 실제 탐색 영역을 다음그림에서 표현한 것과 같음



- 위 그림의 임무 분할 영역은 임무 탐색 영역의 비행경로에서의 비율 정보를 이용하여 3대의 무인기에게 분할 된 미션을 부여하기 위한 분할 경로를 보여줌. 사용자는 임무 분할 영역의 비행 미션의 분할을 위해 다음의 임무 스크립트를 작성해야 함

```
{
  "NumberOfUAVs" : 3,
  "MissionID" : "Mission 1" ,
  "DivisionInfo" :
  {
    "DivisionType" : 0,
    "TimeInterval" : 500,
    "Direction" : 0,
    "Margin" : 10,
    "Frame" : [
      {
        "StartX" : 0,
        "StartY" : 0,
        "EndX" : 50,
        "EndY" : 100
      },
      {
        "StartX" : 50,
        "StartY" : 0,
        "EndX" : 100,
        "EndY" : 50
      },
      {
        "StartX" : 50,
        "StartY" : 50,
        "EndX" : 100,
        "EndY" : 100
      }
    ]
  },
  "MissionInfo" :
  {
    "NumberOfWaypoints" : 2,
```

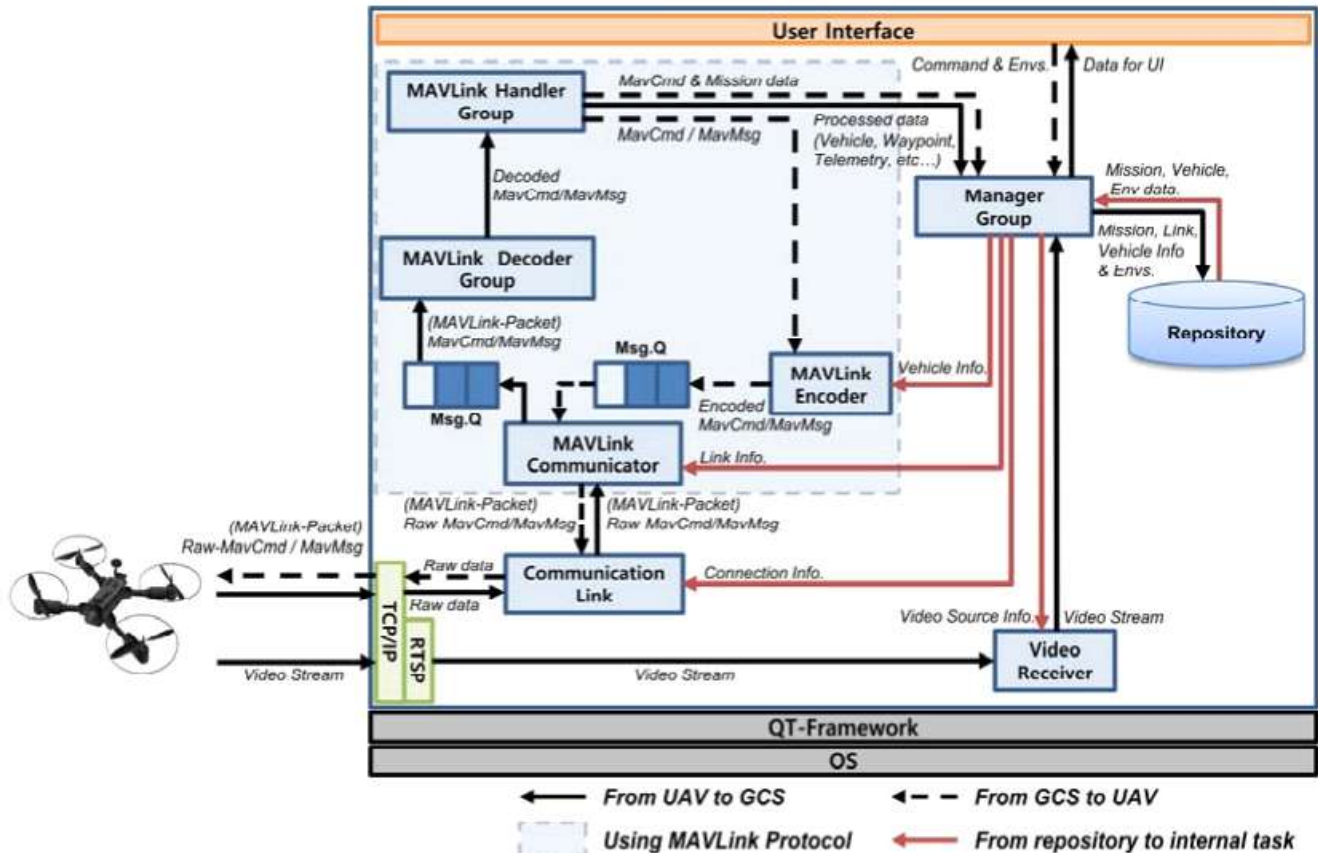
```
    "Waypoints" : [
      {
        "Command" : "Start" ,
        "Seq" : 1,
        "Lat" : 33.336323,
        "Lon" : 127.247105,
        "Alt" : 50,
        "Param1" : 0,
        "Param2" : 0,
        "Param3" : 0,
        "Param4" : 0
      },
      {
        "Command" : "End" ,
        "Seq" : 2,
        "Lat" : 33.338870,
        "Lon" : 127.249911,
        "Alt" : 50,
        "Param1" : 0,
        "Param2" : 0,
        "Param3" : 0,
        "Param4" : 0
      }
    ]
  }
}
```

위의 스크립트를 통해 작성된 분할 미션은 다음 그림과 같음



임무 분할 스크립트로 분할된 탐색 영역

- 복수의 무인기 제어를 위한 지상관제시스템은 QT-Framework 기반으로 구현을 위해 설계하였고, QT-Framework는 Signal/Slot을 지원함. Signal/Slot은 Signal에 의해 동작될 Slot을 연결하고, 하나의 task에서 Signal이 발생되면, 이에 연결 된 Slot이 동작하는 기능으로써 데이터 전달 과정에서 오버헤드가 줄어들고, task가 event-driven방식으로 동작할 수 있도록 하는 기능임. 본 연구 수행을 위해 설계된 지상관제시스템의 구조는 다음과 같음



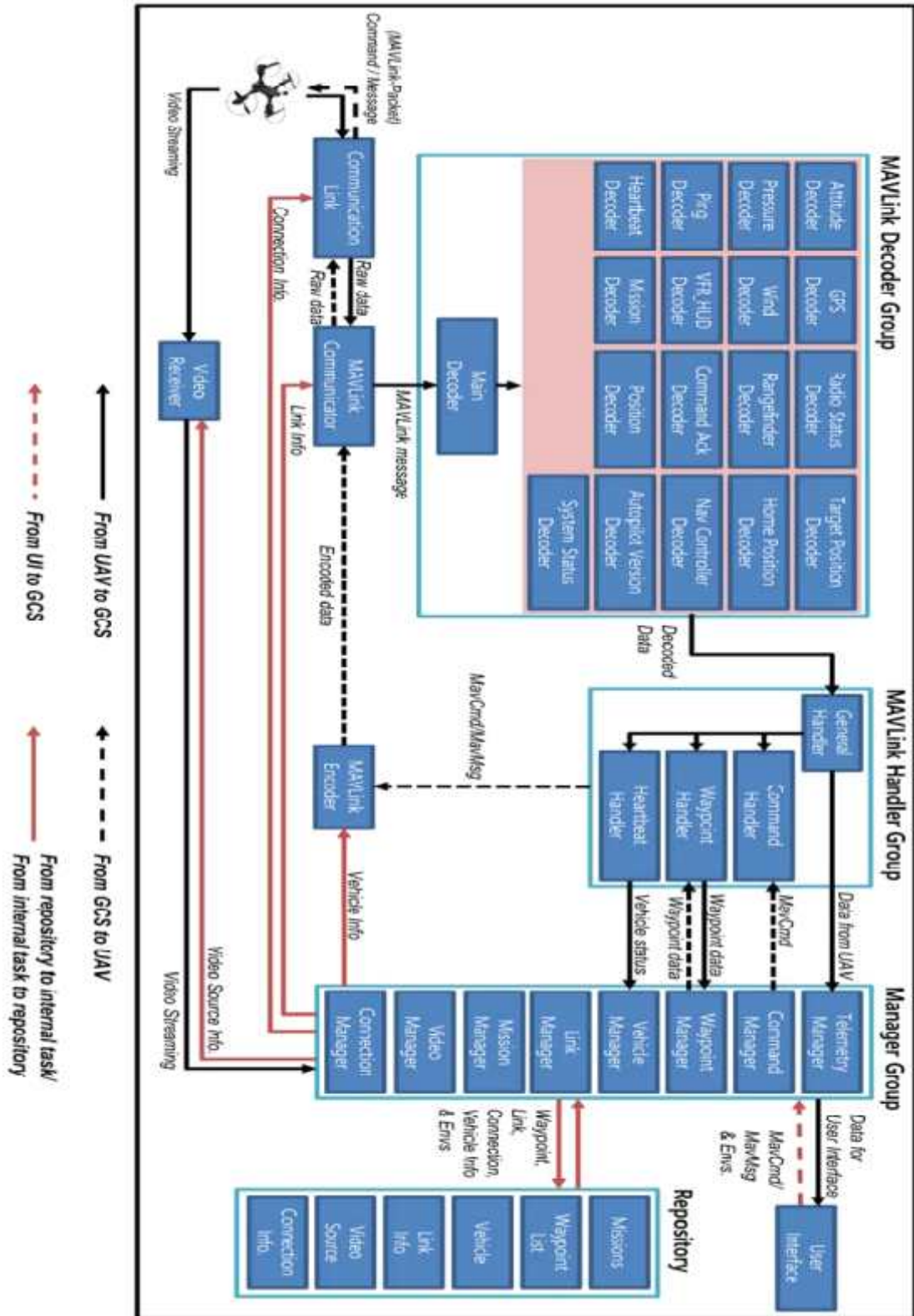
복수 무인기의 임무 분할 및 제어를 위한 지상관제시스템 설계 구조

- 위의 그림과 같이 설계된 지상관제시스템은 Communication Link, MAVLink Communicator, MAVLink Decoder Group, MAVLink Handler Group, MAVLink Encoder, Manager Group, Video Receiver로 구성되어 있으며, 그 내용은 다음 표와 같음

복수 무인기의 임무 분할 및 제어를 위한 시스템 구성 task

Name	Description
Communication Link	• 지상관제시스템과 무인기간 실제 통신을 담당하는 task • 데이터 송신 대상이 되는 무인기에만 데이터를 전송 • 무인기로부터 수신한 raw데이터를 MAVLink Communicator로 전달
MAVLink Communicator	• MAVLink Message와 raw데이터간의 상호 데이터 변환을 담당하는 task • 무인기로 전달하기 위한 데이터가 MAVLink Encoder로부터 전달되면 raw데이터로 변환하여 Communication Link에 전달 • 무인기로부터 수신한 raw데이터가 Communication Link로부터 전달되면 MAVLink Message로 변환 후 MAVLink Decoder Group으로 전달
MAVLink Decoder Group	• MAVLink Communicator에서 MAVLink Message가 전달되면 MAVLink Message ID에 따라 디코딩하기 위한 task의 집합 • MAVLink Message의 정보를 지상관제시스템 및 사용자가 확인 가능한 고수준 데이터로 변환 • 디코딩하고자 하는 Message ID의 개수만큼 존재
MAVLink Handler Group	• MAVLink Decoder Group에서 디코딩된 데이터가 처리되는 task • UI(User Interface)로부터 전달된 명령이나 사용자를 거치지 않고 지상관제시스템에서 처리해야하는 데이터 처리 및 주기적으로 무인기로 보내야하는 데이터를 송신하는 MAVLink 통신의 핵심이 되는 group
Manager Group	• MAVLink Handler Group과 UI, Repository사이의 데이터 중계 역할을 하는 task • 데이터의 구분에 따라 task 구성
MAVLink Encoder	• MAVLink Handler Group에서 전달받은 데이터를 MAVLink Message로 인코딩하는 task
Video Receiver	• RTSP 프로토콜을 이용하여 무인기로부터 영상을 수신하는 task

- 다음 그림은 복수 무인기 제어를 위해 설계 된 지상관제시스템의 구현을 위해 Signal/Slot을 이용하여 설계 된 내용임



복수 무인기의 임무 분할 및 제어를 위한 지상관제시스템 구현 구조

- 다음 표에서 제시하는 내용은 지상관제시스템을 구성하는 각 그룹들을 구성하는 Task들에 대한 설명임

MAVLink Handler Group을 구성하는 task

Name	Description
General Handler	- MAVLink Decoder Group의 각 task가 MAVLink Handler Group으로 전달하는 모든 데이터를 관장하는 task - UI에 전달해야 하는 데이터들은 Manager Group에서 데이터 시각화를 담당하는 Telemetry Manager task로 전달 - Command, Heartbeat, Waypoint 데이터는 각 데이터에 해당하는 task로 전달 - Command, Heartbeat, Waypoint 데이터를 제외한 데이터 중, 사용자를 거치지 않고 응답해야하는 데이터는 General Handler에서 응답
Command Handler	- 사용자가 무인으로 전송하고자 하는 데이터가 Command Manager를 통해 전달되면 해당 데이터를 MAVLink 프로토콜 형식으로 변환하여 무인기에 명령을 보내는 task - 무인기에 명령을 보내면 무인기로부터 응답을 기다림 - 지상관제시스템에서 전송한 명령의 응답을 Command Manager로 보내 UI에 표시될 수 있도록 함
Heartbeat Handler	- 무인기로부터 수신한 heartbeat 데이터를 이용하여 무인기의 상태를 확인하고 지상관제시스템의 heartbeat를 무인기로 보내는 task - 주기적으로 무인기에게 heartbeat 데이터를 전송 - Heartbeat 데이터로부터 무인기의 상태 정보를 확인하여 무인기의 정보를 처리하는 Vehicle Manager에 전달
Waypoint Handler	- 지상관제시스템과 무인기간의 임무와 관련된 처리를 하는 task - MAVLink 프로토콜의 Waypoint 프로토콜을 이용하여 지상관제시스템에서 무인으로 임무를 전달하거나, 무인기가 갖고 있는 임무를 지상관제시스템으로 가져옴 - 지상관제시스템에서 무인기에게 임무를 전달할 때, 임무를 관리하는 Waypoint Manager 임무 정보를 전달받아 무인기로 전달함

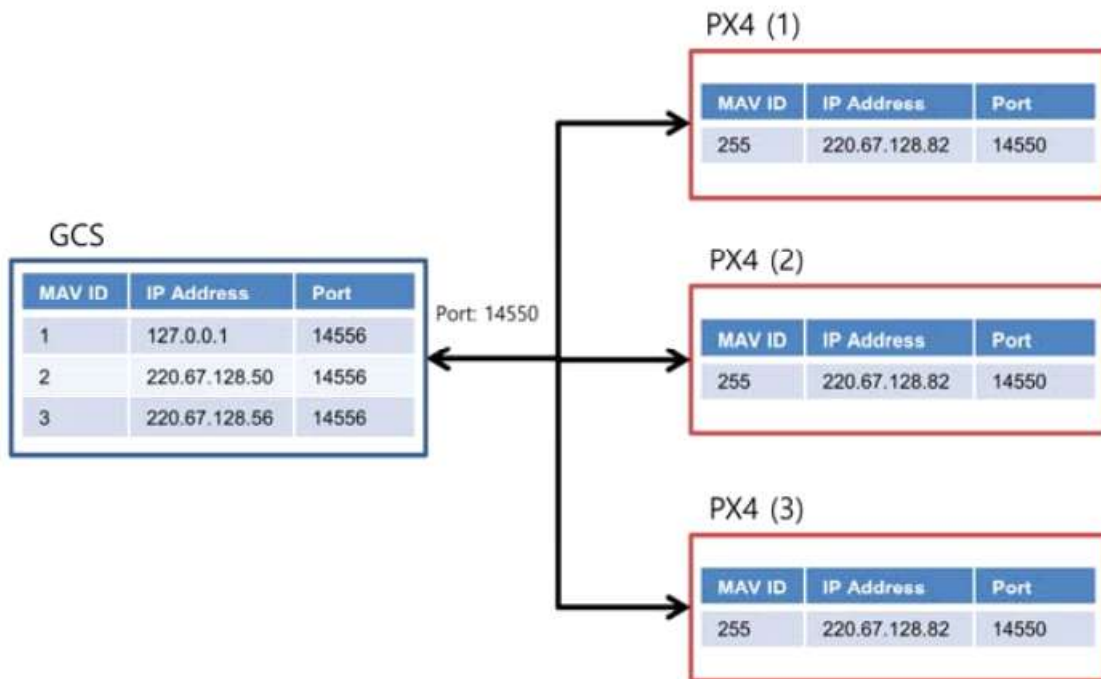
Manager Group을 구성하는 task

Name	Description
Telemetry Manager	General Handler에서 전달 받은 데이터를 UI에 표시하기 위한 task
Command Manager	사용자로부터 UI를 통해 전달받은 명령을 Command Handler로 전달하는 task
Waypoint Manager	- 사용자로부터 입력받은 임무를 WaypointList repository에 저장한 뒤 Waypoint Handler로 전달하고 무인기로부터 수신한 임무를 WaypointList repository에 저장하는 task - Waypoint Handler와 WaypointList repository간의 중계 역할을 함
Vehicle Manager	- Heartbeat Handler로부터 전달받은 데이터를 통해 무인기의 상태를 UI에 보여주는 task - 무인기의 정보를 Vehicle repository에 저장
Link Manager	- 지상관제시스템과 무인기간의 통신 링크 정보를 Link Info repository에 저장하고 MAVLink Communicator에 전달하는 task - 일반적으로 지상관제시스템과 무인기간의 통신은 UDP 통신 링크와 Serial 통신 링크를 사용
Mission Manager	- 하나의 단일 임무를 주어진 무인기의 수만큼 분할 및 할당하기 위한 task - 임무 분할 스크립트의 내용을 기반으로 임무를 분할하고 분할한 임무를 Waypoint Manager를 이용하여 무인기에 할당하는 기능과 임무 시작 간격을 이용하여 Command Manager를 통해 무인기에 명령을 내림
Video Manager	사용자가 UI를 통해 입력한 Video Source정보를 Video Source repository에 저장하고 해당 정보를 Video Receiver에 전달, Video Receiver를 통해 전달받은 영상을 UI에 표시하는 task
Connection Manager	사용자가 UI를 통해 입력한 무인기의 정보를 Connection Info repository에 저장하고 Communication Link에 무인기의 정보를 전달하는 task

지상관제시스템을 구성하는 Repository

Name	Description
Mission Repository	• 지상관제시스템에서 사용된 임무를 저장하는 repository
WaypointList Repository	• 지상관제시스템에서 사용된 임무를 구성하는 waypoint를 저장하는 repository
Vehicle Repository	• 지상관제시스템과 연결된 무인기들의 ID를 비롯한 기체상태 정보들을 저장하는 repository
Link Info Repository	• 지상관제시스템과 무인기가 연결에 사용하는 링크 정보를 저장하는 repository
Video Source Repository	• 지상관제시스템이 무인기로부터 영상을 수신하기 위한 정보를 저장하는 repository
Connection Info Repository	• 지상관제시스템과 연결하기 위한 무인기들의 네트워크 연결 정보(IP주소, 포트번호)를 저장하는 repository

- 위 연구의 실험 및 결과 검증을 위해 SITL(Software In The Loop) 환경을 구성하였고, SITL은 비행 시뮬레이션을 위한 방법 중 하나로써, 오직 소프트웨어로만으로 시뮬레이션을 수행하는 방법임
- 본 연구의 실험은 총 3대의 PC를 이용하여 시뮬레이션 환경을 구성하였으며, 그 구성과 환경은 다음 그림과 표에 나타내었음



시뮬레이션 환경 구성

시뮬레이션을 위한 PC의 환경

구분	종류	버전
OS	Ubuntu	16.04
Middleware	ROS	Kinetic
Autopilot	PX4	
Simulator	Gazebo	7.0

- 본 연구의 검증을 위해 3가지의 실험을 진행하였으며, 각각의 실험 시나리오 및 실험 결과는 다음과 같음

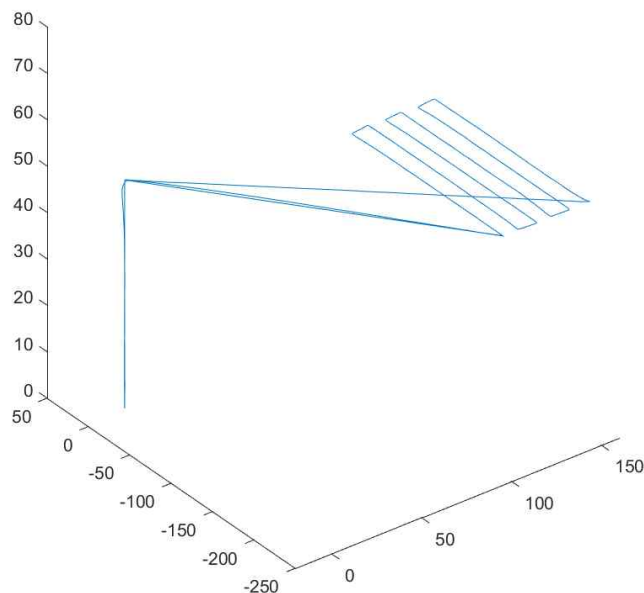
• (실험 1) 단일 무인기의 지역 탐색 임무 수행

- 실험 1은 구현 된 지상관제시스템의 성능 검증을 위한 실험으로써 단일 무인기에 미션을 부여한 실험을 진행하였고, 무인기에 부여 된 미션은 그림과 같음.



단일 무인기 지역 탐색 임무

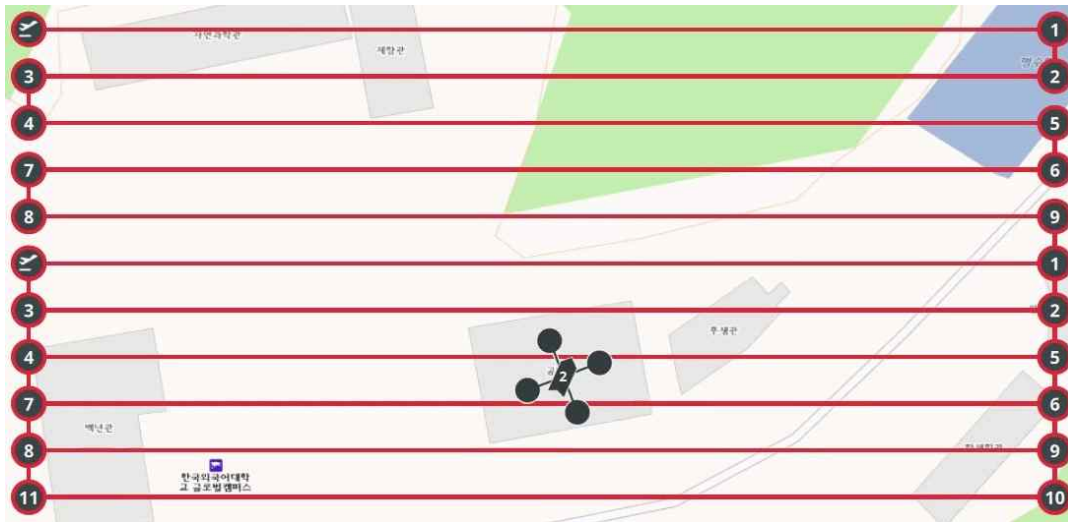
- 다음은 지상관제시스템을 이용하여 이륙(비행기 표시 마커)위치부터 총 10개의 비행경로를 비행하는 미션을 무인기에 전송 된 비행 미션들을 보여줌. 비행 미션 결과 첫 번째 실험 에서는 무인기의 이륙 위치에서부터 모든 비행경로를 비행하고 다시 이륙 위치로 돌아오는 것을 확인할 수 있음



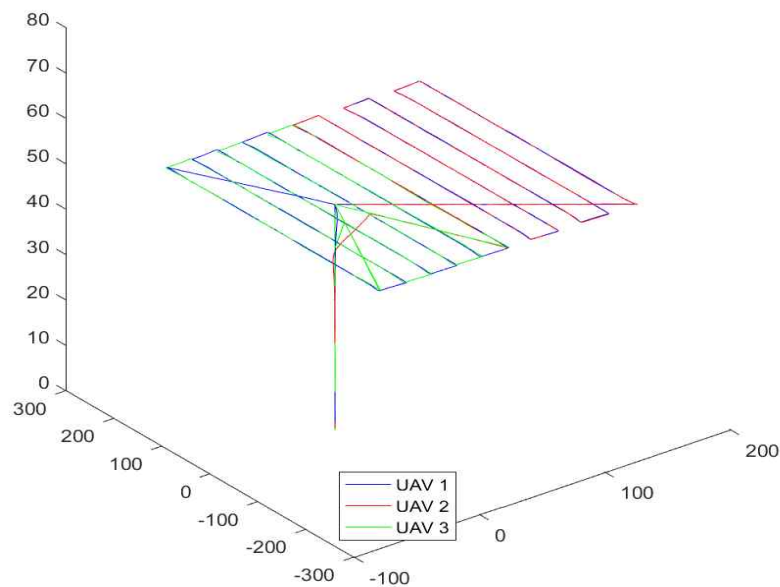
단일 무인기 탐색 임무 결과

• (실험 2) 복수 무인기를 활용한 지역 탐색 임무 수행

- 실험 2는 3대의 무인기를 활용하여 분할 된 비행경로를 제공하고, 올바른 비행 임무를 수행하는지를 실험하였음. 비행경로 분할은 본 연구에서 정의 된 스크립트를 이용하였으며, 각각의 무인기에 부여 된 비행 임무는 다음과 같음
 - 첫 번째 무인기: 모든 비행경로를 비행하는 임무 수행
 - 두 번째 무인기: 비행경로 중, 상위 10개의 비행 임무(이륙 위치를 포함한 9개의 비행 임무) 수행
 - 세 번째 무인기: 비행경로 중, 하위 11개의 비행 임무(이륙 위치를 포함한 10개의 비행 임무) 수행



복수 무인기 지역 탐색 임무

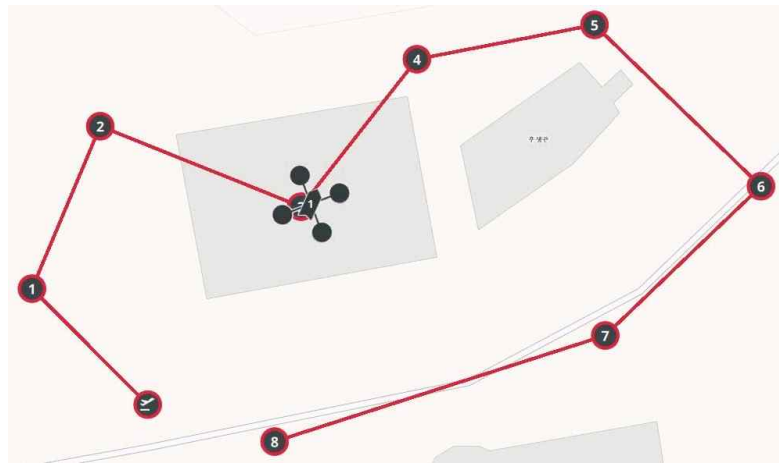


복수 무인기 탐색 임무 결과

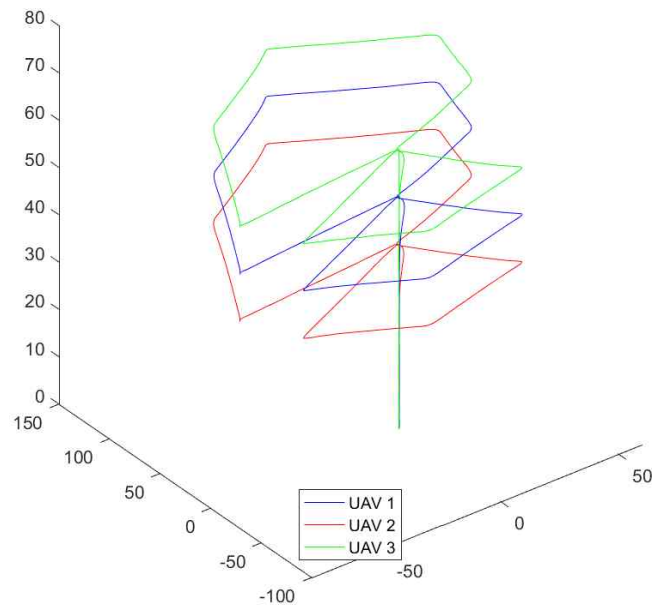
위의 그림은 복수 무인기의 비행 미션을 수행한 경로를 표현한 실험결과임. 이 결과는 임무 분할 스크립트가 올바르게 동작하며, 주어진 비행 임무를 정확하게 분할 및 제어 하고 있다는 것을 나타냄

• (실험 3) 복수 무인기를 활용한 지역 탐색 임무 수행

- 실험 3은 3대의 무인기를 활용하여 분할 된 비행경로를 제공하고, 올바른 비행 임무가 수행되는지에 대해 평가하였음. 실험 3은 실험 2와 다르게 3대의 무인기에 모두 동일한 비행경로(위/경도)가 주어진나, 각 무인기가 비행해야 하는 고도 정보는 다르게 하여 비행 미션들을 부여하였음(각 무인기 별 10m의 고도 차이의 비행 임무를 부여). 실험 3을 위한 비행 임무는 다음 그림과 같음



복수 무인기 Multi-point navigation 임무



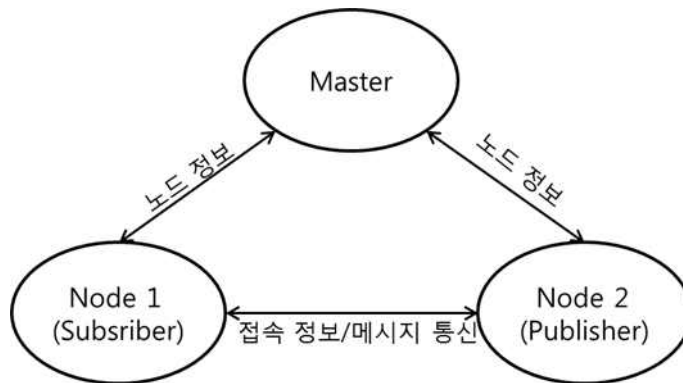
복수 무인기 Multi-point Navigation 결과

- 위의 그림은 3대의 무인기가 모두 동일한 위/경도의 비행 임무와 서로 다른 고도 정보를 가지고 비행한 결과를 확인할 수 있음. 본 실험 결과는 임무 분할 스크립트를 활용하여 다중 경로 비행 임무를 부여할 때, 사용자로부터 입력받은 고도 차이가 올바르게 비행 미션에 적용되었음을 의미함

○ 수질 감시 미션 수행을 위한 무인 보트 관련 연구

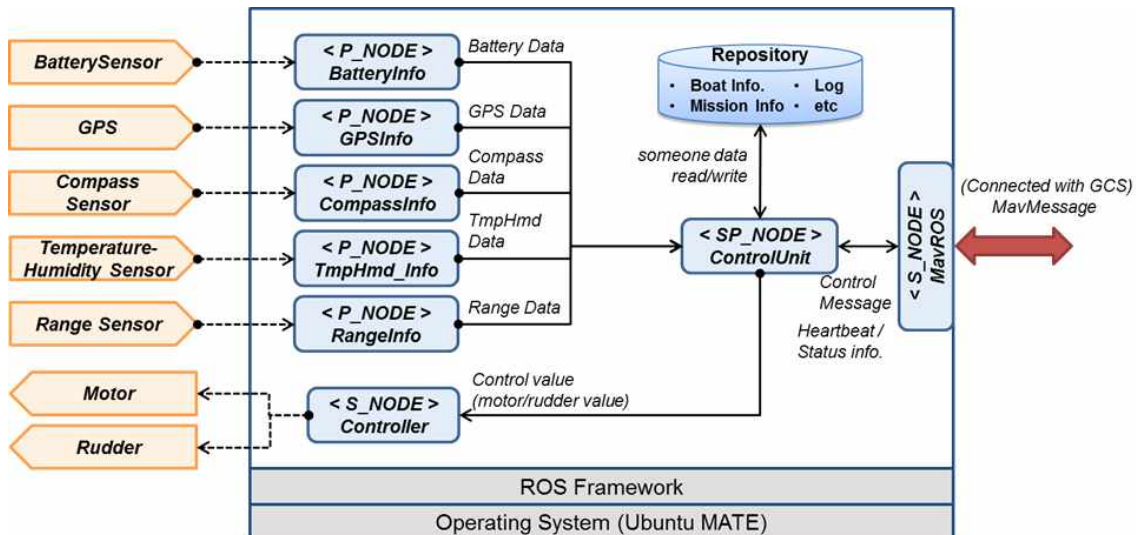
- 보트 프로그램 설계 (with ROS)

- 시료 채취를 위한 보트 프로그램은 ROS(Robot Operating System)을 기반으로 설계하였음. ROS는 로봇을 위한 오픈 소스 메타 운영 체제이고, 일반 운영체제에서 제공하는 하드웨어 추상화, 저수준 기기 제어, 빈번히 사용되는 기능들이 구현되어 있고, 프로세스 간 메시지 전달, 패키지 관련 기능 등을 제공함
- ROS 구조를 구성하는 구성 요소는 노드(Node)와 토픽(Topic)임. 노드는 로봇의 동작을 위한 최소 단위의 실행 Task이며, 토픽은 노드들 간에 주고 받는 메시지를 의미함. ROS의 핵심은 여러 노드 간의 토픽의 교환(메시지 통신)이고, 노드는 마스터(Master)노드와 슬레이브(Slave)들로 구성됨. 마스터 노드는 노드들의 접속과 접속된 노드들을 관리하여, 메시지 통신을 위한 네임 서버와 같은 역할을 수행함
- 노드는 생성과 동시에 마스터에 자신의 정보를 등록하고, 다른 노드가 마스터를 통해 접속하려는 노드의 정보를 마스터로부터 얻게 됨. 그 후 노드와 노드가 직접 접속하여 메시지 통신을 하게 되고, 노드들 간의 메시지 통신은 출판(Publish)/구독(Subscribe) 방식을 이용함



ROS의 노드 간 통신

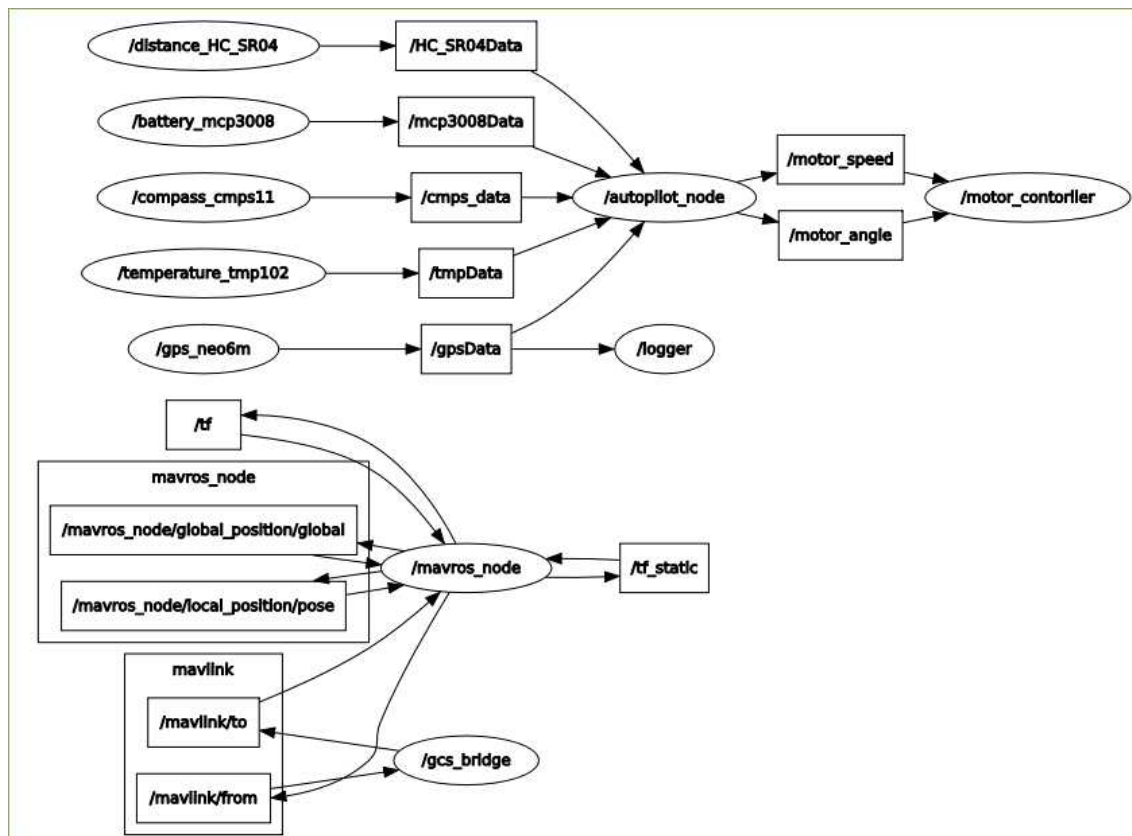
- 다음은 보트 제어를 위한 프로그램의 소프트웨어 구조를 보이며, 각 구성은 다음과 같음



보트 제어를 위한 프로그램의 소프트웨어 구조

- BatteryInfo: 보트에 부착된 배터리 정보(잔여량, 잔여전압, 전류 등)를 수집. 수집된 데이터는 ControlUnit 노드에 송신함
- GPSInfo: 보트에 부착된 GPS 센서로부터 데이터(위도, 경도, 고도, 위성 수 등)들을 수집. 수집된 데이터는 수집된 데이터는 ControlUnit 노드에 송신함
- CompassInfo: 보트에 부착된 지자계 센서로부터 데이터(방향 정보 등)들을 수집. 수집된 데이터는 ControlUnit 노드에 송신함

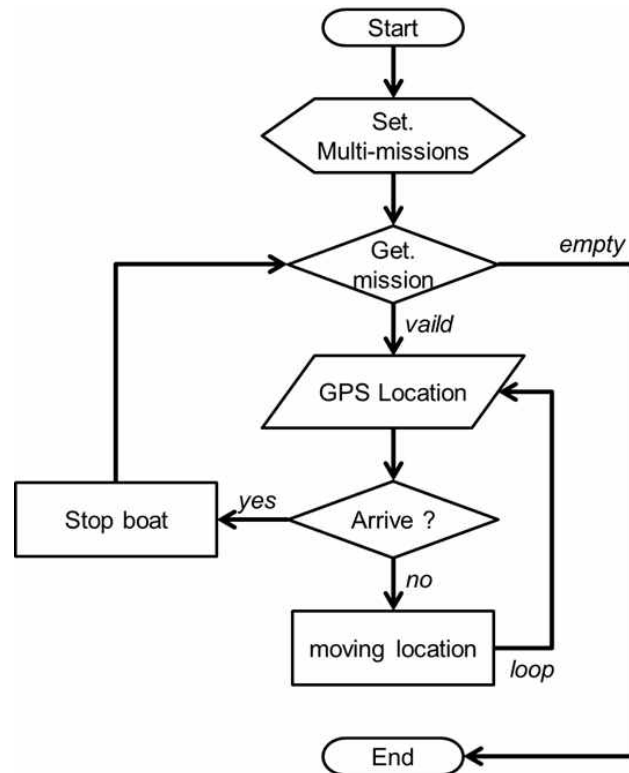
- TmpHmd_Info: 보트에 부착 된 온/습도 센서로부터 온습도 정보를 수집. 수집된 데이터는 ControlUnit 노드에 송신함
 - RangeInfo: 보트에 부착 된 초음파센서로부터 전방 장애물과의 거리 정보를 수집. 수집된 데이터는 ControlUnit 노드에 송신함
 - Controller: 보트 항해를 위한 제어 장치(Motor와 Rudder 등)를 제어함
 - ControlUnit: 데이터 수집 노드들로부터 수집 된 데이터를 가공하여, 보트 항해를 위한 데이터를 가공. 가공 된 데이터는 Controller 노드에 송신함
 - Repository: 보트의 항해 정보 및 보트의 상태 정보, 그리고 항해 미션을 위한 데이터들의 저장소임
 - MavROS: MAVLink 프로토콜을 이용하여 지상관제시스템과의 보트의 정보(항해 및 상태 정보) 및 미션 등의 메시지 등의 상호 간 데이터 전달을 위한 통신 인터페이스임
- 위에서 설계 된 보트 제어 프로그램을 ROS 기반으로 구현하기 위해 구조화 된 각 노드 및 토픽 구조들은 다음 그림과 같음



보트 프로그램 구현을 위한 ROS 구조(노드 및 토픽 구조)

○ 자동 항해 알고리즘 설계 및 구현

- 보트 프로그램에 탑재 된 자동 항해(Autopilot)를 위한 순서도는 다음 그림과 같음



자동 항해(Autopilot)로직의 순서도

위에서 제시한 순서도를 구현하기 위한 알고리즘은 다음과 같음

자동 항해(Autopilot)로직 구현을 위한 알고리즘

```
void msgMissionStart() {
    if(waypointList.size() == 0)
        return;

    ros::NodeHandle nh;
    ros::Publisher servo_pub =
        nh.advertise<rodeo_boat::motor_angle>("motor_angle", 5);
    ros::Publisher dc_pub =
        nh.advertise<rodeo_boat::motor_speed>("motor_speed", 5);

    rodeo_boat::motor_angle angleMsg;
    rodeo_boat::motor_speed speedMsg;

    auto iter = waypointList.begin();

    while(iter != waypointList.end()) {
        if(getDistance(lat, lon, iter->x, iter->y) < 0.1) {
            iter++;
            speedMsg.speed = 150;
            speedMsg.offset = 3892;
        }
    }
}
```

```
    dc_pub.publish(speedMsg);
} else {
    double dest = getHeading(lat, lon, iter->x, iter->y);
    int offset = calcHeading((int)heading, (int)dest);

    angleMsg.angle = offset;
    speedMsg.speed = 204;
    speedMsg.offset = 3892;

    servo_pub.publish(angleMsg);
    dc_pub.publish(speedMsg);
}
}
```

○ 무인 보트 제작 (H/W spec. 재료 및 도면 등)

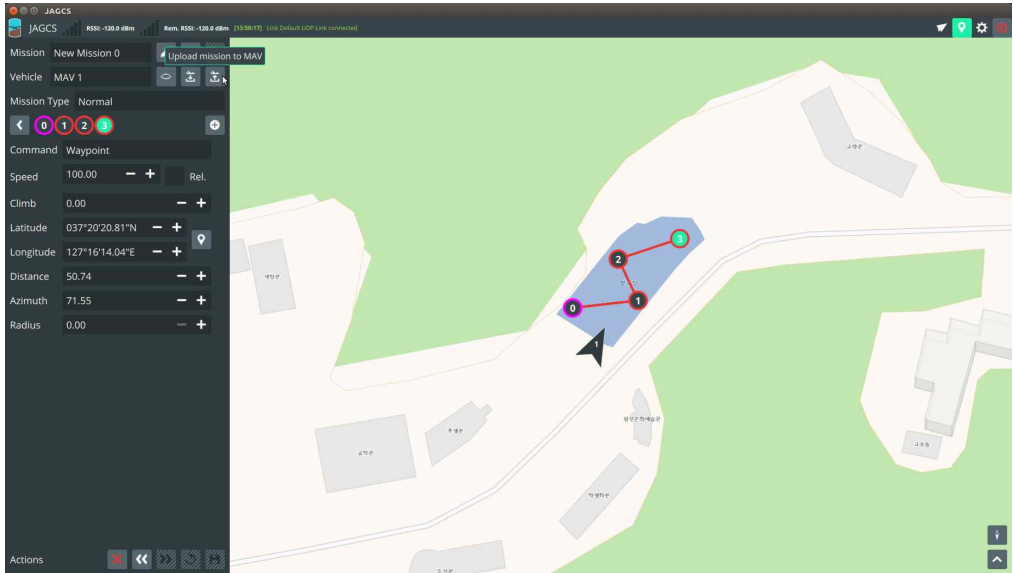
- 수질 채취를 위해 제작 된 보트는 두 가지 타입으로 제작되었음. 첫 번째 타입의 보트(작은 보트)는 자동 항해를 위한 테스트용으로 제작되었고, 두 번째 타입의 보트(큰 보트)는 자동 항해 및 YSI 센서 장착이 가능하도록 제작되었음



두 대의 보트는 보트 선체 재질 및 크기만 다를 뿐, 항해를 위한 회로, 소프트웨어는 동일하게 제작되었음

○ 무인 보트 제어를 위한 지상관제시스템

- 무인 보트를 제어하기 위한 지상관제시스템(GCS, Ground Control Station)은 다음 그림과 같음. 지상관제시스템은 드론의 지상관제시스템의 프로그램을 일부 수정하여 무인보트 제어 목적으로 개발하였음



무인 보트 제어를 위한 지상관제시스템

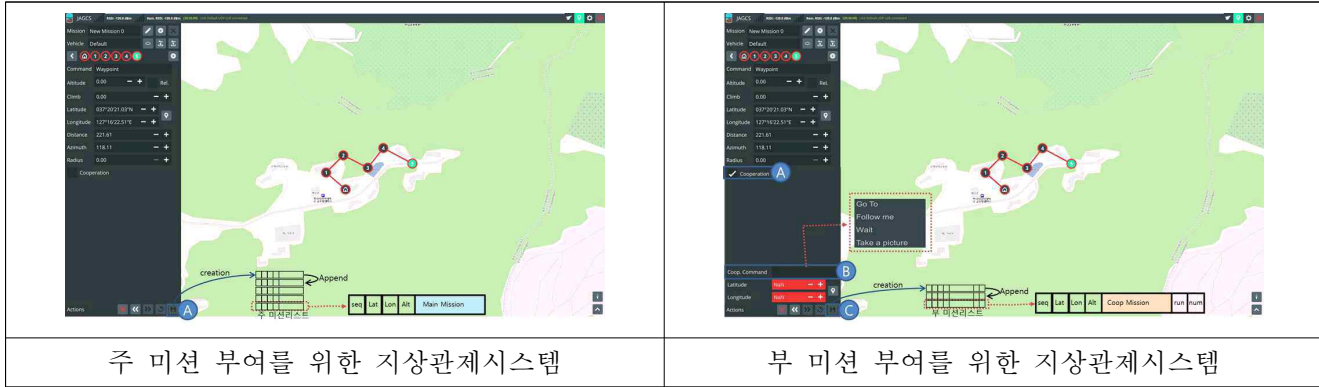
- 본 연구에서 개발된 지상관제시스템은 무인보트를 통해 수집 된 각종 센서 데이터들을 모니터링 할 수 있으며, 현재의 항해 상태를 확인할 수 있고, 지상관제시스템을 이용하여 무인보트에 항해 미션을 설정 할 수 있음

○ 드론과 보트를 활용한 미션 협업 시스템 설계 및 구현

- 로봇을 활용한 미션의 수행은 종류와 환경들이 다양해짐에 따라 로봇에게 주어진 한정된 배터리와 가용 장비들의 제한 등으로 한 대의 로봇만으로는 미션의 성공을 기대하기는 현실적으로 어려움. 본 연구 과제의 연구 내용(1~2차년도)은 무인기를 활용하여 하천의 상공에서 이미지를 촬영하고, 촬영된 이미지를 분석하여 수질 정보를 얻을 수 있었음. 이는 지역적, 항공 운영의 기술적, 안전성 등의 제약 조건이 거의 없어 연구에 대한 기대 효과는 크지만, 촬영된 이미지로는 100% 정확한 정보를 얻기엔 부족함. 이 문제를 해결하기 위한 방안으로는 실제 수질의 시료를 채취할 수 있는 보트가 필요하며, 무인기와 보트의 협업이 필요함
- 이에 본 연구에서는 무인기(드론)와 보트를 이용하여 하나의 지상관제시스템을 통해 협업 미션을 수행할 수 있는 시스템을 설계 및 구현하였고 다음 표에 협업 미션 수행을 위한 연구 내용의 이해를 위한 용어를 정리하여 제시하였음

용어	설명
Master	지상관제시스템에 미션을 부여 받아 주 미션과 부 미션을 관리하며, Slave 로봇에게 부 미션을 전달한다.
Slave	Master로봇으로부터 부 미션을 부여받아 미션을 수행하며, 미션에 따라 수행결과를 Master 로봇에게 전송한다.
주 미션	Master 로봇이 지상관제시스템으로부터 미션을 부여 받아 수행하는 미션이다.
부 미션	Master 로봇으로부터 Slave 로봇이 수신하는 미션으로, 미션을 수행하고 그 결과를 알리기도 한다. 부 미션의 종류에는 Go To, Follow me, Wait, Take a picture가 있다.

- 협업 미션을 제공을 위해 구현 된 지상관제시스템은 다음 그림과 같음

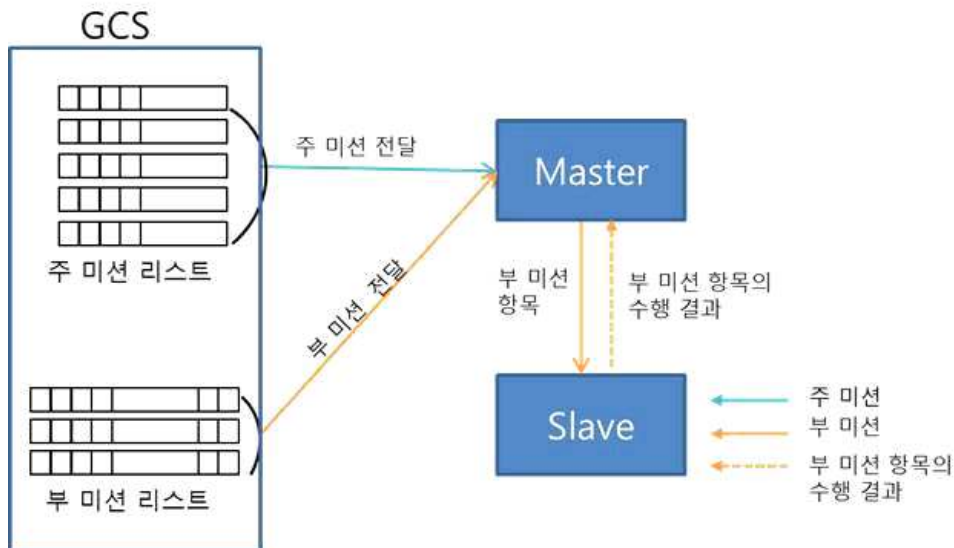


- 협업 미션을 수행하는 로봇들은 지상관제시스템에 연결되고, 연결된 로봇들은 수행 할 미션의 종류에 따라 Master 로봇과 Slave 로봇들로 구성되며, 로봇의 지위(Master/Slave)를 부여하는 과정은 다음 표와 같음

로봇의 지위(Master/Slave) 설정 과정

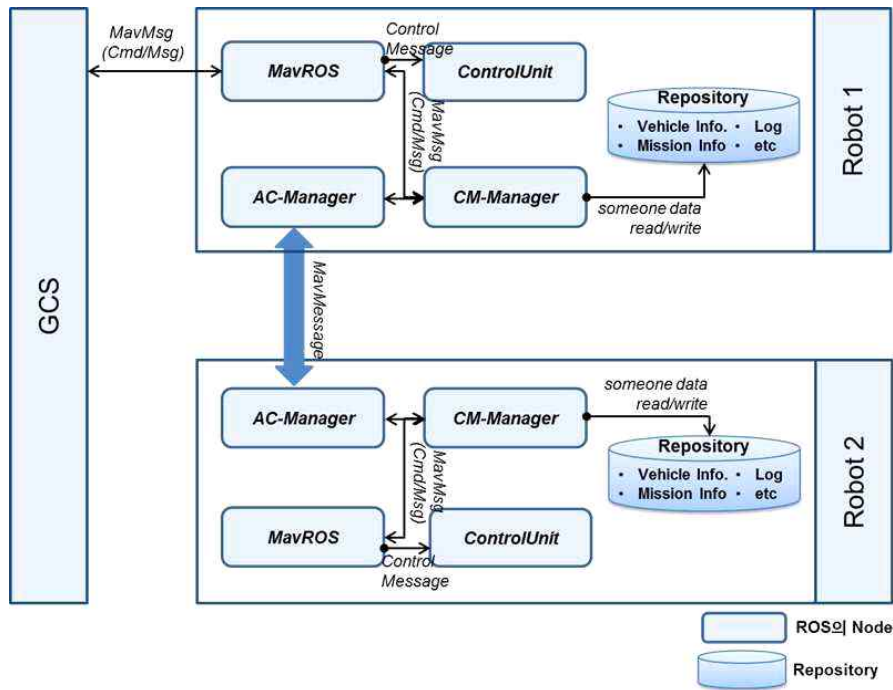
순서	설명
Step 1.	지상관제시스템에 연결된 로봇들 중에서 지위를 지정하고자 하는 로봇을 선택한다.
Step 2.	선택된 로봇의 지위를 선택한다.
Step 3.	해당 로봇에게 지위 설정이 완료된다.
Step 4.	로봇 수만큼 1~3의 과정을 반복한다.

- 사용자는 지상관제시스템을 이용하여 드론 및 보트에게 전달 될 미션들을 생성하고, 다음 그림과 같이 지상관제시스템은 Master 로봇에게 주/부 미션을 전달함



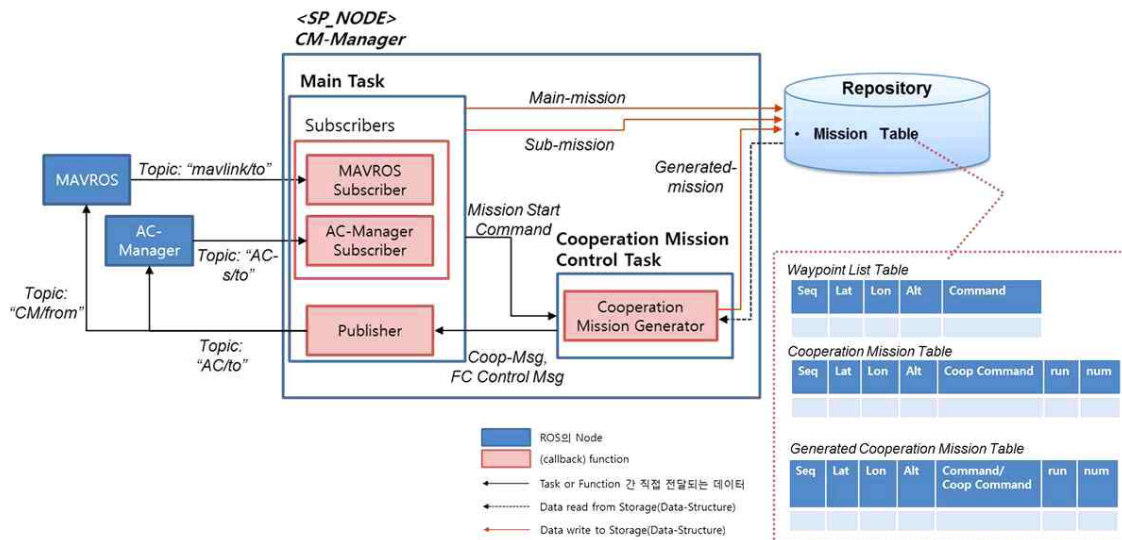
지상관제시스템으로부터 설정 된 주/부 미션의 전달

- Master 로봇은 지상관제시스템으로부터 주/부 미션 리스트를 전송받아, 협업 미션 수행을 위한 하나의 미션 리스트로 재구성하고, Master 로봇은 재구성 된 미션 리스트의 순서대로 미션을 수행하며, 수행 될 미션이 Slave 로봇이 수행 할 미션이라면, Master 로봇은 해당 미션을 Slave 로봇에게 전송함
- 협업 미션을 위해 설계 된 시스템의 구조는 아래의 그림과 같으며, 협업 시스템은 하나의 지상관제시스템과 다수의 로봇들로 구성됨. 로봇간의 통신은 ROS 기반으로 설계 되었으며, 각 노드에 대한 설명은 다음과 같음



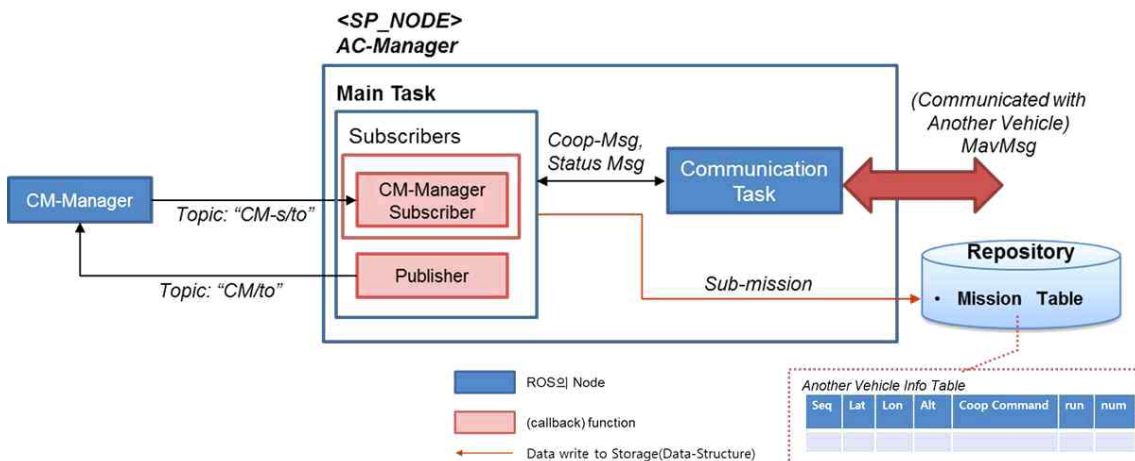
협업 미션 수행을 위한 시스템 구조도

- MavROS: MAVLink 프로토콜을 ROS에서 사용하기 위한 중계 노드. 지상관제시스템에서 각 로봇에게 상태 정보 등과 같은 메시지를 송수신하고, 지상관제시스템으로부터 미션을 수신 받아 각 로봇의 제어 노드에 전달함
 - CM-Manager: CM-Manager는 Cooperation Mission Manager의 준말로, 지상관제시스템으로부터 부여받은 미션들을 관리하는 노드. 부여받은 미션은 Master 로봇을 위한 주 미션과 Slave 로봇들을 위한 부 미션들이고, Master 로봇의 CM-Manager는 주 미션과 부 미션을 관리하며, Slave 로봇에게 부 미션을 송신함
 - AC-Manager: AC-Manager는 Another Vehicle Communication Manager의 준말로, CM-Manager 또는 협업을 위해 연결된 다른 로봇의 AC-Manager로부터 미션에 관한 메시지를 송수신함. 즉 AC-Manager는 지상관제시스템을 제외한 많은 노드들과 통신을 수행함
 - ControlUnit: 실제 로봇의 제어를 위한 노드로써 각종 센서 및 하드웨어 등을 제어함
- 협업 미션을 위한 핵심 노드는 CM-Manager와 AC-Manager 노드이며, 각 노드의 상세 구조 및 상호 노드 간 송수신을 위한 데이터는 다음 그림과 같음



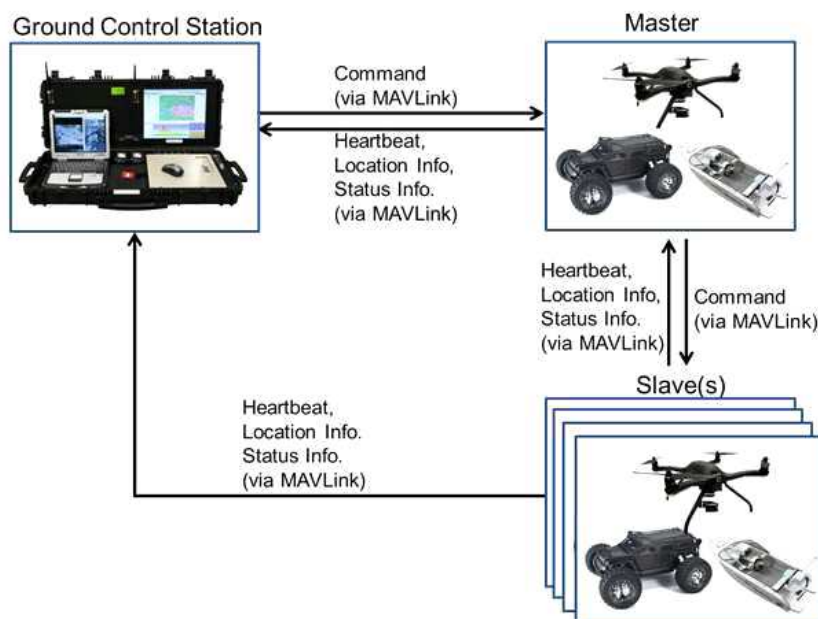
CM-Manager의 구조

- CM-Manager 구동을 위한 Cooperation Mission Control Task는 지상관제시스템으로부터 수신 받은 주 미션과 부 미션을 관리하고, 주 미션과 부 미션을 각각 다른 테이블(Waypoint List Table과 Cooperation Mission Table)에 정리하며, 하나의 미션 테이블(Generated Cooperation Mission Table)을 추가로 두어 각 미션 번호에 따라 정리 된 하나의 미션들로 관리함



AC-Manager의 구조

- AC-Manager 구동을 위한 Communication Task는 현재 로봇의 AC-Manager와 다른 로봇의 AC-Manager 간에 부 미션 또는 상태 정보 메시지를 송수신하고, 다른 로봇으로부터 받은 부 미션은 Repository의 Another Vehicle Info Table에 저장됨
- 설계 된 협업 미션 시스템의 실제 적용을 위한 구조는 아래의 그림과 같으며 수질 감시를 위한 협업 미션 시스템의 구성은 하나의 지상관제시스템과 다수의 로봇들로 구성됨. 다수의 로봇은 하나의 Master 로봇과 다수의 Slave 로봇들로 구성되고, Master와 Slave는 드론 또는 보트가 될 수 있으며, 이는 지상관제시스템으로부터 정의됨

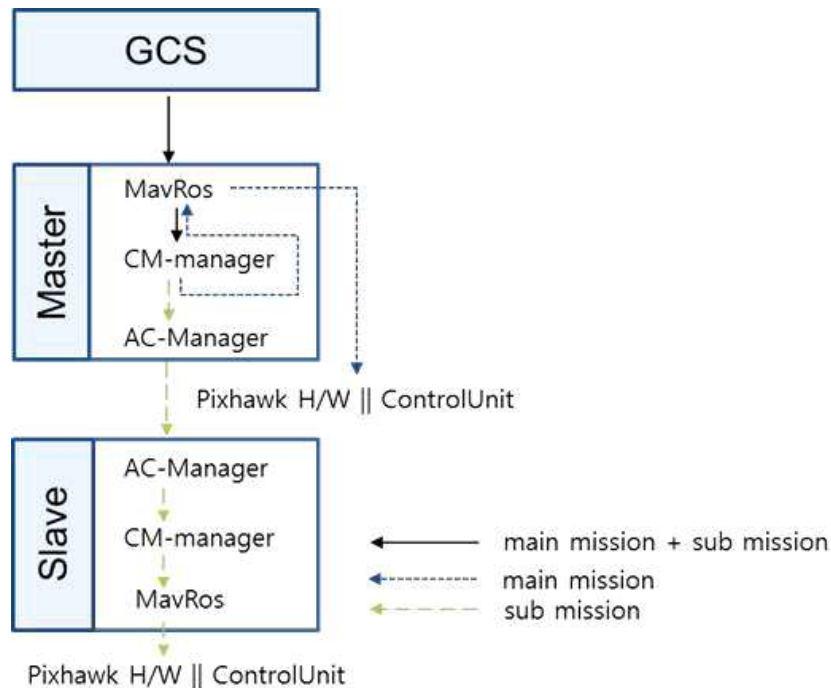


수질 감시를 위한 협업 미션 시스템의 실제 적용

- Master 로봇은 지상관제시스템으로부터 주/부 미션들을 수신하고, 주 미션 중, Slave 로봇의 협업이 필요할 때, 부 미션을 Slave 로봇에게 송신하며, Slave 로봇은 수신 받은 부 미션을 수행함. 이 때, Slave 로봇이 수신 받은 미션이 'Go To' 라면, Master 로봇이 지정해 준 위치까지 이동하게 되고, 'Follow Me' 미션이라면, Slave 로봇은 Master 로봇을 따라가게 되는데 이는 연속적인 'Go To' 명령과 동일함. 또한

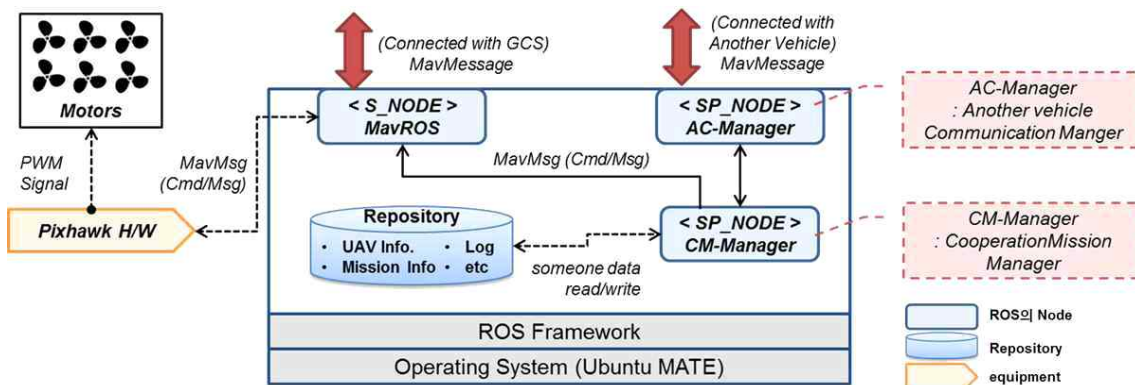
Slave 로봇이 수신 받은 미션이 'Wait'라면, Slave 로봇은 현재의 위치에서 정지하며, 'Take a picture' 라면, Slave 로봇은 명령을 수신 받은 위치에서 사진 촬영을 수행함. Slave 로봇은 모든 부 미션 수행의 결과를 Master 로봇에게 전송함

- 협업 미션 수행을 위해 지상관제시스템과 Master 로봇, Slave 로봇 간의 미션 전달을 위한 데이터 흐름도는 아래 그림과 같고, Master 로봇은 지상관제시스템으로부터 주/부 미션을 모두 수신 받아 CM-Manager에서 하나의 미션 리스트로 재 생성함. 재생성 된 미션 리스트는 Master 로봇에 의해 하나씩 수행되며 이 때, 수행해야 할 미션이 Master 로봇에서 수행될 미션이라면 Master 로봇의 ControlUnit 노드에 미션이 전송되고, Slave 로봇에서 수행될 미션이라면 AC-Manager를 통해 Slave 로봇의 AC-Manager로 미션이 전송됨
- Slave 로봇은 Master 로봇으로부터 수신 받은 부 미션을 CM-Manager로 전달하고, 미션 수행을 위해 Slave 로봇의 ControlUnit 노드에 수행 미션이 전송됨



협업 미션 수행을 위한 지상관제시스템, Master 로봇,
Slave 로봇 간의 미션 데이터 흐름도

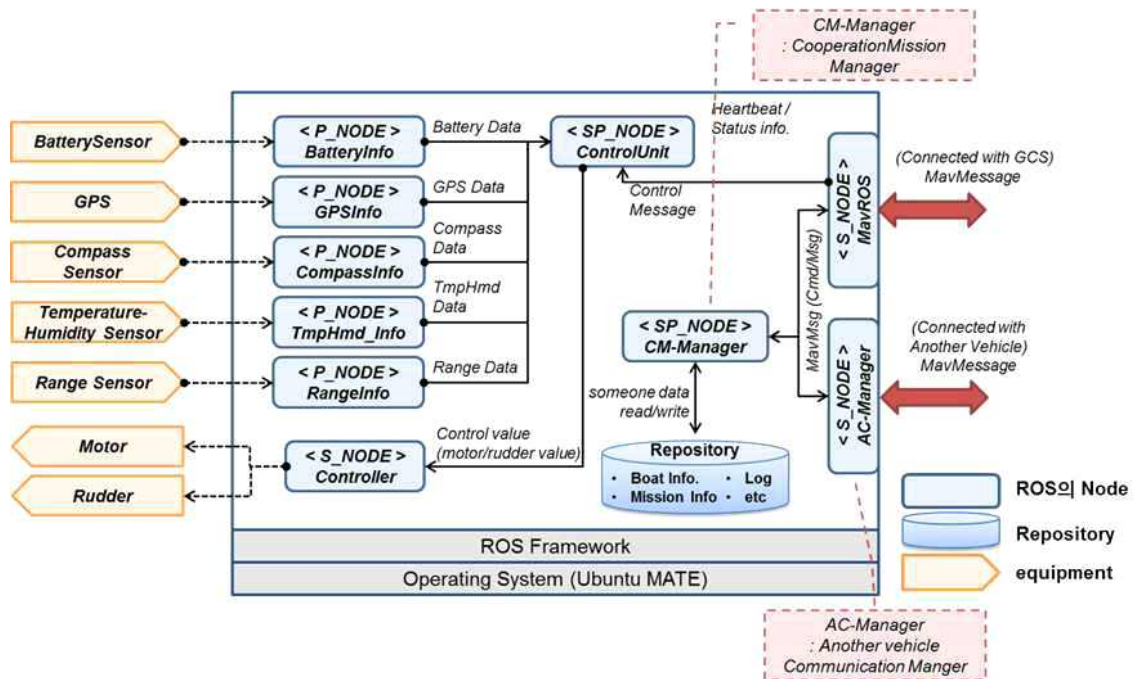
- 협업 미션 수행을 위해 구현 된 드론 시스템의 소프트웨어 구조는 그림과 같으며, 각 노드에 대한 설명은 다음과 같음



협업 미션 수행을 위한 드론의 소프트웨어 구조

- MavROS: MavROS 노드는 지상관제시스템과 드론 간에 상태정보 등과 같은 메시지들을 송수신하고, 미션 수행을 위해 드론의 ControlUnit(Pixhawk H/W)을 제어하며, 제어를 위한 상태 메시지들을 지상관제시스템으로 전달함

- 협업 미션 수행을 위해 구현 된 보트 시스템의 소프트웨어 구조는 다음 그림과 같으며, 각 노드에 대한 설명은 아래와 같음



협업 미션 수행을 위한 보트의 소프트웨어 구조

- ControlUnit: 보트에 부착 된 다중 센서들의 데이터를 수집 및 가공하여 보트 제어를 위한 raw-value 들을 Controller에게 전달함
- 본 연구를 위해 설계 및 구현 된 미션 협업 시스템의 검증을 위한 실험 환경은 아래 그림과 같으며, 각 구성 요소는 다음과 같음



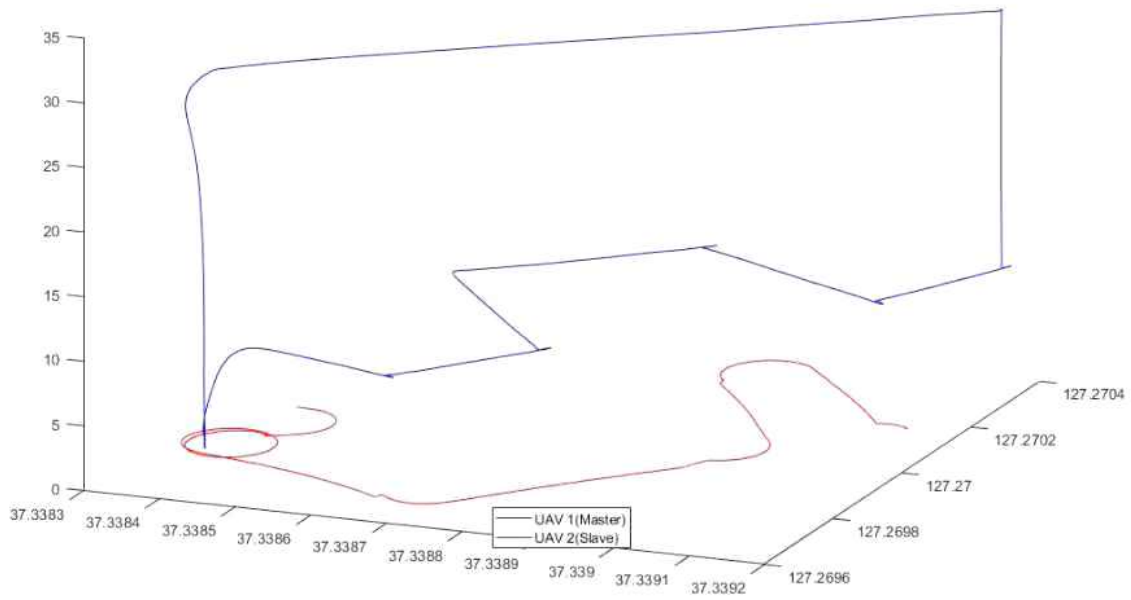
미션 협업 시스템의 검증을 위한 실험 환경 구성

- 하나의 지상관제 시스템
 - 하나의 Master 로봇 (드론)
 - 하나의 Slave 로봇 (보트)
- 지상관제시스템은 협업 미션 부여를 위해 본 연구에서 개발 된 프로그램을 이용하였고, 드론 및 보트의 동작 검증은 각각의 시뮬레이션 환경(Gazebo, UWSim)을 이용하였음
- 드론 및 보트 간 협업 미션의 수행 검증을 위한 이동 경로와 실험 시나리오는 다음 그림과 같음
- Master 로봇(드론)이 Slave 로봇(보트)에게 'Go To' 명령 전달 (Point A)
 - Master 로봇(드론)이 Slave 로봇(보트)에게 'Follow Me' 명령 전달 (Point D)
 - Master 로봇(드론)이 Slave 로봇(보트)에게 'Wait' 명령 전달 (Point E)



협업 미션 수행 경로

- 다음의 그림은 본 연구를 통해 설계 및 구현된 협업 미션 시스템의 실험 결과이고, 실험 결과는 위의 시나리오를 기반으로 실험을 진행하여 드론 및 보트 시스템에서 도출 된 로그 정보를 이용하여 실험 결과를 재구성하였음
- 드론의 로그는 시뮬레이터(Gazebo)를 통해 수집된 비행 결과임. 드론의 경우 방해 요소 및 외부 요인으로부터의 영향이 없기 때문에, 사용자가 지정한 비행경로의 로그를 그대로 얻을 수 있음. 보트의 로그는 시뮬레이터(UWSim)을 통해 수집 된 항해 결과이고, 보트의 경우 수상의 실제 환경 요인(파도, 바람 등) 등에 대한 영향이 적용된 결과가 표현되었음. 또한 보트의 로그는 드론으로부터 수신 받은 부 미션의 내용에 따라 정상 동작하는 항해 결과를 확인할 수 있었음



드론과 보트를 활용한 협업 미션 시스템의 실험 결과

(1)저작권 등록

제 C-2018-039028 호

 **저작권 등록증**

1. 저작물의 제호(명칭)	MAVlink(마브링크) 프로토콜 기반의 복수 무인기 제어를 위한 지상관제시스템
2. 저작물의 종류	컴퓨터프로그램저작물>시스템프로그램
3. 저작자 성명(법인명)	한국의국어대학교 연구산학협력단 경기도 용인시 처인구 모현읍 외대로
4. 생년월일(법인등록번호)	134571-0003947
5. 창작연월일	2018년12월10일
6. 공표연월일	-
7. 등록연월일	2018년12월19일
8. 등록사항	저작자 : 한국의국어대학교 연구산학협력단, 창작 : 2018.12.10

『저작권법』 제53조에 따라 위와 같이 등록되었음을 증명합니다.

2018년 12월 24일

 **한국저작권위원회** 

MAVLink(마브링크) 프로토콜 기반의 복수 무인기 제어를 위한 지상관제시스템

제 C-2018-039029 호



저작권 등록증

- | | |
|-----------------|---|
| 1. 저작물의 제호(명칭) | ROS(로봇 운영체제) 기반의 무인 보트 제어 프로그램 |
| 2. 저작물의 종류 | 컴퓨터프로그램저작물>시스템프로그램 |
| 3. 저작자 성명(법인명) | 한국외국어대학교 연구산학협력단
경기도 용인시 처인구 모현읍 외대로 |
| 4. 생년월일(법인등록번호) | 134571-0003947 |
| 5. 창작연월일 | 2018년12월11일 |
| 6. 공표연월일 | 2018년12월17일 |
| 7. 등록연월일 | 2018년12월19일 |
| 8. 등록사항 | 저작자 : 한국외국어대학교 연구산학협력단,
창작 : 2018.12.11, 공표 : 2018.12.17 |

『저작권법』 제53조에 따라 위와 같이 등록되었음을 증명합니다.

2018년 12월 24일



한국저작권위원회



ROS(로봇 운영체제) 기반의 무인 보트 제어 프로그램

제 C-2018-026541 호



저작권 등록증

- | | |
|-----------------|---|
| 1. 저작물의 제호(명칭) | 무인 보트 제어 프로그램 |
| 2. 저작물의 종류 | 컴퓨터프로그램저작물>응용프로그램 |
| 3. 저작자 성명(법인명) | 한국외국어대학교 연구산학협력단
경기도 용인시 처인구 외대로 |
| 4. 생년월일(법인등록번호) | 134571-0003947 |
| 5. 창작연월일 | 2018년10월01일 |
| 6. 공표연월일 | 2018년10월01일 |
| 7. 등록연월일 | 2018년10월08일 |
| 8. 등록사항 | 저작자 : 한국외국어대학교 연구산학협력단,
창작 : 2018.10.01, 공표 : 2018.10.01 |

『저작권법』 제53조에 따라 위와 같이 등록되었음을 증명합니다.

2018년 10월 08일



한국저작권위원회



무인 보트 제어 프로그램

특허증 CERTIFICATE OF PATENT		
특허 Patent Number	제 10-1924412 호	
출원번호 Application Number	제 10-2017-0042961 호	
출원일 Filing Date	2017년 04월 03일	
등록일 Registration Date	2018년 11월 27일	
발명의 명칭 Title of the Invention 이미지 프로세싱을 이용한 녹조 측정 장치 및 방법		
특허권자 Patentee 한국외국어대학교 연구산학협력단(134571-*****) 경기도 용인시 처민구 모현면 외대로 81		
발명자 Inventor 등록사항란에 기재		
위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다. This is to certify that, in accordance with the Patent Act, a patent for the invention has been registered at the Korean Intellectual Property Office.		
 특허청 Korean Intellectual Property Office	2018년 11월 27일	 QR코드로 현재기준 등록사항을 확인하세요
	특허청장 COMMISSIONER, KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE 박원주	

이미지 프로세싱을 이용한 녹조 측정 장치 및 방법



A study on the evaluation of water-bloom using image processing

Yeonwoo Choo¹ · Guyoung Kang¹ · Dongmin Kim² · Sungjong Lee¹ Received: 26 February 2018 / Accepted: 23 October 2018
© Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2018

Abstract

This study utilized remote sensing techniques using an unmanned aerial vehicle (UAV) with an attached multispectral sensor to monitor the Nakdong River. In this study, chlorophyll-a, an indicator of water quality and the normalization difference vegetation index (NDVI), which indicates the vitality of plant growth was employed. NDVI images were generated using georeferenced and Orthomosaic images. The data (field samples) used to conduct the study was collected in September 2017. The relationship between the chlorophyll-a concentrations and NDVI was then examined. The results of the relationship can be used in monitoring of green algae for water quality management.

Keywords Chlorophyll-a · Multispectral · Unmanned aerial vehicle

Introduction

In recent times, algal blooms have become a major problem for many water environments. This is because they pose a serious threat to delicate aquatic ecosystems (Paerl and Otten 2013). Most studies on algal blooms thus far have been carried out by utilizing ultra-spectral sensors attached to satellites or manned aircrafts for remote sensing, using chlorophyll-a as the variable (Chen et al. 2008; Zhengjun et al. 2008; Tebbs et al. 2013; Bonansea et al. 2015; Doña et al. 2015).

Remote sensing analyzes materials by measuring its chlorophyll-a's reflectance. Landsat (Tebbs et al. 2013; Cox et al. 1998; Zhao et al. 2011), MODIS (Hu et al. 2004; Miller and McKee 2004), SPOT (Ouilon et al. 1997; Doxaran et al. 2002), and ENVISAT (Harvey et al. 2015) systems provide remote sensing

images to monitor water quality. Remote sensing techniques that use satellite imaging have been widely applied in monitoring the water quality of lakes, reservoirs, rivers, and oceans (Moses et al. 2014; Zhengjun et al. 2008).

However, there is a constraint to using satellites for remote sensing: images from satellites have low spatial resolutions (10–30 m) and are therefore problematic in evaluating small reservoirs, rivers, and lakes (Su and Chou 2015). The solution to this problem, as demonstrated in this study, is to attach a multispectral sensor to an unmanned aerial vehicle (UAV). Through this method, images with high spatial resolutions of 0.1 m or less can be acquired. UAVs have been utilized in this way for the purposes of monitoring floods and lakes (Su and Chou 2015), detecting water pollution (Cândido et al. 2016), and measuring chlorophyll concentrations (Colomina and Molina 2014; Zang et al. 2012).

Monitoring technology that can be fitted on UAVs is in increasing demand due to its ability to quickly and accurately build spatial information (Vega et al. 2015). Sensors attached to UAVs can effectively collect high resolution images with minimal restraints, being only hindered by unsuitable weather conditions such as strong wind, rain, and snow (Bendea et al. 2008; Lin et al. 2010). Processing images with UAVs can also save much time and expenses. This study demonstrates the aforementioned reliability, efficiency, and flexibility of image processing with UAVs by using it to create accurate orthographic normalized difference vegetation index (NDVI) images to monitor the chlorophyll content of a river.

Responsible editor: Vitor Manuel Oliveira Viscondes

 Sungjong Lee
gopzzangno1@naver.comYeonwoo Choo
gopzzangno1@naver.com¹ Environmental Science, Hankuk University of Foreign Studies, Oedae-ro 81, Wangsan-ri, Molyeong-myeon, Yongin-si, Gyeonggi-do, Yongin, Seoul, South Korea² Computer Sciences, Hankuk University of Foreign Studies, Oedae-ro 81, Wangsan-ri, Molyeong-myeon, Yongin-si, Gyeonggi-do, Yongin, Seoul, South Korea

Published online: 12 November 2018

Springer

제4장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

1. 최종 성과목표 및 평가방법

구분	핵심성과 (CTE)	단위성과	성과점검기준							양적 성과 건수
			질적 성과지표	목표치	달성치	측정방법	검증방법	기준치		
주관	1 수계모니터링 시스템 개발 및 적용	1-1 - 녹조, 수량, 탁도, 하천변화 감지를 위한 test(Calibration) 현장 이미지와 해석 자료와 실측자료 비교분석	① 실험실 분석자료와의 정도관리 신뢰성 평가	신뢰 평가 95% 이상	신뢰 평가 95% 이상	실험분석	보고서 시험 성적서	20	특허: 출원 <u> </u> 건 등록 <u> </u> 건 논문: <u> </u> 건 시제품: <u> </u> 건 SW: <u> </u> 건	
	2 국내현장 적용 가능한 Image Processing 을 위한 Database 구축	2-1 - 운량, 조도를 고려한 기초자료 수집 (베이스라인) - 수계 녹조, 수량, 탁도, 수온, 감시기법 개발	① 실험실 분석자료와 현장 영상자료의 통계적 평가	신뢰 평가 95% 이상	신뢰 평가 95% 이상	실험분석	보고서 시험 성적서	20	특허: 출원 <u> </u> 건 등록 <u> </u> 건 논문: <u> </u> 건 시제품: <u> </u> 건 SW: <u> </u> 건	
공동 1	3 통합형 GCS(Ground Control System) 구축	3-1 - 관제 및 자료 수집을 위한 무선 통신protocol 개발 (WIFI/Bluetooth 또는 LTE 기반)	① 거리기준 무선통신 성능평가	2Km 이상 통신	2Km 이상 통신	통신강도 평가	소프트웨어 성능평가	20	특허: 출원 <u> </u> 건 등록 <u> </u> 건 논문: <u> </u> 건 시제품: <u> </u> 건 SW: <u> </u> 건	
	4 Drone UAV H/W 및 S/W 개발	4-1 - 모니터링을 위한 실시간 모션 영상 전송 모듈 탑재 환경 실험 분석을 위한 3파장 카메라 및 열 감지 카메라 부착	① 모듈 개발	개발	개발	성능 평가 보고서	보고서 모듈 성능평가	20		
공동 2	5 Image Processing & Vision System Software 개발	5-1 - UAV Data Acquisition, Ortho Rectification, 3D Video Production , 2D/3D Feature Extraction, DEM/DTM/DSM Creation and Editing, UAV Photogrammetry Mapping	① 데이터 수집 및 이미지 해석평가	개발	개발	성능 평가 보고서	보고서 소프트웨어 성능평가	20	특허: 출원 <u> </u> 건 등록 <u> </u> 건 논문: <u> </u> 건 시제품: <u> </u> 건 SW: <u> </u> 건	
계								100	특허: 출원 <u> </u> 건 등록 <u> </u> 건 논문: <u> </u> 건 시제품: <u> </u> 건 SW: <u> </u> 건	

2. 최종 성과목표 달성도

구분			목표	달성치	달성도(%)
국외 논문 게재	SCI		1	1	100%
	비SCI		1	1	100%
	계		2	2	100%
국내 논문 게재	SCI				
	비SCI				
	계				
특허 출원	국내		2	2	100%
	국외				
	계		2	2	100%
특허 등록	국내		-	1	100%
	국외				
	계				
인력 양성	석사		-	1	100%
	박사				
	계				
기술 이전	계약 건수				
	계약액				
	징수액				
국제 표준화	기고서 제출				
	기고서 채택				
	표준안 채택				
국내 표준화	기고서 제출				
	기고서 채택				
	표준안 채택				
등록·기탁 대상 성과물	보고서 원문				
	연구시설·장비				
	기술요약정보				
	생명자원	생명정보			
		생물자원			
		신품종			
	소프트웨어		4	7	175%
화학물					
기타	시제품		1	2	200%
	성과 홍보				
	일자리 창출				

3. 관련분야 기여도

구분	관련분야기여도					
	R&D 전			R&D 후		
소분류	국외 기술수준	국내 기술수준	분석	국외 기술수준	국내 기술수준	분석
Image Processing기 반 수계관리 시스템	인 공 위 성 Image를 이용 한 국토 광역 범위 연구 수 행	R G B (R e d , Green, Blue) 3 파장분석을 통 한 Image Processing 수 행	RGB 3파장만 으로는 수계와 육지의 경계면 을 명확히 구 분하기 어려우 며, 녹조농도 모니터링에 한 계가 있음	인 공 위 성 Image를 이용 한 국토 광역 범위 연구 수 행	R G B + R e d edge+NIR 5파 장을 이용한 파장분석으로 신속하고 정밀 한 수계관리가 가능할 수 있 는 기술 확보	인공위성을 이 용한 Image분 석은 조도, 운 량 등으로 인 해 실시간 분 석이 어려우나 본 연구에서 개발된 5파장 I m a g e Processing은 실시간 신속하 게 국토정보를 취득할 수 있 음
통 합 형 GCS(Ground C o n t r o l System)	무인기 제어 2 개 무인시스템 운용	무인기 제어 1 개 무인시스템 운용	기존의 무인기 제어는 단일 1 개의 UAV만을 제어할 수 있 는 기술이 개 발되어 있기 때문에 무인비 행체, 무인보 트 등의 복수 무인기를 운용 할 수 없었음	무인기 제어 2 개 무인시스템 운용	무인기 제어 2 개 이상 무인시 스템 운용	본 연구에서 개 발 된 MAVLink(마 브링크) 프로 토콜 기반의 복수 무인기 제어를 위한 지상관제시스 템 S/W로 2 개 이상의 무 인기를 운용 할 수 있는 기술을 확보 하였음

4. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성)

제5장. 연구개발성과의 활용계획

○ 연구개발성과의 활용방안

- 무인비행체를 이용한 수계관리는 “에너지·자원 부족” 중 물·식량 부족의 심화에 대비한 “수자원의 국제적 가치 상승”이라는 미래사회 기술적 수요에 대응할 필요성이 있음
- 무인비행체를 이용한 하천 및 유역관리는 지역적, 항공운영의 기술적, 안전성 등의 제약조건이 거의 없어, 미래유망기술로서 시장선점을 위한 핵심기술로서의 가치가 있음
- 공간정보 활용을 통한 수계관리 기술은 수계, 산림, 도심지역, 재해, 재난, 사고대응 등의 연계적 측면에 있어서 적용 및 활용성이 매우 높은 기술 분야임. 아울러 전자, 제어, 통신 등의 학문분야 발전을 통해 신성장 사업을 창출할 수 있고, 융합적 일자리 확보가 가능할 것으로 보임

○ 수계모니터링 시스템 개발 및 적용 기법 활용

- 4대강 중심의 국가 하천 녹조, 수량, 탁도, 수온, 하천변 유역변화 감지
- 녹조현상에 대한 원인파악 및 대책마련의 기초자료 제공

○ 국내현장 적용 가능한 Image Processing을 위한 Database 활용

- 파장별 Image 스캔 기법을 적용한 실시간 국가하천모니터링수행
- 수계 녹조, 수량, 탁도, 수온 실시간 모니터링

○ Image Processing & Vision System Software 활용

- 정사영상제작 및 편집기능 제공
- 2D/3D Feature Extraction 등을 통해 하천 유역변화 및 국토지형변화 등 자료 제공

○ 통합형 GCS(Ground Control System) 활용

- Drone의 비행 상황 실시간 관제 시스템 구축
- 환경감시자료(녹조, 수량, 탁도, 수온, 유역변화)와 영상자료 통합수집시스템 제공

○ Drone UAV H/W 및 S/W 활용

- 국가환경 모니터링을 위한 실시간 영상 전송 시스템 제공
- Payload 및 Rotor Pattern 특성을 고려한 최적 H/W 및 GCS 통신 S/W 기법 제공

제6장. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

본 연구과정에서 수집한 해외 과학기술정보는 무인항공기를 이용한 기초적인 운용 시스템부터 광학분석기법을 적용한 Image Processing까지 광범위하며, 세부적인 과학기술정보는 Remote Sensing, Remote Sensing Process, Image Processing & Spectral Resolution, Mosaic & Acquire data 등이 있음. 이에 대한 전반적인 내용은 다음과 같음

- USA, Western Lake Erie은 매년 녹조현상이 반복적으로 발생하는 지역이고, 이 지역의 녹조관리를 위해 인공위성에서(Landsat 7, 8, NOAA, MODIS, MERIS 등) 매시간 마다 촬영되는 위성사진의 데이터를 Particle tracking, Modeling 등의 기법으로 지도(Algae-map)를 제작하여 녹조 농도를 평가하고 이동경로를 예측하는 등의 수계 모니터링관리기법을 활용하고 있음 (Becher, R H et al. 2009; Hunter, P D et al. 2010; Amr Abd-Elrahmana et al. 2011; Aurelie Davranche et al 2013;)
- 무인비행기 개발이 활발하게 이루어지고 있는 중국에서는 초분광센서를 이용하여 농작물의 생식 및 생장에 대한 정보를 취득하고 있으며, 고해상도의 파장별 영상데이터를 분석하여 식생지수(NDVI; Normalized Difference Vegetation Index) 등의 평가를 통한 많은 연구가 진행되고 있음. 또한 농작물뿐만 아니라 수계를 대상으로 녹조 등 고유파장이 존재하는 오염물질의 오염정도를 평가하기 위한 연구도 점차 많아지고 있으며, 해양이나 하천 및 호소 혹은 호수 등을 대상으로 촬영된 영상 데이터를 Image Processing 과정을 통해 실제 측정된 수질데이터(Chlorophyll-a, Secchi disk, Total phosphorous)와 영상데이터의 상관성을 평가하는 연구가 진행되고 있음

○ Remote Sensing

- 원격탐사란 현장관측(on-site observation)과는 대조적으로 물리적인 접촉 없이 어떤 물체나 현상에 대한 정보를 얻는 것을 나타냄. 원격탐사는 지리학, 토지측량 그리고 주로 지구과학(예, 수리학, 생태학, 해양학, 빙하학, 지질학) 등의 많은 분야에서 이용되고 있고 군사, 경찰, 상업, 경제, 도시계획, 인문학 등에도 적용이 될 수 있으며 최근에는 수질, 대기, 토양 등의 환경매체에 대한 모니터링을 위해서도 많은 연구와 적용이 시도되고 있음
- 환경 중 수질분야에서는 원격탐사를 “모든 물체는 종류와 환경조건이 다르면, 서로 다른 전자파를 반사 혹은 복사하는 특성을 가지고 있다” (Ulaby et al 1981) 라고 정의하고 있으며, 물질 고유의 파장 특성을 분광특성(Spectral Characteristics) 또는 스펙트럼(Spectrum)이라고 구분하고, 자외선(Ultraviolet), 가시광선(visible), 적외선(infrared)으로 분류됨. 가시광선은 파장에 따라 적색(Red 630-690 nm), 녹색(Green, 520- 600nm), 청색(Blue, 450-520nm), 근적색(Red_edge, 700-730nm), 적외선(NIR, 760-900nm)으로 구분 지을 수 있음 (Hunt et al 2005)
- 원격탐사는 대상물로부터 반사(reflection) 또는 복사(radiation) 되는 전자파를 이용하고 물체의 전자파 특성을 기초로 하고 있음. 대상물의 고유한 전자파 특성이 태양과 대기 및 기타 환경조건에 영향을 받아 센서에 관측되고 컴퓨터에 의한 자료처리를 통해 여러 가지 분야로 활용됨. 이용되는 장비로는 카메라, 다중분광 및 초분광 센서, 열적외선 탐지기, RADAR(Radio Detection and Ranging)센서, LiDAR(Light Detection and Ranging) 센서 등이 있음
- 위의 장비는 위성이나 유인항공기, 무인비행기, 헬리콥터, 열기구 등에 탑재하여 멀리 떨어져 있는 대상물을 관측하며, 직접적으로 접촉하지 않고 대상물에 대한 정보를 취득할 수 있음. 원격탐사에서 데이터 수집은 물체에서 반사 혹은 방출된 에너지를 수동적으로 기록하는 형태로, 원하는 대상과 지역의 현장 데이터 정보를 보다 손쉽게 수집할 수 있고, 대상에 대해서 직접적으로 데이터를 수집할 때보다 원격탐사 기법을 사용해 데이터를 취득할 경우 현장 훼손 정도가 적음

○ Remote Sensing Process

- 원격탐사 처리과정은 문제를 인식하는 것으로 시작함. 문제가 발생한 지역의 자료를 수집 및 관측하고 수집한 데이터를 바탕으로 해석과정을 거침. 그리고 이에 따른 결론을 제시하며 사용자가 원하는

데이터를 만들어 제공하는 과정을 원격탐사 처리 과정이라고 함

- 이렇게 수집한 데이터는 수치지형도, 영상 강조, 영상 지도, 정사사진지도, 주제도, 공간 데이터베이스 파일, 통계, 그래프 등을 통해 나타낼 수 있음. 수치 지형도의 경우 여러 가지 속성 정보를 이용해 주제도를 제작하여 용도별로 분류, 제작, 계획 등 다양한 정보(상하수도, 전기, 가스 등)를 관리하고 있고, 수집한 데이터는 GIS와 접목되어 지형도에 인위적 요소(인구밀도, 토지이용 등)와 자연적 요소(기상조건, 지질 등) 등을 부여하고 속성정보를 가공하여 해석하는 목적으로 사용됨
- 원격탐사 기법으로 촬영된 데이터는 지형왜곡과 방사왜곡이 포함되어 있음. 왜곡을 보정하지 않은 데이터들은 그 정확성을 신뢰할 수 없고, 지형왜곡은 카메라나 센서의 표정, 지형의 굴곡, 지구 곡면, 센서의 왜곡, 측량오차 등에 따라 발생됨. 이들은 공선 조건식(Collinearity Equation)을 이용하여 보정하게 되고, 공선 조건식이란 GPS(Global Positioning System)의 X, Y, Z(위도, 경도, 고도)측과 대상물과 사진상의 점 그리고 사진기의 촬영중심이 동일 선상에 나타낸 것을 이야기함. 공선 조건식을 통해 왜곡에 오차를 제거함에 따라 특정 개체들을 구분할 수 있음과 동시에 정확한 면적이 산출되는 지도 데이터를 생성할 수 있음
- GPS는 현장자료와 연계하여 수집되어야 함(Jensen and Jensen, 2013). 현장 표집 절차는 화학, 생물학, 임학, 토양, 수문학, 기상학 등의 과학 분야에서 제공하는 절차에 따라 습득하는 것이 바람직함(McCoy, 2005; Azar et al., 2013).
- 방사왜곡의 경우 시간에 따라 대상물에서 반사되는 강도가 달라져 영상데이터 취득 시 그 정보가 달라지게 되는데, 예를 들어, 오전 9시의 들어오는 대상물에서 반사되는 강도와 오후 12시 들어오는 대상물의 반사되는 강도의 따라 달라지는 것을 볼 수 있음
- 분광특성에 초점을 맞춘 센서의 경우는 방사왜곡에 대하여 주의하여야 함. 방사왜곡의 경우 촬영 전후에 특정 반사판을 활용하여 반사 강도를 측정하고 보정을 실시하는데, 이때 반사판에 따라 반사량이 정해져 있어 반사 강도에 따른 양을 일정하게 측정할 수 있음. 반사판의 강도와 촬영된 대상체의 반사 강도 비율로 방사왜곡을 보정함

○ Image Processing & Spectral Resolution

- 분광해상도는 감지하는 센서의 구체적인 파장 간격 및 채널수의 크기를 뜻함. 형태의 경우 다중 분광(Multispectral)과 초분광(Hyperspectral)으로 구분할 수 있고, 초분광의 경우 다중분광보다 수백 개의 세분화되어 있는 분광 파장대를 촬영하여 보다 자세한 정보의 측정값을 얻는 경우에 사용됨. 주로 활용되고 있는 분야로는 광물자원 분포, 종류 구분 등 지질분야에서 사용되고 있으며, 식생분야에서는 구성인자(클로로필, 탄소량, 질소량 등)들의 추정에 많은 연구가 수행되고 있음
- 다중 분광의 경우 특정 파장(Green, Blue Red, NIR)을 촬영하여 파장 폭에 따라 특성을 가지는 영역에서 대상물의 정보를 얻기 위해 사용되어짐. 이렇게 수집된 데이터는 공간, 시간정보, 지표면의 반사, 방출되는 방사량, 파장영역을 어떻게 구분 짓느냐에 따라 정보를 다르게 취득할 수 있음
- 촬영된 영상정보들을 판독하는 데에는 영상 전처리(방사보정, 기하보정)를 수행하는 과정이 필요함. 방사보정(radiometric correction)이란 디지털영상 센서의 환경에서 측정된 분광반사도, 방출도, 후방 산란된 측정값의 정확도를 향상시키기 위해 사용되며(Johannsen and Daughtry, 2009; San and Suzen, 2010) 기하보정(geometric correction)이란 지표면에서 반사, 방출 및 후방 산란된 측정값 또는 추출된 값을 GIS(Global Information System)공간 또는 지도의 평면 위치에 투영하는 작업임. (Jensen and Jensen, 2013) 위와 같은 보정의 과정을 거친 정보는 영상지도, 정사사진지도, 공간 데이터베이스 파일을 제작하여 토양, 농업, 도시연구, 지도학, GIS, 공간통계학 등 결과물을 생산하고, 결과물은 이용자의 따라 원하는 데이터로 표현이 가능함
- 식물 분야에서는 식생의 분포량과 활동성 등의 각종 정보를 지시하는 식생지수들이 존재하는데, 대표적인 표현방법 중 NDVI은 측정값을 -1에서 +1의 지수 값 형태로 표현하는 방법으로 +1의 가까울수록 식생의 분포량, 활동성이 크다고 표현할 수 있음. 이때 사용되는 파장대는 근적외선(NIR)파장과 가시광선에 적색파장(Red)의 차이를 사용하고 있으며(Rouse et al 1974), 이외에도 녹색파장의 강조를 둔 GNDVI(Fitelson et al 1996), 청색파장을 강조하여 표현된 BNDVI(Wang et al 2007), 적색파장(Red)과 근적외선(NIR) 사이의 파장인 근적색파장(Red_edge)를 표현한 NDREI(Gitelson and Merzlyak 1994) 등 다양한 지수 값으로 표현이 가능함

Various remote sensing indices related to vegetation cover and chlorophyll content

Name	Type	Abbrev.	Equation
Normalized difference vegetation index	Red -NIR	NDVI	$\frac{(R_n - R_r)}{(R_n + R_r)}$
Green normalized difference vegetation index	Green -NIR	GNDVI	$\frac{(R_n - R_g)}{(R_n + R_g)}$
Blue Normalized difference vegetation index	Blue-NIR	BNDVI	$\frac{(R_n - R_b)}{(R_n + R_b)}$
Normalized difference red edge index	RE-NIR	NDREI	$\frac{(R_g - R_r)}{(R_g + R_r)}$

제7장. 연구개발성과의 보안등급

일반

제8장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황

구입 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)	비고 (설치 장소)	NTIS장비 등록 번호

제9장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적

- 국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제24조 및 환경기술개발사업 운영규정 제 46조에 따라 환경기술개발사업 수행에 따른 보안관리의 세부절차를 준하여 수행하였음
- 또한, 주관연구기관인 한국외국어대학교에서는 실험실 안전관리 및 연구윤리교육을 1회/연 실시하고 있으며, 본 연구과제에 참여하는 모든 연구원들이 교육에 참여하였음

제10장. 연구개발과제의 대표적 연구 실적

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/ 기타	소속 기관명	역할	논문 게재지/ 특허 등록 국가	영향력 지수	논문 게재일 /특허 등록일	사사 여부 (단독 사사 또는 중복 사사)	특기 사항 (SCI 여부/인용 횟수 등)
1	논문	Mathematical methods to locate touch points using laser optic modules	한국외국어대학교	-	International Journal of Circuits, Systems and Signal Processing	0.55	2018.12.01	중복	Scopus
2	논문	A study on the evaluation of water-bloom using image processing	한국외국어대학교	-	Environmental Science and Pollution Research	2.8	2018.09.23	단독	SCI
3	특허	이미지 프로세싱을 이용한 녹조 특정 장치 및 방법	한국외국어대학교	-	대한민국	-	2018.11.27	단독	등록
4	소프트웨어	녹조이미지분석 프로그램	랏데컴유니케이션코리아	-	대한민국	-	2017.03.02	단독	등록
5	소프트웨어	MAVLink(마브링크) 프로토콜 기반의 무인기 기본 제어 및 통신 프로그램	한국외국어대학교	-	대한민국	-	2018.02.21	단독	등록
6	소프트웨어	무인 보트용 다중 센서 데이터 수집 모듈	한국외국어대학교	-	대한민국	-	2018.02.21	단독	등록
7	소프트웨어	녹조정밀진단프로그램	한국외국어대학교	-	대한민국	-	2018.01.04	단독	등록
8	소프트웨어	MAVLink(마브링크) 프로토콜 기반의 복수 무인기 제어를 위한 지상관제시스템	한국외국어대학교	-	대한민국	-	2018.12.19	단독	등록
9	소프트웨어	ROS(로봇 운영체제) 기반의 무인 보트 제어 프로그램	한국외국어대학교	-	대한민국	-	2018.12.19	단독	등록
10	소프트웨어	무인 보트 제어 프로그램	한국외국어대학교	-	대한민국	-	2018.10.08	단독	등록

제11장. 기타 사항

특이사항 없음

제12장. 참고 문헌

1. Abd-Elrahman A, Croxton M, Chettri RP, Toor GS, Smith S, Hil J (2011) In situ estimation of water quality parameters in freshwater aquaculture ponds using hyperspectral imaging system. *ISPRS J Photogramm Remote Sensing* 66:463-472.
2. Becker R H, Sultan, M I, Boyer G L, Twiss M R, Konopko E. (2009). Mapping cyanobacterial blooms in the great lakes using MODIS. *J. Great Lakes Res.* 35, 447-453.
3. Bonansea M, Rodriguez MC, Pinotti L, Ferrero S (2015) Using multitemporal Landsat imagery and linear mixed models for assessing water quality parameters in Río Tercero reservoir *Remote Sens Environ* 158:28-41.
4. Cendido AKA, Paranhos Filho AC, Hauptenthal MR, Silva NM, Correa JS, Ribeiro ML (2016) Water quality and chlorophyll measurement through vegetation indices generated from orbital and suborbital images. *Water Air Soil Pollut* 224-227.
5. Chen L, Tan CH, Kao SJ, Wang TS (2008) Improvement of remote monitoring on water quality in a subtropical reservoir by incorporating grammatical evolution with parallel genetic algorithms into satellite imagery. *Water Res* 42:296-306.
6. Cox RM, Forsythe RD, Vaughan GE, Olmsted LL (1998) Assessing water quality in the Catawba River reservoirs using Landsat thematic mapper satellite data. *Lake Reserv Manage* 14:405-416
7. Doea C, Chang NB, Caselles V, Sánchez JM, Camacho A, Delegido J, Vannah BW (2015) Integrated satellite data fusion and mining for monitoring lake water quality status of the Albufera de Valencia in Spain. *J Environ Manag* 151:416-426.
8. Doxaran D, Froidefond JM, Lavender S, Castaing P (2002) Spectral signature of highly turbid waters: application with SPOT data to quantify suspended particulate matter concentrations. *Remote Sens Environ* 81:149-161.
9. Eaton AD, Clesceri LS, Rice EW, Greenberg AE (2005) Standard methods for the examination of water & wastewater, 10200 H. Chlorophyll 10:18-26. 21st edn
10. Eunyoung Choe, Jae-Woon Lee and Jae-Kwan Lee (2011) Estimation of Chlorophyll-a Concentrations in the Nakdong River Using High-Resolution Satellite Image *Korean Journal of Remote Sensing*, Vol.27, No.5, 2011, pp.613~623
11. Gitelson AA, Dall' Olmo G, Moses W, Rundquist DC, Barrow T, Fisher TR, Gurlin D, Holz J (2008) A simple semi-analytical model for remote estimation of chlorophyll-a in turbid water. *Remote Sens Environ* 112:3582-3593.
12. Hunter, P. D., Tyler, A. N., Carvalho, L., Codd, G. A., and Maberly, S. C. (2010). Hyperspectral remote sensing of cyanobacterial pigments as indicators for cell populations and toxins in eutrophic lakes. *Remote Sens. Environ.* 114, 2705-2718. doi: 10.1016/j.rse.2010.06.006
13. Harvey ET, Kratzer S, Philipson P (2015) Satellite-based water quality monitoring for improved spatial and temporal retrieval of chlorophyll-a in coastal waters. *Remote Sens Environ* 158:417-430.
14. Hu C, Chen Z, Clayton TD, Swarzenski P, Brock JC, Muller-Karger FE (2004) Assessment of estuarine water-quality indicators using MODIS medium-resolution bands: initial results from Tampa Bay, FL. *Remote Sens Environ* 93:423-441.
15. Heung-min Kim, Hong-Joo Yoon Seonwoong jang (2016) Application of Unmanned Aerial Vehicle Imagery for Algal Bloom Monitoring in River Basin. Science & Engineering Research Support Center, Republic of Korea(IJCA). *International Journal of Control and Automation* Vol.9 No.12 pp.203-220
16. Lin J, H Tao, Y Wang, Z Huang (2010) Practical application of unmanned aerial vehicles for mountain hazards survey. *International Conference on Geoinformatics* Chengdu China, June. 1-5.
17. Miller RL, McKee BA (2004) Using MODIS Terra 250 m imagery to map concentrations of total suspended matter in coastal waters. *Remote Sens Environ* 93:259-266.

18. Moses WJ, Gitelson AA, Berdnikov S, Bowles JH, Povazhnyi V, Saprygin V, Wagner JE, Patterson KW (2014) HICO-based NIR- red models for estimating chlorophyll-a concentration in productive coastal waters. *IEEE Geosci Remote Sens Lett* 11:1111-1115.
17. Ouillon S, Forget P, Froidefond JM, Naudin JJ (1997) Estimating suspended matter concentrations from SPOT data and from field measurements in the Rhône river plume. *Mar Technol Soc J* 31: 15-20
19. Paerl HW, Otten TG (2013) Harmful cyanobacterial blooms: causes, consequences, and controls. *Microb Ecol* 65:995-1010.
20. Patrick A, Pelham S, Culbreath A, Holbrook CC (2017) High throughput phenotyping of tomato spot wilt disease in peanut using unmanned aerial systems and multispectral imaging. *IEEE Instrument and Measurement Society* 20:4-12.
21. Su TC, Chou HT (2015) Application of multispectral sensors carried unmanned aerial vehicle (UAV) to trophic state mapping of small reservoirs: a case study of Tain-Pu reservoir in Kinmen, Taiwan. *Remote Sens* 7:10078-10097.
22. Tebbs EJ, Remedios JJ, Harper DM (2013) Remote sensing of chlorophyll-a as a measure of cyanobacterial biomass in Lake Bogoria, a hypertrophic, saline-alkaline, flamingo lake, using Landsat ETM+. *Remote Sens Environ* 135:92-106.
23. Vega FA, Ramirez FG, Saiz MP, Rosua FO (2015) Multi-temporal imaging using an unmanned aerial vehicle for monitoring a sunflower crop. *Biosyst Eng* 132:19-27.
24. Zaman B, Jensen A, Clemens SR, McKee M (2014) Retrieval of spectral reflectance of high resolution multispectral imagery acquired with an autonomous unmanned aerial vehicle. *Aggie Air Photogram Eng Remote Sensing* 80:1139-1150.
25. Zang W, Lin J, Wang Y, Tao H (2012) Investigating small-scale water pollution with UAV remote sensing technology. In *World Automation Congress (WAC) Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) Puerto Vallarta, Mexico* 1-4
26. Zhao D, Cai Y, Jiang H, Xu D, Zhang W, An S (2011) Estimation of water clarity in Taihu Lake and surrounding rivers using Landsat imagery. *Water Res* 45:165-173.
27. Zhengjun W, Jianming H, Guisen D (2008) Use of satellite imagery to assess the trophic state of Miyun reservoir, Beijing, China. *Environ Pollut* 155:13-19.

부 록

- I. 기존 드론을 활용한 영상분석 기술과의 차이점
- II. DB구축, 클라우딩 컴퓨팅 기술 등 연구 결과에 대한 활용방안
- III. 무인항공기 촬영시 제약조건에 대한 기준
- IV. 악천후(자연재해, 폭풍우 등) 발생시 유량, 유속, 수심, 녹조 등에 대한 추적 조사 방법(가이드라인)
- V. 연구기간에 수집된 수리학적 변수(수량, 유량, 유속, 수심 등) 자료

I. 기존 드론을 활용한 영상분석 기술과의 차이점

- 본 연구에서는 기존 연구 등에서 사용중인 초분광(Hyper Spectrometer)을 대신하여 다분광 카메라를 이용한 Image Processing을 수행하였음
 - 다분광 카메라는 Blue(465~485nm), Green(550~570nm), Red(663~671nm), RedEdge(712~723nm), Near Infrared(820~860nm)의 5개 파장을 이용하여 분광정보를 취득한 후, 녹조의 발생 및 이동경로에 대한 Image를 생성시킬 수 있음

기존 수계관리 모니터링 시스템

인공위성을 활용한 Image Processing

항공기를 이용한 초분광 Image Processing

무인비행체를 이용한 초분광 Image Processing

국가하천망 오염물질 자동분석(TMS)

지방 유역청 시료채취 및 분석

연구성과의 차별성

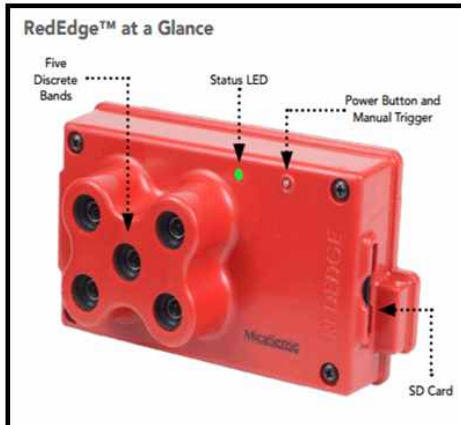
- 인공위성 촬영 **시간차 해소**(실시간 촬영)
- 영상 **정밀도(11.3cm) 향상**

- **비용절감**(1/100, 항공기 1억/회, 드론 100만원/회)
- **시간절감**(항공기 1회/day, 드론 3회이상/day)

- **Payload 문제해결**(초분광 4kg, 5파장 130g)
- 녹조 측정 **정확도 유사**(95% 이상)

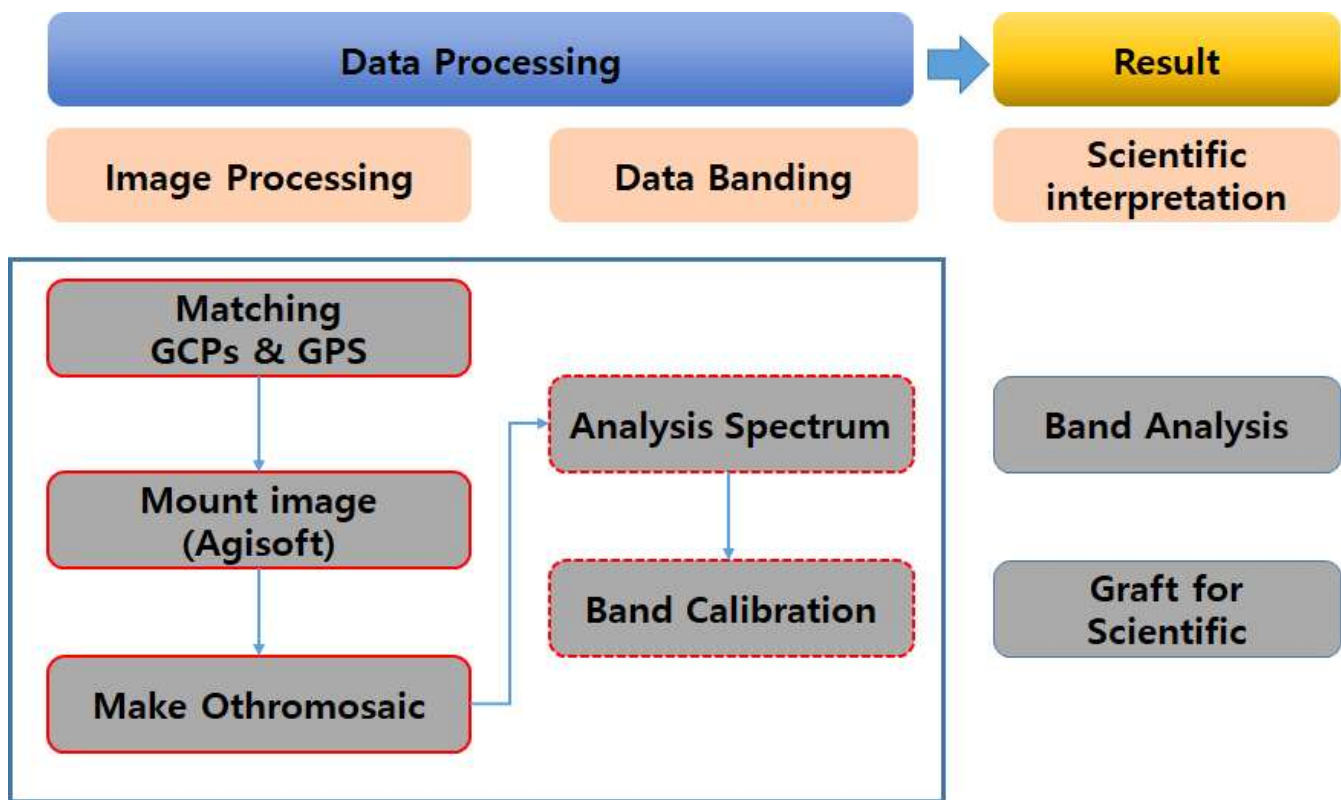
- **수량변화에 따른 자동분석 한계 극복**
(일정수량 이하/이상, 수질측정센서 분석 불가)

- **인력으로 인한 비용, 시간 절감**
- **전체수계 면적에 대한 분석으로 신뢰도 향상**



Band Name	Center Wavelength(nm)	Bandwidth(nm)
Blue	475	20
Green	560	20
Red	668	10
Red Edge	717	10
Near IR	840	40

- 영상분석은 영상 촬영 전, GPS를 기반으로 국토지리정보원에서 제시하고 있는 수준점을 기준으로 Ground Control Point를 설정한 후, 이미지를 촬영함
- 촬영된 개별의 사진들은 정사영상으로 제작되며, 멀티파장 카메라의 파장 범위인 Blue(465~485nm), Green(550~570nm), Red(663~671nm), RedEdge(712~723nm), Near Infrared(820~860nm)에 따라 각각 밴드를 분리해냄
- 분리된 밴드의 영상과 각각의 디지털 지표를 이용하여 녹조를 평가할 수 있는 최적의 모델방정식을 선택하여 평가함



II. DB구축, 클라우드 컴퓨팅 기술 등 연구 결과에 대한 활용방안

- 지도에 표시되는 ‘공간정보’란 인간이 생활을 하는데 있어 ‘시간’처럼 반드시 알아야 하는 가장 근본적인 정보로 특정상황의 중요한 기초 정보와 기준을 제시함
- 본 연구는 무인비행체기반의 3D image processing기술을 이용한 종합 수계관리를 진행함
- 3D image processing 기술, 즉 정사영상의 경우 지오레퍼런싱(georeferencing) 하기 위해서는 항공영상 삼각측량 (Aerial Triangulation: AT)이 선행 되어야 하며, 지상기준점(Ground Control Point: GCP)와 매칭하여 지오레퍼런싱을 수행하여야 함
- 영상처리에 가장 많이 사용되는 SW는 AGI Soft사에서 개발한 PhotoScan과 스위스 Pix4D사에서 개발한 Pix4Dmapper, 미국 벤틀리사의 ContextCapture SW가있음

제품명	성과물 및 특징	지원 포맷	처리방식
PhotoScan	-DSM/ 정사영상/3D 모델 -비용저렴/사용편리 -품질(하)	-Ortho : Tiff -DSM : Tiff, ASCII -KML(KMZ), DXF -Model : Obj 등	Desktop Cloud
Pix4Dmapper	-DSM/정사영상/3D모델/NDVI -중저가/사용편리 -품질(상)	-Ortho : Tiff -DSM : Tiff, ASCII -KML(KMZ), DXF -Model : Obj 등	Desktop Cloud
ContextCapture	-DSM/정사영상/3D모델 -고가/사용편리 -품질(상)	-Ortho : Tiff, JPG -DSM : Tiff, ASCII -KML(KMZ), LOD tree -Model : Obj, Dae등	Desktop C/S분산처리

- 종합적인 수계관리를 위해서 주기적인 모니터링을 통한 DB구축과 이력관리가 필수적이며, 구축된 DB를 기반으로 공간정보 체계화가 필요
- 하지만 주기적인 모니터링을 통한 DB구축 및 데이터 처리에 있어 cloud 컴퓨터 기술을 적용으로 보다 효과적인 방법으로 활용 가능
- 실제 경기도에서는 드론스페이스 구축을 통해서 기본적인 무인항공기 영상자료에 대한 데이터 관리를 위한 홈페이지를 구축하고 있으며, 다양한 기관 및 부서에서 추진되는 드론 촬영 사업들의 드론 영상들을 수집하여 분석 및 가공, 실시간 데이터 제공, 부서별 공유, 대민 지도 서비스 등을 지원하는 통합 관리 시스템 도입을 위해 경기도 부동산 포털 내 드론 스페이스 구축 사업 진행중
- 또한 계산과학 플랫폼인 ‘에디슨’ 과 같은 데이터 수집 및 분석할 수 있는 웹기반의 개방형 SW를 활용한다면 연구결과의 활용성이 보다 높아질 것으로 보임

III. 무인항공기 촬영시 제약조건에 대한 기준

- 무인비행체를 이용한 Image 촬영에는 많은 환경적 제약조건이 발생함
 - 구름의 양, 풍속, 풍향, 강우, 기온 등
 - 군사지역내 비행금지
 - 고도제한(150m이상 비행 금지)
- 본 연구에서 무인비행체를 비행하기전, 반드시 체크하고 점검할 사항은 아래의 표에 정리하였음

Check List

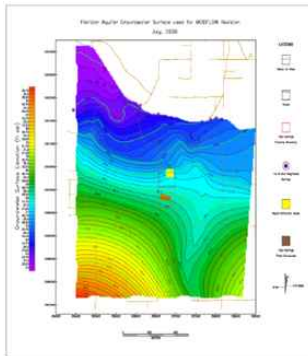
날짜	비행 횟수	점검자

목록	점검 내용	실내	실외
노트북 배터리 확인			
노트북	완충상태		
LiPo 배터리 확인			
1-1	1cell 4.2V 6cell 25.2V		
1-2	1cell 4.2V 6cell 25.2V		
2-1	1cell 4.2V 6cell 25.2V		
2-2	1cell 4.2V 6cell 25.2V		
3-1	1cell 4.2V 6cell 25.2V		
3-2	1cell 4.2V 6cell 25.2V		
조종기 확인			
조종기 배터리	완충상태		
비행기 점검			
본체 상태 점검	청소 상태		
양 날개 결합 여부 확인	선 연결		
방향타 결합 여부 확인	결합 여부		
바퀴 작동 여부 확인	바퀴 작동 여부		
플랩 작동 여부 확인	방향타 작동여부		
틸트 변환 여부 확인	틸트변환 여부		
카메라 트리거 확인	카메라 작동 여부		
조종기 확인			
조종기 조작키 위치 확인	조작키 위치 확인	-	
Alt-Hold mode	GCS상 ALT-mode확인	-	
비행 전 방향키 점검	바퀴, 플랩, 틸트 등	-	
기후확인			
날씨 확인	눈, 비, 안개 등	-	
풍속 확인	10m/s 이하	-	

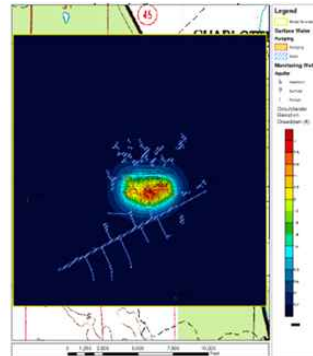
IV. 악천후(자연재해, 폭풍우 등) 발생시 유량, 유속, 수심, 녹조 등에 대한 추적 조사 방법(가이드라인)

○ 악천후 환경 발생 시, 환경 요소들에 대한 추적 조사

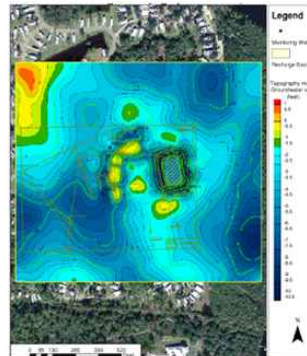
- 미국 USGS에서는 Particle tracking 기법을 활용한 모델기법을 사용중임
- 본 연구의 결과를 기반으로 악천후 환경발생에 대한 추적 조사가 가능하며, 이를 위해서는 무인비행체를 이용한 비행기법이 아닌, 고정형 카메라를 설치한 뒤, 카메라에서 얻어지는 수계 정보의 변화를 분석하여 평가할 수 있음



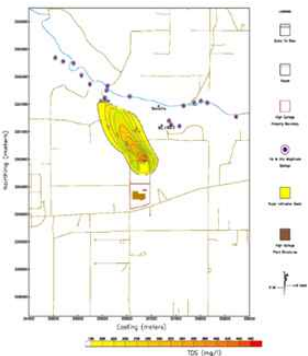
Parameter Estimation



Zone of Influence Delineation

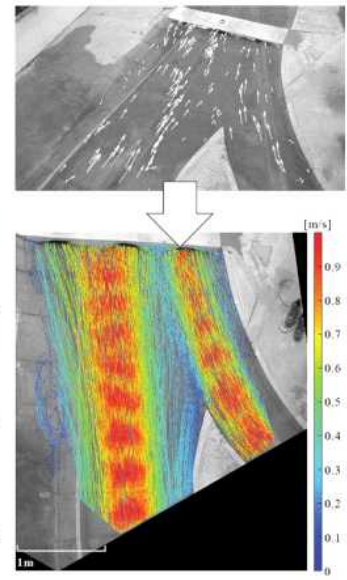
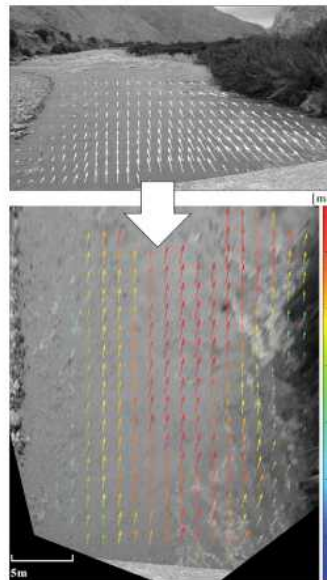
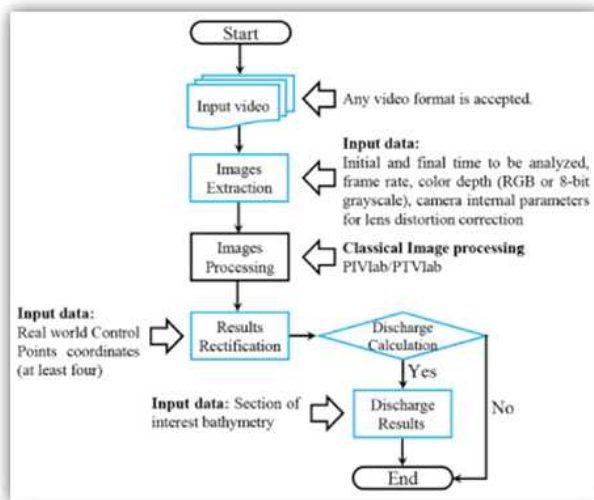


Mounding Evaluation & Prediction



Mass Transport

- 촬영된 Image를 이용하여 환경 악천후를 예측하는 기본적인 순서도와 예측 결과는 다음과 같음



V. 연구기간에 수집된 수리학적 변수(수량, 유량, 유속, 수심 등) 자료

○ 본 연구가 수행된 기간동안의 수리학적 환경자료는 다음과 같음

- 본 자료는 환경부 실시간수질정보시스템의 자료를 활용하였음(http://www.koreawqi.go.kr/index_web.jsp)

측정 일시	수온 (°C)	수소이온 농도	전기전도 도 (μS/cm)	용존산소 (mg/L)	탁도 (NTU)	총유기탄 소 (mg/L)	총질소 (mg/L)	총인 (mg/L)	클로로필 -a (mg/m³)
2018-04-28	18.5	7.5	262	9	5.6	3.7	2.962	0.017	19.8
2018-04-29	19.3	7.6	239	9.1	5.2	3.6	2.789	0.015	18.4
2018-04-30	19.8	7.7	228	9.1	5.3	3.4	2.672	0.014	14.9
2018-05-01	20	8	221	9.9	5.6	3.3	2.55	0.009	16.6
2018-05-02	19.7	7.7	218	8.7	5.8	3	2.536	0.011	15.7
2018-05-03	19	7.6	225	8.2	6.5	3.1	2.71	0.015	17.7
2018-05-04	18.9	7.7	236	8.2	6.7	3.2	2.785	0.015	17.5
2018-05-05	19.6	7.8	239	8.2	5.8	3.2	2.717	0.011	14.3
2018-05-06	19	7.5	225	7.3	5.6	2.8	2.55	0.013	8.5
2018-05-07	19.2	7.6	246	7.3	5.6	2.8	2.654	0.016	8
2018-05-08	18.9	7.7	256	7.4	6.6	2.8	2.677	0.016	10.6
2018-05-09	19	7.7	274	7.2	6.1	3.1	-	0.02	9.2
2018-05-10	19.6	7.6	249	7.4	7.5	3.1	2.788	0.031	7.1
2018-05-11	20.5	7.5	225	7.8	9.2	2.9	2.507	0.028	6.1
2018-05-12	20	7.4	221	7.3	8.7	2.8	2.424	0.029	5
2018-05-13	21.3	7.4	229	7	8.5	3	2.403	0.034	4.2
2018-05-14	22.4	7.5	237	7.3	9.2	2.7	2.483	-	3.7
2018-05-15	22.8	7.4	238	7.1	8.1	3.2	-	-	3.2
2018-05-16	22.3	7.5	256	7	8.3	2.9	2.204	0.03	3.5
2018-05-17	23.1	7.3	271	6.8	8.3	2.7	2.285	0.031	3.3
2018-05-18	23.3	7.3	263	6.7	8.1	2.5	2.24	0.033	2.9
2018-05-19	21.9	7.3	274	6.8	9.5	2.6	2.333	0.03	3.3
2018-05-20	21.8	7.4	271	7.1	9.8	3	2.331	0.024	3.9
2018-05-21	22	7.4	270	7	8.8	3	2.343	0.025	3.7
2018-05-22	22.5	7.5	274	7.6	8.2	2.8	2.334	0.024	2.9
2018-05-23	22.3	7.4	278	7.2	8.4	3	2.393	0.025	3.1
2018-05-24	23.1	7.5	296	7.6	8.8	3.2	2.597	0.025	-
2018-05-25	23.2	7.6	281	8.3	8.1	3	2.415	0.022	-
2018-05-26	25.3	7.8	288	9	8.3	3	2.423	0.022	2.9
2018-05-27	24.4	8	284	9.5	8	3.2	2.374	0.021	3.5
2018-05-28	24.3	8	287	9.5	7.9	3.1	2.372	0.019	4.3
2018-05-29	25.1	7.8	292	8.5	7.6	2.9	2.338	0.02	3.7
2018-05-30	25	7.7	297	8.1	7.4	2.8	2.402	0.022	3
2018-05-31	24.9	7.5	312	8.4	7.9	2.8	2.46	0.023	2.9
2018-06-01	25.3	7.5	318	8.1	7.9	3	2.549	0.024	2.8
2018-06-02	26.5	7.7	308	9.8	7.9	3.3	2.408	0.022	5.7
2018-06-03	26.8	7.9	298	10.6	7.9	3.2	2.194	0.02	9
2018-06-04	26.9	7.8	298	9.9	7.5	3.3	2.144	0.02	7.7
2018-06-05	26.2	7.5	293	8.6	7.6	2.9	2.126	0.022	6.3
2018-06-06	27.2	7.5	290	8.1	7.8	3	2.125	0.026	5.2
2018-06-07	28.1	7.6	281	8.4	8	2.7	2.051	0.03	4.3

측정 일시	수온 (°C)	수소이온 농도	전기전도 도 (μS/cm)	용존산소 (mg/L)	탁도 (NTU)	총유기탄 소 (mg/L)	총질소 (mg/L)	총인 (mg/L)	클로로필 -a (mg/m³)
2018-06-08	27.8	7.9	277	9.1	9.5	2.7	1.934	0.026	5.5
2018-06-09	27.3	8.5	280	9.6	9.3	2.7	1.866	0.017	10.9
2018-06-10	26.3	8.1	276	8.2	8.8	2.6	1.808	0.016	10.2
2018-06-11	25.6	7.8	279	7.2	9.1	2.8	1.811	0.017	12.2
2018-06-12	25	7.5	289	7.7	9.6	2.6	1.933	0.021	15.4
2018-06-13	25.2	7.6	293	10.2	8.7	3	1.98	0.024	13.4
2018-06-14	25.3	8	285	11.9	8.9	2.7	1.848	0.021	19.3
2018-06-15	25.1	7.9	293	10.5	8.6	2.7	1.901	0.017	16.8
2018-06-16	25.6	7.8	301	9.5	8.6	2.7	1.997	0.017	16.9
2018-06-17	26	8.3	307	11.3	9.1	2.8	2.047	0.019	24.4
2018-06-18	26.8	8.6	307	12	10.1	2.8	2.048	0.019	26.1
2018-06-19	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2018-06-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2018-06-21	27.3	9	302	9.6	1	-	-	-	21.8
2018-06-22	27.3	9.1	288	10	2.6	-	1.729	0.01	23.7
2018-06-23	27.3	9.1	302	11	3	-	1.76	0.009	34
2018-06-24	27.6	9.1	299	10.5	2.1	-	1.781	0.011	35
2018-06-25	28.2	9	291	10	1.9	-	1.651	0.011	23.8
2018-06-26	27.2	9	313	9.7	4.4	-	1.736	0.011	26.5
2018-06-27	26.5	8	368	8.1	5.5	2.6	2.177	0.015	26.6
2018-06-28	25.5	7.6	397	7.5	6.7	2.6	2.636	0.028	24.8
2018-06-29	25.5	7.3	326	6.6	9.2	2.5	2.827	0.049	13
2018-06-30	24.6	7.2	267	6.8	8.4	2.6	2.946	0.063	7.7
2018-07-01	24.8	7.2	249	6.9	12.1	2.3	2.75	0.077	6.3
2018-07-02	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2018-07-03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2018-07-04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2018-07-05	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2018-07-06	23.1	7.1	166	6.4	47.2	4.8	3.996	-	6.1
2018-07-07	23	7.1	164	6.2	32	4.3	3.673	-	4.7
2018-07-08	23	7.1	161	6.3	30.3	4.2	3.57	-	4.9
2018-07-09	22.7	7.1	167	6.7	23.3	3.9	3.507	-	6.2
2018-07-10	23	7.2	171	7.3	18.2	-	3.408	-	8.3
2018-07-11	23.8	7.2	170	7.9	14.8	-	-	-	-
2018-07-12	25.3	7.6	177	9.1	11.8	4.3	2.967	-	26.5
2018-07-13	27.5	7.8	177	10.2	11	4.3	2.847	-	46.4
2018-07-14	28.7	8.9	176	11.8	8.9	4.3	2.598	0.03	61.5
2018-07-15	29.6	8.8	181	11.4	6.8	4.3	2.603	0.034	50.9
2018-07-16	30	8.6	181	10.8	6.4	4.1	2.482	0.031	57.6
2018-07-17	30.5	8.9	176	11.3	-	3.9	2.189	0.02	50.9
2018-07-18	31.7	9	181	11.3	6.7	4	2.169	0.021	50.3
2018-07-19	32.4	9	181	10.4	6.5	3.9	2.155	0.028	42.5
2018-07-20	32.4	8.7	184	9.6	6.3	3.9	2.139	0.033	28.7
2018-07-21	33.6	9.3	185	9.5	7	4.2	2.02	0.05	38.1
2018-07-22	33	9.3	184	9.4	7.1	4.2	1.976	0.051	29.6
2018-07-23	32.9	9.4	186	10	6.7	4.1	1.909	0.037	31.8

측정 일시	수온 (°C)	수소이온 농도	전기전도 도 (μS/cm)	용존산소 (mg/L)	탁도 (NTU)	총유기탄 소 (mg/L)	총질소 (mg/L)	총인 (mg/L)	클로로필 -a (mg/m³)
2018-07-24	33.5	9.4	196	11.3	7.6	4.4	1.95	0.038	30.1
2018-07-25	34	9.4	197	10.5	6.1	4.1	1.929	0.037	17.5
2018-07-26	34.6	9.4	195	10.3	5.8	3.9	1.81	0.032	16.1
2018-07-27	34.7	9.5	187	10.3	5.8	3.8	1.58	0.024	17.6
2018-07-28	34.2	9.5	187	9.8	6.6	3.7	1.518	0.023	24.8
2018-07-29	33.4	9.4	195	8.9	6.8	3.9	1.63	0.026	28.8
2018-07-30	32.8	9.5	202	9.1	10.4	4	1.651	0.025	50.9
2018-07-31	32.8	9.7	223	9.5	14.3	4.5	1.863	0.025	72
2018-08-01	33.5	9.8	229	11.3	17.8	5	2.254	0.038	122.5
2018-08-02	33	9.6	224	9.8	10.5	4.5	2.003	0.034	78.1
2018-08-03	33.2	9.7	229	10.6	11.9	4.5	1.828	0.028	59
2018-08-04	33.7	10	223	11.2	21.7	4.9	2.084	0.025	111.7
2018-08-05	33.3	9.4	201	8.2	9.6	-	1.781	0.023	50
2018-08-06	33.4	9.5	209	8.7	7.9	4.1	1.546	0.019	43.1
2018-08-07	33	9.9	222	11.4	13.4	4.5	1.654	0.029	72.8
2018-08-08	33.6	10.1	242	13.1	17.7	4.7	1.906	0.037	99.6
2018-08-09	33.1	10	224	12.9	22	4.5	2.026	0.037	120.4
2018-08-10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2018-08-11	31.1	9.5	263	8.8	19.7	5.3	2.5	0.044	74.8
2018-08-12	31.7	9.6	253	10.3	23	5.4	2.474	0.045	90.4
2018-08-13	31.6	9.5	249	9.9	22.6	4.9	2.204	0.039	87.2
2018-08-14	31.9	9.7	268	12.1	26.9	-	2.171	0.035	97.7
2018-08-15	31.8	9.7	266	13.9	28.9	-	2.629	0.049	114.2
2018-08-16	31	9.5	280	10.5	20.2	-	2.31	0.04	84.9
2018-08-17	30.2	9.4	306	8.3	17.3	-	2.32	0.036	62.3
2018-08-18	30	9.5	321	9.8	19.2	-	2.423	0.038	70.6
2018-08-19	30.1	9.5	300	11.7	19.5	4.7	2.51	0.039	80.6
2018-08-20	29.8	9.8	290	14.4	44.6	4.9	2.901	0.049	121
2018-08-21	30.4	10	296	15.2	67.3	5.3	3.195	0.059	155.5
2018-08-22	29.8	9.7	283	11.6	28.2	5	2.753	0.043	96.8
2018-08-23	28.3	9.2	292	7.5	18.9	4.8	2.852	0.04	68.7
2018-08-24	28.4	9.1	281	7.9	22.4	4.5	2.744	0.038	79.5
2018-08-25	28.1	9.3	270	10.1	21.1	4.4	2.609	0.031	86.5
2018-08-26	26.7	8.4	245	7.6	53.5	4.2	2.87	0.028	56.3
2018-08-27	25.2	7.2	242	5.8	93.7	-	4.024	0.058	19.7
2018-08-28	24.9	7	191	5.2	77.6	-	3.555	0.071	18.5
2018-08-29	25.4	7	170	5.6	34.5	4.4	3.094	0.081	10.2
2018-08-30	26	7	169	6.4	20.1	4.3	2.682	0.082	5.6
2018-08-31	25.7	7.1	169	6.8	25.5	4.2	2.681	0.077	5.2
2018-09-01	25.1	7.2	195	7.2	42.1	-	2.76	0.076	5.8
2018-09-02	24.4	7	163	6.9	22.2	-	2.49	0.079	4.2
2018-09-03	24.3	7	152	7	13.5	3.2	2.492	0.076	4.9
2018-09-04	24.7	7	160	7.1	38.4	-	2.95	0.079	6.8
2018-09-05	24.4	6.9	145	6.5	68.2	-	3.122	0.072	5.3
2018-09-06	24.3	7	151	6.9	22.9	3.7	2.811	0.073	5
2018-09-07	24.2	7.1	154	7.1	15.4	3.3	2.684	0.076	6.4

측정 일시	수온 (°C)	수소이온 농도	전기전도 도 (μS/cm)	용존산소 (mg/L)	탁도 (NTU)	총유기탄 소 (mg/L)	총질소 (mg/L)	총인 (mg/L)	클로로필 -a (mg/m³)
2018-09-08	23.8	7.1	145	7.4	13	-	2.451	0.071	7.2
2018-09-09	23.9	7.1	148	7.7	10.8	2.7	2.386	0.069	9.4
2018-09-10	23.7	7.2	160	7.9	10.9	-	2.431	0.069	12
2018-09-11	23.6	7.4	159	8.7	13.3	-	2.197	0.058	16.2
2018-09-12	24.1	7.8	157	9.5	12.6	2.9	2.149	0.057	22
2018-09-13	23.8	7.9	152	9.8	10.1	2.9	1.956	0.048	24.4
2018-09-14	23.7	7.5	154	8.2	10.2	2.8	1.88	0.048	15.3
2018-09-15	23.7	7.4	154	7.3	9.7	2.7	-	0.049	13.3
2018-09-16	24.4	7.5	171	7.3	8.8	2.8	2.404	0.056	10.4
2018-09-17	24.5	7.6	172	7.8	10.6	2.6	2.376	0.052	16.7
2018-09-18	25.4	7.9	177	8.2	9.8	2.6	2.389	0.045	16.7
2018-09-19	25	8.1	183	9.2	8.2	2.5	2.422	0.043	24.1
2018-09-20	24.6	7.8	185	9.2	8	2.4	2.328	0.03	26.3
2018-09-21	23.9	7.5	189	8.3	9.3	2.5	2.493	0.038	18
2018-09-22	23.6	7.5	217	7.8	10.5	2.7	2.778	0.055	13
2018-09-23	23.5	7.5	251	7.8	10.8	2.9	3.092	0.061	10.3
2018-09-24	23.2	7.5	245	7.8	11.6	2.8	3.1	0.058	12
2018-09-25	23.4	7.8	239	9	10.7	2.7	2.989	0.053	24.6
2018-09-26	22.9	7.8	248	9	9.9	2.5	2.937	0.049	27.8
2018-09-27	22.6	7.9	256	9.3	8.8	2.6	2.92	0.044	29.2
2018-09-28	22.4	8.2	256	10.2	8	2.5	2.793	0.015	44.2
2018-09-29	22	8	251	9.7	6.9	2.5	2.755	0.012	44.1
2018-09-30	21.9	7.9	232	9.4	7.4	2.3	2.641	0.015	44.1
2018-10-01	21.3	7.9	236	9.1	7.5	2.4	2.743	0.03	35.4
2018-10-02	21.5	8.4	218	10.1	6.7	2.3	2.529	0.016	37.1
2018-10-03	21.5	8.3	236	9.9	5.9	2.6	2.803	0.023	25.9
2018-10-04	21.5	8.4	231	10.3	5.5	2.5	2.714	0.027	27.8
2018-10-05	21.1	8	221	9.2	5.1	2.3	2.547	0.024	19.8
2018-10-06	20.8	7.5	225	8.7	111.8	3.1	3.554	0.038	10.3
2018-10-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2018-10-08	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2018-10-09	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2018-10-10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2018-10-11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2018-10-12	18.1	7.2	166	8.5	25.1	-	2.964	0.026	5.4
2018-10-13	17.8	7.1	166	8.7	21.6	-	2.961	0.026	6.2
2018-10-14	17.9	7.2	164	8.9	19.6	-	3.03	0.039	7.2
2018-10-15	18	7.2	166	9	19.2	-	2.918	-	7.6
2018-10-16	18	7.3	161	9.2	16.6	-	2.728	-	11.7
2018-10-17	17.9	7.3	167	9.5	14.1	-	2.758	-	12.2
2018-10-18	18	7.4	163	9.8	12.6	-	2.739	-	19
2018-10-19	17.7	7.4	161	9.6	13.4	2.6	2.633	0.03	19
2018-10-20	17.7	7.6	165	10.3	11.6	2.6	2.589	0.027	21.8
2018-10-21	17.6	7.6	174	10.6	10.7	2.6	2.667	0.025	19.7
2018-10-22	17.5	7.6	175	10.7	9.4	2.6	2.641	0.023	18.5
2018-10-23	17.6	7.6	179	10.7	9.1	2.7	2.678	0.025	19.2

측정 일시	수온 (°C)	수소이온 농도	전기전도 도 (μS/cm)	용존산소 (mg/L)	탁도 (NTU)	총유기탄 소 (mg/L)	총질소 (mg/L)	총인 (mg/L)	클로로필 -a (mg/m³)
2018-10-24	17.6	7.7	185	10.8	8.6	2.8	2.671	0.024	21.5
2018-10-25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2018-10-26	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2018-10-27	16.5	7.6	214	10.7	10.6	2.8	2.858	0.014	27.6
2018-10-28	16.3	7.9	215	10.8	10.6	2.7	2.865	0.012	28.5
2018-10-29	15.8	7.7	217	10.4	10.9	2.6	2.842	0.009	23.6
2018-10-30	15.2	7.8	216	10.5	13	-	2.911	0.011	24.2
2018-11-01	14.8	7.9	228	10.9	9.9	3.7	3.05	0.012	24.7
2018-11-02	14.5	8.1	229	11	9.2	3.9	2.911	0.008	28.4
2018-11-03	14.5	8.3	216	11.2	9.4	3.8	2.913	0.01	33.3
2018-11-04	14.4	8.3	236	11.5	8.6	3.9	2.941	0.007	36.9
2018-11-05	14.3	8.4	237	11.4	8.6	3.7	2.958	0.007	36.5
2018-11-06	14.7	8.6	250	11.4	6.9	4	2.893	0.007	34.5
2018-11-07	14.6	8.6	242	11.2	6.7	3.9	2.835	0.006	37.6
2018-11-08	14.7	8.3	242	10.8	6.8	3.7	2.845	0.004	38.9
2018-11-09	14.7	8.2	268	10.4	7.5	3.9	3.068	0.003	40.1
2018-11-10	14.6	8.3	281	10.7	7.2	3.8	3.119	0.005	42.2
2018-11-11	14.5	8.4	294	11	6	4	3.271	0.005	43
2018-11-12	14.6	8.4	292	11.3	6.6	-	3.229	0.006	44.4
2018-11-13	14.6	8.6	287	11.6	6.1	4.2	3.218	0.007	45.1
2018-11-14	14.6	8.7	274	11.9	5	4	3.193	0.007	43.4
2018-11-15	14.3	8.7	262	11.8	5.2	3.9	3.177	0.006	41.1
2018-11-16	13.8	8.6	269	11.9	4.9	3.9	3.226	0.006	38.1
2018-11-17	13.9	8.7	275	12.7	4.9	4	3.171	0.007	38.8
2018-11-18	13.5	8.7	278	12.7	4.7	4	3.158	0.006	37.5
2018-11-19	13.1	8.7	272	12.3	4.7	4	3.142	0.006	37.8
2018-11-20	12.8	8.8	264	11.7	4.2	3.7	3.013	0.005	39.1
2018-11-21	12.3	8.7	277	11.4	4.9	3.6	-	0.004	40.8
2018-11-22	11.9	8.7	296	11.5	4.9	3.7	-	0.005	42.7
2018-11-23	11.3	8.8	320	11.7	4.1	3.7	-	0.005	43
2018-11-24	10.8	8.9	328	11.8	3.7	3.9	-	0.005	40.6
2018-11-25	10.5	8.9	318	11.7	3.5	3.8	-	0.005	34.5
2018-11-26	10.4	8.8	314	11.8	3.3	-	-	-	30.5
2018-11-27	10.3	8.7	313	12.1	2.9	-	-	-	23.9
2018-11-28	10.2	8.6	302	12	3.2	-	-	0.008	20
2018-11-29	9.8	8.5	293	12.2	3.1	3.8	-	0.01	18
2018-11-30	9.8	8.4	294	12.3	3	3.6	-	0.009	18.3
2018-12-01	9.6	8.4	291	12.4	2.7	3.3	-	0.007	18.5
2018-12-02	9.7	8.4	305	12.5	2.8	3.2	-	0.007	17.2
2018-12-03	10.1	8.2	336	12.3	2.9	3.3	-	0.007	14.9
2018-12-04	10.4	8.1	350	12	2.9	3.3	-	0.007	13.5
2018-12-05	10.1	7.9	356	11.9	2.9	3.1	-	0.007	13.6
2018-12-06	10	7.9	362	12	2.7	3.1	-	0.008	15.5
2018-12-07	9.4	8	366	12.1	2.9	3.2	-	0.007	19
2018-12-08	8.7	8.2	372	12.2	3.1	3.1	-	0.008	22.7
2018-12-09	8.4	8.3	394	12.4	3.3	3.2	-	0.008	26.8

측정 일시	수온 (°C)	수소이온 농도	전기전도 도 (μS/cm)	용존산소 (mg/L)	탁도 (NTU)	총유기탄 소 (mg/L)	총질소 (mg/L)	총인 (mg/L)	클로로필 -a (mg/m³)
2018-12-10	8	8.3	401	12.4	3.2	3.2	-	0.008	27.2
2018-12-11	7.6	8.3	388	12.2	3	2.8	-	0.005	25.5
2018-12-12	7.3	8.3	397	12.3	2.7	2.8	-	0.005	24.8
2018-12-13	6.7	8.2	399	12.2	2.2	2.8	3.48	0.005	22.6
2018-12-14	6.1	8.2	397	12.6	2.4	2.8	3.491	0.007	22.2
2018-12-15	5.7	8.2	392	13	2.8	2.8	3.493	0.006	23.2
2018-12-16	5.3	8.1	403	13	2.4	2.8	3.629	0.006	21.5
2018-12-17	5.3	8.1	418	13.2	2.3	2.8	3.717	0.006	23.1
2018-12-18	5.2	8.2	431	13.5	2.4	2.6	3.709	0.013	25
2018-12-19	5.2	8.3	431	13.9	2.7	2.6	3.754	0.013	33.1
2018-12-20	5.6	8.5	419	14.2	3.3	2.9	3.75	0.014	37.7
2018-12-21	5.3	8.4	398	14.1	3.2	2.8	3.749	0.015	35.6
2018-12-22	5.4	8.4	401	14.3	3.1	2.9	3.715	0.015	36.3
2018-12-23	5.7	8.3	397	14.1	2.9	3	3.719	0.015	34.8
2018-12-24	5.4	8.3	386	13.9	3	2.8	3.78	0.014	33.3
2018-12-25	5.3	8.2	387	13.8	3.2	2.8	3.813	0.017	31.1
2018-12-26	5.5	8.1	391	13.8	2.4	2.8	3.851	0.016	31.1
2018-12-27	5.2	8.2	388	13.2	2.6	2.6	3.819	0.014	33.3
2018-12-28	4.6	8.1	398	12.6	2.6	2.4	3.86	0.013	34.4
2018-12-29	4.4	8	417	12.8	2.4	2.4	3.986	0.013	35.8
2018-12-30	4.1	8	417	12.9	2.2	2.4	4.027	0.013	36
2018-12-31	4.3	8	410	12.8	1.9	2.4	4.024	0.014	33.3
2019-01-01	4.2	7.9	418	12.8	1.8	2.4	4.058	0.014	32.8
2019-01-02	4.1	8	421	12.7	2	2.4	4.051	0.014	34.1
2019-01-03	3.9	8	421	12.4	1.7	2.3	4.035	0.015	30.1
2019-01-04	3.8	8	422	12.5	1.6	2.4	4.066	0.014	31
2019-01-05	3.7	8	427	12.7	1.5	2.6	4.081	-	32.6
2019-01-06	3.4	8	423	12.9	1.4	2.5	4.085	-	35.5
2019-01-07	3.1	8	405	13.1	1.3	2.5	3.998	-	30.1
2019-01-08	3.2	8	398	13.3	1.2	2.5	3.952	-	18.9
2019-01-09	2.9	8	399	13.4	1.2	2.5	3.949	-	20.5
2019-01-10	3.1	8	387	13.4	1.2	2.5	3.958	-	17.8
2019-01-11	3.2	8.1	396	13.5	1.2	2.5	3.906	0.013	17.4
2019-01-12	3.5	8.1	405	13.6	1.3	2.6	3.862	0.013	18.1
2019-01-13	3.6	8.1	407	13.6	1.4	2.6	3.824	0.013	20.1
2019-01-14	3.9	8.1	408	13.7	1.4	2.6	3.748	0.012	22.8
2019-01-15	4	8	422	13.5	1.9	2.7	3.78	0.012	23.9
2019-01-16	3.5	8.1	422	13.1	3.4	2.5	-	0.013	25.1
2019-01-17	3.4	8.4	421	12.8	5	2.9	-	0.016	29.8
2019-01-18	3.4	8.3	416	12.8	4.5	2.9	-	0.016	33.2
2019-01-19	4.1	8.2	398	12.8	4.5	2.8	-	0.016	36.1
2019-01-20	4.4	8.2	395	12.7	4.8	2.8	-	0.016	40.9
2019-01-21	4.3	8.2	390	12.8	4.9	2.8	-	0.017	33.3
2019-01-22	4.6	8.2	385	13.1	4.4	2.8	-	0.015	13.5
2019-01-23	4.8	8.2	390	13.1	4.5	2.8	-	0.015	15.2
2019-01-24	4.9	8.1	390	13.2	4.6	2.8	3.969	0.016	17.3

측정 일시	수온 (°C)	수소이온 농도	전기전도 도 (μS/cm)	용존산소 (mg/L)	탁도 (NTU)	총유기탄 소 (mg/L)	총질소 (mg/L)	총인 (mg/L)	클로로필 -a (mg/m³)
2019-01-25	4.5	8.1	400	13.4	4.9	2.7	3.973	0.016	19.1
2019-01-26	4.1	8.1	405	13.3	4.7	2.6	3.845	0.016	16
2019-01-27	4.1	8.1	385	13.4	4.3	-	3.865	0.016	15.6
2019-01-28	4.1	8.1	397	13.5	4.5	2.6	3.815	0.016	19.3
2019-01-29	4.5	8.1	419	13.4	4.4	2.7	3.831	0.015	24.6
2019-01-30	4.9	8.1	412	13.7	4.3	2.7	3.856	-	28.8
2019-01-31	4.6	8.2	417	13.8	4.8	2.5	3.925	-	29.9
2019-02-01	4.2	8.2	434	13.9	4.6	2.5	3.936	-	31.6
2019-02-02	4.3	8.2	445	14	4.3	2.4	4.022	-	30.3
2019-02-03	4.8	8.2	450	14.1	4.4	2.9	3.999	-	30.3
2019-02-04	4.8	8.2	450	14	4.7	2.8	4.121	-	32.8
2019-02-05	4.8	8.2	447	13.9	4.6	-	4.039	-	38.9
2019-02-06	5.7	8.3	446	14	4.6	3	4.032	-	46.1
2019-02-07	5.6	8.2	433	13.8	5.3	2.8	3.955	0.014	45.3
2019-02-08	5.1	8.3	441	13.5	5.6	2.7	3.962	0.014	32
2019-02-09	5.1	8.2	441	13.6	5.3	2.7	3.92	0.013	34.7
2019-02-10	5	8.3	444	13.7	5.5	2.7	3.968	0.013	41.7
2019-02-11	5	8.3	448	13.8	5.8	2.7	3.978	0.014	40.6
2019-02-12	5	8.4	447	13.9	5.6	2.6	3.963	0.013	37.5
2019-02-13	5.2	8.4	447	13.8	6	2.6	3.917	0.013	45.8
2019-02-14	5.5	8.4	434	13.8	6.6	2.7	3.974	0.013	48
2019-02-15	5.6	8.4	439	13.8	6.8	2.7	3.96	0.013	46.9
2019-02-16	5.6	8.4	436	13.9	7	2.6	3.782	0.012	39.6
2019-02-17	5.5	8.5	409	13.9	6.7	2.6	3.618	0.012	42.6
2019-02-18	5.6	8.6	365	14	6.5	2.6	3.505	0.011	45.2
2019-02-19	5.7	8.5	321	13.7	6.1	2.5	3.309	0.01	45.6
2019-02-20	5.8	8.5	361	14.1	7.2	2.7	3.48	0.01	52.2
2019-02-21	6.1	8.4	440	14.2	7.4	2.9	3.883	0.012	51.5
2019-02-22	6.4	8.6	447	14.4	7.4	3	4.036	0.013	53.7
2019-02-23	6.9	8.5	435	14.4	7.8	3.1	4.149	0.013	45.4
2019-02-24	7.5	8.5	430	14.3	7.6	3	4.272	0.012	48.7
2019-02-25	7.8	8.6	423	14.9	7.5	3.2	4.25	0.012	53.2
2019-02-26	8.1	8.7	382	14.8	7.1	3.1	4.028	0.013	55.5
2019-02-27	8.5	8.8	374	15	6.8	3.1	-	-	62.4
2019-02-28	9.2	8.9	349	14.8	6.6	2.9	3.224	-	56.6
2019-03-01	9.4	9.1	337	14.7	6.4	2.8	3.229	0.011	35.8
2019-03-02	9.6	9.1	340	14.7	6.4	2.6	3.152	0.009	38.8
2019-03-03	10.1	9.2	343	15	6.4	2.6	3.117	0.009	43.1
2019-03-04	10.7	9.2	336	15	6.5	2.6	3.137	0.008	39.1
2019-03-05	11.2	9.2	323	14.3	6	2.6	3.203	0.01	29.2
2019-03-06	11.7	9.1	300	13.6	5.8	2.4	2.903	0.009	28.5
2019-03-07	11.3	9.1	320	14.1	6.2	2.4	3.245	0.008	34.4
2019-03-08	11.3	9.1	324	13.9	6.5	2.4	3.226	0.007	35.3
2019-03-09	11.9	9.1	328	13.9	6.1	2.5	3.347	0.007	37.8
2019-03-10	11.4	9	342	13.7	6.4	2.7	3.489	0.007	48.5
2019-03-11	10.4	8.8	360	13.1	6.9	2.5	3.737	0.006	51.9

측정 일시	수온 (°C)	수소이온 농도	전기전도 도 (μS/cm)	용존산소 (mg/L)	탁도 (NTU)	총유기탄 소 (mg/L)	총질소 (mg/L)	총인 (mg/L)	클로로필 -a (mg/m³)
2019-03-12	-	-	-	-	-	-	-	-	48.9
2019-03-13	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2019-03-14	-	-	-	-	-	-	-	-	36.4
2019-03-15	10.3	8.7	410	13.5	6.5	-	3.571	0.006	43.1
2019-03-16	10.7	8.9	411	14.6	6.9	2.6	3.483	0.004	42.9
2019-03-17	10.8	9.1	410	-	6.8	2.6	3.492	0.004	46.6
2019-03-18	11.1	9.2	399	-	6.6	2.6	3.508	0.003	49.9
2019-03-19	11.6	9.1	387	13.1	6.4	-	3.36	ND	51.5
2019-03-20	11.9	9.1	374	13.4	6.2	-	3.288	ND	53.2
2019-03-21	12.1	8.9	383	12.4	6.8	-	3.389	ND	55.5
2019-03-22	11.5	8.8	388	12	7.1	-	3.385	ND	55.1
2019-03-23	11.2	8.7	386	11.6	6.5	2.1	3.332	ND	52.5
2019-03-24	12.2	8.8	390	11.9	5.8	2.2	3.42	ND	50.1
2019-03-25	12	9	398	12.2	6	2.3	3.482	ND	53.2
2019-03-26	12.3	9	403	12.5	5.7	2.3	3.454	ND	49.8
2019-03-27	12.8	8.9	407	12.2	5.8	2.3	3.524	ND	46.5
2019-03-28	13.7	8.8	410	11.5	5.6	2.4	3.526	ND	41.3
2019-03-29	13.9	8.8	418	11.3	5.3	2.4	3.629	ND	35.4
2019-03-30	13.9	8.7	425	10.7	5.2	2.7	-	ND	30.6
2019-03-31	12.9	8.4	429	10	5.6	2.5	-	ND	29.3
2019-04-01	12.7	8.4	431	9.9	5.8	2.5	-	ND	26.4
2019-04-02	13	8.3	430	10	5.7	2.4	3.658	ND	21.3
2019-04-03	13.5	8.6	399	10.4	5	2.2	3.456	ND	21.3
2019-04-04	13.7	8.6	402	10.3	4.9	2.2	3.425	ND	19.7
2019-04-05	14	8.3	433	9.8	5.3	2.3	3.605	ND	17.6
2019-04-06	14.8	8.2	448	9.6	5.1	2.3	3.732	ND	15.1
2019-04-07	14.8	8.1	476	9.5	5	2.4	3.873	ND	13
2019-04-08	15.3	8.1	502	9.4	5.2	2.5	4.003	0.003	8.8
2019-04-09	14.6	8	519	9.3	5.6	2.8	3.944	0.006	5.6
2019-04-10	13.9	8	534	9.1	6.2	2.8	4.067	0.006	6.9
2019-04-11	14.2	8	518	9.2	6.5	2.8	4.022	0.007	7.5
2019-04-12	14.5	8.2	460	10	6.2	2.6	3.81	0.007	12.3
2019-04-13	14.7	8.5	425	10.8	5.6	2.6	3.621	0.003	24.8
2019-04-14	14.6	8.6	411	11.3	5.8	2.7	3.577	0.003	35.7
2019-04-15	14.7	8.3	389	10.9	6.3	2.6	3.551	0.003	24
2019-04-16	15.5	8.2	361	10.7	5.5	2.2	3.225	0.003	15.3
2019-04-17	16.4	8.4	367	10.9	5.1	2.2	3.238	ND	14.3
2019-04-18	16.8	8.5	365	11	5.7	2.2	3.193	ND	14.5
2019-04-19	15.9	8.4	404	10.5	6.3	2.3	3.409	0.003	16.6
2019-04-20	17	8.3	437	10.2	6.5	2.5	3.573	0.003	15.3
2019-04-21	17.6	8.5	441	10.1	7.4	2.4	3.552	ND	11.4
2019-04-22	19	8.5	425	9.6	-	2.2	3.475	ND	8.3
2019-04-23	18.8	8.5	417	9.5	6.4	2.1	3.444	0.004	8.5
2019-04-24	18.7	8.4	443	8.5	7.7	2.3	3.566	0.006	9.7
2019-04-25	18.4	8.3	472	-	7.2	-	3.934	0.008	10
2019-04-26	17.4	8	475	8.8	6	2.4	3.56	0.006	8.7

측정 일시	수온 (°C)	수소이온 농도	전기전도 도 (μS/cm)	용존산소 (mg/L)	탁도 (NTU)	총유기탄 소 (mg/L)	총질소 (mg/L)	총인 (mg/L)	클로로필 -a (mg/m³)
2019-04-27	17.6	7.7	482	8	6.6	2.3	3.566	0.007	5.4

- 낙동강 조류 Image Processing 집중 조사 시기인 2017년 9월의 수위, 유량, 해발표고 평균은 -1.24m, 175.54m³/S, 해발표고 0.68EL.m으로 조사되었음



- 낙동강 지역의 9개 보에 대한 수위, 저수량, 공용량, 유입량, 총방류량은 다음과 같음

지점	상류수위 (EL.m)	하류수위 (EL.m)	저수량 (백만 m³)	공용량 (백만 m³)	유입량 (m³/s)	총방류량 (m³/s)
강정고령보	18.3	13.52	73.66	18.69	98	98
구미보	32.58	25.77	53.25	0	32.86	68.34
낙단보	39.88	32.6	33.97	0.7	85.79	85.84
낙동강하굿둑	0.67	0.06	293.18	14.02	0	204.62
달성보	13.53	9.57	53.58	4.99	127.5	128.2
상주보	47.1	39.95	27.82	0	56.58	14.5
창녕·함안보	4.83	0.66	97.47	3.46	137.05	137.44
칠곡보	25.62	18.34	76.54	0	71.74	71.76
합천·창녕보	9.51	4.92	57.51	12.44	84.62	84.99

9. 뒷면지

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술촉진연구사업의 연구보고서입니다.
2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구개발성과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.