

보고서 발간 번호: BSPE99682-11798-2

효율적인 해안지역 드론사진측량을 위한  
지상기준점 드론 개발

Development of GCP-drone for efficient  
photogrammetry in the coastal area

2019. 01.

한국해양과학기술원



# 제 출 문

한국해양과학기술원장 귀하

본 보고서를 “효율적인 해안지역 드론사진측량을 위한 지상기준점 드론 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2019. 01.

총괄연구책임자 : 정 의 영

참 여 연 구 원 : 박준용, 방설희, 백승재,  
정의용



# 요 약 문

## I. 제 목

- 효율적인 해안지역 드론사진측량을 위한 지상기준점 드론 개발

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

### 1. 연구개발의 목적

- 해안 드론사진측량의 지상기준점으로 사용가능한 드론의 시제품 제작 및 검증
  - 지상기준점 식별부와 고정밀 GPS가 결합된 신개념의 지상기준점이 장착된 드론 개발

### 2. 연구개발의 필요성

- 3차원 해안 지형측량을 위한 드론사진측량 활용
  - 기존 연안침식 모니터링을 위한 지형관측은 토탈 스테이션 또는 RTK-GPS를 이용한 측선에서의 지형단면 측량기법에 의존
  - 연안침식 현황 파악 및 원인 규명을 위하여 3차원 지형변동 모니터링은 필수임
  - 3차원 고정밀 지형관측을 위하여 지상 LiDAR를 이용한 지형측량이 시도되었으나 수억 원의 고가 장비로 연안침식 모니터링에 사용하기에 부적합함
  - 최근 드론에 고해상 카메라를 장착하여 수 cm의 해상도를 가지는 3차원 정밀 지형자료를 획득하는 드론사진측량 기법이 활용되고 있음
  - 드론사진측량은 고해상 카메라를 장착하여 중복된 사진을 촬영하여 이를 전용 프로그램으로 3차원 정밀 지형자료를 획득하는 측량기법임
  - 3차원 정밀 지형자료의 얻기 위하여 지상기준점의 위치정보 획득은 필수적인 작업이며 지상기준점의 분포 및 개수에 따라 측량 정확도가 달라짐
- 해안에서의 효율적인 드론사진측량 수행
  - 대부분의 해안에서는 진입로가 없어 조사지역을 걸어서 이동하여 지

- 상기준점 설치 및 위치측정을 하므로 시간 및 인력 소모가 심함
- 고정밀 드론을 이용했을 때 1회 드론사진측량으로 약 1 km의 지형 자료를 획득할 수 있으며 비행시간은 약 30분 정도 소요되는데 반하여 지상기준점 설치 및 위치정보 획득은 2인 기준으로 2시간 이상 소요됨
  - 조차가 큰 서해안의 경우 지상기준점 설치 및 측정과 드론사진측량은 하루에 약 4시간 이내에 작업이 완료되어야만 함
  - 서해안 갯벌의 경우 사람이 직접 지상기준점을 설치하는 것이 위험하므로 무인장치에 의한 설치 및 위치측정이 반드시 필요함
  - 드론사진측량을 이용하여 효율적인 연안침식 모니터링을 수행하기 위하여 적은 인원으로 빠르게 지상기준점을 설치하고 위치측정을 하는 것이 매우 중요함
  - 많은 지상기준점 설치하는 드론사진측량의 정확도를 향상시키는 방법 중 하나로 연안침식 모니터링에서 드론사진측량의 신뢰성을 확보하기 위하여 지상기준점 기능을 갖춘 드론이 반드시 필요함

### Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

- 지상기준점용 드론 시제품 제작
  - 고정밀 GPS가 결합된 드론사진측량의 식별부 제작
  - 다수의 지상기준점 드론을 운용할 수 있는 기술 계획
- 효율성 및 신뢰성 검증 테스트 수행
  - 해안지역 실제 테스트를 통한 기존방법 대비 효율성 및 신뢰성 검증
  - 해안 드론사진측량을 수행 또는 관련 있는 전문가 자문 및 의견 반영

### Ⅳ. 연구개발결과

1. 지상기준점용 드론의 시제품 제작
  - 지상기준점용 드론 5대 제작
2. 효율성 및 신뢰성 검증 테스트 수행
  - 기존 방법 대비 지상기준점을 사용한 드론사진측량의 오차 5cm 이내
  - 기존방법 수행시 40분, 지상기준점용 드론 5분

## V. 연구개발결과의 활용계획

- 연안침식 모니터링 및 원인 규명 연구를 위하여 해안 지형변동성 연구에 활용
- 국립해양조사원의 연안지역 침수 정보도 작성을 위한 해안지역 3차원 정밀 지형도 작성에 활용 가능
- 국가 하천조사 및 지적재조사 등 공공 측량 분야 활용
- 무인자동화를 통한 해양환경자료의 빅데이터 축적 가능
- 해안환경 관측 및 활용과 관련된 여러 분야에서 활용 가능





# 목 차

제 1 장 서론 .....	1
제 1 절 연구개발의 목적 .....	1
제 2 절 연구개발의 필요성 .....	1
제 2 장 국내외 기술개발 현황 .....	4
제 1 절 국내 기술개발 현황 .....	4
제 2 절 국외 기술개발 현황 .....	8
제 3 절 현 기술의 한계 분석 .....	9
제 4 절 해양과기원의 역량 분석 .....	9
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과 .....	11
제 1 절 지상기준점용 드론의 시제품 제작 .....	11
제 2 절 효율성 및 신뢰성 검증 테스트 수행 .....	16
제 3 절 추가 기술개발 .....	18
제 4 장 연구개발목표 달성도 및 대외기여도 .....	20
제 5 장 연구개발결과의 활용계획 .....	20



## 표 목 차

표 1. 설치 및 회수 시간 .....	18
표 2. 검사점과의 RMSE 비교(cm) .....	18

## 그림 목 차

그림 1. 세계 항공시장 전망 및 무인기의 용도별 전망 .....	4
그림 2. 국토부에서 발표한 공공분야에서의 드론 활용계획 .....	5
그림 3. 드론관련 국내 특허의 년도별 변화 .....	6
그림 4. 국내 드론관련 특허 분포 현황 .....	7
그림 5. 국내 드론 서비스 활용분야에서의 특허 분포 현황 .....	7
그림 5. 미국에서의 드론관련 특허 분류 현황 .....	8
그림 6. 지상기준점 드론의 설정방법 순서도 및 개념 모식도 .....	10
그림 7. 시판 중인 RTK GPS .....	12
그림 8. 35개의 식별부 디자인에 대한 가독성 테스트 .....	12
그림 9. GSD에 따른 테스트 결과 .....	13
그림 10. 테스트 결과 가장 가독성이 좋은 식별부 디자인 .....	14
그림 11. 지상기준점용 드론 시작품 .....	14
그림 12. 지상기준점용 드론 시작품의 주요 부품 .....	15
그림 13. 갯벌에서의 드론 착륙장치 개발 .....	16
그림 14. 예비 테스트 및 본 테스트 지역 .....	17
그림 15. 특허출원 주요 도면 .....	19

## 제 1 장 서론

### 제 1 절 연구개발의 목적

- **해안 드론사진측량의 지상기준점으로 사용가능한 드론의 시제품 제작**
  - 지상기준점 식별부와 고정밀 GPS가 결합된 신개념의 지상기준점이 장착된 시제품 제작
- **제작된 지상기준점 드론의 효율성 및 신뢰성 검증 테스트 수행**
  - 실제 해안지역에서 기존의 지상기준점 설치 방법과의 효율성 및 신뢰성 검증 테스트 수행

### 제 2 절 연구개발의 필요성

- **3차원 해안 지형측량을 위한 드론사진측량 활용**
  - 기존 연안침식 모니터링을 위한 지형관측은 토달 스테이션 또는 RTK-GPS를 이용한 측선에서의 지형단면 측량기법에 의존
  - 연안침식 현황파악 및 원인 규명을 위하여 3차원 지형변동 모니터링은 필수임
  - 3차원 고정밀 지형관측을 위하여 지상 LiDAR를 이용한 지형측량이 시도되었으나 수억 원의 고가 장비로 연안침식 모니터링에 사용하기에 부적합함
  - 최근 드론에 고해상 카메라를 장착하여 수 cm의 해상도를 가지는 3차원 정밀 지형 자료를 획득하는 드론사진측량 기법이 활용되고 있음
  - 드론사진측량은 고해상 카메라를 장착하여 중복된 사진을 촬영하여 이를 전용 프로그램으로 3차원 정밀 지형자료를 획득하는 측량기법임
  - 3차원 정밀 지형자료의 얻기 위하여 지상기준점의 위치정보 획득은 필수적인 작업이며 지상기준점의 분포 및 개수에 따라 측량 정확도가 달라짐
- **해안에서의 효율적인 드론사진측량 수행**
  - 대부분의 해안에서는 진입로가 없어 조사지역을 걸어서 이동하여 지상기준점 설치 및 위치측정을 하므로 시간 및 인력 소모가 심함
  - 고정밀 드론을 이용했을 때 1회 드론사진측량으로 약 1 km의 지형자료를 획득할 수 있으며 비행시간은 약 30분 정도 소요되는데 반하여 지상기준점 설치 및 위치정보

획득은 2인 기준으로 2시간 이상 소요됨

- 조차가 큰 서해안의 경우 지상기준점 설치 및 측정과 드론사진측량은 하루에 약 4시간 이내에 작업이 완료되어야만 함
- 서해안 갯벌의 경우 사람이 직접 지상기준점을 설치하는 것이 위험하므로 무인장치에 의한 설치 및 위치측정이 반드시 필요함
- 드론사진측량을 이용하여 효율적인 연안침식 모니터링을 수행하기 위하여 적은 인원으로 빠르게 지상기준점을 설치하고 위치측정을 하는 것이 매우 중요함
- 많은 지상기준점 설치는 드론사진측량의 정확도를 향상시키는 방법 중 하나로 연안침식 모니터링에서 드론사진측량의 신뢰성을 확보하기 위하여 지상기준점 기능을 갖춘 드론이 반드시 필요함

#### ○ 기술적 측면

- 드론사진측량에서 절대좌표로 변환하는데 있어서 반드시 필요한 작업은 지상기준점 측정으로 3차원 정밀 지형자료의 정확도와 밀접한 관련이 있음
- 하지만 드론사진측량에서 시간과 인력이 소모되는 작업은 지상기준점 설치, 측정 및 회수로 1km의 해빈의 지형을 측량하는데 있어서 고정익 드론에 의한 드론사진측량은 약 30분이 소요되는 반면에 지상기준점 작업은 2인으로 2시간 이상 소요됨
- 드론사진측량의 효율성을 높이고 활용성을 증대시키기 위하여 지상기준점 측정 기술 개발이 필요함
- 갯벌의 경우 RTK-GPS에 의한 정점 측량 및 측선 측량만으로 이루어져 3차원 지형변화의 연구가 이루어지고 있지 않음. 이에 드론사진측량을 활용한 3차원 지형측량으로 갯벌 지형변화에 대한 연구 필요

#### ○ 경제·산업적 측면

- 드론사진측량에 소요되는 인력 및 시간의 50% 이상 절감으로 인하여 경제적 이익 발생
- 드론사진측량의 효율성 극대화로 인하여 관련 해양 관측사업 이익 증대
- 3차원 정밀 지형자료 획득으로 인한 연안침식 모니터링 고도화로 연안지형변동 원인 규명이 가능하여 효율적인 연안침식 저감대책 마련 가능

#### ○ 사회·문화적 측면

- 연안침식 원인 규명을 위한 해안지역의 지형변동 모니터링이 필수임. 이에 사회적

문제가 대두되고 있는 연안침식 연구를 위하여 3차원 정밀 지형 모니터링 시스템 구축이 필수임

- 연안침식 모니터링 고도화를 위한 지상기준점용 드론의 적극적 활용이 필요함
- 갯벌의 지형자료 확보를 통하여 갯벌 면적변화에 대한 정량적 조사 및 지형변화에 대한 연구 가능

○ 연구원 고유기능 발전과의 연관성

- 한국해양과학기술원의 고유기능인 ‘해양과학기술 및 해양산업 발전에 필요한 원천연구, 응용 및 실용화 연구’에 부합됨

## 제 2 장 국내외 기술개발 현황

### 제 1 절 국내 기술개발 현황

#### ○ 국내 드론시장 분석

- ‘하늘의 산업혁명’이라 불리는 드론은 최근 군사, 물류, 재해·재난, 극한탐사, 해양수산분야 등에서 광범위하게 활용되고 있음
- 3DR, DJI, Parrot 등 개인 레저분야에서 시작된 드론제품은 최근 지형측량을 위한 상업용 드론까지 생산하고 있음
- 해양수산분야에서는 해안 지형조사, 고래 이동조사, 해양환경조사 등에서 활용되고 있음
- 텔그룹(Teal Group) 보고서에 의하면 2014년 세계 드론 시장 규모는 53.1억 달러이고, 그 중 군사용 드론이 90% 이상을 차지하고 있으나 향후 민수용 드론 시장 비율이 상당히 커질 것으로 예상되며 2023년에는 124.7억 달러 규모로 커질 것으로 예상함

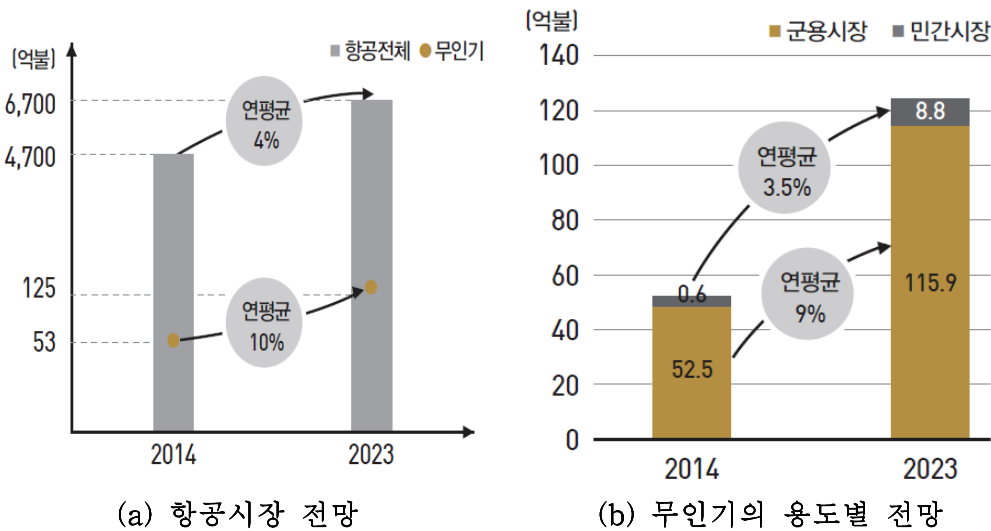


그림 1. 세계 항공시장 전망 및 무인기의 용도별 전망

- 국내시장의 경우 군수요 중심으로 2014년 100억원 수준에서 2022년까지 연간 5억 불, 연평균 22% 성장이 전망됨
- 사업(농약살포, 촬영, 측량 등)을 위한 무인비행장치는 반드시 신고를 해야 하며 신고대수, 사업체수 및 조종자격 취득자수 현황은 다음과 같음

- 무인비행장치(150kg 이하) 신고대수는 238대(2013년) ⇒ 716대(2015년) ⇒ 3,735대(2017년) 16배 증가
  - 무인비행장치 사용사업 업체 수는 116개(2013년) ⇒ 582개(2015년) ⇒ 1,459개(2017년) 13배 증가
  - 무인비행장치 조종자격 취득자수는 64명(2013년) ⇒ 850명(2015년) ⇒ 3,736명(2017년) 58배 증가
- 국토부는 ‘드론산업 발전 기본계획’을 발표하여 공공기관 업무에 투입되는 드론을 현재 300여 대에서 2022년까지 4,000대로 늘릴 계획임

공공분야에서의 드론 활용 계획		
공공건설	공공택지, 임대주택 조성 시 토지 보상을 위한 현장조사	조사 비용 50% 절감 (연 10억 원)
하천 관리	하천 측량 및 수량 변동 조사	비용 70% 절감, 작업 시간 90% 단축
산림 보호	소나무 재선충 피해 조사	인력 1인당 조사 면적 10배 증가
치안·수색	적외선 카메라 단 드론으로 실종자, 미아 등 수색	접근 어려운 야산 등 효과적으로 수색
에너지	송전선 첩탐 안전점검	점검 시간 최대 90% 단축
드론산업 발전계획 주요 내용		
공공 수요 늘려 시장 성장 유도	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 건설, 실종자 수색, 국토조사 등에 드론 적극 활용</li> <li>▪ 5년간 3700여 대, 3500억 원 규모 공공 수요 창출</li> </ul>	
한국형 K-드론 시스템 마련	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ AI, 빅데이터 등 활용한 첨단 자동관제 서비스 구현</li> </ul>	
드론 전용로 (Drone-Highway) 개통	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 장거리 및 고속 드론 전용 이동로 선정 및 관리</li> </ul>	
규제 완화	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 드론 유형별 특성에 맞는 안전관리 기준 마련</li> </ul>	
인프라 확충	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 비행시험장, 안전성 인증센터, 자격실시시험장 등 핵심 인프라 확대</li> </ul>	

자료: 국토교통부

그림 2. 국토부에서 발표한 공공분야에서의 드론 활용계획

- 국토부는 3월 30일부터 드론을 이용한 공공측량 제도를 시행함으로써 연간 약 1,650 억원 규모에 달하는 공공측량 시장 중 283억원(17%)에 달하는 분야가 드론측량으로 전환될 것으로 예상
- 특히, 기존 지상측량·유인항공기촬영 등을 통해 공공측량을 실시하던 업체들 대다수가 앞으로 드론을 활용하겠다는 의지를 밝히고 있어 공공측량의 패러다임이 빠르게



전환될 전망이다

- 측량분야에서의 드론 활용을 위하여 지상기준점 설치 및 위치측정이 필수적으로 이와 관련된 드론 개발로 새로운 시장개척 가능

○ 국내 기술동향(특허분석)

- 특허정보검색서비스(www.kipris.or.kr)에서 키워드 ‘드론+무인비행+UAV’로 검색 결과 특허공개 및 특허등록 수는 총 1,186개임
- 2007년부터 드론관련 특허등록이 시작되었으며 2016년 이후 특허 수가 급격히 늘어남

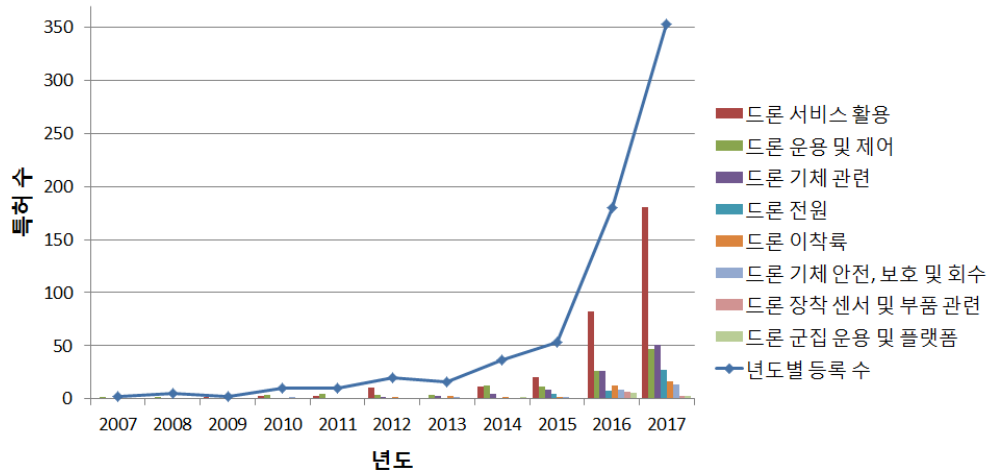


그림 3. 드론관련 국내 특허의 연도별 변화

- 가장 많이 특허가 생산된 분야는 드론 서비스 활용분야로 44%에 달함

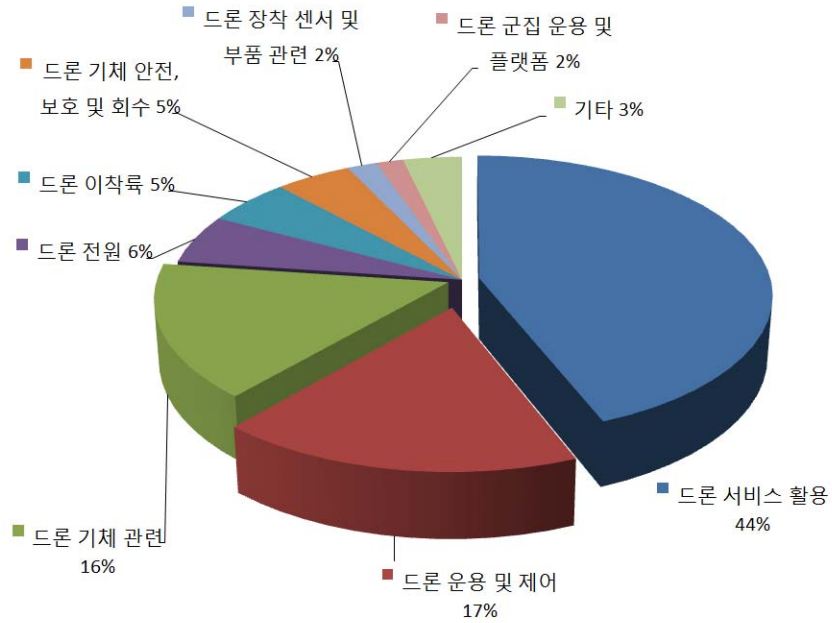


그림 4. 국내 드론관련 특허 분포 현황

- 드론 서비스 활용분야 중 소방, 구조, 감시, 보안 등과 같이 안전과 관련된 분야에서 26%로 가장 높았으며 관측 및 환경측정 분야와 공공측량 분야는 10%와 8%로 분포함

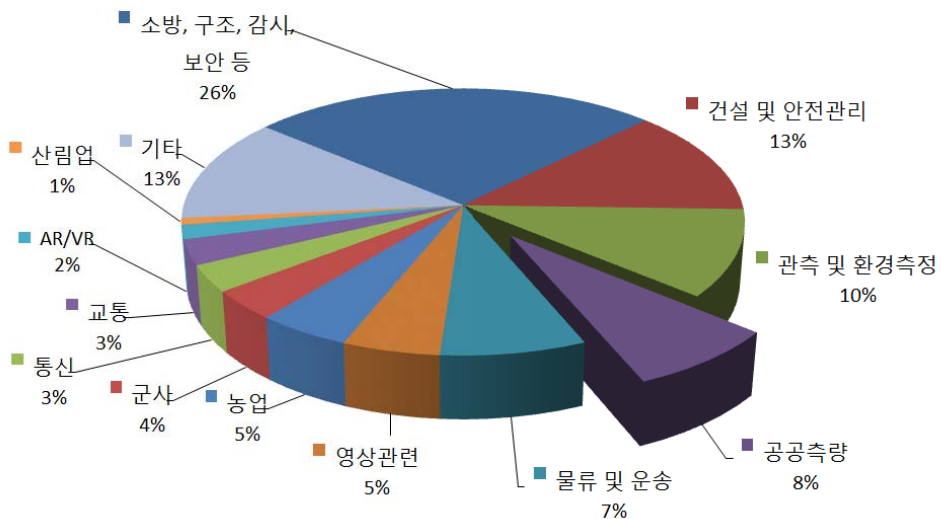


그림 5. 국내 드론 서비스 활용분야에서의 특허 분포 현황

## 제 2 절 국외 기술개발 현황

### ○ 국외 기술동향(특허분석)

- 미국 드론 기술 관련 특허 현황에서 가장 많은 부분을 차지하고 있는 특허 기술은 드론 기계관련 특허(25%), 드론 제어 또는 비전기 변수의 조절관련 특허(20%), 거리/높이/방향, 조사, 드론사진측량 등에 대한 측정(12%)임

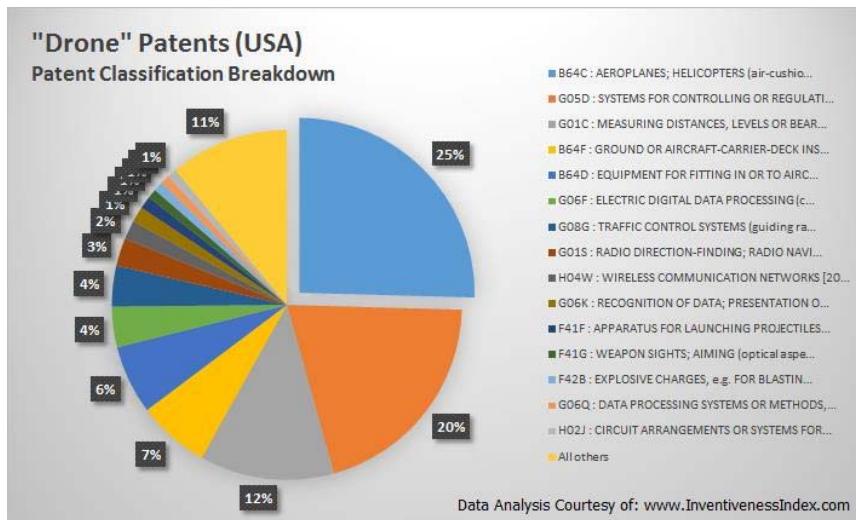


그림 5. 미국에서의 드론관련 특허 분류 현황

- 최근 연안침식 및 해안의 지형변동 연구 등을 위하여 드론사진측량 기법을 사용
- 지상기준점의 위치 및 개수에 따른 정확도 분석 연구논문 다수 발표
- 드론을 지상기준점으로 활용한 사례 없음

### 제 3 절 현 기술의 한계 분석

#### ○ 기존 지상기준점 설치에 의한 한계

- 드론사진측량 (1 km 해안, 고정익 드론) 비행시간 약 30분 소요
- 지상기준점 설치 및 회수(6점 이상) 약 2시간 이상 소요(2인)
- 조차가 큰 서해안의 경우 실제 드론사진측량을 수행할 수 있는 시간이 매우 제한적임
- 해안에서 드론사진측량을 수행 시 시간과 인력에 대한 효율성 증대 방안 필요

### 제 4 절 해양과기원의 역량 분석

#### 1. 해당분야에 대한 해양과기원의 선행연구

#### ○ 한국해양과학기술원 보유 특허

- 특허명 : 드론을 이용한 지상기준점 설정방법
- 발명인 : 정의영, 박준용, 정의용
- 특허등록번호 및 등록일 : 10-1853348 (등록일 2018.04.24.)

#### ○ 한국해양과학기술원 보유 특허 내용

- 해안 지형측량 방법으로 드론사진측량을 효율적으로 활용하기 위하여 가장 많은 시간, 인력 및 노력이 소모되는 지상기준점 설치를 드론을 이용하여 수행하는 방법
- 드론상단에 드론사진측량 식별부 및 정밀 GPS를 설치하여 계획된 지상기준점으로 자동 또는 수동으로 이동, 좌표획득, 복귀하는 '드론을 이용한 지상기준점 설정 방법'
- 상기 드론이 착륙시 고르지 못한 지면에 대하여 수평상태를 유지하기 위한 '수평유지 수단'

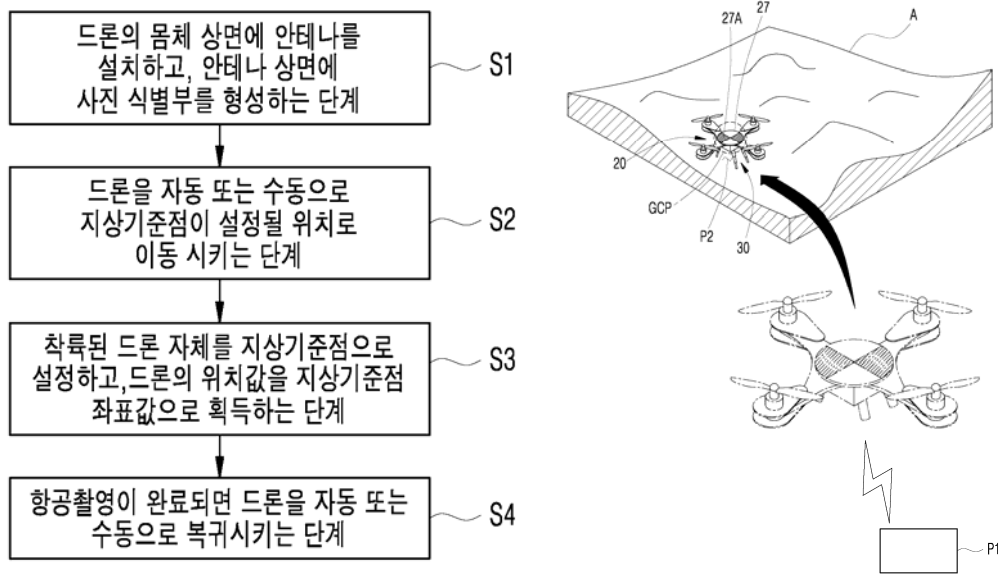


그림 6. 지상기준점 드론의 설정방법 순서도 및 개념 모식도

### ○ 기술의 용도

- 드론사진측량에 필요한 지상기준점의 단점인 시간과 인력 낭비를 줄이기 위하여 다수의 드론에 식별판을 장착하여 자동 또는 수동으로 계획된 위치에 착륙하여 드론 사진측량을 수행할 수 있도록 하는 기술

### ○ 기술의 적용분야

- 해양수산부의 해안선 측량, 연안침식 모니터링, 국토해양부의 무인비행장치 이용 공공측량 등 드론사진측량을 이용하여 정사영상 및 3차원 지형자료를 얻는 모든 분야

## 2. 해당분야에 대한 해양과기원의 위치 및 역량(수준)

### ○ 과학적 측면

- 접근이 가능한 해변에서의 드론사진측량을 활용하고 있으며 서해안의 갯벌에서는 시간적·공간적 제약으로 인하여 넓은 범위의 조사를 수행하지 못하고 있음
- 식별가능한 표식이 많은 육지에 비하여 해안은 직접 지상기준점을 설치하고 측량해야 하는 어려움이 있음

### ○ 기술적 측면

- 해양과기원에서는 3차원 해안 지형측량을 목적으로 드론사진측량을 활용하고 있으나 기존의 지상기준점 설치로 인하여 인력 및 시간의 제약에서 벗어나지 못함

## 제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

### 제 1 절 지상기준점용 드론의 시제품 제작

#### 1. 지상기준점용 드론의 고정밀 GNSS 테스트 수행

- 한국해양과학기술원이 보유하고 있는 특허 기술을 바탕으로 지상기준점용 드론의 시제품을 제작하기 위하여 고정밀 GNSS의 활용과 식별부 가독성에 대한 테스트를 수행
- 첫 번째로 국내에서 시판되고 있는 RTK GNSS인 HEX Technology 사의 Here+ RTK를 이용하여 테스트를 수행하였음. Here+ RTK는 RTK GNSS 기능을 가지고 있으며 드론 운용프로그램인 Mission planner의 RTK/GPS Inject 기능을 사용하여 운용에 필요한 정보와 RTK GNSS의 보정신호를 송수신하여 운용할 수 있음
- 테스트 결과 드론 운용에 필요한 정보와 보정신호의 통신량 문제로 인하여 20m 이상 이격시 보정신호 수신에 안되는 문제가 발생
- 두 번째로 국외에서 가장 많이 사용되고 있으며 RTK GNSS와 후처리 방식의 PPK GNSS 기능을 모두 사용할 수 있는 Emlid 사의 Resch RTK를 이용하여 테스트 수행
- Reach RTK 각각의 저장장치에 원시자료를 저장할 수 있어 드론 운용에 필요한 정보만 송수신하므로 통신량에 문제가 발생하기 않으며 다수의 드론을 운용할 수 있음. 이에 지상기준점용 드론에 Reach RTK 장비를 사용하는 것으로 결정
- PPK GNSS에 필요한 후처리 프로그램은 오픈소스인 RTK LIB 프로그램을 사용하였음.



(a) Here+ RTK (HEX Technology 사)



(b) Reach RTK (Emlid 사)

그림 7. 시판 중인 RTK GPS

## 2. 지상기준점용 드론의 식별부 디자인 테스트 수행

- 지상기준점용 드론에서 중요한 문제 중 하나는 드론에 장착된 카메라를 이용하여 영상을 획득할 때 식별판의 중앙부를 정확히 인식하는 것임. 이에 35개의 식별부 디자인에 대하여 GSD(Ground Sampling Distance)를 1cm, 2cm, 3cm로 하여 획득한 영상에서의 가독성을 테스트하였음

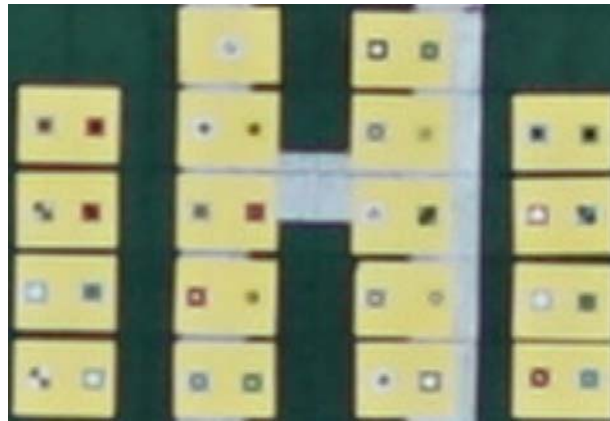


그림 8. 35개의 식별부 디자인에 대한 가독성 테스트

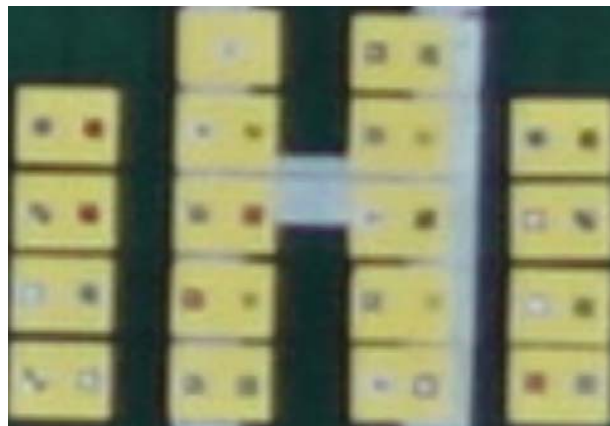
- 식별부의 색, 크기, 디자인 등을 다르게 하여 만든 35개의 식별부에 대하여 GSD에 따른 테스트 결과 GSD 1cm에서는 모든 디자인에서 가독성이 좋았으나 GSD 3cm의 경우 검정색 바탕에 하얀색 원을 중앙에 위치한 디자인이 가장 가독성이 좋은 것으로 판단되었음



(a) GSD 1cm



(b) GSD 2cm



(c) GSD 3cm

그림 9. GSD에 따른 테스트 결과



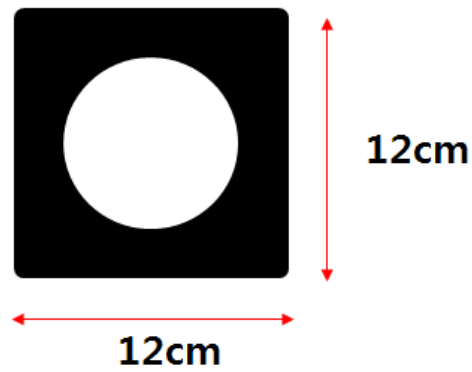


그림 10. 테스트 결과 가장 가독성이 좋은 식별부 디자인

### 3. 지상기준점용 드론의 시작품 제작

- 고정밀 GNSS와 식별부에 테스트 결과를 바탕으로 드론사진측량에 필요한 지상기준점용 드론의 시작품 5대 제작하였음



(a) 정면



(b) 후면



(c) 측면



(d) 상부

그림 11. 지상기준점용 드론 시작품

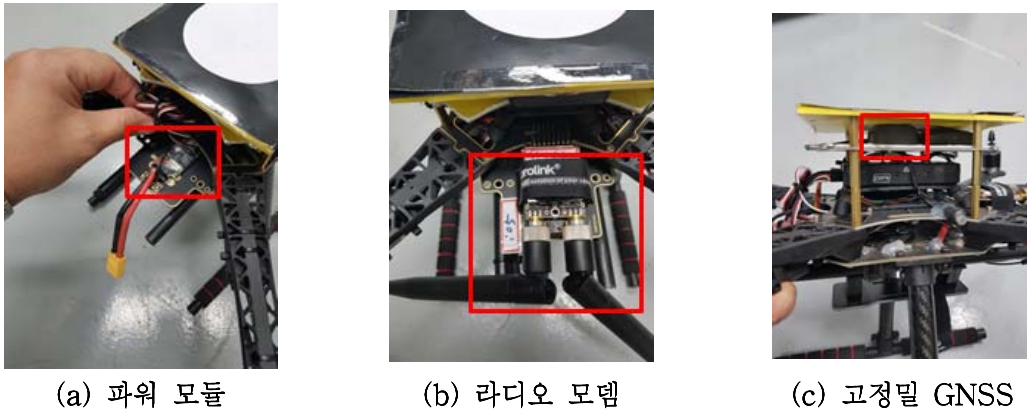


그림 12. 지상기준점용 드론 시작품의 주요 부품

#### 4. 다수의 상기준점용 드론 운용 테스트 수행

- 드론사진측량에서 지상기준점은 300m 간격으로 설치하여야만 10cm 이내의 정확도를 가지는 3차원 정밀지형자료를 획득할 수 있음. 또한 지상기준점은 조사구역내에 균일하게 분포해야 함. 따라서 300m의 해빈에서 최소 5개의 지상기준점 설치가 필요함
- 해안지역 드론사진측량의 정확도를 고려하였을 때 최소 5대의 지상기준점 드론이 필요하며 이를 운용할 때 자동 이착륙 기능이 필요함
- 드론 운용프로그램인 Mission planner를 이용하여 5대의 지상기준점 드론은 계획된 위치에 동시 이륙 후 착륙하는 것을 테스트 하였음

#### 5. 해안 지면상태를 고려한 드론 착륙방법 개발

- 해안지역 중 갯벌 등 물이 있는 부분에서 표면장력으로 인하여 이착륙이 불가능한 지역을 위하여 착탈식의 착륙장치를 개발하여 특허 출원하였음

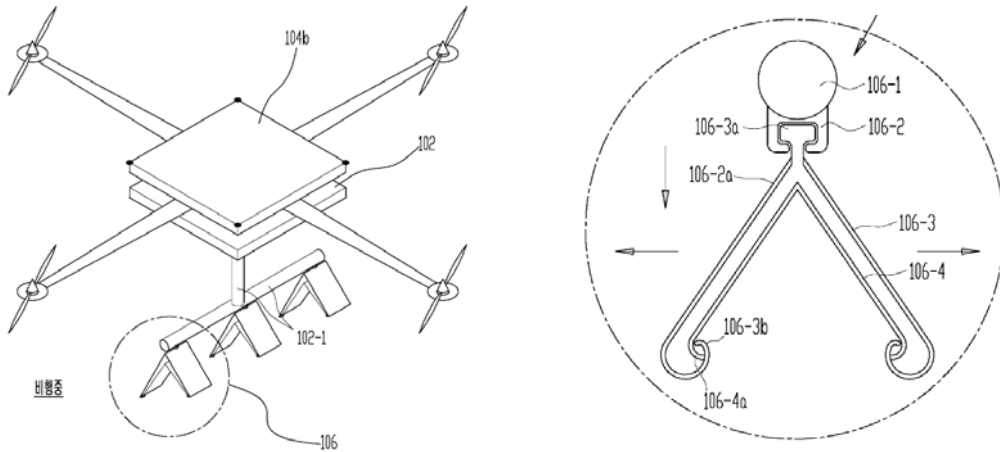
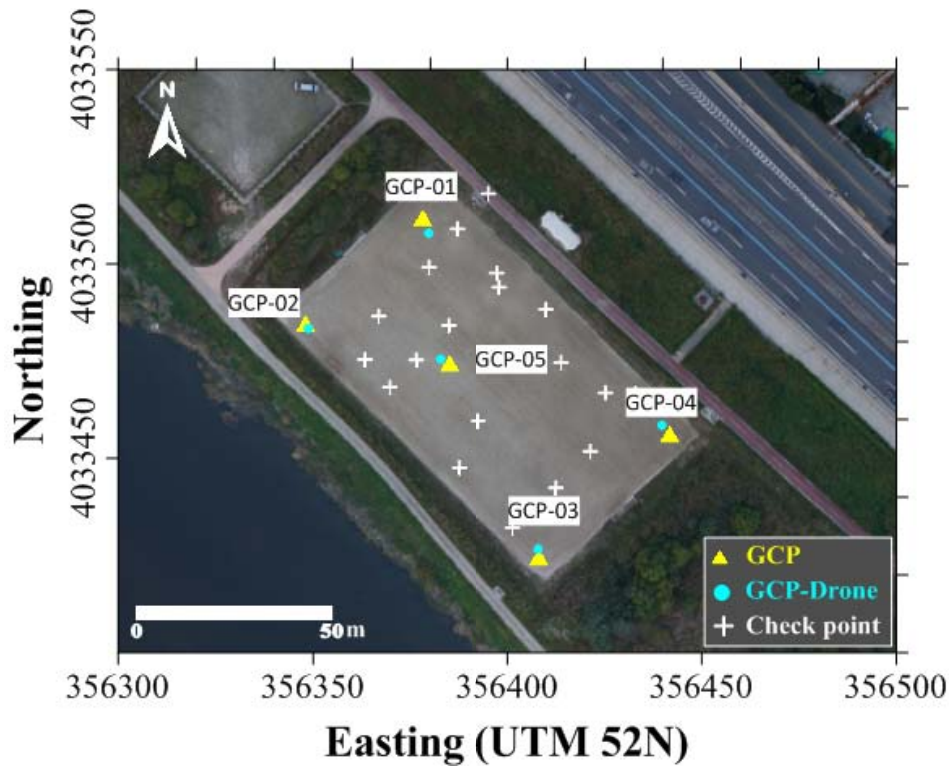


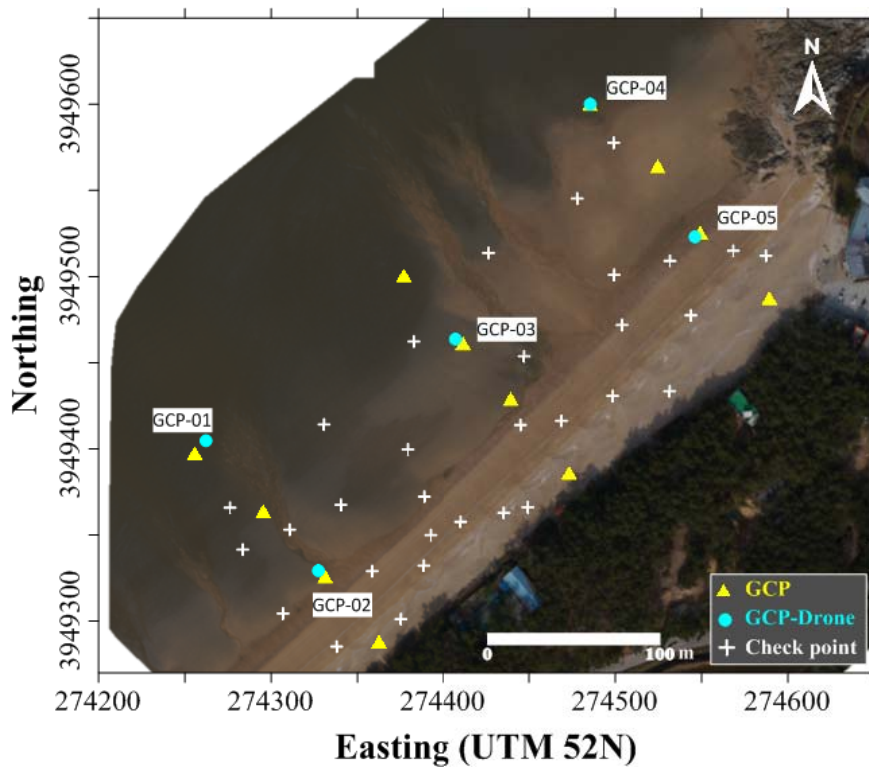
그림 13. 갯벌에서의 드론 착륙장치 개발

## 제 2 절 효율성 및 신뢰성 검증 테스트 수행

- 지상기준점용 드론의 효율성 및 신뢰성 검증 테스트를 위하여 대전 인근 운동장 (100m x 50 m)에서 예비 테스트를 수행하였으며 해안지역 적용을 위하여 전북 부안의 고사포 해수욕장(300 m x 150 m)에서 본 테스트를 수행하였음
- 예비 테스트의 경우 검사점 19개를 사용하였으며, 본 테스트에서는 검사점 31개를 사용하였음



(a) 예비 테스트 지역



(b) 본 테스트 지역

그림 14. 예비 테스트 및 본 테스트 지역

- 테스트 결과 지상기준점용 드론을 설치 및 회수하는데 소요되는 시간은 기존 지상기준점에 비하여 20%임
- 검사점과의 RMSE는 본 테스트의 경우 4.8 cm 이하로 GSD 3cm 경우 기존 지상기준점을 이용한 드론사진측량에 비하여 정확도가 좋음

표 1. 설치 및 회수 시간

구분	기존 지상기준점	지상기준점용 드론
예비 테스트	설치 15분 + 회수 5분 = 20분	설치 2분 + 회수 2분 = 4분
본 테스트	설치 35분 + 회수 15분 = 50분	설치 2분 + 회수 8분 = 10분

표 2. 검사점과의 RMSE 비교(cm)

GSD	예비 테스트		본 테스트	
	기존 지상기준점	지상기준점용 드론	기존 지상기준점	지상기준점용 드론
1cm	1.9	3.1	2.8	4.4
2cm	2.7	6.7	4.5	4.6
3cm	6.6	10.6	6.0	4.8

### 제 3 절 추가 기술개발

○ 시작품 제작 및 테스트 중 추가 개발된 기술에 대하여 특허 출원함

- 특허명 : 식별성이 향상된 지리정보 수정용 드론
- 발명인 : 정의영, 박준용, 정의용
- 특허출원번호 : 10-2018-0151529

○ 특허 개요

: 식별성이 향상된 지리정보 수정용 드론에 관한 것으로 더욱 상세하게는, 해상, 해안 또는 육상에서 카메라 또는 관측센서를 이용해 측량한 자료의 위치보정을 위해, 드론에 식별성이 향상된 식별판 또는 식별장치 등을 장착하여 지리정보 수정에 필요한 자료를 용이하고 정확하게 획득할 수 있는 식별성이 향상된 지리정보 수정용 드론에 관한 것

○ 주요 특허 기술

- 1) 식별부에서 사이드 판이 4방향으로 인출되어 식별력을 향상시키는 구조
- 2) 식별부에 열판 등을 장착하여 열적외선 카메라 등의 다른 센서에서 인식 가능하도록 하는 구조
- 3) 식별부의 사이드 판이 이착륙에 의하여 인출되는 구조
- 4) 갯벌 또는 수면에 착륙할 때 펼쳐지고 이륙시 이탈되는 구조

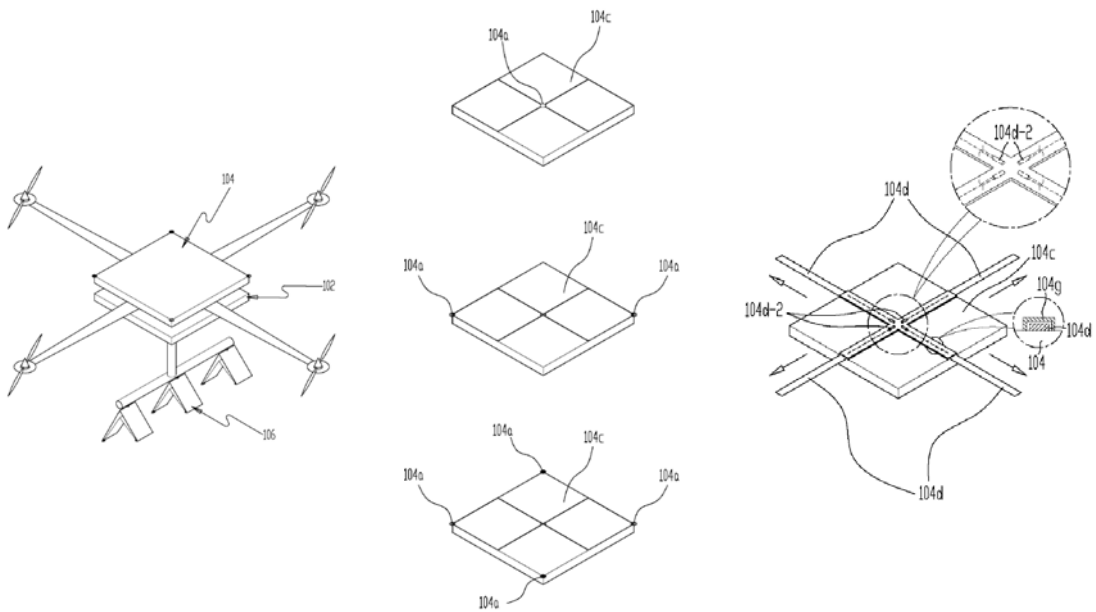


그림 15. 특허출원 주요 도면

## 제 4 장 연구개발목표 달성도 및 대외기여도

### 1. 연구개발목표 및 달성도

#### ○ 정량적 목표

성과지표	구체적 내용	목표	달성	평가(검증)방법
기술스펙 (구체적 물성)	기존 방법 대비 개발된 지상기준점 드론을 사용한 드론사진측량 오차(cm)	< 10	< 5	테스트 검증
기술이전(건)	기술이전(2018년 12월 예정)	1	기술이전	기술 이전 여부
기술료수입 (백만원)	기술료수입	3	기술 수입료	기술료 수입 여부
특허(건)	특허출원	1	1건 출원 완료	출원 여부
시제품제작(건)	시작품 제작	1	1set 시작품 제작 완료	제작 여부
기술개발/개량 (건)	추가 기술개발 계획	1	추가 기술 개발 완료 (특허 출원)	보고서 및 특허출원

#### ○ 정성적 목표

- 기존 방법 대비 시간 및 인력의 효율성 향상 검증
  - 기존 대비 20%의 시간 소요
- 개발된 지상기준점 드론을 사용하여 기존 방법 대비 오차 검증 실시
  - GSD 1, 2, 3cm의 경우 검사점과의 RMSE가 4.8cm 이하
- 테스트 결과를 바탕으로 시작품 및 기술의 수정·보완
  - 식별부 기능 향상 및 갯벌에서의 이착륙 장치에 대한 특허 출원

## 2. 연구개발의 대외기여도

### ○ 드론사진측량의 효율성 증대

- 최근 '하늘의 산업혁명'이라고 불리는 드론의 가장 큰 활용 분야 중 하나인 드론사진측량은 3차원 정밀 지형자료와 정사영상을 동시에 획득할 수 있는 측량기법임
- 해양관측분야의 경우 해안의 3차원 지형변화 연구 및 지형변동 모니터링을 위하여 활용
- 해안 지형조사를 위하여 드론사진측량을 활용하는 경우 시간 및 인력이 가장 많이 소요되는 것은 지상기준점 설치를 드론을 이용하여 자동함으로써 효율성 증대
- 기존 대비 드론사진측량의 오차를 최소화함과 동시에 효율을 50% 이상 높일 수 있음

### ○ 연안침식 모니터링 기술의 고도화

- RTK-GPS를 이용하여 계획된 측선을 따라 지형단면 측량하던 기존 방식에서 3차원 정밀 지형자료 및 해안의 정사영상을 단시간 내에 획득할 수 있는 드론사진측량 기법의 적용성 증대
- 해안 드론사진측량 기법의 최대 단점 중 하나인 지상기준점 설치를 극복함으로써 작업시간 단축을 통한 적용성 확대
- 향후 다수의 지상기준점 드론을 자동 이착륙할 수 있는 기술 및 무인 드론사진측량 시스템을 추가 개발하여 무인 연안침식 모니터링 자동화 시스템 확대 개발 가능

### ○ 연안 해양관측 무인자동화 확대 적용

- 해양수산분야의 4차산업 혁명 대비 빅데이터 구축을 위한 자동 무인화 해양관측 시스템의 기초 기술개발로 향후 확대 적용 가능



## 제 5 장 연구개발결과의 활용계획

### 1. 사업화 계획

- 현재 동사에서 판매중인 고정밀 KD-2 Mapper의 선택사양으로 판매
  - KD-2 Mapper는 Mapping용 드론시스템으로 다양한 임무장비(RGB 카메라, 다분광카메라 등)를 탑재하고 항공촬영을 수행하는 제품임
  - KD-2 Mapper의 경쟁력을 극대화하고, 지상기준점 드론의 가격 최소화
  - 지상기준점 설치가 어려운 산간, 해안 등의 촬영을 목적으로 하는 경우
  - 또는 해안침식과 같이 시간상의 제약이 있는 곳의 촬영을 목적으로 하는 경우
  - 고정밀의 지적측량이 필요한 경우
  - 소비자 맞춤형 제작 및 가격책정(통신거리, 조사 환경 등)
- 동사의 각 지역별 등록된 대리점을 이용한 위탁판매
- 드론을 활용한 해양환경감시, 산림감시 등을 주업으로 하는 측량 및 용역업체를 대상
- 기능 보안을 통한 상품성 향상
  - GCS 소프트웨어 추가 기능 구현
  - 해안가 운용을 위한 방수기능 보완
  - 생산단가 최적화
  - 시스템 안정화

### 2. 활용방안

#### ○ 기술적 측면

- 고정밀 GPS 장비가 결합된 지상기준점 식별부는 육상 드론사진측량의 적용 뿐만 아니라 해상의 기준점 설치에 응용가능
- 해상 기준점은 식별가능한 사진을 획득할 수 없는 바다와 지속적으로 변하는 쇄파대의 경우 정합의 기준으로 활용이 가능함

- 표층수온을 측정하기 위한 열적외선 카메라 또는 해양환경 특성 연구를 위한 분광센서를 이용한 해양관측에서도 기준점으로 활용이 가능함
- 시작품 제작으로 확장가능한 지상기준점 드론의 자동 이착륙 기능 개발은 향후 무인 자동화 해양관측 시스템에 적용 가능

#### ○ 경제·산업적 측면

- 지상기준점 드론을 이용한 드론사진측량을 통하여 기존 대비 측량시간이 50% 이상 감소 가능
- 조차가 큰 서해안의 경우 1일 1회 측량 가능에서 2회 이상 측량 가능
- 연안 해양관측분야에서 드론을 이용한 관측 분야 확대 가능
- 해안의 지형측량 뿐만 아니라 육상의 공공측량 분야에서 확대 사용 가능

### 3. 예상파급 효과

- 연안침식 모니터링 및 원인 규명 연구를 위하여 해안 지형변동성 연구에 활용
- 국립해양조사원의 연안지역 침수 정보도 작성을 위한 해안지역 3차원 정밀 지형도 작성에 활용 가능
- 국가 하천조사 및 지적재조사 등 공공 측량 분야 활용
- 무인자동화를 통한 해양환경자료의 빅데이터 축적 가능
- 해안환경 관측 및 활용과 관련된 여러 분야에서 활용 가능
  - 해안 유류오염지역 파악 활용
  - 해안 쓰레기 현황 파악 활용
  - 불법 해안 건축물 파악 및 공유수면 점사용 관리 활용
  - 해수욕장 관리법에 의한 해수욕장의 3차원 지형자료 획득 활용
  - 해양환경의 VR/AR 제작 가능



## 주 의

1. 이 보고서는 한국해양과학기술원에서 수행한 기본연구사업의 연구결과보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 한국해양과학기술원에서 수행한 기본연구사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안됩니다.