

# 저고도 무인 항공기 기반의 근접 실시간 공중 모니터링 시스템 구축

## Development of a Close-range Real-time Aerial Monitoring System based on a Low Altitude Unmanned Air Vehicle

최 경 아\*      이 지 훈\*\*      이 임 평\*\*\*  
Kyoungah Choi      Jihun Lee      Impyeong Lee

**요 약** 최근 대규모 재난·재해의 발생빈도가 증가하고 있으며 이로 인한 인명·재산 피해를 최소화하고 신속한 복구를 위하여 긴급 상황에 빠르게 대처해야 한다. 긴급 상황에 보다 효율적으로 대처하기 위하여 발생 지역의 공간정보를 신속·정확하게 취득하는 것이 중요하다. 따라서 본 연구에서 신속하게 대상지역의 고해상도 공간정보를 취득할 수 있는 저고도 무인 항공기 기반의 근접 실시간 공중 모니터링 시스템을 개발하고 있다. 근접 실시간 공중 모니터링 시스템은 항공 플랫폼과 디지털카메라, 레이저스캐너, GPS/IMU와 같은 멀티센서, 센서의 지원모듈로 구성되는 항공부분과 지상 차량, 항공부분으로부터 실시간 센서 데이터를 수신하는 수신부와 고속으로 공간 정보를 생성하는 처리부로 구성되는 지상부분으로 이루어진다. 항공부분은 저고도 무인항공기를 플랫폼으로 하며 저가 경량의 센서들과 자체 개발된 지원시스템으로 이루어지는 구성의 독창성을 가지며 지상부분은 센서데이터를 실시간으로 수신 및 처리하여 대상지의 공간정보를 고속으로 제공한다는 차별성을 가진다. 현재 시스템의 하드웨어는 개발 완료된 상태이며 개별 소프트웨어 통합 및 시스템 검증을 수행하고 있다. 본 논문에서 개발 중의 시스템을 소개하고 현재까지의 연구 성과, 향후 기대되는 최종 성과를 제시하고자 한다.

**키워드** : 멀티센서, 무인 항공기, 실시간 공중 모니터링, 공간정보, 재난·재해

**Abstract** As large scaled natural or man-made disasters being increased, the demand for rapid responses for such emergent situations also has been ever-increasing. These responses need to acquire spatial information of each individual site rapidly for more effective management of the situations. Therefore, we are developing a close-range real-time aerial monitoring system based on a low altitude unmanned helicopter. This system can acquire airborne sensory data in real-time and generate rapidly geospatial information. The system consists of two main parts: aerial and ground parts. The aerial part includes an aerial platform equipped with multi-sensor(cameras, a laser scanner, a GPS receiver, an IMU) and sensor supporting modules. The ground part includes a ground vehicle, a receiving system to receive sensory data in real-time and a processing system to generate the geospatial information rapidly. Development and testing of the individual modules and subsystems have been almost completed. Integration of the modules and subsystems is now in progress. In this paper, we will introduce our system, explain intermediate results, and discuss expected outcome.

**Keywords** : Multi-sensor, Unmanned Helicopter, Real-time Aerial Monitoring, Spatial Information, Disasters

† 본 연구는 국토해양부 첨단도시기술개발사업 - 지능형국토정보기술혁신 사업과제의 연구비지원(06국토정보B01)에 의해 수행되었습니다.

\* 서울시립대학교 대학원 공간정보공학과 박사수로 shale@uos.ac.kr

\*\* 서울시립대학교 대학원 공간정보공학과 석사과정 fantest@uos.ac.kr

\*\*\* 서울시립대학교 도시과학대학 공간정보공학과 부교수 iplee@uos.ac.kr(교신저자)

## 1. 서론

최근 일본, 뉴질랜드의 대지진과 같은 대규모 재난/재해가 빈번하게 발생하고 있으며 그 피해규모 역시 방대하다. 재난/재해 발생 시 인명 및 재산 피해를 최소화하고 신속한 피해복구를 위하여 범국가적 차원의 긴급 상황 대응체계가 필요하다. 긴급 상황이 발생하였을 때 신속하게 발생지역에 적합한 대응체계를 구축하기 위해서는 피해지역의 위치 및 그 범위, 정도를 정확히 파악할 수 있어야 한다. 피해지역의 공중으로부터 취득되는 영상, 라이다데이터 등의 센서데이터로부터 생성된 공간정보를 활용하여 피해 상황을 효과적으로 파악할 수 있다. 따라서 원활한 재난관리를 위해서 신속하고 정확한 공간정보의 획득이 요구된다. 이로 인해 낮은 고도에서 비행할 수 있으며 상대적으로 적은 운용비용·시간이 소요되는 저고도 무인 항공기의 활용에 대한 관심이 증대하고 있다.

저고도 자율비행이 가능한 무인 항공기를 공중 모니터링의 플랫폼으로 채택할 경우 고해상도의 센서데이터를 안정적으로 취득할 수 있다는 것이 주된 장점 중에 하나이다. 이러한 이유로 공간정보, 재난·재해, 국방, 농업, 환경 등 다양한 분야에 저고도 무인 항공기를 활용한 다수의 연구들이 수행되었다. Murden *et al.*이 소형무인비행선에 카메라를 탑재하여 농경지를 모니터링 하는데 활용하였다[4]. 저고도에서 비행하는 소형무인비행선을 플랫폼으로 채택함으로써 고해상도의 영상을 취득할 수 있었고 이로부터 대상지역의 미세한 생태학적 변화를 탐지할 수 있었다. Eisenbeiss는 기존 유인항공기와 비교하여 저가이면서 유연한 소형 무인 헬기에 GPS/INS, 영상취득 안정장치를 탑재한 매핑 시스템을 제시하였고 이를 페투의 문화재 기록에 활용하였다[1]. 그 결과, 정확하게 사전에 계획된 비행고도와 경로를 따라 안정적으로 영상을 취득할 수 있었고, 대상지의 고해상도 정사영상과 DEM을 생성할 수 있었다. Nagai *et al.*는 무인 헬기에 레이저 스캐너, 디지털 카메라, GPS/IMU를 탑재하여 고해상도 DSM을 얻고 이로부터 객체를 추출하였다[5]. 레이저 스캐너의 탑재로 3차원 기하학적 정보를 용이하게 얻을 수 있었으며 영상으로부터 3차원 객체의 텍스처 매핑이 가능하였다. Jang *et al.*은 문화재의 3차원 모델링을

수행하기 위하여 RC 헬기에 비디오카메라와 영상취득 안정화 장치인 김발(Gimbal)을 탑재한 매핑 시스템을 구축하였다[3]. RC 헬기는 낮은 고도에서 객체의 원하는 측면의 영상 취득을 가능하게 하기 때문에 문화재의 근접 사진 측량을 수행하기에 유용하였으며 비디오카메라를 활용함으로써 실시간 영상 전송도 가능하였다. Haarbrink *et al.*와 Zhou *et al.*은 재난·재해가 발생했을 때 1~2시간 안에 발생지역의 지오레퍼런싱된 비디오 영상을 제공할 수 있는 소형무인헬기 기반의 시스템을 구축하였고 이는 GIS 시스템과 연계되어 신속한 대응체계를 제공할 수 있었다[2, 7].

무인항공기 기반의 공간정보 취득 시스템 개발에 관한 연구는 세계적으로 초기 단계에 있으며 국내에서도 이에 부응하는 연구들이 수행되었다. 유환희 등이 대상지역을 보다 상세하게 촬영할 수 있고 관측시기를 자율적으로 조절할 수 있는 무인헬기 기반의 저고도 촬영시스템을 개발하고 이로부터 획득된 영상을 이용하여 영상지도를 제작하였다[13]. 김성삼은 유인항공기로 임무를 수행하기 어려운 지역이나 도심지 관측에 저고도 무인헬기 촬영시스템을 도입하였으며 영상을 취득하고, 기하보정과 영상모자이크 기법을 적용하여 재난·재해의 피해액 산정과 복구계획 수립에 활용 가능성을 제시하였다 [8, 9]. 장호식은 RC 헬기에 비측량용 카메라와 김발을 탑재하여 저고도에서 영상을 취득한 후, 영상매칭을 통해 수치표고모델(DEM: Digital Elevation Model)을 생성하였다. 기존의 토탈스테이션에 의해 소규모 지역 또는 접근 불가능한 곳의 지형표고자료를 취득하던 것에 비해 더 많은 지형표고자료를 취득할 수 있음을 입증하였다[14]. 정성혁 등은 변화가 빈번하게 발생하는 도시지역의 3차원 공간정보를 신속하게 취득하기 위한 무인헬기 사진측량 기법을 제시하였다[15]. 대상지역을 촬영한 영상과 기준점으로부터 변화가 발생한 지형의 수치지형모델을 제작하여 수치지도 수시갱신에 활용할 수 있는 가능성을 제시하였다.

이상의 선행연구로부터 무인항공기 기반의 저고도 근접 모니터링 시스템을 통해 대상지역의 고해상도 센서데이터를 경제적으로 획득할 수 있다는 것이 입증되었다. 그러나 기존 시스템의 대부분은 현황 파악, 피난계획, 피해조사 등의 재난관리에 유기적으로

결합되어 실효성을 높이기에는 다음과 같은 한계점들이 있다. 첫째, 오프라인의 센서데이터 전송 및 처리로 인하여 긴급 상황 발생 시 신속한 현황 파악 및 피난계획 수립이 어렵다. 사이즈가 작고 화질이 낮은 비디오카메라의 영상은 실시간 전송이 가능하였으나 이는 정밀한 공간정보 도출에 활용되기에 미흡하다. 둘째, 시스템에 선정되는 플랫폼, 센서와 같은 하드웨어에 의존적이라 정밀한 공간정보를 획득하기 위해서는 고가의 플랫폼 및 센서를 채택해야 하고 경량의 중저가 시스템을 구축한 경우에는 정확도 저하가 필연적이다. 따라서 본 연구에서는 실시간 센서 데이터의 전송 및 자동고속처리가 가능하여 센서 데이터 취득과 동시에 지상에서 실시간으로 모니터링 가능하며 DEM 및 정상영상과 같은 공간정보를 고속으로 생성할 수 있는 저고도 무인항공기 기반의 근접 실시간 공중모니터링 시스템을 개발하고 있다. 또한, 중저가 하드웨어 채택으로 기인하는 공간정보의 낮은 정확도는 고도의 알고리즘 개발로 보완하는 것을 목표로 한다. 본 논문에서는 개발 중의 시스템을 소개하고 통합 시험을 통하여 획득된 데이터를 분석함으로써 시스템의 긴급 상황 대응체계에 활용 가능성을 제시하고자 한다.

## 2. 근접 실시간 공중 모니터링 시스템

무인 항공기 기반의 근접 실시간 공중모니터링 시스템은 항공부문과 지상부문으로 구성된다. 항공부문은 항공 플랫폼에 디지털 카메라, 레이저스캐너, GPS, IMU의 센서부와 센서데이터를 저장 및 전송하는 지원부가 탑재되어 이루어진다. 지상부문은 지상 플랫폼, 항공부문에서 전송된 센서데이터를 RF 링크를 통해 무선으로 수신 및 저장하고 센서를 원격으로 제어하는 수신부와 센서데이터를 실시간으



그림 1. 근접 실시간 공중 모니터링 시스템

로 지오레퍼런싱 하고 공간정보를 고속으로 생성 및 전시하는 처리부로 구성된다. 무인 항공기 기반의 근접 실시간 공중 모니터링 시스템의 전체 구성은 그림 1에서 묘사되고 있다.

### 2.1 항공부문 시스템

항공부문의 주된 임무는 공중에서 센서 데이터를 취득하고 이를 지상부문으로 실시간 전송하는 것이며 크게 항공 플랫폼, 센서부, 그리고 데이터의 저장 및 전송 등을 수행하는 지원부로 구성된다. 근접 모니터링을 위하여 플랫폼으로는 저고도 무인 항공기를 활용하였으며 센서부로 디지털 카메라, 레이저 스캐너, GPS, IMU를 탑재하였다. 지원부로 영상 취득 센서의 안정화를 위한 김발(Gimbal), 멀티센서를 제어하고 센서데이터를 저장, 전송하기 위한 OBC (On-board Computer) 등을 개발하였다.

#### 2.1.1 플랫폼

시스템의 구성을 모듈화하여 활용목적에 적합한 플랫폼, 센서 등을 통합하여 긴급 상황별 최적화된 시스템을 구축하고자 한다. 따라서 플랫폼을 직접 개발하거나 특정 모델로 한정하지 않는다. 다만, 근접 실시간 공중모니터링을 위하여 저고도 자율비행이 가능하며 센서 및 지원부의 중량을 허용할 수 있어야 한다는 최소한의 요구조건이 있다. 우선, 본 시스템은 재난관리를 목표 활용분야로 하여 구축되었다. 재난·재해가 발생한 경우, 비 또는 바람이 부는 등 기상 상태가 불안정하기 쉽다. 따라서 약간 불안정한 기상상태에서도 안정적인 비행이 가능하며 정해진 경로를 따라 일정한 중첩도를 갖는 센서데이터를 획득할 수 있는 플랫폼을 선정하였다. 선정된 무인 항공기의 모델은 오스트리아 Schiebel 사의 Camcopter S-100이며 회전익으로써 이착륙을 위한 활주로가 별도로 필요하지 않고 대상지를 다양한 각도로 관측할 수 있다. 또한 탑재 허용 중량은 50kg으로 레이저 스캐너와 같은 무거운 센서 탑재도 가능하다. 그림 2에서 Camcopter S-100의 외형을 확인할 수 있다.

#### 2.1.2 센서부

기존 시스템과 비교하여 상대적으로 경량 저가 시스템 개발을 목표로 하기 때문에 중저가 경량의 센서를 채택하였다. 이로 인한 정확도 측면의 부족함은 고도의 알고리즘 개발을 통하여 극복하였다. 탐



그림 2. Camcopter S-100

재된 센서로는 두 대의 디지털 카메라, 레이저스캐너, GPS, IMU가 있다. 두 대의 디지털 카메라 중 한 대는 대상지역의 연속 영상을 획득하고, 다른 한 대는 김발에 통합되어 특정 표적물을 추적하게 된다. 또한, 레이저 스캐너는 고속으로 DEM 및 정상영상을 생성하기 필수적이며 GPS, IMU 데이터는 영상과 레이저스캐너 데이터의 초기 외부표정요소를 제공한다. 영상 취득용 카메라는 비측량용 중급 카메라이며 초당 3장의 영상을 획득할 수 있다. 레이저스캐너의 데이터 취득률은 10000 points/s이며 시야각(FOV: Field of View)은 80°이다. GPS와 IMU 역시 중급으로 GPS의 위치 정확도는 수평, 수직이 각각 ±1.2m, ±2.4m이며, IMU의 가속도계 편이와 자이로스코프 편이는 각각 ±1 mg, ±1 deg/h이다. 선정된 센서의 모델 및 주요 제원은 표 1에 요약되어 있으며 모든 센서들을 그림 3에서와 같이 센서 지원부와 함께 경식 프레임에 통합하였다.

표 1. 탑재 센서의 모델 및 주요 제원

센서	모델	규격 및 특징
Laser Scanner	LMS-Q240i (Riegl)	- weight : 7 kg - FOV : 80°(±40°) - scanning rate : 6~80 LPs - price : 150,000 \$
Digital Camera(A)	GD-155000 (Gevicam)	- weight : 0.115 kg - frame rate : 12 fps - effective pixels : 2456×2058 - pixel size : 3.4 μm - price : 4,000 \$
Digital Camera(B)	XMV-16M (illunis)	- weight : 0.47 kg - frame rate : 3 fps - effective pixels : 4872×3248 - pixel size : 7.4 μm - price : 15,000 \$
GPS	OEMV-3 (NOVATEL)	- position accuracy : 1.8 m, - weight : 0.075 kg - data rate : 20 Hz - price : 40,000 \$
IMU	HG1700 (Honeywell)	- velocity accuracy : 0.02 m/s - weight : 3.4 kg - data Rate : 100 Hz - price : 45,000 \$

주요하게 OBC, 김발이 있으며 그 밖에 개별 센서에 적합한 전력 공급을 위한 전력공급장치가 있다. 센서 제어 및 센서데이터 저장, 시간동기화, 압축, 전송의 5가지 기능을 수행할 수 있는 OBC를 자체 개발하였다. 개별 센서들은 직접 OBC와 접속되어 지상으로로부터 수신된 센서 제어 명령에 따라 OBC에 의해 제어된다. 또한 획득되는 센서데이터는 GPS 시간을 기준으로 동기화되어 OBC에 저장되고 지상부분으로 실시간 송신된다. 또한 통신 링크에 비하여 영상의 데이터 사이즈가 상대적으로 크기 때문에 OBC는 영상압축 과정을 수행한다. 회전익의 경우 다른 플랫폼에 비하여 흔들림이 많은 것으로 알려져 있고 이러한 흔들림은 영상을 뿌옇게 만드는 등의 센서 데이터 품질에 영향을 끼친다. 따라서 이러한 외란으로부터 영상 취득 센서의 자세를 안정화하거나 플랫폼의 이동에도 불구하고 영상 센서가 특정 표적을 추적할 수 있도록 하는 김발을 개발하였다. 저가형 MEMS IMU와 DSP에 기반한 소형·경량의 김발을 개발함으로써 탑재 중량이 작은 무인항공기를 플랫폼으로 채택하는 경우에도 활용에 무리가 없

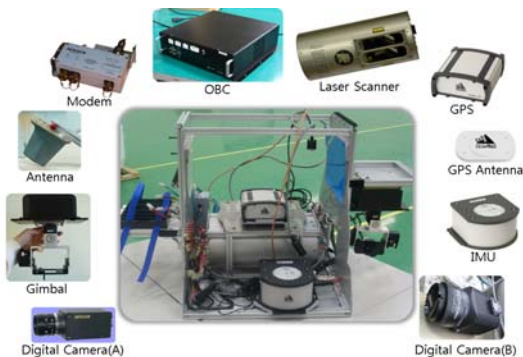


그림 3. 센서 통합

2.1.3 센서 지원부

항공부문의 센서부를 지원하는 센서 지원부로는

도록 하였다[6]. 개발된 OBC와 김발의 시작품은 그림 4에 보여 진다.



그림 4. OBC와 김발의 시작품

## 2.2 지상부 시스템

지상부문의 주된 임무는 항공부문으로부터 센서 데이터를 실시간으로 수신하고 이로부터 DEM, 정사영상과 같은 공간정보를 고속으로 생성하는 것이다. 지상부분은 이동 가능한 형태로 구축되어 플랫폼, 수신부, 처리부로 구성된다. 플랫폼으로는 2.5 톤 트럭을 개조하여 활용하였으며 내부에는 수신부와 처리부가 탑재되었다. 그림 5를 통하여 지상부분의 외형을 확인할 수 있다. 수신부는 무선통신 링크를 통하여 실시간으로 센서 제어 명령을 송신하고 센서 데이터를 수신한다. 처리부는 수신된 센서데이터를 전달받아 실시간으로 지오투러닝하여 고속으로 DEM 및 정사영상을 생성한다.



그림 5. 이동형 지상국

### 2.2.1 수신부

수신부는 무선 송수신 시스템, 센서 데이터 수신·저장 시스템과 센서 원격 제어 시스템으로 구성된다. 무선 송수신 시스템은 안테나, 모뎀, GPS, 트래킹 소프트웨어로 이루어지며 센서 원격 제어 명령과

센서 데이터의 실시간 송수신이 가능하도록 한다. 센서 데이터 수신·저장 시스템은 항공부문으로부터 센서 데이터를 수신하여 이를 실시간으로 전시하고 컴퓨터에 저장하는 역할을 수행한다. 이동형 컴퓨터와 각 센서의 데이터 크기 및 모니터링 시간을 고려한 대용량 저장장치를 활용하여 구축하였다. 이는 이동형 지상국 내부에 설치되어 시스템 운용자들이 센서 데이터 수신 및 저장 상태를 모니터링 할 수 있도록 하였다. 센서 원격 제어 시스템을 통하여 비행 전·후 또는 비행 중에 항공부문에 탑재된 디지털 카메라, 레이저 스캐너, GPS, IMU의 전원을 켜고 끄거나 데이터 취득 주기 등의 센서 작동 변수를 원격으로 설정할 수 있다[10]. 무선 송수신 시스템, 센서 데이터 수신·저장 시스템과 센서 원격 제어 시스템과 관련된 모든 소프트웨어는 자체 개발되었으며 그림 6, 그림 7, 그림 8을 통하여 구현된 모습 및 사용자 인터페이스(GUI: Graphic User Interface)를 확인할 수 있다.



그림 6. 무선 송수신 시스템

### 2.2.2 처리부

수신부로부터 전달받은 센서 데이터는 처리부를 통해 실시간으로 지오투러닝되고 이를 기반으로 고속으로 DEM 및 정사영상과 같은 공간정보 생성할 수 있으며 그 구성은 그림 9와 같다.



그림 7. 센서 데이터 수신·저장 시스템

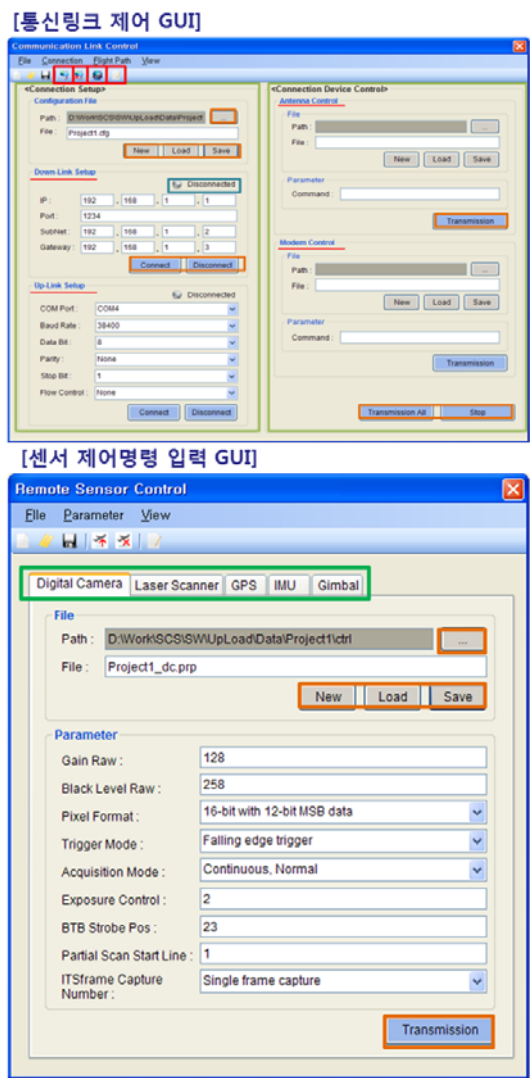


그림 8. 센서 원격 제어 시스템



그림 9. 지상부문 처리부의 구성

실시간 공중 모니터링을 위해서는 센서 데이터의 실시간 전송뿐만 아니라 실시간 지오레퍼런싱이 요구된다. 지오레퍼런싱이란 센서 데이터의 외부표정요소를 결정하는 것으로써 이것이 실시간으로 수행되어야만 센서 데이터의 취득과 동시에 기존의 공간정보와 중첩시켜 대상지의 변화를 직관적으로 파악할 수 있으며 DEM, 정사영상과 같은 공간정보를 고속으로 생성할 수 있다. 본 연구에서는 그림 10과 같은 데이터 흐름 및 구성을 갖춘 실시간 지오레퍼런싱 처리부를 개발하였다. 시스템은 크게 위치/자세 결정을 위한 GPS/IMU 통합, GPS/IMU의 위치/자세 조정 및 영상 지오레퍼런싱, 라이다 데이터 지

오레퍼런싱의 세 단계로 이루어진다. 우선, GPS/IMU 데이터에 확장칼만필터(EKF : Extended Kalman Filter)를 적용함으로써 영상 지오레퍼런싱에 활용될 초기 위치/자세를 빠른 속도로 결정한다. 초기 위치/자세는 연속 AT 기반의 영상 지오레퍼런싱 알고리즘에 의해 정밀하게 갱신되고 마지막으로 갱신된 위치/자세는 라이다 데이터 지오레퍼런싱에 활용된다[16]. 이와 같은 실시간 지오레퍼런싱 시스템에 의해 중급 GPS/IMU의 정확도를 향상시킬 수 있고 정밀 결정된 위치/자세 데이터를 활용하여 영상 및 라이다 데이터의 지오레퍼런싱을 기준점(GCP : Ground Control Point) 없이 실시간으로 수행할 수 있다.

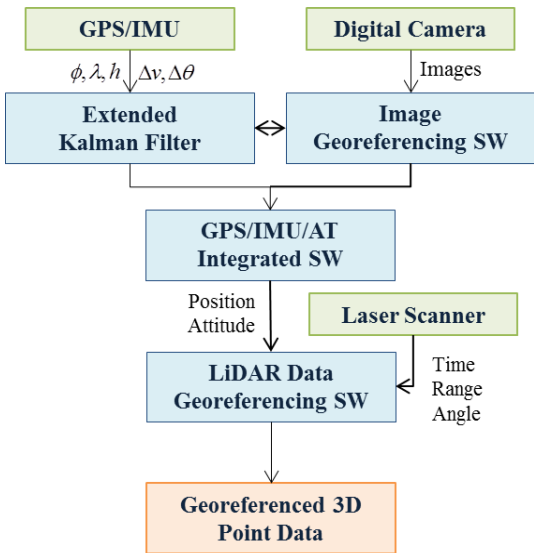


그림 10. 실시간 지오레퍼런싱 처리부

고속 공간정보 생성 시스템에서는 지오레퍼런싱된 영상 및 라이다 데이터를 활용하여 개략 DEM 및 정사영상을 빠르게 생성한다. DEM 생성을 위하여 라이다 데이터로부터 이상점들을 제거하고, 지면점과 비지면점을 분류한다. 다음으로 지면점에 대해 격자화한 후 내삽을 통하여 모든 격자에 고도값을 할당한다. 이렇게 생성된 DEM을 활용하여 지오레퍼런싱된 영상을 정사보정하여 정사영상을 생성한다. 공간정보 생성 시스템에서의 데이터 처리과정은 그림 11에 요약되었으며, 이와 같이 고속으로 생성되는 개략 DEM 및 정사영상을 실시간으로 전시하는 시스템의 GUI는 그림 12와 같다.

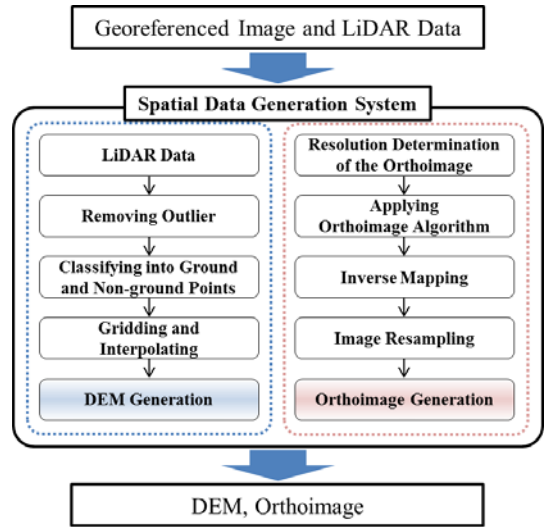


그림 11. 고속 공간정보 생성 처리부

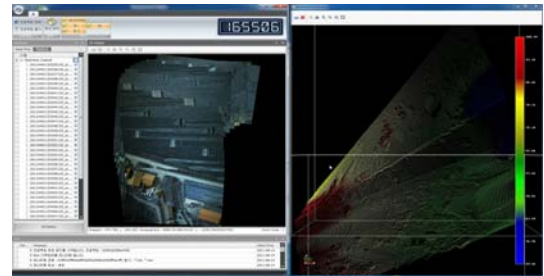


그림 12. 실시간 DEM 및 정사영상 전시 GUI

### 3. 통합 시험 및 데이터 취득

개발 중에 있는 무인항공기 기반의 근접 실시간 공중모니터링 시스템의 하드웨어는 모두 구축되었고 개별 모듈의 소프트웨어 개발도 완료되었으나 현재 개별 모듈의 통합 시험을 진행 중에 있으며 시험 결과를 반영하여 시스템을 개선하는 과정에 있다. 따라서 본 논문에서는 통합 시험 결과와 일부 중간 결과물을 소개하도록 하겠다.

#### 3.1 통합 시험

무인항공기에 탑재체를 실어 항공부문과 지상부문 간의 통합 시험을 하기 전에 실내에서 항공부문 파트와 지상부문의 파트를 나눠서 OBC를 이용한 센서 제어 및 데이터 저장 실험을 수행하고, 무선 송수신 시스템을 통하여 항공부문의 센서 데이터를 수신·저장·전시하는 것에 문제가 없는 지 시험을 수행

하였다. 무선 통신 링크를 통해 실내 정지 상태에서 통합 시험이 문제없이 수행된 후, 비행 통합 시험을 수행하였다. 비행 통합 시험은 청주 교원대학교 부근에서 수행되었다. 시험지역의 면적은 약 300 × 1600m<sup>2</sup>이며 주거지역, 농경지역, 수변지역 등 다양한 지역을 포함하고 있다. 비행 고도는 200m, 비행 속도는 60km/h였다. 그림 13은 시험지역과 비행경로를 보여주고 있으며 그림 14는 무인항공기를 플랫폼으로 하여 비행 통합 시험을 수행하는 모습이다. 본 연구는 무인항공기 시스템을 개발하는 것이 아니라, 근접 실시간 공중 모니터링 시스템을 개발하는 것에 목적이 있기 때문에 플랫폼은 무인 헬기와 유인 헬기 모두를 활용하여 통합 시험을 수행하였다.



그림 13. 시험 지역 및 비행경로



그림 14. 무인 헬기를 이용한 통합 비행 시험

### 3.2 데이터 취득 및 처리

그림 13과 같은 두 개의 스트립을 비행경로로 한 통합 시험 결과, 약 3분 30초 동안 대략 200장의 영상과 200만 개의 레이저 펄스, 192개의 GPS 데이터, 1890개의 IMU 데이터를 취득하였다. GPS와 IMU 데이터는 OBC의 불안정함으로 인해 각각 8개, 110개 정도의 손실이 있었다. 사용된 렌즈의 초점거리가 50mm이고 지상으로부터 비행체간의 거리가 150m임을 고려했을 때, 영상의 축척은 1:4000, 공간해상

도(GSD : Ground Sampling Distance)는 3cm이다. 레이저 스캐너의 측정 주기는 10000 points/s으로 취득된 데이터의 점밀도는 약 4.16 points/m<sup>2</sup>이다. 데이터 취득과 관련된 주요 변수들이 표 2에 요약되어 있으며 취득된 영상의 일부가 그림 15에 보여진다. 그림 15에서 확인 되듯이 본 시스템으로부터 주거지역, 농경지역, 수변지역 등 다양한 지역의 고해상도 영상을 취득할 수 있었다.

표 2. 데이터 취득 주요 변수

Data	Parameters	
Image	Coverage	145 × 95m <sup>2</sup>
	GSD	3cm
	Overlap	88 %
LiDAR	Density	4.16 points/m <sup>2</sup>
	Scan width	50cm
	Scan rate	30 lines/s

모든 영상 및 레이저 스캐너 데이터는 GPS 시간으로 동기화되어 수신 및 저장되었다. 따라서 GPS/IMU로부터 제공되는 위치/자세 데이터를 내삽하여 영상 및 레이저 스캐너 데이터의 초기 외부표정요소로 활용하여 지오레퍼런싱을 수행하였다. 그 결과, 그림 16, 17과 같은 모자이크 정사영상과 3차원 절대좌표를 갖는 라이다 데이터를 얻을 수 있었다. 샘플 모자이크 정사영상과 같은 고해상도 영상은 실시간 공중 모니터링이 아니더라도 정밀한 측량 결과가 요구되는 지적재조사사업 현황측량의 보완적 측량 방법에 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 지오레퍼런싱된 라이다 데이터를 살펴보면 높은 점밀도로 건물, 수목 등의 다양한 지형·지물의 형상이 직관적으로 인식 가능하다. 향후, 라이다 데이터로부터 생성된 DEM을 정사영상 생성에 활용한다면 빠른 속도로 엄밀정사영상을 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

### 4. 결론

실시간·고품질의 공간정보 수요분야가 증가함에 따라 본 연구에서는 무인항공기 기반의 근접 실시간 공중 모니터링 시스템을 구축하였다. 구축된 시스템은 크게 무인항공기와 같은 항공 플랫폼, 디지털 카메라, 레이저 스캐너, GPS, IMU 등의 센서부와 OBC, Gimbal 등의 센서 지원부로 구성되는 항공부



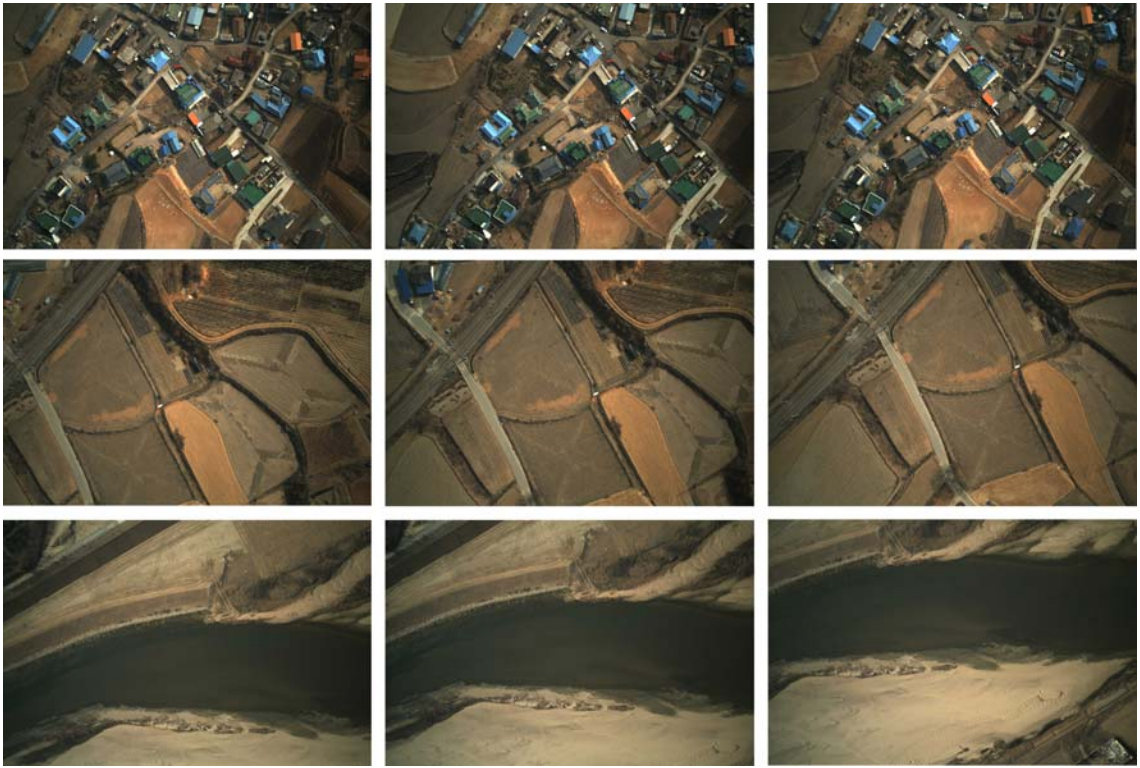


그림 15. 샘플 취득 영상

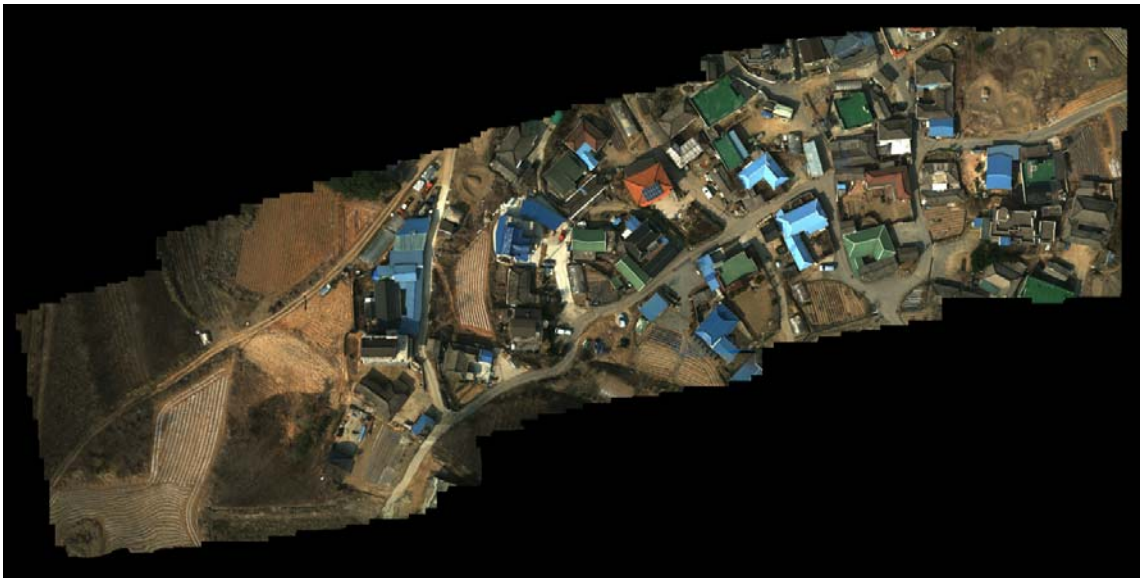


그림 16. 샘플 모자이크 정사영상

문과 지상 플랫폼, 멀티 센서 데이터를 수신 및 저장하는 수신부, 실시간 지오레퍼런싱 및 고속 공간정보 생성을 수행하는 처리부로 이루어지는 지상부

으로 나뉘어진다. 항공부문은 저고도 무인항공기를 플랫폼으로 하며 저가 경량의 센서들과 자체 개발된 지원시스템으로 이루어지는 구성의 독창성을 가지

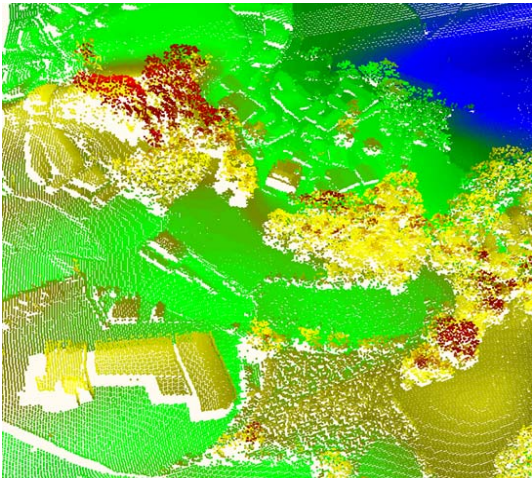


그림 17. 지오투퍼린싱된 샘플 라이다 데이터

며 지상부분은 센서데이터를 실시간으로 수신 및 처리하여 대상지의 공간정보를 고속으로 제공한다는 차별성을 가진다.

구축된 시스템의 통합 시험을 통하여 대상지의 영상, 레이저 스캐너, GPS/IMU 데이터 등의 멀티 센서 데이터를 실시간으로 취득할 수 있었다. 획득된 데이터와 이로부터 생성한 공간정보를 분석한 결과 본 시스템은 고해상도의 센서 데이터를 취득할 수 있으며 고속으로 대상지의 DEM, 정상영상과 같은 공간정보를 제공하였다. 이를 기반으로 본 시스템은 다음과 같은 다양한 가능성을 제시한다.

첫째, 항공부문의 플랫폼으로써 무인항공기를 활용하기 때문에 저고도 자율비행이 가능하여 고해상도의 영상 및 라이다 데이터를 안정적으로 획득할 수 있다. 따라서 정밀 측량이 요구되는 지적측량, 재난·재해의 피해 조사 및 보상액 산정 등에 유용할 것이다[11]. 둘째, 실시간 데이터 전송 및 자동고속 처리에 기반한 실시간 공간정보 생성이 가능함으로써 신속한 대응체계가 요구되는 현황파악, 피난계획, 피해조사 등의 재난관리와 국방 분야에 활용될 수 있다[10]. 셋째, 시스템의 모듈화를 통하여 다양한 활용목적에 최적화가 용이하도록 플랫폼 선정 및 센서 구성을 할 수 있어 유연성을 극대화하였다. 마지막으로 기존 시스템들이 고가의 센서 및 플랫폼에 의존하였던 것과 비교하여 중저가 센서를 채택하고 고도의 소프트웨어로 한계를 극복하였기 때문에 경량 저가 시스템을 구축할 수 있다. 따라서 긴급 상황 대응체계와 같은 실시간·고품질의 공간정보가 요구

되는 다양한 분야에 활용이 극대화 될 것으로 기대된다.

## 감사의 글

본 연구를 함께 수행하는 충남대학교 김형신 교수, 경상대학교 유환희 교수, 충남대학교 윤희천 교수, 세종대학교 홍성경 교수, ETRI 신성웅 박사, 현대위아, 한성 T&I, 한양 GST, GSM 솔루션, 쉐트랙 아이, 지온텍코리아 연구팀의 노고에 깊은 감사를 드립니다.

## 참 고 문 헌

- [1] H. Eisenbeiss, 2004, "A mini unmanned aerial vehicle(UAV): system overview and image acquisition," *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. XXXVI-8/W2, Pitsanulok, Thailand.
- [2] R. B. Haarbrink and E. Koers, 2006, "Helicopter UAV for photogrammetry and rapid response," *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. XXXVI-1/W44, Antwerp, Belgium.
- [3] H. Jang, J. Lee, M. Kim, I. Kang and C. Kim, 2004, "Construction of national heritage management system using RC helicopter photogrammetric surveying system," *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. XXX-A,B1-B8, Istanbul, Turkey.
- [4] S. B. Murden and K. L. Risenhoover, 2000, "A blimp system to obtain high-resolution, low-altitude aerial photography and videography," *Wildlife Society Bulletin*, vol. 28, no. 4, pp. 958-962.
- [5] M. Nagai, R. Shibasaki, D. Manandgar and H. Zhao, 2004, "Development of digital surface model and feature extraction by integrating laser scanner and CCD sensor with IMU," *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information*

Sciences, vol. XXX-A,B1-B8, Istanbul, Turkey.

- [6] T. Yoo, S. Hong, H. Yoon and S. Park, 2011, "Gain-Scheduled Complementary Filter Design for a MEMS Based Attitude and Heading Reference System," *Sensors*, vol. 11, pp. 3816-3830.
- [7] G. Zhou and J. Wu, 2006, "Unmanned aerial vehicle(UAV) data flow processing for natural disaster response," *ASPRS 2006 Annual Conference*, Reno, Nevada.
- [8] 김성삼, 박장환, 심재현, 유환희, 2006, "무인 헬기를 이용한 자연재해정보 취득," 2006 GIS / RS 공동춘계학술대회 논문집, pp. 235-240.
- [9] 김성삼, 2007, "무인헬기 기반 영상정보취득체계에 의한 홍수재해 분석," 박사학위논문, 경상대학교.
- [10] 김송이, 최재영, 최옥현, 2011, "무인항공기의 멀티센서 데이터 제어 및 수신 시스템 개발," 한국군사과학기술학회, pp. 621-624.
- [11] 김태훈, 김계현, 심재현, 최우정, 2008, "웹GIS를 이용한 실시간 자연재해 피해정보 관리시스템 개발에 관한 연구," 한국공간정보시스템학회 논문지, 제10권, 제4호, pp.103-107.
- [12] 김태훈, 김계현, 남기범, 심재현, 최우정, 조명홍, 2010, "고해상도 공간영상을 이용한 자연재해 피해조사시스템 설계 및 구현," 한국공간정보시스템학회 논문지, 제12권, 제1호, pp. 57-65.
- [13] 유환희, 박장환, 심재현, 김성삼, 2006, "저고도촬영시스템을 이용한 영상지도 제작," 한국지형공간정보학회지, 제14권, 제1호, pp. 37-47.
- [14] 장호식, 2008, "무선조정 헬리콥터 사진측량시스템을 이용한 수치표고모형 작성," 한국측량학회지, 제26권, 제2호, pp. 111-116.
- [15] 정성혁, 임형민, 이재기, 2010, "무인항공 사진측량을 이용한 3D 공간정보 취득," 한국측량학회지, 제28권, 제1호, pp. 161-168.
- [16] 최경아, 이임평, 2009, "결합 조정에 기반한 연속 항공삼각측량 알고리즘," 한국측량학회지, 제27권, 제6호, pp. 669-678.



최 경 아

2006년 서울시립대학교 공간정보공학  
학사  
2008년 서울시립대학교 공간정보공학  
석사  
2009년~현재 서울시립대학교 공간정  
보공학 박사과정

관심분야 사진측량 및 컴퓨터비전 - 센서융합, 긴급매  
핑, 변화탐지, 시스템캘리브레이션 등



이 지 훈

2010년 서울시립대학교 공간정보공학  
학사  
2010년~현재 서울시립대학교 공간정  
보공학 석사과정

관심분야 사진측량 및 컴퓨터비전 -  
센서융합, 긴급매핑, 시스템캘리브레이션 등



이 임 평

1991년 KAIST 전기 및 전자공학 학사  
1992년 University College London  
우주선공학 및 위성통신 석사  
2002년 The Ohio State University  
측지과학 및 측량 박사

2003년~현재 서울시립대학교 공간정보공학과 부교수  
관심분야 사진측량 및 컴퓨터비전 - 센서융합, 긴급매  
핑, 라이다, 3D모델링, 무인시스템 등