

효율적인 자연재해 피해조사를 위한 실시간 공중자료획득시스템의 활용성 평가

Utilization of Real-time Aerial Monitoring System for Effective Damage Investigation of Natural Hazard

정갑용¹⁾ · 윤희천²⁾

Jung, Kap Yong · Yun, Hee Cheon

Abstract

Recently, development of IT technology and enhancement of spatial information technology increases the necessity about effective technology of damage investigation in the area of disaster prevention. Quick damage investigation is necessary to deal with the natural hazard and plan the recovery. To do this, UAV is the useful mean for quick damage investigation. In this study, it was evaluated based on UAV that utilization of real-time aerial monitoring system for effective damage investigation of natural hazard. Accuracy analysis was implemented to evaluate the application of this system. And utilization of damage investigation was evaluated based on the domestic regulations that is applied the system according to the type of hazard. As a result, damage investigation was possible about house, farmland, agriculture and forestry facilities and public facilities. Henceforth, it will be effectively possible to inspect damage for natural disaster and to establish restoration plan through utilization of acceptable image data by Real-time Aerial Monitoring System in real various natural disaster.

Keywords : Natural Hazard, UAV, Real-time Aerial Monitoring System, Damage Investigation

초 록

최근 IT기술의 발달과 공간정보기술의 고도화는 방재분야에 있어서 효과적인 피해조사 기술 개발의 필요성을 증대시키고 있다. 자연재해에 효과적으로 대응하고, 복구계획을 수립하기 위해서는 신속한 피해조사가 필요하며, 이러한 점에서 UAV는 신속한 피해조사를 위한 유용한 수단이 될 수 있다. 본 연구에서는 효율적인 자연재해 피해조사를 위한 UAV 기반 실시간 공중자료획득시스템의 활용성을 평가하고자 하였다. 시스템의 적용성 평가를 위해 정확도 분석을 수행하였으며, 국내 규정을 바탕으로 재난 유형을 구분하여 재해 유형별로 시스템을 적용한 피해조사의 활용성을 평가하였다. 연구 결과, 주택피해, 농경지 및 농림시설 피해, 공공시설 피해 등의 피해조사가 가능하였다. 향후 다양한 자연재해 현장을 대상으로 실시간공중자료획득시스템을 통해 취득된 영상자료를 활용함으로써 효율적인 자연재해 피해조사 및 복구계획 수립이 가능할 것이다.

핵심어 : 자연재해, UAV, 실시간공중자료획득시스템, 피해조사

1. 서 론

최근의 자연재해는 돌발적이고 대형화되고 있으며, 생
활수준 향상으로 재해로 인한 피해규모 역시 증가하고 있
다. 이러한 자연재해에 대처하고, 대비책을 수립하기 위

해서는 신속한 관측을 통한 피해정보 취득이 필요하다.
기존의 위성영상을 활용하는 방법은 일정주기로 넓은 지
역을 관측하여 시계열적인 대상지역 모니터링이 가능하
지만 활용시점 선택에는 제한이 있으며, 기존의 항공사진
측량도 최소 비행고도의 확보와 비행계획의 수립 등 재해

1) 정희원 · 충남대학교 대학원 토목공학과 박사과정(E-mail:jungjusa@hanmail.net)

2) 교신저자 · 충남대학교 공과대학 토목공학과 부교수(E-mail:hcyoon@cnu.ac.kr)

지역에 대한 신속한 관측에 어려움이 있다. 반면, UAV(Unmanned Aerial Vehicle)는 재난 발생 시 신속하게 재난지역에 접근하여 다양한 영상정보를 취득할 수 있어 재해 피해조사에 매우 효과적으로 활용될 수 있다.

UAV는 RPV(Remotely Piloted Vehicle) 또는 UAS(Unmanned Aircraft System)로 알려져 있으며, 조종사가 비행체 내부가 아닌 외부에서 조종하는 비행체를 말한다. UAV는 UAVS(UAV System)로 그 개념이 확장되기도 하며, 이는 자동항법 시스템이 탑재된 비행체와 비행체를 원격으로 통제할 수 있는 지상통제장비를 연결해 주는 데이터 통신 시스템, 그리고 지상 지원장비들을 통합적으로 지칭하는 것으로서 넓은 의미에서는 이를 운용하는 운용자까지도 포함된다. 최근에는 실시간 피해조사가 가능한 UAV를 이용한 연구가 활발하게 진행되고 있다(김중배, 2011).

국내의 경우, 저고도 UAV에 항공촬영시스템을 탑재하여 자연재해 피해 영상자료를 취득하고, 영상지도를 제작하여 재해지역의 피해정도를 추정함으로써 재해분야에서 UAV의 활용성을 평가한 연구가 수행되었다(김성삼 등, 2006). 긴급한 재난 상황과 이와 유사한 여러 상황에 신속하고 유연하게 운용될 수 있는 무인항공기 기반의 실시간 공중 모니터링 체계에 적용할 멀티 센서 시스템의 설계 방안을 제시한 연구가 수행되었다(홍주석 등, 2008). UAV를 활용하여 도로 절개지 붕괴사면의 지형을 추출하였으며(장호식, 2010), 피해지역을 신속하고 경제적으로 관측할 수 있는 저고도 UAV시스템을 개발하여 영상자료를 취득하고, 기하보정과 영상모자이크 기법을 적용하여 영상지도를 제작하는 방안을 제시한 연구도 수행되었다(최경아 등, 2011).

국외의 경우, 산림지역에서 UAV에 설치한 대축척 비디오의 신속 표정방법에 대한 연구가 수행되었으며(Zhou 등, 2005), 재해지역에서 수색 및 구조 활동을 향상시키기 위해 모니터링 시스템 과 객체 탐지 기술 기반의 UAV를 개발하는 연구가 수행되었다(Ahmed 등, 2008). 저가용 IMU, GPS와 함께 CCD 카메라, 소형 레이저스캐너를 조합하여 UAV Borne 3D 지도제작시스템을 제작하고 번들블록조정과 칼만필터의 조합을 통해 direct geo-referencing의 새로운 방법을 제시하는 연구가 수행되었다(Nagai 등, 2008). 본 연구에서는 실시간 공중자료획득시스템을 적용한 자연재해 피해조사의 활용성을 평가하기 위해 시스템의 정확도를 분석하고, 국내 규정을 바탕으로 재난 유형을 구분하여 재해 유형별로 UAV를 적용한 피해조사의 활용성을 평가한다.

2. 실시간 공중자료획득시스템

2.1 시스템 구성

실시간 공중자료획득시스템(Real-time Aerial Monitoring System)은 센서 데이터를 획득하고 지상부으로 데이터를 전송하는 항공부문과 전송받은 데이터를 이용하여 공간정보를 생성하는 지상부으로 구성되어 있다. 획득된 데이터는 실시간으로 지상부으로 전송되며, 데이터 또한 실시간 geo-referencing 과정을 통해 정사영상과 DEM을 생성한다. 그림 1에 시스템의 구성을 나타내었다.

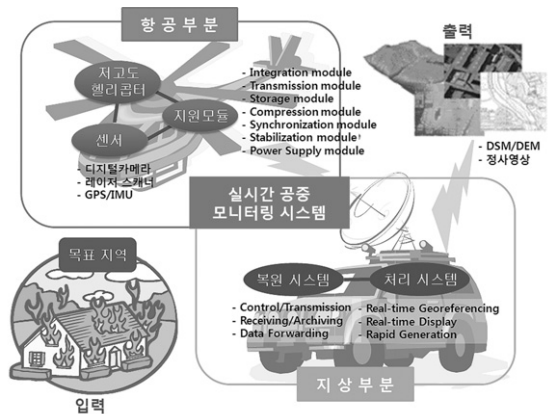


그림 1. 시스템 구성

2.1.1 항공부문

항공부문은 센서와 지원 모듈 부분으로 구성되어 있다. 센서부분은 멀티 센서 데이터를 획득하며, 디지털카메라, 레이저 스캐너, GPS, IMU로 구성되어 있다. 각 구성품에 대한 특성은 표 1과 같다.

표 1. 항공부문의 구성

구 성	모 델	특 성
디지털 카메라	[Illunis] XMV-16M	중량: 0.47kg, Frame rate : 3 fps 유효픽셀: 4872 x 3248
레이저 스캐너	[Riegl] LMS -Q240i	중량: 7kg, 수직시야각: ±40°, 스캔속도: 6~80sps
GPS	[Novatel] OEMV-3	중량: 0.075kg, 위치정확도: 1.8m data rate: 20Hz
IMU	[Honeywell] HG1700	중량: 3.4kg, 속도정확도: 0.02m/sec data rate: 100Hz

센서 지원 모듈 부분은 온보드 컴퓨터와 전원공급모듈, RF 시스템으로 구성된다. 온보드 컴퓨터는 모든 센서들을 제어하고, 데이터를 저장하며, 센서 데이터의 시간을 동기화하는 기능을 한다. 전원공급모듈은 전체 센서와 지원 모듈들의 전원을 공급하며, RF 시스템은 공중에서 획득된 센서 데이터를 실시간으로 지상에 보내주는 역할을 한다. 그림 2에 센서 지원 모듈을 나타낸다.

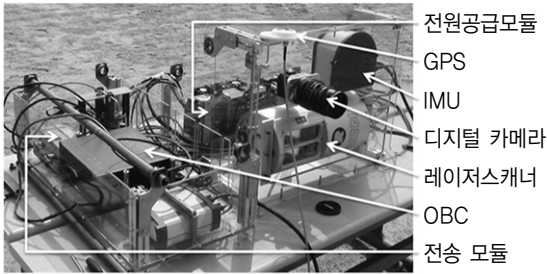


그림 2. 센서 지원 모듈

2.1.2 지상부분

지상부분은 안테나 트래킹 시스템, 센서데이터 수신/저장 시스템, 데이터 geo-referencing 시스템, 센서데이터 처리시스템, 가시화 시스템으로 구성되어 있다. 안테나 트래킹 시스템은 항공부분과 지상부분의 원활한 무선 통신 환경을 유지하기 위해 안테나가 항상 항공시스템을 향하도록 하는 역할을 수행한다. 센서데이터 수신/저장 시스템은 항공부분에서 지상으로 전송한 센서 데이터를 수신하고 저장하는 역할을 수행한다. 데이터 geo-referencing 시

표 2. 실시간 공중자료획득시스템 지상부분

구 성	기 능
안테나 트래킹 시스템	항공부분과 지상부분의 원활한 무선 통신 환경을 유지하기 위해 안테나가 항상 항공 시스템을 향하도록 하는 역할 수행
센서데이터 수신/저장 시스템	항공부분에서 전송한 센서 데이터를 수신/저장
데이터 geo-referencing 시스템	획득된 센서데이터의 영상 데이터에 대한 EO를 결정하고 레이저스캐너데이터의 geo-referencing 수행
센서데이터 처리 시스템	획득된 데이터와 geo-referencing 된 데이터를 이용하여 geo-referenced 영상과 정사영상, DEM 생성
가시화시스템	생성된 정사영상과 DEM을 모니터링 화면에 가시화

스템은 획득된 센서데이터의 영상 데이터에 대한 EO를 결정하고 레이저스캐너데이터의 geo-referencing을 수행한다. 센서데이터 처리 시스템은 획득된 데이터와 geo-referencing 된 데이터를 이용하여 geo-referenced 영상과 정사영상, DEM을 생성한다. 가시화시스템은 생성된 정사영상과 DEM을 모니터링 화면에 가시화하게 된다. 표 2에 지상부분의 내용을 정리하였으며, 그림 3은 지상부분을 나타낸다.



그림 3. 지상부분

2.2 시스템 시험 및 분석

2.2.1 데이터 획득

실시간 공중자료획득시스템 시험을 위해 서울특별시 우면산 부근의 폭우 및 홍수 피해지역을 대상으로 데이터를 획득하였다. 비행고도 100m, 비행속도 60km/h로 영상 및 레이저스캐너 데이터를 획득하였다. 표 3은 데이터 획득 내용을 나타낸다.

표 3. 데이터 획득

구 성	내 용
대상면적	약 400,000m ² (500m x 800m)
비행고도	100m
비행속도	60km/h
영상데이터	1Hz
레이저스캐너	10,000Hz
GPS/IMU 데이터	100Hz

획득한 데이터과 동시에 지상국으로 데이터를 전송하고, geo-rereferencing 시스템을 통해 영상에 대한 EO와 geo-referenced 레이저스캐너 데이터를 생성하였다.

2.2.2 시험 적용 결과 분석

폭우와 폭우로 인한 홍수 및 산사태 등의 자연재해는 발생을 예측하기 어렵고 발생 후에는 2차 피해의 위험성 때문에 접근성이 매우 떨어진다. 이러한 재해 발생 시 인명피해를 최소화하기 위해서는 피해지역의 진행 상황을 모니터링 할 수 있어야 한다. 따라서 개발된 실시간 공중자료획득시스템을 이용하여 공간정보데이터 획득 및 정사영상 제작 가능성에 대한 조사와 분석이 필요하다. 본 연구에서는 시험 적용 결과를 처리시간 및 정확도로 구분하여 실시간공중자료획득시스템을 분석하였다.

① 처리시간

처리시간은 사전 준비, 시스템 준비 및 시스템 운영시간으로 구분하여 소요시간을 계산하였다. 사전준비는 촬영지역 조사 및 촬영 계획, 시스템 준비는 이륙 및 착륙지점 답사, 시스템 준비 및 점검, 시스템 운영은 데이터 획득 및 공간정보 생성으로 구분하였다. 표 4는 처리시간을 나타낸다.

표 4. 처리시간

구 분	세 부	소요시간
사전 준비	촬영지역 조사	1.0 시간
	촬영 계획	1.0 시간
시스템 준비	이륙 및 착륙지점 답사	0.5 시간
	항공 및 지상의 시스템 준비	1.0 시간
	시스템 점검	1.0 시간
시스템 운영	데이터 획득	2.0 시간
	데이터 geo-referencing	
	공간정보 생성	2.0 시간
합 계		8.5 시간

표 4와 같이 시스템을 적용하여 최종적으로 공간정보를 생성하기까지 약 8.5시간이 소요되었다. 그러나 시험 전 비행허가 및 촬영허가를 위해 약 3일 정도의 시간이 소요되어 피해 발생 직후 실시간으로 데이터를 획득하는 데에는 어려움이 있다. 따라서 실시간 피해조사를 위해서는 비행허가 및 촬영허가와 관련하여 관계기관간의 사전협조체계 구축이 필요하다.

② 정확도

시스템의 정확도 평가를 위해 시스템을 통해 생성된 정

사영상을 수치지형도와 비교하였다. 수치지형도 상의 건물 모서리 10개를 검사점으로 선택하여 좌표성과의 편차를 비교하였다. 표 5에 검사점과 정사영상의 편차를 나타내었다.

표 5. 검사점과 정사영상의 편차

검사점	X축 편차(m)	X축 편차(m)
1	-1.305	-0.466
2	-0.775	-0.226
3	-0.635	-0.406
4	-0.625	-0.256
5	-0.915	-0.516
6	-0.975	-0.796
7	-0.085	-0.006
8	-0.655	-1.316
9	0.360	-0.571
10	0.445	-0.311
평균	-0.516	-0.487
RMSE	0.792	0.628

실시간 공중자료획득시스템을 통해 지상해상도 3cm의 고해상도 정사영상이 획득 가능하였으며, 생성된 정사영상에서 검사점들에 대한 좌표 측정 결과 약 50cm의 편차가 나타났다. 축척 1:5,000 수치지형도의 평면오차 허용범위가 2m임을 감안하면 실시간 공중자료획득시스템으로 취득된 정사영상은 피해조사에 충분히 활용이 가능하다.

향후 효율적인 재해담지 및 피해조사를 위해서는 관계 기관간의 사전협조체계 구축이 필요하며, 다양한 기상환경 및 지형 적용성 평가가 이루어져야 할 것이다.

3. 실시간 공중자료획득시스템 활용성 평가

3.1 재난의 유형

재해관련 특히, 자연재해 피해조사에 대한 실시간 공중자료획득시스템의 활용성을 평가하기 위해 “자연재난 조사 및 복구계획수립 지침”을 바탕으로 재난 유형을 구분하고, 항목별 연구사례를 조사하였다. 표 6은 재난의 유형별 피해조사 요령을 나타낸다.

표 6. 재난의 유형별 피해조사 방법

재난 유형		피해조사요령
주택 피해	주택 파손 및 유실	· 직접 주거용으로 사용중이던 주택에 대하여 유실·전파·반파로 구분하여 조사하되, 부속건물과 빈집은 대상에서 제외하고, 동일 부지내에 1인 소유의 건물이 2동이상 있을 경우에는 주건물 1동만 피해로 함 · 피해구분 : 전·반파 구분은 피해면적을 및 용적률 개념이 아닌 개축 또는 수리여부로 판단
	주택 침수	· 주택 및 주거를 겸한 건축물(영세점포, 영세가내 공장 등)의 주거용 방의 방바닥 이상이 침수되어 수리하지 아니하고는 사용할 수 없는 침수피해자를 세대별로 조사 · 전·월세입주자도 포함(주민등록상에는 없으나 사실상 거주하고 있을 시는 대상에 포함) · 1인 소유의 부지내 건물이 2동이상 있을 때는 1동만 지원 · 아파트 관리동 지하 변전실과 기관실 등은 제외 · 1가구 2주택이상 소유자는 지원대상 제외
	세입자 보조	· 주택이 유실·전파 또는 세입자의 방이 파손되어 이사를 하지 않으면 안 될 경우 월세 또는 전세입주자를 대상으로 조사 · 복구비 지원액 예시 · 현재거주하고 있는 집의 보증금 또는 6월간 임대료를 기준함 · 세입자가 사택, 빈집 또는 시가(嫗家)등으로 이사하여 실제 계약금이 들지 않는 자는 제외
	마을기 반 조성	· 10동 이상의 주택을 집단 이주시키는 경우 대상지구를 조사
농경지 피해	농경지 피해	· 하천의 계획홍수위 보다 제내지의 지반고가 낮은 저지대 주거지역 중에서 배수펌프장 등의 강제배제시설이 설치되지 않은 지역 · 배수펌프장, 우수관거의 내수배제용량이 현재 시설기준에서 정하는 기준에 미달하는 지역
	비닐 하우스 피해	· 영농목적이 아닌 시설 및 장기간 영농을 하지 않는 시설은 조사대상에서 제외 · 단순 비닐파열은 피해조사에서 제외 · 피해면적은 전파·반파 구분 조사 하고, 시설별, 종류별, 소유자별로 조사하되 『원예특작시설 내재해기준 지정고시』되지 않은 시설은 조사대상에서 제외 · 피해액=피해면적×피해단가
농림 시설 피해	인삼 재배 시설 피해	· 유실·매몰·전파·반파로 구분하고 실제 피해면적을 조사 · 표준설계규격에 맞지않는 시설은 조사대상에서 제외 · 시설형태별의 A형, B형으로 구분조사 · 피해정도 구분기준 · 인삼재배 농가에 대한 조사는 동 예규를 참조하여 조사하되, 인삼의 생육기간별(묘삼~6년차)로 침수 기간(2시간~1.5일)에 따라 피해를 (10%~100%)을 산정함

재난 유형		피해조사요령
농림 시설 피해	버섯재배 사 피해	· 시설의 종류별로 전파·반파 구분 조사
	과수 재배 시설 피해	· 시설의 종류별로 전파·반파 구분 준영구시설에 대해서는 조사
	농산물 저장시설 및 농기계 창고 피해	· 건축물관리대장을 확인하고 허가·신고유무 확인 및 건축물관리대장상 용도와 사실상 사용용도 일치 여부 확인 · 재난으로 인한 시설에 대하여 유실·매몰, 전파, 반파로 구분조사 · 피해액 : 피해면적(㎡)×피해단가
	농산물 건조 시설 피해	· 건축물관리대장을 확인하고 허가·신고 유무 확인 및 건축물관리 대장상 용도와 사실상 사용 용도 일치여부 확인 · 재난으로 인한 시설에 대하여 유실·매몰, 전파·반파로 구분조사 · 피해액 : 피해물량(톤)×피해단가
	표고 자목 및 표고 버섯 재배 시설 피해	· 종균 및 표고자목용 원목 구입내역 등을 확인하고, 시·군·구 및 산림조합의 표고재배 자금지원실적을 고려하여 피해물량을 조사 · 표준설계규격에 맞지 않는 시설은 제외하는 등 비닐하우스 조사요령에 준하여 조사(산림청 소독52430-132호, 2001.3.12참조)
농작물 피해	· 농경지의 유실·매몰 및 침수 등으로 인한 농작물 피해면적만 조사하고 피해액은 산정하지 않음 · 피해조사시 가족 및 고등학생 현황을 병행하여 조사 · 농작물은 피해특성상 피해조사가 장기간 소요되므로 피해 발생시 우선 잠정 보고하고, 중앙합동조사단의 피해확정 전까지 조사 완료하되 부득이하게 누락사항이 있을 때는 중앙재난안전대책본부 복구계획수립전까지 보고	
축산 물 증식 시설 피해	축사 파손 및 유실	· 건축물관리대장을 확인하고 허가·신고 유무확인 · 재난으로 인한 축사에 대하여 축사전체 설치면적을 기준하는 것이 아니고 피해면적을 기준으로 유실·매몰·전파·반파 등으로 구분조사 · 축사의 종류 및 규모별로 구분 조사
	축사 부대 시설 피해	· 축종별 분뇨처리시설 종류별, 규모별로 조사 · 재난으로 인한 축사부대시설에 대하여 유실·매몰·전파·반파 등으로 구분조사 · 기타사항은 축사피해 조사요령 준용
	초지 유실	· 재난으로 인한 초지의 유실·매몰 피해 · 현지 조사를 통하여 초지 조성 허가대장 및 초지관리대장과의 일치여부 확인 · 조성방법(경운초지, 불경운초지)별로 조사 · 피해액 산정
	잠실 파손 및 유실	· 재난으로 인하여 유실·매몰·전파·반파된 잠실로써 반파는 건물평수와 파손비율에 따라 산출 · 재난으로 인한 잠사에 대하여 유실·매몰·전파·반파 등으로 구분조사
	누에유 실 및 폐사	· 재난으로 인하여 잠실이 파손·유실되어 누에가 유실 또는 폐사된 경우 조사 · 누에씨 공급(배부)대장을 참조하여 피해농가, 공급시기, 공급량 등 확인 후 피해량 산정

재난 유형		피해조사요령
수산물 중·양 식시설 파손 및 유실	수산물 중·양 식시설 피해	<ul style="list-style-type: none"> · 피해현장을 직접 답사, 전수 조사하고 시설물 유실로 현장확인이 불가할 경우 수협, 조합, 어촌계, 내수면 관련협회, 어업권자를 방문, 피해사실 여부 확인 및 주변 탐문조사 실시 · 반드시 어업허가· 면허· 신고대장을 확인(종류, 기간, 어장위치, 면적 등) 하고 유실된 모든 시설은 시장·군수, 구청장의 확인서 첨부 · 중·양식 시설별 어업권자와 피해어민의 일치 여부 확인 · 어업면허의 관리 등에 관한 규칙과 어업허가 및 신고 등에 관한 규정에 따른 시설기준 등을 참조하여 자세히 조사하되, 무면허·무허가(신고) 및 양식어업별 시설기준을 초과 또는 관련 시설이 비치되지 않은 양식시설은 조사대상에서 제외 · 어장의 행사자 수와 개인별 행사면적 확인 · 피해액 산정
		<ul style="list-style-type: none"> · 피해현장을 직접 답사, 전수 조사를 원칙으로 함. 다만, 해상사정 등으로 현장 확인이 어려운 경우에는 탐문조사를 실시하고 사후 확인하여야 하며, 시설물 유실로 확인이 어려운 경우에는 수협, 어촌계, 어업권자를 방문 피해사실 여부 확인 및 주변 탐문조사 실시 · 반드시 어업면허, 시설의 허가·신고여부 등을 확인하고 유실된 시설은 시장·군수·구청장의 확인서 첨부 · 어업권자와 부대시설피해 어업인과의 일치여부 확인 · 피해액 산정
수산물 중·양 식시설 피해	수산물 중·양 식시설 피해	<ul style="list-style-type: none"> · 피해조사는 현지답사후 시설별로 조사하고 개소별로 피해액을 산정 · 항구복구계획과 상관없이 순수한 피해부분에 대해서만 피해물량 및 피해금액 산정 · 하천내 하상퇴적으로 통수단면이 감소한 경우 퇴적도량을 계상 · 세부공종별로 산출기초를 작성하여 재해대장에 기재 또는 별지로 첨부 · 「국고지원에서 제외되는 재난복구비용 등」에서 정한 피해시설은 조사대상에서 제외 · 시설물 노후 및 관리소홀로 인한 재난지구는 대상에서 제외시킬 것 · 도로대장, 하천기성제 대장 및 각종 시설물관리대장 등을 참조하여 관리등급 등을 조사하고 피해확인이 애매모호한 시설은 시설물 관리대장을 재해대장에 첨부 · 피해현장을 가능한 자세히 촬영하여 향후기록 보존을 할 수 있도록 하고 하천제방 피해등 피해현장이 긴 지구는 가능한 연속사진 촬영 · 공사하자기간내 시설물은 부실시공으로 인한 하자여부를 엄밀히 검토한 후 결정 · 피해현지 조사 양식은 붙임을 참조하여 사전에 별도 작성 비치 · 피해액 산정
		<ul style="list-style-type: none"> · 수리시설대상 : 저수지, 용·배수로, 방조제, 취입보, 양·배수장 등 수리시설물 관리대장에 있는 시설에 한하여 조사 · 관리청별 구분조사(국가, 지방) · 농업용이 아닌 취입보, 도시배수펌프장, 하천 배수문은 제외 · 사설방조제는 조사대상에서 제외 · 피해액은 세부공종별 피해물량을 산정하여 공종별 기준단가를 적용산정
수산물 중·양 식시설 피해	수산물 중·양 식시설 피해	<ul style="list-style-type: none"> · 피해현장을 직접 답사, 전수 조사를 원칙으로 함. 다만, 해상사정 등으로 현장 확인이 어려운 경우에는 탐문조사를 실시하고 사후 확인하여야 하며, 시설물 유실로 확인이 어려운 경우에는 수협, 어촌계, 어업권자를 방문 피해사실 여부 확인 및 주변 탐문조사 실시 · 반드시 어업면허, 시설의 허가·신고여부 등을 확인하고 유실된 시설은 시장·군수·구청장의 확인서 첨부 · 어업권자와 부대시설피해 어업인과의 일치여부 확인 · 피해액 산정
		<ul style="list-style-type: none"> · 피해현장을 직접 답사, 전수 조사를 원칙으로 함. 다만, 해상사정 등으로 현장 확인이 어려운 경우에는 탐문조사를 실시하고 사후 확인하여야 하며, 시설물 유실로 확인이 어려운 경우에는 수협, 어촌계, 어업권자를 방문 피해사실 여부 확인 및 주변 탐문조사 실시 · 반드시 어업면허, 시설의 허가·신고여부 등을 확인하고 유실된 시설은 시장·군수·구청장의 확인서 첨부 · 어업권자와 부대시설피해 어업인과의 일치여부 확인 · 피해액 산정

재난 유형		피해조사요령
공공 시설 피해	농림 수산 식품부 소관 시설 중 어항 시설	<ul style="list-style-type: none"> · 어항시설의 방파제 물양장 등 부대시설 대상 · 국가어항·지방어항·어촌정주어항(지정어항) 및 소규모 어항으로 구분 조사 · 시설물점검 이력대장, 어항시설물관리대장, 설계도서 공사대장 등을 참조하여 피해조사 · 방파제, 표지시설, 도선장, 물양장 및 그 부대시설을 공종별로 조사 · 설계조건 및 시설물 시공상 하자여부 등을 조사 · 피해액산정은 세부 공종별로 산정
	국토 해양부 소관 시설 중 도로 시설	<ul style="list-style-type: none"> · 도로법상 인정·공고된 국도 및 도로표지판등 부대시설이 재난으로 파손·유실된 지구를 대상으로 조사 · 단순 균열피해는 제외 · 노후교량은 급회 피해 진위여부 확인 · 피해액 산정
	국토 해양부 소관 시설 중 철도 시설	<ul style="list-style-type: none"> · 철도법에 의하여 설치된 궤도, 도상, 둑, 노반 등과 그 부대시설 · 선로평면도, 공사대장, 교량카드 등을 참조 조사 · 철도공단 관리시설 피해만 선별, 위치, 연장을 측정하고 피해종류별로 수량 산출
	국토 해양부 소관 시설 중 항만 시설	<ul style="list-style-type: none"> · 항만법상 지정항만내 항만시설(기본시설, 기능시설, 지원시설, 항만친수시설 등)이 재난으로 파손·유실된 시설물 대상으로 조사 · 무역항 및 연안항으로 구분 조사 · 항만시설물관리대장, 설계도서 및 공사대장 등을 참조하여 피해조사 · 방파제, 호안, 안벽, 물양장, 표지시설 및 그 부대시설을 공종별로 조사 · 설계조건 및 시설물 시공상 하자여부 등을 조사 · 피해액산정은 세부 공종별로 산정
공공 시설 피해	국토 해양부 소관 시설 중 하천 시설	<ul style="list-style-type: none"> · 하천 기성제조서에 등재된 시설에 한하여 조사 · 국가·지방하천별로 조사 · 제방 축제·호안·수문 등 하천부속물 전체에 대해서 피해상황을 조사 · 국가하천과 접한 하천의 제방은 국가하천으로 함
	국토 해양부 소관 시설 중 기타 시설	<ul style="list-style-type: none"> · 광역상수도는 국토해양부장관이 관리하는 시설을 말하며 환경부소관 상수도와는 구분 · 홍수통제소에서 설치한 수위·우량관측시설 피해액 산정은 설치당시 사업비 기준

3.2 활용성 평가

3.2.1 주택피해

주택피해의 유형에는 주택파손 및 유실, 주택침수, 세입자보조, 마을기반 조성 등이 있다.

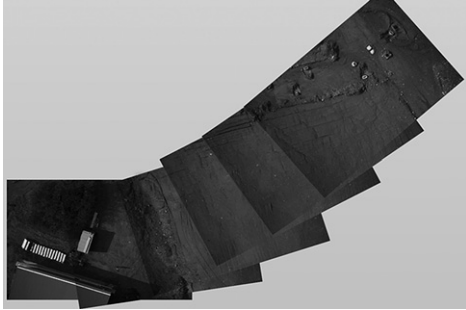


그림 4. 획득한 영상 데이터의 일부

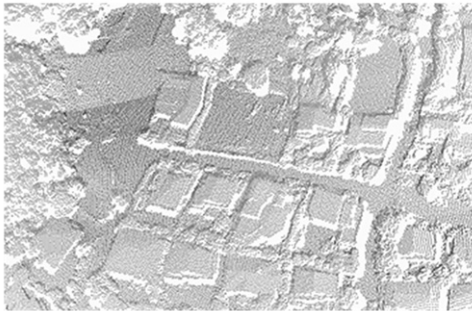


그림 5. 획득한 레이저스캐너 데이터

그림 4는 지난 2011년 7월 25일 저녁의 소나기를 시작으로, 7월 28일까지 내린 집중호우로 인해 발생한 서울특별시 우면산 산사태 피해지역을 대상으로 획득한 영상데이터의 일부이며, 그림 5는 전체 획득 데이터를 대상으로 제작한 정사영상을 나타낸다. 산사태가 발생된 이후, 피해조사를 위해 UAV를 이용하여 피해지역을 촬영하고 정사영상을 제작하였다. 제작한 정사영상을 통한 피해조사를 위해 재해 발생 전을 기준으로 기 제작된 수치지도와 발생 후의 정사영상을 그림 6과 같이 비교하였다. 비교를 통해 주택지였던 부분의 피해상황을 파악할 수 있었다.



그림 6. 주택피해

3.2.2 농경지 및 농림시설 피해

농경지 및 농림시설 피해에는 농경지 피해, 비닐하우스 피해, 인삼재배시설 피해, 버섯재배사 피해, 과수재배시설 피해, 농산물 저장시설 및 농기계 창고 피해, 농산물 건조시설 피해, 표고작물 및 표고버섯 재배시설 피해 등이 있다.



그림 7. 충청대학교 인근 시험 지역

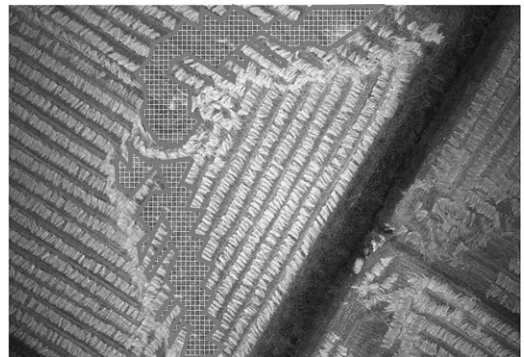


그림 8. 농경지 피해

그림 7은 지난 2011년 10월 21일 UAV 시험을 수행한 시험지역을 나타낸다. 그림 8의 농경지는 추수를 통해 벼가 제거된 부분이며, 이를 실제 지역으로 가정하고 면적을 산출하여 활용성 평가를 수행하였다. 촬영된 영상은 기존의 고해상도 위성영상이나 항공영상보다 고해상도이므로, 이와 같이 면적이 작은 지역에 대한 피해조사도 가능하였다.

3.2.3 공공시설 피해

공공시설 피해에는 일반 공통사항, 농림수산식품부 소관시설 중 수리시설과 어항시설 피해, 국토해양부 소관시설 중 도로시설, 철도시설, 항만시설, 하천시설, 기타시설 피해 등이 있다.



그림 9. 공공시설 피해(하천시설)



그림 10. 공공시설 피해(도로시설)

그림 9는 지난 2011년 10월 21일 UAV 시험을 수행한 시험지역을 대상으로 획득한 영상데이터의 일부이며, 표시 지역은 하천 곡류부에서의 홍수 범람 시 발생될 피해지역을 나타내며, 실제 피해를 받았다는 가정 하에 면적을 산출하여 활용성 평가를 수행하였다. 그림 10은 우면산 산사태의 도로피해 현장을 대상으로 획득한 영상데이터를 나타낸다. 기존에 존재했던 공공시설 도로가 산사태로 인해 일부 유실 되었으며, 획득한 영상을 통해 피해면적 산출이 가능하였다. 표 7은 농경지 및 공공시설 피해면적을 나타낸다.

표 7. 농경지 및 공공시설 피해면적

구 분	피해면적(m ²)	
농경지	536.14	
공공시설	하천시설	380.02
	도로시설	230.30

4. 결 론

본 연구에서는 자연재해 피해조사를 위한 실시간 공중자료획득시스템의 활용성을 평가하고자 한 것으로 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 실시간공중자료획득시스템을 통해 고해상도 정사영상이 획득 가능하였으며, 검사점 측정 결과 편차가 약 50cm로 나타나 축척 1:5,000 수치지형도의 평면오차 허용범위가 2m임을 감안하면 시스템으로 취득된 정사영상은 피해조사에 충분히 활용 가능하다.

둘째, 실시간 공중자료획득시스템을 통해 재난의 유형에 따른 피해조사에 고해상도의 영상 획득이 가능하므로 기존의 방법에 비해 상세하고 정확한 피해조사가 가능하였다.

셋째, 실시간 공중자료획득시스템을 통해 기존의 위성영상이나 항공사진에 비해 고해상도 영상을 취득할 수 있었으며, 주택피해, 농경지 및 농림시설 피해 및 공공시설 피해에 대한 피해면적을 효과적으로 산출하였다.

넷째, 향후 접근이 어려운 자연재해 현장을 대상으로 실시간 공중자료획득시스템을 통해 취득되는 영상자료는 피해면적 산출이 가능하므로 시간적·공간적 측면에서 효율적인 자연재해 피해조사 및 복구계획 수립 등 관련 업무에 활용될 것이다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 첨단도시기술개발사업의 지능형국토 정보기술혁신사업과제(06국토정보B01) 중 “실시간 공중자료획득시스템 개발” 과제의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

- 김성삼, 심재현, 손홍규, 유환희 (2006), 저고도 UAV를 이용한 자연재해 모니터링, 한국공간정보시스템학회 추계학술회의 논문집, 한국공간정보시스템학회, pp. 221-226.
- 김중배, 김민규, 윤희천 (2011), 효율적인 재해탐지용 UAV 운용을 위한 현행 규정 개선방안, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제 29권, 제 5호, pp. 509-517.

- 장호식 (2010), 무인 헬리콥터 사진촬영시스템을 이용한 도로 절개지 붕괴사면 3차원 입체 지형 추출, *한국측량학회지*, 한국측량학회, 제 28권, 제 5호, pp. 485-491.
- 최경아, 이지훈, 이임평 (2011), 저고도 무인 항공기 기반의 근접 실시간 공중 모니터링 시스템 구축, *한국공간정보학회지*, 한국공간정보학회, 제 19권, 제 4호, pp. 21-31.
- 홍주석, 최경아, 이임평, 오탈완 (2008), UAV 기반의 실시간 공중모니터링을 위한 멀티센서 시스템 설계, *한국GIS학회 춘·추계학술대회 논문집*, 한국GIS학회, pp. 322-324.
- Anmed, A., Nagai, M., Tianen, C. and Shibasaki, R. (2008), UAV Based Monitoring System and Object Detection Technique Development for a Disaster Area, *Proceedings of ISPRS*, ISPRS, pp. 373-377.
- Nagai, M., Chen, T., Ahmed, A. and Shibasaki, R. (2008), UAV Borne Mapping by Multi Sensor Integration, *Proceedings of IPSRS*, ISPRS, pp. 1215-1221.
- Zhou, G., Li, C. and Cheng, P. (2005), Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Real-time Video Registration for Forest Fire Monitoring, *Proceedings of Geoscience and Remote Sensing Symposium*, IGARSS, pp. 1803-1806.

(접수일 2012. 08. 08, 심사일 2012. 08. 14, 심사완료일 2012. 08. 23)