

# 고해상도 공간영상을 이용한 자연재해 피해조사시스템 설계 및 구현

(Development of Natural Disaster Damage Investigation System  
using High Resolution Spatial Images)

김 태 훈\*    김 계 현\*\*    남 기 범†    심 재 현\*\*\*  
(Tae Hoon Kim) (Kye Hyun Kim) (Gi Beom Nam) (Jae Hyun Shim)  
최 우 정\*\*\*\*    조 명 흠\*\*\*\*\*  
(Woo Jung Choi) (Myung Hum, Cho)

**요 약** 본 연구에서는 최근 활발하게 보급되고 있는 고해상도 영상과 GIS 기술을 활용하여 광역적 자연재해 피해 조사를 위한 피해조사시스템을 개발하였다. 연구 대상지역은 2008년 7월 집중호우로 인해 큰 피해가 발생한 경상북도 봉화군으로 선정하였으며, 시스템 시범적용을 위해 대상지역 중 가장 피해가 큰 춘양면 약 60km<sup>2</sup>를 중심으로 GIS DB를 구축하였다. GIS DB는 춘양면 일대의 피해 전, 후 항공사진 및 위성영상과 1:5,000 수치지형도, 1:1,300 연속지적도를 편집 가공하였다. 피해조사시스템은 VB.NET 2005와 공간연산을 위해 ArcObject 컴포넌트를 이용하여 개발하였으며, MS-SQL을 사용하여 정보전송 및 동기화를 위한 방안을 마련하였다. 세부 프로세스는 피해 전, 후 항공·위성영상을 비교하여 피해지역을 파악하고, 제반 DB와 중첩분석을 통해 해당 피해항목의 피해규모와 피해추정액을 자동으로 산출되도록 하였다. 고해상도 영상기반의 자연재해 피해조사시스템은 광역적 피해지역에 대하여 객관적이고 정확한 피해정보를 소수의 전문 인력을 통해 신속하게 산출할 수 있으며, 이에 따른 복구예산의 조기편성 및 응급대응책 마련에 효율적이다. 또한 피해정보의 손쉬운 관리와 전산화된 데이터를 통해 피해예방계획 수립에 있어서도 활용 가능할 것이라 생각되며, 궁극적으로 IT 기반의 유비쿼터스 방재시스템 개발에 효율적으로 활용 가능할 것이라 사료된다. 추후 더욱 효율적인 시스템 운영을 위해서 산출된 피해정보의 전자재해대장 연계를 통한 지속적인 방재 DB 구축 방안 마련이 필요하다.

**키워드** : 위성영상, 지리정보시스템, 피해정보, 자연재해, 피해조사, 항공사진

**Abstract** In this study, disaster damage investigation system was developed using high resolution satellite images and GIS technique to afford effective damage investigation system for widely disaster damaged area. Study area was selected in Bonghwa, Gyungsangbukdo where high magnitude of damages from torrential rain has occurred at July in 2008. GIS DB was built using 1:5,000 topographic map, cadastral map, satellite image and aerial photo to apply for investigation algorithm. Disaster damage investigation system was developed using VB.NET languages, ArcObject component and MS-SQL DBMS for effective management of damage informations. The system can finding damaged area comparing pre- and post-disaster images and drawing damaged area according to the damage item unit. Extracted object was saved in Shape file format and overlaid with background GIS DB for obtaining detail information of damaged area. Disaster damage investigation system using high resolution spatial images can extract damage information rapidly and highly reliably for widely disaster areas. This system can be expected to highly contributing to enhance the disaster prevention capabilities in national level field investigation supporting and establishing recovery plan etc. This system can be utilized at the plan of disaster prevention through digital damage information and linked in national disaster information management system. Further studies are needed to better improvement in system and cover for the linkage of damage information with digital disaster registry.

**Keywords** : Satellite images, Geographic Information System, damage information, natural disaster, damage investigation, aerial photos

† 본 연구는 소방방재청 국립방재연구소의 피해조사 자동화 기술 개발 사업과제의 연구비지원에 의해 수행되었음

\* 인하대학교 지리정보공학과 석사과정, daphnis83@inhaian.net, gib2om@inhaian.net

\*\* 인하대학교 지리정보공학과 교수, kyeahun@inha.ac.kr(교신저자)

\*\*\* 국립방재연구소 연구실장, shim1001@nema.go.kr

\*\*\*\* 국립방재연구소 토목연구원, choiwj@nema.go.kr

\*\*\*\*\* 국립방재연구소 연구원, geoisrs@nema.go.kr

## 1. 서론

최근의 자연재해는 지구 온난화 현상으로 인해 돌발적이고 대형화되고 있으며, 생활 규모 향상으로 인한 피해 규모 역시 점차 증가하는 실정이다. 이러한 자연재해피해는 무엇보다 신속하고 정확한 피해조사를 통한 복구예산의 조기편성과 응급대응책 마련이 가장 중요하다[1][2]. 하지만 현재의 피해조사는 지방자치단체 단위로 이루어지고 있으며, 조사를 담당하는 공무원 개개인의 피해조사 방식이 다름에 따라 객관적인 피해추정액 산출이 어려워, 최종 산출된 피해추정액에 대한 신뢰성이 높지 않은 실정이다. 또한 동시 다발적으로 발생하는 국지성 피해는 점차 광역화 된 피해를 유발하며, 이는 한정된 피해조사 인력이 전수조사에 걸리는 시간의 한계성에 따라 더욱 정확한 피해조사가 어렵게 한다. 최근 IT 기술의 발달과 과학기술의 고도화는 방재분야에 있어서 효율적이고 선진화된 피해조사 기술개발의 필요성을 더욱 증대시켰다. 원격탐사 기술은 과학기술의 발달과 더불어 더욱 고해상도의 영상 취득을 가능케 하고 있으며, 사회 여러 분야에서 활용 범위를 넓혀가고 있다. 특히 광역적 피해지역에 대해 이를 활용하는 연구가 국내외에서 활발하게 이루어지고 있다[3]. 미국과 유럽 등은 고해상도 영상을 이용하여 산불, 쓰나미, 허리케인 피해지역을 분석하는 연구를 진행하고 있으며, 우리나라도 이를 위해 고해상도 영상 확보를 위한 기술개발이 진행되고 있다. 그 일환으로 KOMPSAT-1, 2호가 발사되어 운영 중이며, 2010년과 2011년도에 각각 SAR 영상과 70cm급 해상도 영상 촬영이 가능한 KOMPSAT-5, 3호가 각각 발사될 예정이다. 자연재해 피해 조사를 위한 원격탐사 영상 활용은 전자광학센서 영상에 국한된 것이 아니라 SAR, LiDAR 영상 등 다양한 영상이 활용되고 있다. 하지만 대부분의 국내외 연구는 피해지역 식별 및 면적 산출에 있어 수동적인 방법을 지양하고 있으며, 구체적으로 활용하기 위한 실용화 방안에 대한 연구가 부족한 실정이다.

원격 탐사 기술과 더불어 위치정보기반의 다양한 관련 정보를 가공하는 GIS 기법은 광역적 지역에 대해 도시계획, 환경보전과 같은 분야에 널리 활용되고 있다. 정확한 위치정보와 함께 제반 피해정보의 확보가 필요한 방재분야에서도 이러한 GIS 기반의 활용시스템의 구축이 필수적이다[4].

따라서 본 연구에서는 최근 활발히 보급되는 고해상도 항공·위성영상과 GIS 기법을 기반으로 광역적 자연재난 피해 지역에 대해 효율적이고 신속한 피해조사가 가능한 피해조사시스템 설계 및 개발에 관한 연구를 수행하였다.

## 2. 연구개요

### 2.1 국내외 사례분석

최근 항공사진, 위성영상 등 범용적인 원격탐사 자료뿐만 아니라 SAR, LiDAR 자료를 이용한 자연재난재해 피해정보 추출 및 분석에 관한 연구가 활발하게 이루어지

고 있다. 송영선 외 2인은 LiDAR 자료와 SPOT-4 영상을 활용하여 산불 피해지역을 추출하고 정확한 임분체적을 결정된 뒤 산림피해액을 계산하는 연구를 수행하였다[5]. 또한 손흥규 외 2인은 SAR 영상을 이용하여 홍수피해지역을 추출하고 Geoprocessing 기능을 통한 침수된 지역의 토지이용별 면적을 산정하였다. 또한 수치고도모델(Digital Elevation Model)로 생성된 경사도 자료를 통한 수계영역을 정의하였다[6].

Kojima 외 2인은 IKONOS, Quick Bird 등 고해상도 위성영상을 통한 피해지역탐지에 관한 연구를 수행하였고, 이와 동시에 NOAA/AVHRR 위성을 통해 얻은 데이터를 통해 계절변화에 따른 피해지역 추출에 미치는 영향에 관한 연구를 수행하였다[7]. BRIVIO 외 3인은 ERS-1 및 SAR 위성영상과 GIS 데이터를 활용한 수해지역 추출 및 매핑에 관한 연구를 수행하였다[8].

위와 같이 기존 연구에서는 위성영상을 이용하여 정성적인 피해지역 분류가 아닌 피해추정액 분석 및 피해면적을 정의하는 정량적인 피해정보 추출기법에 관한 연구이다. 하지만 이는 실제 매년 발생하는 자연재난에 대해서 모든 경우에 적용하기는 어려운 실정이다.

본 연구에서는 GIS 데이터와 영상 데이터의 DB 구축 및 관리 모듈 개발, 피해조사 기술의 자동화, 피해정보의 DB화 등에 초점을 맞추어 보다 실용화된 피해조사 시스템을 설계 및 구현하였다. 또한, 기존의 수기로 정리되는 피해 정보를 위치기반 도형정보와 속성정보로 구분하여 구축하여 정성적 분석과 정량적 분석을 모두 가능케 하였다.

### 2.2 연구 대상지역 및 GIS DB 구축

구체적인 시스템 구축 및 시범적용을 위한 대상지역은 2008년 7월 24~25일 갑작스런 집중호우로 인해 큰 피해가 발생한 경상북도 봉화군으로 선정하였다. 봉화군은 경상북도 최북단에 위치하며 산세가 험하고 구릉의 기복이 심한 지역이다. 총 면적은 1,200km<sup>2</sup>로써 이 중 대부분은 임야(82.73%)로 이루어져있으며, 기타 전, 답, 과수 등이 골고루 분포되어 있다. 집중호우로 인한 주요 피해항목은 산사태와 농경지, 주택 침수, 소하천 제방 붕괴 등이며, 총 약 460억의 피해액이 집계되었다. 본 연구에서는 전체 피해지역중 특히 피해가 집중되었던 춘양면 일대 약 60km<sup>2</sup>에 대해서 수치지형도와 피해 전, 후 항공·위성영상을 확보하여 GIS DB를 구축하였다.

GIS DB는 크게 지형 DB와 영상 DB로 나뉘어져 구축하였으며, 세부적으로 1:5,000 수치지형도를 통해 행정경계, 건물, 도로, 시설물, 하천, 등고선 레이어를 추출하여 각각 폴리곤화 및 런더링을 통해 지형 데이터베이스를 구축하였으며, 1:1,300 연속지적도를 통해 지번정보를 제공 가능케 하였다(표 1). 피해조사를 위한 고해상도영상은 항공사진과 위성영상으로 각각 나누어 영상 DB로 구축하였다. 항공사진은 2005년 5월에 촬영된 80cm급 피해 전 영상을 확보하였으며 피해 후 영상은 2006년 10월에 촬영한 40cm급 디지털 영상이다. 위성영상은 KOMPSAT

-2호 영상으로 2008년 8월에 촬영된 피해 전 영상과 2008년 10월에 촬영된 피해 후 영상을 확보하였다(표 2).

표 1. 지형 데이터베이스 내역

주제	축척	제작기관	분류
수치지형도	1:5,000	국토지리정보원 2001년	행정경계
			건물
			하천
			도로
			등고선
연속지적도	1:1,300	국토해양부	-

표 2. 영상 데이터베이스 내역

종류	연도	해상도	시기
항공사진	2005년 5월	80cm	피해 전
항공사진	2008년 10월	40cm	피해 후

### 3. 피해조사 방법론

#### 3.1 피해조사 범위

자연재난재해로 인한 피해조사 항목은 ‘2007 자연재난 조사 및 복구계획수립 지침’에 의거하여 사유시설과 공공시설로 분류된다[9]. 사유시설은 주택, 농경지, 축산시설, 해양시설, 기타사유시설로 총 5개 항목으로 나뉘며, 공공시설은 공통조사항목을 포함하고, 도로 및 교량, 도로시설물, 하천제방 등 총 16개 항목으로 분류된다.

시스템분석을 통해 제공되는 피해추정액은 자연재난복구사업 지원을 위한 기준금액이며, 복구지원단가 및 지원기준지수를 이용하여 산출된다. 항공·위성영상을 이용한 피해조사는 먼저 피해정보 추출 방법 및 피해추정액 산출 방법론 정의에 앞서 피해조사 항목에 대한 영상에서의 판독 가능여부에 대해서 선행 연구를 수행하였다. 항공·위성영상은 촬영 시점이 연직 방향이라는 촬영 센서의 특성상 하천제방 및 사방댐 등이 항목은 판독하기 어렵다. 아울러 농경지와 산사태와 같은 자연 및 자연구조물은 대부분 정확히 판독이 가능하나 교량, 도로시설물 등 인공구조물의 경우 복잡하게 이루어져 영상만으로 정확한 피해여부를 판독하기는 어려웠다. 따라서 사유시설

및 공공시설별로 피해정보 추출 가능 항목들에 대해 재정의 하였고, 그 결과는 표 3, 표 4와 같다[10].

#### 3.2 피해정보 추출 방법론

항공·위성영상을 이용한 피해조사시스템 구현을 위해서는 먼저 정의된 피해조사 가능항목에 대한 피해정보 추출 방법을 정의하였다. 피해규모 추출 프로세스 정의에 앞서 피해조사 항목은 세부적으로 916가지이며, 영상의 픽셀 비교를 통해 변화지역을 탐지하는 Change Detection 알고리즘을 통해서 추출하기에는 한계가 존재한다. 따라서 피해조사 및 영상판독분야에 있어 전문가가 피해 전, 후 영상비교를 통해서 피해여부를 직접 판독하고 피해지역을 디지털라이징 하는 방법으로 정의하였다.

각각의 피해조사 항목들은 사물의 형태에 따라 피해규모 조사 단위가 정해져 있으며, 단위에 따른 기준 원가가 명시되어 있다. 사방댐과 배수갑문의 경우는 개소 단위로 피해규모를 산정하고 도로 및 교량 등의 경우에는 m 단위의 피해길이를 측정하며 산사태, 농경지 등은 각각 ha, m<sup>2</sup> 단위로 피해규모를 추출한다. 또한 도공은 m<sup>2</sup>으로 3차원 체적을 단위로 갖는다. 하지만 피해 전, 후 항공 및 위성영상을 이용하여 얻을 수 있는 정보는 X, Y 좌표 기반의 2차원적인 정보이므로 3차원 체적 계산은 어렵다. 3차원 정보 추출을 위해서는 LIDAR 데이터 및 고도자료를 가지는 GIS 자료를 이용하여 추출 가능하다.

피해추정액은 각각의 피해조사 항목의 단위에 추출된 피해규모를 곱하여 산출한다. 피해조사는 각각 피해조사 항목들이 가지는 단위를 기준으로 하여 피해규모와 피해추정액을 산출한다. 산림의 경우 헥타르 단위의 단위를 가지므로 이는 m<sup>2</sup> 단위로 환산하여 계산할 수 있도록 모든 피해규모 추출단위는 m 와 m<sup>2</sup>로 통일하였다.

구체적으로 전체 프로세스는 두 가지로 나누어 설계하였다. 첫 번째는 사용자가 영상비교를 통해 판독된 피해 항목에 대해 화면상에서 피해사물의 길이와 면적을 직접 디지털라이징 하는 방법이다[11][12]. 이는 영상에서 판독한 피해사물에 대해 사용자의 직접적인 작업을 요하며 보다 정밀한 작업이 가능하다. 하지만 영상 해상도에 따라 정확도가 좌우되며, 시간이 다소 소요된다. 두 번째는 영상비교를 통해 전체적인 피해지역의 바운더리를 설정한 후 제반 GIS DB와 중첩을 통해 피해규모를 산출하는 방법이다. 제반 GIS DB에는 수치지형도에 존재하는 공공시

표 3. 사유시설 피해정보 추출 항목 분석 결과

구분	공종별	세부 항목	단 위	항공사진 (0.4m)	위성영상 (1m)	GIS DB 이용
주택	주택파손	전파, 유실	동	○	○	○
		반 파	"	×	×	×
	주택 침수	침수주택 수리비	세대	△	△	△
농경지	농경지	유실	m <sup>2</sup>	○	○	○
		매물	m <sup>2</sup>	○	○	○
	농경지시설	비닐하우스	m <sup>2</sup>	△	△	△

표 4. 공공시설 피해정보 추출 항목 분석 결과

구분	공종별	세부 항목	단 위	항공영상 (0.4m)	위성영상 (1m)	GIS DB 이용
도로	도로	확포장	m	○	○	○
		신설	m	○	○	○
	도로시설물	토공	a (100m <sup>2</sup> )	×	×	△
		포장공	a (100m <sup>2</sup> )	○	○	△
		구조물공	m	×	×	△
		배수물공	m	×	×	△
부대시설	m	×	×	△		
교량	교량시설물	Slab교	m	△	△	○
		P.CBeam교	m	△	△	○
		P.CBox교	m	△	△	○
		Steel Box교	m	△	△	○
상하수도	상하수도시설	상수도시설	m	×	×	○
		하수도시설	m	×	×	○
국립공원	국립공원시설	탐방로	km	△	△	○
하천	하천제방	국가하천	m	△	△	○
		지방하천	m	△	△	○
	하천시설물	토공 및 호안공	m	△	△	○
철도	철도시설	궤도유실	km	○	△	○
		둑 유실	m <sup>2</sup>	△	×	△
		노반침하	m <sup>2</sup>	×	×	△
		각기비탈붕괴	m <sup>2</sup>	×	×	△
		궤도매몰	m <sup>2</sup>	△	△	○
		도상유실	m <sup>2</sup>	×	×	○
		교대 및 교각붕괴	기	×	×	△
산림	산림시설	산사태	ha	○	○	○
		야계사방	km	×	×	○
		사방댐	개소	△	△	○
		임도	km	△	△	○
		수목원시설	m <sup>2</sup>	△	△	○
소규모시설	농어촌도로	토공(추가)	m <sup>2</sup>	×	×	△
		포장공	a	○	○	○
	소교량	상부	m	○	○	○
		하부	m	×	×	△
학교	학교시설	담장	m <sup>2</sup>	○	△	○
농업	농업시설	저수지	m	○	○	○
		용배수로	m <sup>2</sup>	△	×	△
		방조제	m <sup>2</sup>	△	△	△
		구조물공	m	△	△	△
		배수갑문	개소	△	△	○
취입보	m	△	△	○		

설물과 지적도에 존재하는 지목정보가 존재한다. 따라서 공간분석 기법인 중첩을 활용하여 지정된 피해범위 내의 피해사물들의 추출이 가능하다[11]. 이러한 방법은 광역적 피해지역에 대해 신속한 피해정보 추출이 가능하지만 정확한 피해규격에 대한 정보를 저장하기 어려워 다소 부정확한 결과 값을 가질 가능성이 크다.

### 3.3 시스템 구성도

공간영상기반 피해조사시스템은 크게 GIS 및 영상 DB 부분, 피해조사시스템 프로세스, 피해정보 DB 부분으로 구성하였다(그림 1). GIS DB는 피해조사의 기본이 되는

해당지역의 행정경계, 수계 도로 등 제한 주제도와 지적도, 공공시설물 DB 등으로 구성하였으며 영상 DB는 피해 전, 후 영상을 저장하고 관리할 수 있도록 하였다. 피해조사시스템 내부에는 GIS DB와 영상 DB에 존재하는 자료를 처리하여 메인 화면상에 표출하는 프로세스를 갖는다. 도형 처리 프로세스는 세부 GIS 데이터 항목에 따라 표출을 위한 색깔, 형태 등을 처리한다. 처리된 도형 데이터는 MXD 파일 편집 프로세스를 통해 재구성되며 레이어 등급이 결정된다. 영상 관리 모듈은 영상을 메인 화면에 불러오며 피해 전, 후 영상의 좌표계 통일 및 GIS 데이터와 레이어 등급을 결정하는 프로세스이다. 또

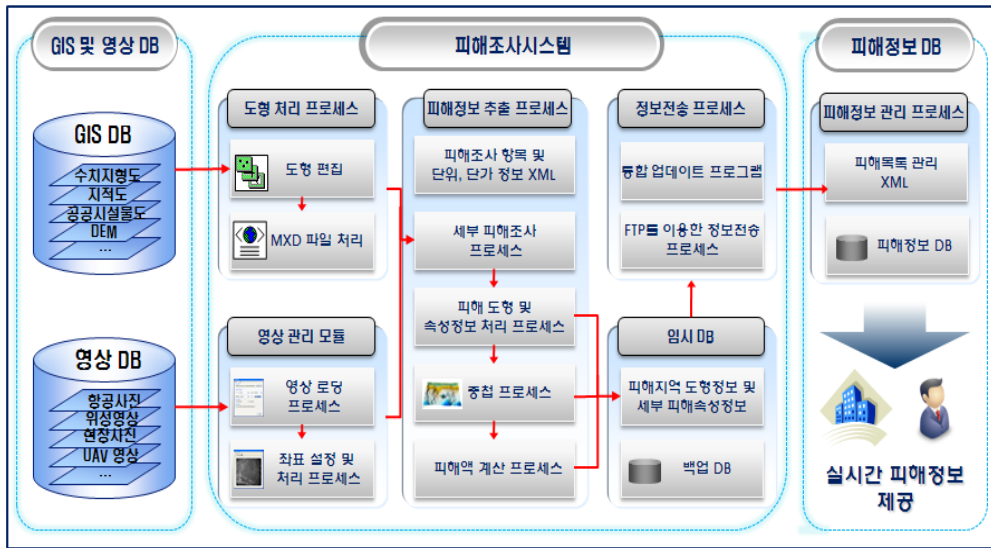


그림 1. 공간영상기반 피해조사시스템 통합 구성도

한, 영상 관리 모듈에는 영상 고유의 메타데이터 생성, 수정 및 삭제 등을 통한 효율적인 관리 기능을 부여함에 따라 영상자료의 정확성과 신뢰성을 확보할 수 있도록 하였다.

피해정보 추출 프로세스에는 기본적으로 피해조사 항목, 피해조사 단위, 피해 단가 정보를 XML 파일로 저장하여 시스템 내부 DB로 활용하고 있다. 내부 DB 정보는 세부 피해조사를 수행할 때 사용자가 별도로 접근하지 않아도 관련 정보를 제공할 수 있다는 점에 효율적이다. 세부 피해조사는 포인트, 폴리라인, 폴리곤 형태의 세부 피해지역 드로잉 기능을 제공한다. 사용자는 영상 판독을 통해 피해지역을 드로잉 툴을 이용해 선정할 수 있다. 피해조사가 완료되면 도형 및 속성정보 처리 프로세스를 통해 화면상에 도형정보가 결정되고, 세부 피해속성정보가 dbf 파일의 형식으로 저장된다.

피해속성정보는 내부 DB에 저장된 피해항목, 규격, 단위 정보를 로드하여 저장되며, 그 외에 피해지역 정보, 지번정보, 사용자 정보 또한 저장되도록 구현하였다. 저장된 피해정보는 지적도 및 공공시설물도 등과 중첩을 통해 추가 피해정보를 가진다. 피해추정액 계산 프로세스는 내부 DB의 피해 정보와 도형 및 속성처리 프로세스에서 계산된 피해규모와 계산을 통해 dbf 파일 내부에 저장된다. 피해조사시스템에는 생성된 피해정보와 중첩 등 공간연산을 통해 생성되는 정보를 저장하는 임시 DB를 가진다. 임시 DB는 피해정보 전송에 앞서 데이터를 보관하는 곳이며 전송된 피해정보는 XML 파일 기반의 이력정보를 저장하도록 구현하였다.

최종 산출된 피해정보는 피해정보 전송 프로세스를 통해 중앙서버에 있는 MS-SQL 기반의 피해DB에 전송된다. 파일전송 방식은 표준 프로토콜인 FTP 방식을 이용하였으며 XML 파일 기반의 피해정보 목록을 통해 시

스템 내부의 피해정보와 피해 DB에 관리되는 피해정보의 목록을 비교가능 하도록 하였다[13].

### 3.4 피해정보 XML 활용

XML(eXtensible Markup Language)은 서로 다른 컴퓨터 환경에서 편하게 데이터를 주고받을 수 있도록 개발된 언어로써, 그 사용범위가 무한하다. 단순 DB에서부터 XML만으로 작성되는 프로그램 등 클라이언트 시스템의 복잡한 데이터 처리를 쉽게 하며 인터넷 사용자가 웹에 추가할 내용을 작성, 관리하기에 쉽게 되어 있다[14].

XML DB는 일반적인 프로그래밍 언어와는 달리 HTML의 형식인 Tag로 구성되어져 있다. XML DB는 Database라는 것을 명명하는 Recordset Tag와 그 안에 해당하는 Table명 Tag, 그리고 Table의 필드 Tag로 이루어진다. 피해조사시스템에서는 XML을 사용하여 전반적인 Layer를 구성 및 담당하게 만들어져 있으므로 RecordSet Tag, Layer라는 이름의 Table Tag, 그리고 각 필드 Tag로 이루어져 있다[15].

시스템 내부에서 사용되는 DB는 기본적으로 XML Dataset을 이용한 DB로 구성하였다. XML은 자료형을 따로 구분 짓지 않고 모든 필드의 자료형을 String으로 설정한다. XML DB에 레코드를 추가할 경우 각 변수는 Integer형, Double형 등 일반적인 자료형을 가지고 있다. 새로운 내역 추가 시에는 모두 String 형식으로 변환되어 저장된다. XML DB에 있는 레코드를 가져와서 사용할 경우 각 필드에 입력되었을 변수의 자료형을 고려하여 형 변환(cast)을 하도록 구현하였다. 이러한 XML DB는 피해조사시스템이 실행되면 Config폴더의 DB.xml파일을 통해 수치지도, 항공영상, 위성영상을 읽어오며, 해당 영상을 그룹레이어로 표현할 수 있도록 하였다[16].

### 3.5 피해정보 추출 프로세스

피해정보 추출을 위한 세부 프로세스는 그림 2와 같이 정의하였다. 처음 수행되는 프로세스는 피해조사 항목을 선택하는 과정으로써 피해항목과 세부항목을 선택하고 피해사물의 피해규격을 정의하는 과정이다. 피해조사항목 선택 프로세스를 마치면 해당 피해항목에 대한 피해정보를 저장할 수 있는 DB 스키마가 생성된다. 다음으로 화면상에 세부적인 피해범위를 설정할 수 있는 피해지역 범위설정 프로세스를 수행한다. 사용자가 세부 피해지역 범위를 설정하면 이는 시스템 상에 하나의 레이어로 생성되어 표출되며 도형 및 속성 DB로 저장된다.

생성된 레이어는 시스템 내부에 있는 지적도와 수치지형도와 중첩을 통해 세부 피해정보를 추출 할 수 있도록 구현하였다. 영상만으로 관독할 수 없는 지면정보 및 시설물에 관한 정보를 Intersect연산을 통해 추출할 수 있도록 하였다. 시스템에 마지막으로 설정한 피해항목에 해당하는 피해단가와 설정한 피해범위의 연산을 통해 세부 피해규모와 피해추정액 계산 프로세스가 수행된다.

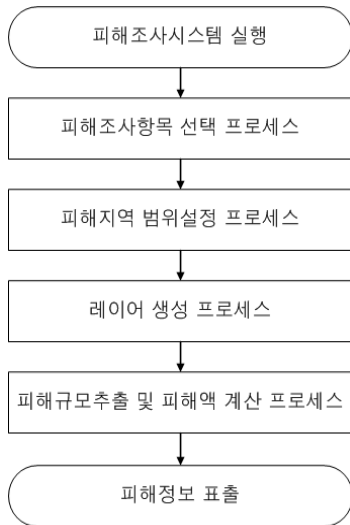


그림 2. 피해조사 프로세스

피해규모 산정을 위한 피해범위 지정 알고리즘은 그림 3과 같다. 피해범위지정을 위해 화면상에 마우스를 클릭하게 되면, 가장 먼저 선정된 첫 번째 지점의 좌표값을 추출하여 해당하는 위치에 포인트가 추가된다. 그리고 이 포인트를 가장 먼저 포인트Collection에 저장하여 피해범위가 시작됨을 알리는데 입력이 끝났을 경우, 시작된 포인트를 마지막 포인트로 한 번 더 추가하여 모든 포인트가 하나로 이어질 수 있도록 하였다.

각 포인트는 지도영역에 표출하기 위하여 Marker Element라는 형식으로 저장된다. Marker Element는 점 구성요소로써 화면상에 사용자가 선정한 지점을 보여주기 위한 임시포인트 객체이다. 2개 이상의 포인트가 찍혔을

경우 두 포인트를 이어주는 선을 표시하기 위하여 폴리라인이 사용되었고, 이 폴리라인을 화면상에 표현해 주기 위한 폴리라인 객체도 추가되어 있다. 이렇게 각 지점에 대한 입력이 끝나면 마우스 오른쪽 버튼을 통하여 전체적인 지점들을 선으로 이어 하나의 폴리곤으로 설정한 후, 이를 Feature로 생성하여 레이어 트리에 추가한다. 폐합 후 만들어지는 해당 폴리곤 Feature는 피해정보 파일에 등록이 되며, 면적추출 및 피해추정액 계산을 위해 사용된다.

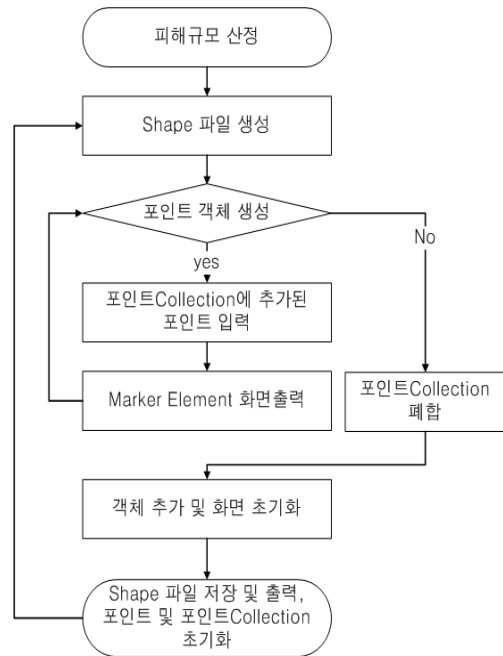


그림 3. 피해범위 지정 알고리즘

## 4. 시스템 개발

### 4.1 시스템 메인 GUI

항공·위성영상기반 피해조사시스템의 메인 인터페이스는 지도 영역, 레이어 영역, 도구모음 영역, 기본메뉴 영역으로 설계하였다(그림 4). 먼저 지도영역은 피해 전, 피해 후 영상을 띄울 수 있도록 창을 분할해서 설계하여, 속성창을 통해 추출된 결과를 표출 할 수 있도록 하였다. 레이어 영역은 시스템에서 기본적으로 설정된 레이어 목록을 보여주며, 체크박스를 통하여 원하는 레이어의 표출이 가능하다. 레이어 영역은 피해 전과 피해 후의 레이어로 나누어져 있으며 새로운 레이어가 추가, 삭제 및 이동기능과 세부 항목 등급화 표출 기능을 구현하였다.[17] 화면 상단에는 기본메뉴 영역으로 파일의 입출력, 인쇄 및 저장이 가능하다. 도구모음 영역은 피해정보추출 툴과 네비게이션 툴로 나누어진다. 네비게이션 툴은 기본적인 지도의 확대, 축소, 이동 및 속성정보 확인 등의 기능이 있



그림 4. 피해조사시스템 메인 GUI

다. 피해정보추출 틀에는 피해경계설정기능과 피해면적 산출, 피해추정액 산출 등의 기능을 구현하였다.

#### 4.2 주요 기능

항공·위성영상기반 피해조사시스템은 고해상도의 영상을 처리해야 하는 만큼 Pentium 4 이상의 CPU와 512MB 이상의 RAM을 요구한다. 시스템에서 사용가능한 영상은 TIFF, ECW, JPEG2000 포맷이며, GIS 데이터의 경우 Shape 파일을 활용할 수 있도록 개발하였다.

항공사진, 무인항공기 및 위성영상 등 다양한 매체를 통해서 획득되는 데이터들은 전처리 과정을 통해 사용가능한 데이터로 변경되며, 동시에 GPS/INS 등에 기반을 둔 좌표정보를 포함한다. 이들 영상 데이터는 각기 UTM, WGS84, TM 등 다양한 좌표계로 되어있고 피해 전, 후 영상이 위성영상과 항공사진 등 서로 다른 포맷일 경우 좌표 통일이 불가피하다. 본 연구진은 사용자가 상용 GIS 툴을 이용해서 좌표 통일을 수정해야 하는 번거로움을 줄이기 위해 좌·우 영상 프레임에 영상 로딩 시 TM 좌표계로 자동 통일 되도록 하였다. 이를 기반으로 영상의 이동, 확대, 축소, 전체보기의 경우에는 두 영상이 동시에 조작 되도록 개발하였다. 피해 전, 후 영상 중 전체영상 보기를 수행해서 조작 시에도 화면에서 조작하지 않은 다른 영상도 동시에 이동, 확대, 축소가 가능하도록 개발하였다.

피해조사 항목은 대항목-중항목-세부피해항목으로 분류되어 있으며, 본 시스템에서는 트리형태의 구조로 사용자가 선택할 수 있도록 개발하였다. 사용자가 피해 항목을 선택하면 피해조사 틀이 활성화 되어 길이 및 면적 추출이 가능하다. 사유시설의 경우 선정된 피해면적과

GIS DB와 중첩을 통해 주택 및 농경지 피해정보 추출이 가능하며, 공공시설의 경우 사물 하나하나 사용자의 직접 판독에 의해 피해정보 추출 하도록 개발하였다.

### 5. 시범적용

#### 5.1 시범적용 개요

개발한 피해조사시스템의 전반적인 효율성 검토 및 정확도 검증을 위한 시범지역에 대한 시스템을 적용하였다. 구체적으로 봉화군 춘양면 서벽리와 애당리 일대를 중심으로 피해 시나리오를 작성하여 부분조사를 수행하였다. 또한 결과로 나타난 제반 문제점을 확인하고 개선방안을 도출하였다. 피해조사 항목은 주택, 농경지, 도로, 소규모 시설, 산사태 등 5개 항목이며 피해유형이 다른 지점들을 우선으로 조사하였다.

#### 5.2 시범적용 결과

주택의 경우 전파나 유실의 경우, 피해 전, 후 영상 비교를 통해 확연하게 차이가 남에 따라 추출이 가능하였다. 반면, 반파의 경우에는 주택의 상부구조의 모습이 남아 있다면 주택의 부분적인 파손이 있더라도 추출이 어려웠다.

농경지의 경우 대부분 평지에 분포되어 있고 산지에 위치하더라도 촬영방향인 수직 방향으로 장애물이 거의 없어 피해 경계 판독이 용이하였다. 농경지 피해규모는 유실과 매몰로 구분되는데 하천으로 인한 완전 유실은 하상변화를 토대로 판독 가능하며, 매몰의 경우 하천에서 유입된 상류의 토사의 분포를 통해 판독 가능하였다(그림 5).

도로 항목은 2차선 이상이며 지방도 이상의 도로를 의미한다. 도로 피해의 경우 차선이 판독과 아스팔트와 토사의 밝기 차를 이용하여 피해여부의 판단이 가능하였다. 하지만 1m급 이상의 해상도에서는 차선판독에 어려움이 있으며, 포장공 피해 역시 아스팔트와 토사의 밝기값의 차이가 크지 않아 판독에 어려움이 있었다. 도로 시설 피해 중 옹벽붕괴 및 가드레일의 피해는 영상촬영방향과 동일선상에서 발생하기 때문에 마찬가지로 판독에 어려움이 있었다.

소규모시설의 피해는 집중호우로 인한 하천범람, 산사태 등의 원인으로 인해 발생하였으며 소하천을 중심으로 주위의 농로, 소교량의 붕괴 및 유실의 피해가 주를 이루었다. 소규모시설의 경우 다소 흐릿하지만 1m급 영상을 통해서 피해여부 식별이 가능하였다. 다만 교량의 폭이 3m 미만인 경우가 많아 픽셀 3~4개로만 표시되어 사용자의 주의를 요하는 항목이다.

산사태 피해는 산세가 험하고 구름의 기복이 심한 봉화군 전역에 걸쳐 가장 많은 피해를 초래한 항목이었다. 피해여부는 토양과 식생의 밝기값 차이가 크기 때문에 판독하기 쉬웠으나 나무와 구름 등에 의해 가려짐 영역이 발생할 경우 정확한 경계를 파악하는데 있어 어려움이 있었다(그림 6).

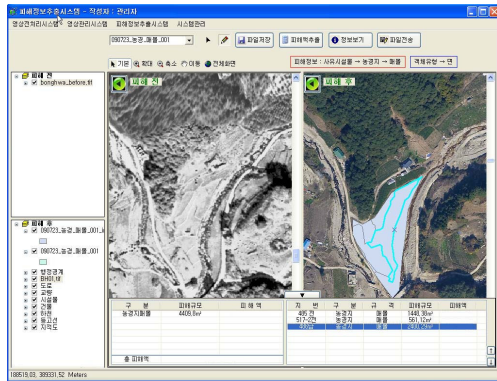


그림 5. 농경지 피해정보 추출

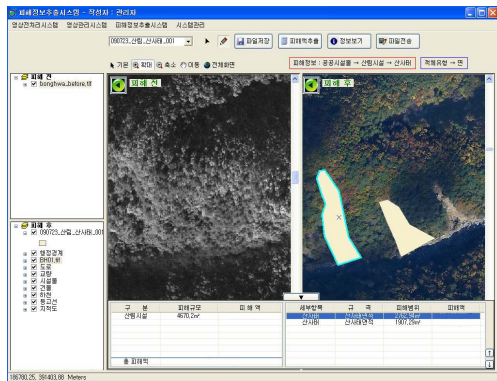


그림 6. 산사태 피해정보 추출

## 6. 결론 및 향후 연구 방향

본 연구에서는 광역적 피해지역에 대해 신속하고 효율적인 피해조사를 위한 공간영상 기반의 피해조사시스템을 개발하였다. 이를 위해 최근 피해지역인 경상북도 봉화군을 대상으로 수치지형도와 고해상도 항공사진 및 위성영상을 기반으로 GIS DB와 영상 DB를 구축하였다. 피해조사 항목은 조사 단위에 따라 포인트, 폴리라인, 폴리곤으로 피해규격을 산출할 수 있도록 하였고, 각각의 피해원단위를 기반으로 피해추정액을 산정하는 프로세스를 구현하였다. 추출된 피해정보는 제반 GIS DB와 중첩기능을 통해 지번정보를 포함할 수 있도록 개발하였다.

고해상도 영상기반의 자연재해 피해조사시스템은 광역적 피해지역에 대하여 객관적이고 정확한 피해정보를 소수의 전문 인력을 통해 신속하게 산출할 수 있다. 따라서 복구예산의 조기편성 및 응급대응책 마련에 매우 효율적 지원이 가능할 것으로 판단된다. 또한, 피해정보의 손쉬운 관리와 전산화된 데이터를 통해 피해예방계획 수립에 있어서도 활용 가능할 것으로 여겨지며, 궁극적으로 IT기반의 유비쿼터스 방재시스템 개발에 효율적으로 사용이 가능할 것으로 사료된다. 아울러 전산화된 피해정보의 전자재해대장 연계를 통한 효과적인 방재 DB 구축과 고해상도 영상의 꾸준한 관리와 갱신을 위한 영상 서버 구축 및 보다 자동화된 피해정보 추출 방안 등 시스템의 효과를 극대화 할 수 있는 방안에 대한 연구가 함께 추진되어야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] 심재현, 최우정, 진경혁, 공간영상정보의 재해관리 업무 적용방안 연구, 국립방재연구소, 2006.
- [2] 심재현, 최우정, 김영복, 진경혁, 우리나라 위성 및 항공사진의 풍수해 분야 활용 및 관리방안 연구, 국립방재연구소, 2007.
- [3] Jensen, J. R, 환경원격탐사, 시그마프레스(주), 2003.
- [4] 김계현, GIS개론, 대영사, 1998.
- [5] 송영선, 손흥규, 이석우, "LiDAR 자료 및 SPOT-4 위성영상을 활용한 산불피해 분석," 대한토목공학회, 제26권 3호, 2006, pp. 527-534.
- [6] 손흥규, 장 훈, 송영선, "위성영상과 수치지도자료를 이용한 홍수지역 현황 분석," 한국GIS학회 춘계학술대회, 2003, pp. 35-39.
- [7] Toshiharu Kojinma, Kaoru Takara, Yasuto Tachikawa, "Effect of Seasonal Changes for Identification of Disaster Areas with High Spatial Resolution Satellite Images," 2005, pp. DST1-11-7.
- [8] P. A. BRIVIO, R. COLOMBO, M. MAGGI and R. TOMASONI, "Integration of remote sensing data and GIS for accurate mapping of flooded areas." Int. j. remote sensing, vol. 23, no. 3, 2002, pp.



- 429-441.
- [9] 소방방재청, 자연재난조사 및 복구계획수립 지침, 2007.
  - [10] 김계현, 항공·위성영상기반 피해조사 자동화 실용시스템 개발, 국립방재연구소, 2006.
  - [11] 김계현, 공간분석, 2004.
  - [12] Yeung, AK. W 외 1인, 시그마프레스(주), GIS 개념과 기법, 2005.
  - [13] Brian Siler and Jeff Spotts, (주)교학사, Special Edition Using Microsoft Visual Basic .NET, 2003.
  - [14] 박재성, XML 실전 프로그래밍, 가메 출판사, 2003.
  - [15] A. Mansourian, A. Rajabifard, Valadan Zoej, I, Williamson, "Using SDI and Web-based system to facilities disaster management.," Computers and Geosciences jouranl, 2004. pp. 1-13.
  - [16] 이재명, 김계현, 권오준, "XML기반의 그리드데이터 메타데이터 통합검색시스템 개발에 관한 연구", 한국공간정보시스템학회, 제7권 5호, 2005, pp. 39-45
  - [17] 김태훈, 김계현, 심재현, 최우정, "웹GIS를 이용한 실시간 자연재해 피해정보 관리시스템 개발에 관한 연구", 한국공간정보시스템학회, 제10권 4호, 2008, pp. 103-107.

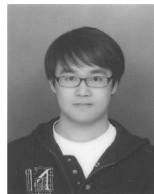


**김 태 훈**  
 2008년 인하대학교 지리정보공학과 졸업 (공학사)  
 2009년 현재 인하대학교 지리정보공학과 석사과정. 관심분야는 GIS를 이용한 피해조사, 재해정보관리, 환경 GIS 등



**김 계 현**  
 1982년 한양대학교 자원공학과 졸업 (공학사)  
 1989년 미국 아리조나대학(투산) 수문학과 졸업(공학석사)  
 1993년 미국 위스콘신 주립대학(매디슨) 토목환경공학과 졸업(공학박사)

1995년~현재 인하대학교 지리정보공학과 교수. 관심분야는 GIS를 활용한 수자원관리, 수질관리, 시설물관리, 재해·재난 관리, GIS 표준화, 유비쿼터스 GIS 기술 개발, 해양 GIS 등



**남 기 범**  
 2008년 경일대학교 건설정보공학과 졸업 (공학사)  
 2009년 현재 인하대학교 지리정보공학과 석사과정. 관심분야는 환경 GIS, 원격탐사, 웹GIS, 재난재해정보관리



**심 재 현**  
 1985년 연세대학교 공과대학 토목공학과 (공학사)  
 1987년 연세대학교 토목공학과(공학석사)  
 1993년 연세대학교 토목공학과(공학박사)  
 2008.10~현재 소방방재청 국립방재연구소 연구실장. 관심분야는 GIS를 활용한 재해, 재난 관리, 피해조사기술개발, 기후변화 대응, 풍수해 재난방지 등



**최 우 정**  
 1997년 국민대학교 공과대학 토목공학과 (공학사)  
 1999년 국민대학교 토목공학과(공학석사)  
 2008년 국민대학교 토목공학과(공학박사)  
 2008.12~현재 소방방재청 국립방재연구소 토목연구관. 관심분야는 실시간 재해모니터링, 피해조사기술개발, 수공학, 풍수해 재난방지, U-safe Korea 등



**조 명 흠**  
 2002년 청양도립대학 지적학과 (행정전문학사)  
 2006년 한밭대 공과대학 토목공학과 (공학사)  
 2008년 공주대학교 지리정보학과 (이학석사)

2008.12~현재 소방방재청 국립방재연구소 연구원. 관심분야는 실시간 재해 모니터링, 원격탐사, 지리정보시스템, 피해조사기술개발 등