韓國地形空間情報學會誌 第18卷 第3號 2010年 9月 pp. 11-19

연구논문

산사태 지역정보 서비스를 위한 3차원 데이터 모델 분석 및 Application 개발

Analysis of the 3D Data Model and Development of an Application for Landslide Region Information Service

김동문* · 박재국** · 양인태*** · 최승필****

Kim, Dong Moon · Park, Jae Kook · Yang, In Tae · Choi, Seung Pil

要 旨

최근 들어 우리나라에서는 지역적인 돌발 및 집중강우패턴으로 인해 산사태 등의 자연재해발생이 증가하고 있다. 이에 따라 산사태를 모니터링하고 관리하기 위하여 최신의 3차원 측량장비인 LiDAR 등으로 취득한 고정밀·고밀도의 수치고도자료를 이용하여 산사태지역에서의 변위탐지와 모니터링을 위한 지면변위 연구가 시도되고 있다. 그러나 대용량의 LiDAR 데이터를 처리하는 상업용 소프트웨어는 고가이며, 산사태 분석과 같은 특화된 업무에 적용하기에 무리가 있다. 또한 산사태와 관련된 다양한 공간정보를 다수의 이용자가 쉽게 접근하여 직관적으로 활용할 수 있는 방안이 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 시계열 LiDAR 데이터를 처리하여 산사태를 분석할 수 있으며, 해당 지역에서의 지형 및 산사태 관련정보를 다수의 사용자에게 직관적으로 서비스할 수 있는 응용프로그램을 개발하였다. 또한 사례연구를 통해 연구지역에 대한 산사태 현황을 분석할 수 있었으며, 3차원 기반의 산사태 및 지형정보를 직관적으로 서비스할 수 있음을 제시하였다.

핵심용어 : LiDAR, 산사태, 변위탐지, 시계열, GIS

Abstract

In recent years, Korea has witnessed an increase to natural disasters such as landslides due to localized sudden and intensive rainfalls. Thus there have been researches on surface displacements to detect and monitor displacements in the areas prone to landslides by using high-precision and density numerical elevation data from LiDAR, which is an advanced 3D measuring equipment. However, the commercial software to process large-capacity LiDAR data, is expensive and difficult to be applied to specialized tasks such as analysis of landslide. In addition, there are no measures for many users to easily access diverse spatial information related to landslides and put it to intuitive uses. Thus this study developed an application program to analyze landslides by processing time series LiDAR data and intuitively serve many users with information about the topography and landslides of given areas. It analyzed the current state of landslides in the subject region through case study and proposed that 3D-based landslide and topography information can be served intuitively.

Keywords : LiDAR, landslide, change detection, time series, GIS

1. 서 론

우리나라는 산지 등의 경사지가 많고, 하절기에 집중호우가 발생하는 강우패턴을 지니고 있어 매년 산사태에 의한 재해발생이 빈번하며 인명과 재산상의 피해를 입고 있다. 1993년부터 2002년까지의 10년간 총 자연재해 사망자수 중 산사태로 인한 피해는 전체의 22.7%를 차지하고 있다. 산사태의 주된 요인은 돌발적인 집중강우와

2010년 5월 25일 접수, 2010년 6월 28일 채택

* 교신저자 · 정회원 · 남서울대학교 지리정보공학과 교수(david@nsu.ac.kr)

** 정회원 · 남서울대학교 지리정보공학과 교수(gisdata@nsu.ac.kr)

*** 정회원 · 강원대학교 토목공학과 교수(intae@kangwon.ac.kr)

**** 정회원 · 관동대학교 토목공학과 교수(spchoi@kwandong.ac.kr)

예측하기가 매우 곤란하다는 점이다. 또한, 매몰 등의 직접적인 피해 외에도 상하수도시설 등의 2차, 3차로 재해를 확산시키고 있으며 특히, 도로유실로 긴급한 재해복구를 지연시키는 장애요인으로도 작용하고 있다. 1970년대 후반부터 산사태 재해가 비교적 큰 국가들에서는 산사태 발생위험 정도에 따라 산사면의 불안정 요인을 분석하여 산사태 위험지도를 작성하여 재해방지 및 대비정책에 활용하고 있으며, 국내에서는 임업연구원(1999년)을 중심으로 난개발이 심각한 지역을 대상으로 산사태 위험지 판정기준을 체계화하고 이를 토대로 GIS기법을 활용하여 산사태 위험지도를 작성하는 연구가 수행되었다. 산림청은 기상청의 기상예보에 따라 산사태 발생위험에 대해 예보를 발령하는 산사태 예보제를 시행하고 있으나(박재국 등, 2010) 획일적인 소개위주의 대처방안으로 주민생활의 불편과 사회적 비용을 가중시키고 있다.

기존에는 산사태를 확인하며 예측하기 위하여 현장조사, 통계 및 IT 기술을 활용한 주기적인 산사태의 거동을 모니터링하고 있으며 이를 시각화하기 위해서는 2D 기반의 벡터자료로 표현하는 기술이 연구되어졌다. 그러나 이러한 기술은 2차원 기반의 기술로서 실세계의 공간 및 영상 등에 대한 다양한 정보를 취득하여 활용할 수 없는 한계점이 있다. 따라서 이러한 제한적인 공간분석 및 표현에 대한 단점을 보완하고 3차원 기반정보를 통해 주기적인 모니터링이 가능하도록 하여 산사태 분석에 적극 활용할 수 있는 3차원 시각화 프로그램을 개발하여 3차원 기반의 산사태 관리가 가능하도록 해야 할 것으로 판단된다(김동문, 2010).

최근에는 LiDAR 자료를 활용하여 산사태 발생가능지역에 대한 산사태 발생가능지역 모니터링 연구가 진행되고 있어 GIS를 이용한 산사태 발생가능지역 모니터링이 가능하게 되었으며, 산사태발생지역에 대한 상세한 정보를 요구하는 사람들에게 시기적절한 정보를 제공해 줄 수 있는 토대를 마련하고 있다(김성학, 2008)(김동문, 2009).

따라서 이 연구에서는 LiDAR 자료를 활용하여 산사태 발생지역이나 발생가능지역에 대한 산사태 및 관련 공간정보를 일반 사용자에게 제공하기 위해 필요한 산사태 지역정보에 대한 3차원 데이터 모델 표준을 개발하고, 산사태 지역정보를 서비스하기 위한 응용프로그램을 개발하고자 한다.

2. 산사태 지역정보 서비스를 위한 3차원 데이터 모델 개발

LiDAR 등의 자료에 의한 산사태 지역정보 서비스를 위한 3차원 데이터 모델을 개발하기 위해 3차원 GIS동향 분석, 3차원 데이터 모델 현황 파악, 산사태 관리용 3차원 데이터의 흐름 파악, 산사태 관리용 3차원 데이터 모델 제시 등의 절차에 의해 연구를 진행하였다.

2.1 3차원 GIS동향분석

3차원 GIS 데이터 모델에 대한 3차원 GIS 동향과 관련하여 법제도 분야에 대한 분석을 위해, 수치지도 작성작업 규칙 내규, 지리정보 DB 설계 지침, 3차원 국토공간정보구축 작업지침, 3차원 국토공간정보제작에 관한 작업규정 등을 검토한 결과, 3차원 데이터 모델과 관련하여 정사영상지도, 3차원 교통/시설물/수자원데이터, 가시화 데이터(모델링, 텍스쳐) 등으로 3차원 데이터를 구분하도록 규정하고 있었다. 이러한 3차원 데이터에 대한 법제도를 종합하여 본 결과 표준 데이터 셋은 교통, 시설물, 수자원 등이며, 2차원 공간정보에 높이정보를 추가하여 사용하고 있으며, 지형에 대한 가시화 정보는 항공사진을 이용하여 정상영상으로 제작하도록 규정되어 있다(한국전산원, 2003).

3차원 데이터 모델과 관련하여 관련 GIS 기술발전에 대한 동향을 파악하였다. GIS 기술이 도입된 초기에는 3차원 지형분석에 대한 2차원적 표현을 위한 기술이나 3차원 지형 가시화, 3차원 지형분석 등을 위주로 발전하였으며, 1990년대에 들어서는 3차원 가상도시를 구현하기 위한 기술이 도입되어 발전되었다. 2000년대에는 기존의 수동적 가상도시에서 능동적인 3차원 가상세계를 구축하여 4차원 가상현실 구현을 위한 기술을 개발하고 있다.

일반 GIS 분야의 연구와는 달리 3차원 GIS 분야의 연구는 좀 더 다양하며 혁신적인 시도들이 있었다. 3차원 GIS 분야의 연구는 여러 가지 특징이 있지만 초기 연구와는 달리 최근의 연구들은 그래픽 인터페이스와 GIS를 연계하여 계획지원하며, 소프트웨어를 이용하여 도시 시뮬레이션 시스템을 개발하고 있으며, 가상현실과 GIS의 결합에 대한 연구, 3차원 GIS의 질의를 가능하게 구현하는 연구, 가시화를 위한 처리속도의 향상과 실사의 정교한 재현 연구, 3D GIS의 가시화 속도 향상을 위한 연구, 인터넷 상에서 3차원 GIS 제공을 위한 분산환경에서의 정보처리 연구, 다중사용자를 위한 지형 가시화 시스템 개발, GIS와 VRML의 결합, JAVA, CGI, HTML을 통한 웹상에서의 효율적 자료처리 연구 등이 진행되었다.

3차원 GIS 소프트웨어는 일반 GIS 소프트웨어와는 달리 기본적으로 3D 엔진을 탑재하고 있어야 한다. 또한 다양한 3차원 시각화를 위한 도구들이 제공되어야

효과적으로 3차원 정보를 사용자에게 제공할 수 있다. 기존의 상업용 3차원 GIS 소프트웨어들은 이러한 요구를 만족하기 다양한 시도를 하고 있다. 기존의 3차원 GIS 소프트웨어들은 주요 기능으로 3D 시각화, 3D 내비게이션 등으로 기존의 영상정보를 포함하는 3차원 공간정보를 3D로 시각화하거나 3D 뷰잉할 수 있는 기능을 포함하고 있다. 최근에는 웹 환경을 지원할 수 있는 기능들이 대폭 강화되어 개발, 사용하고 있는 것으로 나타났다.

2.2 3차원 데이터 모델 현황

3차원 데이터 모델은 일반적으로 도시지역과 산악지역을 대상으로 한 모델이 사용되고 있다. 도시지역에서 사용하는 대표적인 모델인 City GML은 3차원 도시 객체에 대한 상세 표현을 하기 위한 공통 정보 모델로서 가장 일반적인 3차원 데이터 모델이다. 기본적으로 XML 기반의 포맷으로 가상의 3차원 도시 모델들에 대한 저장과 교환을 위한 개방형 데이터 모델이기도 하다. 이러한 City GML은 주제 클래스들 사이의 계통적인 일반화, 집합, 객체들 사이의 관계와 공간 속성들을 포함하고 있다.

산악지역에 적용 가능한 모델로는 DEM, 영상, 3D 모델 등이 있으며, DEM은 GeoTIFF DEM, USGS DEM, 일반적인 Binary, ASCII, 일반적인 ASCII 래스터 파일, GRID 등과 데이터로 구분되며, 영상 Cell이나 Grid 기반의 영상 데이터로서 GeoTIFF, ERDAS IMG, BIL, BIP, DOQ, LAN, Sun Raster, JPEG 2000 등의 데이터 포맷이 있다. 기타 3D 모델에는 Building, Man-made object, 3D Max-3DS 등이 있다. 따라서 산사태의 주요 발생지역인 산악지역에 대한 3차원 데이터 모델이 필요함을 알 수 있으며, 이 연구에서는 산사태 분석과 관리를 위한 3차원 데이터 모델을 개발하기 위해 기존의 산사태 관리를 위한 데이터 처리흐름을 분석하여 가장 적합한 3차원 데이터 모델을 제시하고자 한다.

3. 산사태 지역정보 서비스를 위한 3차원 데이터 모델

3.1 산사태 지역정보 서비스를 위한 데이터의 처리 흐름

산사태 지역정보 서비스를 위한 3차원 데이터 모델을 개발하기 위해 기존의 산사태 관리를 위한 데이터 처리흐름을 분석하였다. 산사태 데이터의 처리 흐름은 아래의 그림과 같이 데이터의 취득, 데이터의 분류, 데이터 가공, 데이터 생산, 데이터 서비스의 순으로 진행된다.

데이터 처리 흐름 상의 취득할 데이터는 LiDAR, 영상 등이 있다. 취득한 데이터는 Filtering, 이미지 처리 등의 가공 단계를 거치게 되며, 가공된 데이터는 DEM, 경사, 주향, 경사모양, 음영기복 등의 데이터로 가공된

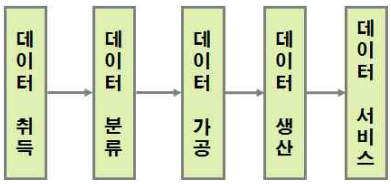

그림 1. 산사태 데이터의 처리 흐름

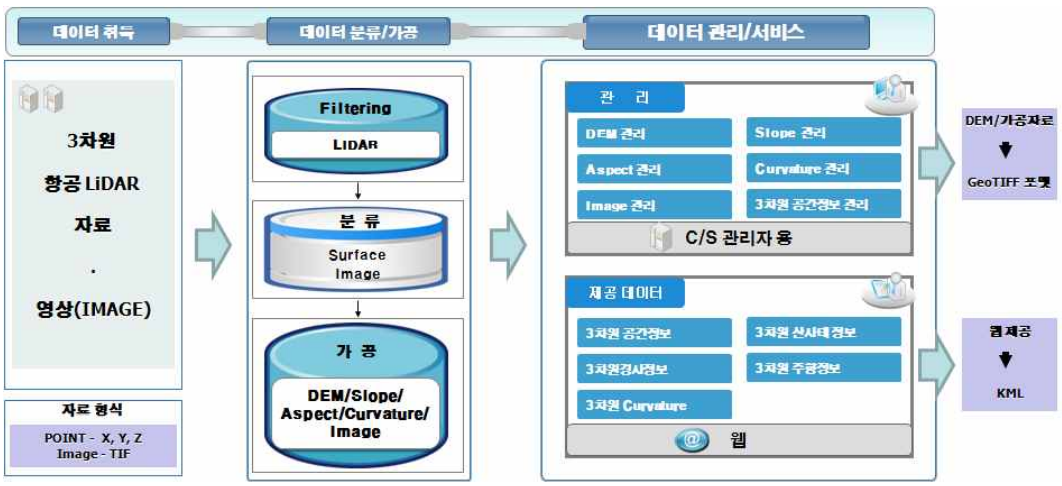

그림 2. 산사태 지역정보 서비스를 위한 3차원 데이터 모델(데이터 처리 흐름)

다. 만들어진 데이터는 웹이나 C/S 환경의 사용자에게 적당한 포맷으로 제공된다. 이러한 데이터 처리 흐름상 사용자에게 3차원 데이터를 시각화와 관리의 목적으로 제공되어지 위해서는 데이터 생산과 서비스가 원활해야 한다. 즉, 데이터 모델은 데이터 생산과 데이터 서비스가 가능한 모델이어야 함을 알 수 있으며, 이러한 데이터 생산의 세부 항목과 서비스를 위한 데이터 포맷이 데이터 모델로서 설정되어야 한다.

3.2 산사태 지역정보 서비스를 위한 3차원 데이터 모델

산사태 지역정보 서비스를 위한 3차원 데이터 모델은, 분석된 데이터 모델 항목을 바탕으로 산악지형에서의 산사태와 관련한 데이터 모델을 대표할 수 있다. 데이터베이스는 LiDAR 데이터, 영상, 3차원 공간정보 등을 포함하며, 산사태 정보의 효율적 시각화가 가능해야 한다는 전제조건 하에 다음의 표 1과 같은 특징을 가지고 있다.

또한 산사태 지역정보 서비스를 위한 3차원 데이터 모델은 그림 2에서와 같은 데이터 처리 절차를 따르게 된다.

표 1. 산사태 지역정보 서비스를 위한 3차원 데이터 모델의 3D Database

Model	Attributes	Format
Terrain Model	Elevation	GeoTIFF
Surface Analysis Model	Slope, Aspect, Curvature, Hillshade	GeoTIFF
Web Service Model	Elevation, Slope, Aspect, Curvature, Hillshade	KML

4. LiDAR 정보에 의한 산사태 지역정보 서비스를 위한 3차원 시각화프로그램 설계

LiDAR 등의 자료에 의한 산사태 지역정보 서비스를 위한 3차원 시각화프로그램(뷰어)을 개발하기 위해 요구분석 및 범위 설정, 설계(논리, 물리, 화면), 프로그램 개발(관리자용), 테스트 및 보완 절차로 연구를 진행하였다.

4.1 요구분석 및 범위 설정

LiDAR 등의 자료에 의한 산사태 지역정보 서비스를 위한 3차원 시각화프로그램(뷰어)을 개발하기 위해 산사태 관리 측면에서의 요구분석과 범위를 설정하였다.

3차원 시각화 프로그램은 그림 3에서와 같이 산사태 관리자가 LiDAR 정보를 제공 받아 해당 사이트 내의 산사태를 일으키는 자연 지형적인 요소를 확인하며 해당 정보를 관리할 수 있는 프로그램이어야 한다. 따라서 산사태 관리를 위한 원자료의 취득, DB 가공, 분석도구(경사도, 주향도, 경사모양도, 음영기복도, 등고선도, 거동 분석), 서비스(3D 시각화, Export, 인터넷 서비스) 등의 데이터 Process 상에서 분석도구와 서비스가 반드시 필요한 항목임을 알 수가 있다. 그래서 이 연구에서는 프로그램 개발의 범위로 분석도구와 서비스를 결정하고 개발을 진행하였다.

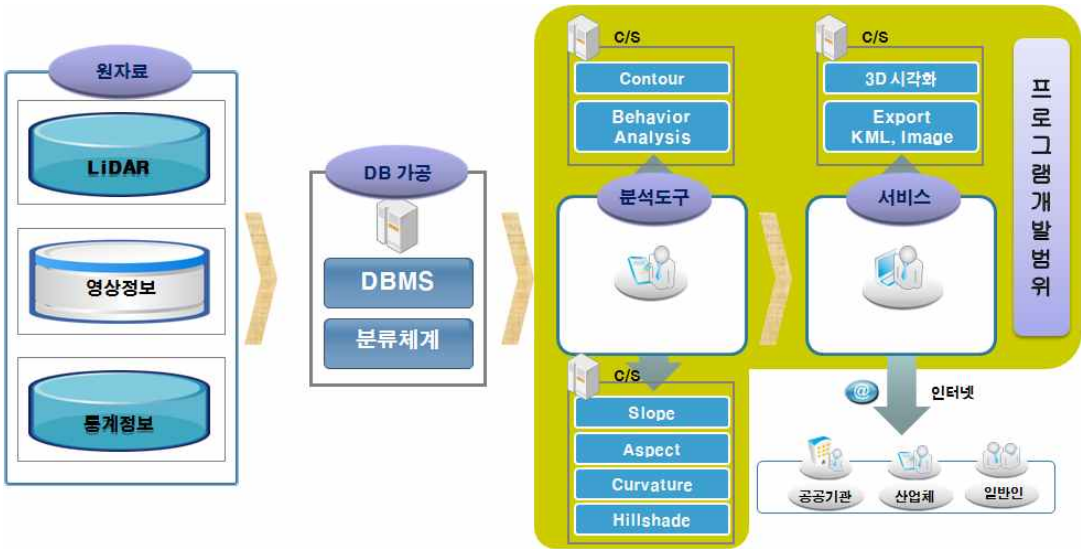

그림 3. 프로그램 개발 범위

표 2. GIS DB 항목

DB 항목	자료유형	포맷	해상도
경사	그리드	TIF	1m
경사방향	그리드	TIF	1m
경사모양	그리드	TIF	1m
등고선	벡터	SHP	1m 간격
DEM	그리드	TIF	1m
이미지	그리드	TIF	0.5m

4.2 시스템 개발환경

산사태 지역정보 서비스를 위한 3차원 시각화 프로그램을 개발하기 위한 환경은 윈도우 계열의 OS를 기반으로 개발언어는 C#을 이용하였으며, GIS 엔진과 개발툴은 ArcGIS 엔진과 ArcObject를 이용하였다. 웹 서비스를 위한 프로그램은 Google Earth API, ArcGIS Server API for Flex, JavaScript, Adobe FLEX 등을 이용하여 3차원 기반으로 공간데이터를 서비스하도록 구성하였다.

4.3 GIS DB 설계

산사태 지역정보 서비스를 위한 3차원 시각화 프로그램을 위한 GIS DB에 대한 설계는 표 2에서와 같다.

4.4 주요기능의 설계

산사태 지역정보 서비스를 위한 3차원 시각화프로그램은 타이틀, 메뉴바, 표준 도구모음, TOC, 상태 표시줄, 디스플레이 영역으로 설계하였다.

3차원 시각화 프로그램의 주요 기능은 아래 표 3에서와 같으며, 기본적으로 기본관리, 데이터 관리, 3D 특화 기능, 변환기능을 구현하기 위한 Document 관리, 사용자 영역관리, 사용자 기능, 3D Analyst, 3D Navigation, Conversion에 대한 기능을 구현하고자 하였다.

산사태 지역정보 서비스를 위한 3차원 시각화 프로그램에서 구현한 기술은 대용량 데이터를 로딩하기 위한 LOD 기술과 Surface Analysis를 위한 기술, 변화추이를 추적하기 위한 기술, 3D Navigation을 위한 기본적인 기술, Data Export와 Import를 위한 기술들이다.

3차원 시각화 프로그램의 기능은 기본 메뉴인 File, LiDAR Analyst, 3D Analyst, Conversion과 툴바 메뉴 등으로 구성된다. File은 프로젝트 환경을 구성하고 관리하기 위한 메인 기능이며, LiDAR Analyst는 LiDAR 원 데이터에 대한 ASCII 포맷의 데이터나 기존의 포인트 피쳐 데이터를 래스터 데이터로 변환하여 사용할 수 있도록 하는 기능이며, 3D Analyst는 래스터 기반의

표 3. 주요 기능

대분류	중분류	소분류
기본 관리	Document 관리	• Open Document • Save/Save As
데이터 관리	사용자 영역관리 (화면제어 기능)	• Zoom Full Extent • Zoom In/Out • Pan Drag • Center on Target • Pan to Target • Zoom to Target
	사용자 기능	• Identify • Measure
3D 특화 기능	3D Analyst	• Slope • Aspect • Hillshade • Curvature • Contour • Behavior Analysis
	3D Navigation	• Go to XY • Navigate • Navigation Mode • Look Around • Fly • Fixed Line of Sight
변환 기능	Conversion	• To KML • To IMAGE

표 4. 구현 기술

구 분	구현 기술
대용량 데이터 로딩	LOD
Surface Analysis	Slope, Aspect, Curvature, Hillshade
변화추이 추적기술	Behavior Analysis
3D Navigation	Navigate, Fly Go To XY
Data Export	KML(Google Earth) Image(BMP, JPG등)
Data Import	ASCII, Point Feature

DEM을 이용하여 경사, 주향, 음영기복, 경사모양, 등고선, 변화추이 등에 대한 분석을 수행할 수 있는 기능이다. 특별히 변화추이 분석 기능은 산사태 등의 지형변화발생 지역을 추출하는 기능으로 식 (1)과 같이 그리드 연산자인 Local 연산자 중 산술연산자를 이용하여 변화 이전과 변화 이후의 DEM을 빼는 방법으로 추출할 수 있다.

$$\triangle Z_{ij} = Z_{ij}(1) - Z_{ij}(2) \quad (1)$$

여기서, Z_{ij} : 개별 그리드의 변화량

$Z_{ij}(1)$: 변화 이전 그리드 높이
$Z_{ij}(2)$: 변화 이후 그리드 높이
i : 라인의 수
j : 행의 수

Conversion은 웹에서 사용 가능하도록 KML 등으로 변환할 수 있는 기능과 일반 사용자에게 캡쳐 이미지를 제공하고자 할 경우에 사용 가능한 기능이다. Toolbar는 3D 시각화 및 컨트롤하기 위한 화면관리 기능, Navigate 관련 기능, 사용자 위치에 대한 속성정보를 확인하거나 거리 등을 관측할 수 있는 기능 등으로 구성된다.

3차원 시각화 프로그램을 통해 작성한 산사태지역 공간정보는 WMS(Web Map Service)를 통해 서비스가 가능하여야 한다. 이 연구에서는 그림 5에서와 같이 GIS 어플리케이션으로 작성된 산사태지역의 GIS 리소스를 웹으로 발행하기 위하여 GIS서비스를 생성하였다.

생성한 GIS 서비스는 3D 기반으로 웹상에서 서비스가 가능하도록 웹 매핑 어플리케이션, Flex 등으로 사용자 정의 웹 어플리케이션을 작성하였다.

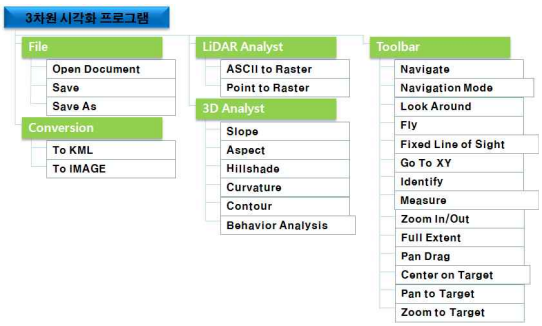

그림 4. 기능 구성도

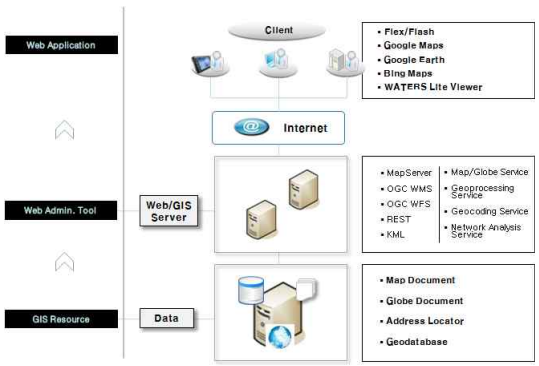

그림 5. 웹 맵 서비스 개념도

5. 적용

5.1 연구지역과 자료

연구 대상지역은 강원도 동해시에 위치하였으며, 태풍이나 국지성 폭우 등에 의해 산사태가 빈번히 발생하는 지역이다. 대상지역의 진천유역에 속해 있으며, 주하천의 길이는 6.66km, 유로연장 12.47km, 수계밀도 1.72, 최고표고 1,399m, 평균표고 259.66m, 평균경사 36.67 degree이다.

산사태지역정보는 항공 LiDAR 자료로부터 생성할 수 있는 표 4와 같은 항목으로 정의하였다. LiDAR 자료는 표 5와 같은 규격의 장비를 사용하여 취득한 자료를 사용하였다.

LiDAR 자료는 데이터 보정, 불규칙한 3차원 점 형식으로 기록된 3차원 점들을 필터링을 통해 비지면점과 지형의 지면점을 분리하고 과대 오차(다른 점들보다 0.5m ~5m 낮은 점)를 포함하는 점의 제거, 내삽 등의 과정을 거쳐 격자크기 1m의 DEM을 생성하였다. 국토지리정보에서 1998년도에 제작한(1/5,000) 수치지형도를 DEM(1m격자)으로 작성하였다. 또한 2002년 9월 촬영한 항공사진(0.5m해상도)을 취득하였다.

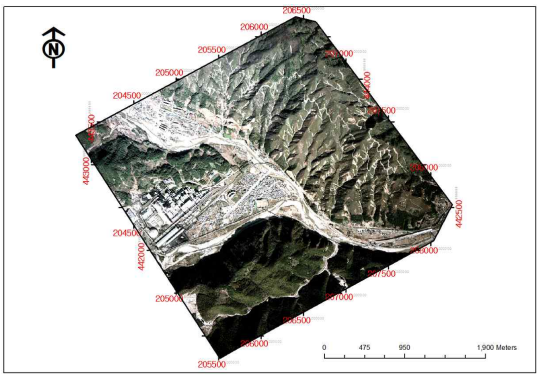

그림 6. 연구지역

표 5. LiDAR 장비

항 목	내 용
모델	ALTM 3070(Optec)
Flight Date	2005/06/25
스캔주기	최고 70Hz
반사 해상력	1cm 이상 객체
반사 강도	12 bit
비행고도	200~3000m
높이 정확도	고도 3000m에서 35cm 이하

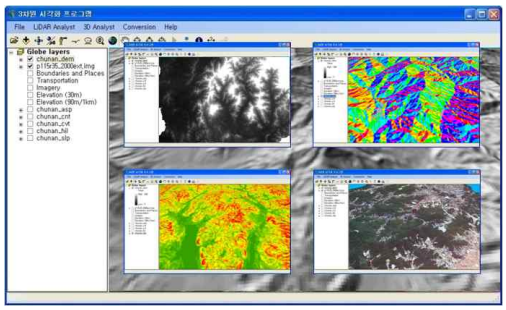

그림 7. LiDAR 데이터 처리 및 분석프로그램

5.2 프로그램의 구현

5.2.1 LiDAR 데이터 분석 프로그램

본 연구에서는 ESRI의 ArcObjects와 C# 프로그래밍 언어를 이용하여 LiDAR 데이터를 이용하여 산사태지역에서의 지형정보를 3차원 기반에서 처리하고 분석할 수 있는 프로그램을 작성하였다.

구현된 프로그램의 예는 그림 7과 같으며, File, LiDAR Analyst, 3D Analyst, Conversion 메뉴와 Toolbar를 나타내고 있다. 메뉴의 상세기능은 그림 4에서와 같은 구성으로 작성하였다.

5.2.2 웹 서비스 프로그램

산사태지역에서의 지형정보를 중심으로 한 공간 데이터 서비스를 위해 웹 서비스 프로그램을 작성하였다. 프로그램은 Google Earth API, ArcGIS Server API for FLEX, JavaScript 등을 이용하여 그림 8에서와 같이 3차원을 기반으로 산사태지역에서의 지형정보를 서비스하도록 구현하였다.

웹 서비스 프로그램은 표 2에서와 같은 항목의 산사태지역에서의 각종 공간정보를 서비스 할 수 있도록 웹상에서 공유하는 공간정보를 동적 레이어 서비스로 등록할 수 있는 기능을 구현할 수 있는 메뉴를 메인화면의 오른쪽 상단에 구현하였으며, 중앙의 메인화면은 Google에서 제공하는 위성영상을 배경 레이어로 경사도, 경사모양, 음영기복, 주향, DEM 등의 각종 공간정보를 다양하게 중첩 및 조합하는 매쉬업 기능을 통해 사용자가 정보를 좀 더 쉽고 직관적으로 조회 할 수 있도록 구현하였다. 오른쪽 하단에는 지도, 위성, 지형 등의 주제별 인덱스 맵을 제공할 수 있게 하였다. 상단 왼쪽에는 마우스 등의 사용자 입력장치의 3차원 좌표를 사용자 좌표계를 기준으로 표시할 수 있도록 하였으며, 산사태와 관련한 정보는 사용자 입력장치의 클릭 이벤트를 통해 상세정보를 제공받을 수 있도록 구현하였다.

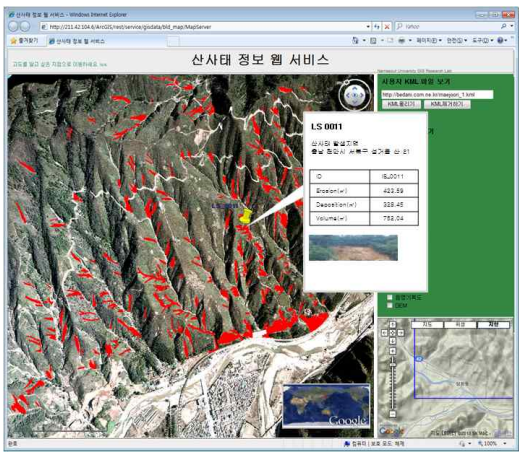

그림 8. 웹 서비스 프로그램

5.3 산사태 분석과 서비스

5.3.1 산사태 및 지형정보의 분석

응용프로그램을 통해 연구지역을 대상으로 구축한 DEM(LiDAR)을 이용하여 그림 9에서와 같이 경사, 주향, 음영기복, 경사모양과 같은 산사태 발생에 영향을 미치는 지형정보를 분석할 수 있다. 또한 2개의 DEM(LiDAR, 수치지도)를 이용하여 산사태와 같은 토사이동에 의한 지형의 변화추이를 분석할 수 있다.

변화추이분석에 사용하는 DEM은 산사태 발생이전과 이후에 취득한 LiDAR 자료를 이용하여야 하나 이 연구에서는 산사태 발생이후 자료는 LiDAR 자료를 이용하고, 발생이전 자료는 취득이 용이하지 않아 수치지도를 이용하였다. 상이한 타입의 원자료에 의한 문제를 보완하고자 산사태 발생직후에 촬영한 칼라항공사진을 통해 산사태 발생지역 추출에 대한 보정을 실시하였다.

응용프로그램을 이용한 산사태 및 지형정보에 대한 분석결과는 표 6과 같이 통계 처리하여 보다 상세한 관련정보를 제공할 수 있었다.

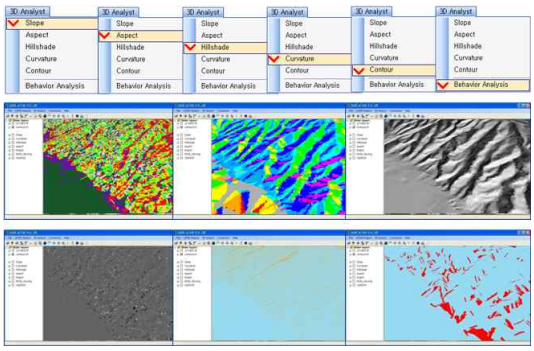

그림 9. 산사태 및 지형정보의 분석

표 6. 산사태 및 지형정보 분석결과

항 목	내 용
토사이동 발생위치	224개소
토사이동 발생면적	211,953㎡ (1개소 평균 946.22㎡)
경사(mean)	28.04 degree
고도(mean)	146.53m
주향(mean)	165.43(남동방향)
Curvature(mean)	-0.60(moderate relief)

그림 10. 웹 서비스 프로그램의 예시화면

5.3.2 산사태 및 지형정보의 서비스

일반 사용자를 위한 3차원 기반의 웹 서비스 프로그램은 기존의 상업용 프로그램을 대신하여 Open API를 활용하여 개발하였으며, 산사태 발생지역에서의 토사이동 발생위치, 토사이동 발생면적, 경사, 고도, 주향, 경사모양과 같은 기본적인 정보와 음영기복도, DEM, 칼라영상 등의 정보를 3차원 기반으로 사용자에게 효과적으로 전달할 수 있다.

6. 결론

2D 기반의 산사태 지역정보 서비스를 실세계의 공간 및 영상 등 다양한 정보를 기반으로 한 3차원 기반의 산사태 지역정보 서비스를 위한 데이터 모델과 산사태 및 관련 공간정보를 관리하고 서비스할 수 있는 프로그램을 개발하기 위해 연구를 진행하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

가. 개발된 데이터 모델과 응용프로그램을 통해 3차원 기반의 산사태 정보 및 관련 공간정보를 분석하고 활용할 수 있는 체계가 마련되었으며, LiDAR 정보 등을 이용한 산사태 지역정보을 웹으로 서비스할 수 있는 기술을 구현하여 산사태 관리 및 서비스를 위한 핵심요소기술로서 제공될 것으로 판단된다.

나. 산사태 지역정보 관리와 서비스를 위한 프로그램을 구현하여 제공함으로써 산사태 관리 업무에 보다 간편하고 적절하게 적용하여 관련업무 수행을 위한 직관적인 의사결정 수단으로 이용될 수 있을 것으로 판단된다. 또한 추후 시계열 LiDAR 데이터를 확보하였을 경우, 관련 데이터를 이용하여 산사태 발생에 대한 모니터링, 산사태 발생에 대한 거동 예측 등과 같은 다양한 업무 및 활용분야에 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

다. 개발된 산사태 관리기술을 기초로 기존의 산사태 발생지역을 관리하여 사전에 재해를 방지할 수 있으며 그로 인해 산사태 관리를 위한 인적, 경제적 비용의 감소를 가져올 수 있을 것이며 최종적으로는 사회 안정화를 가져와 전반적인 사회 경제적인 이익을 가져올 것으로 판단된다.

라. 3차원 시각화 서브프로그램의 구현은 전체 산사태 관리시스템 속에서 반드시 필요한 기술로서, 산사태 관리 메인 프로그램에서의 3차원 시각화 서브프로그램과 타 과제와의 연계지원 기술을 개발하여 타 관련분야에서 이용되리라 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 지역기술혁신 사업(강원권역)의 연구비지원(05지역특성 B02-01)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 김동문(2009), 산림지역 항공 LiDAR 데이터 처리를 위한 필터링 연구, 한국지형공간정보학회 춘계학술대회, 2009년 4월.
2. 김동문(2008), 유역경계 추출을 위한 DEM별 전처리 방법과 격자크기 분석, 한국측량학회지, 제26권 제1호, pp.41-50.
3. 김동문, 김의명(2009), 지오브라우저를 이용한 지적정보의 서비스 방안, 한국지적학회지, 제25권 제2호, pp.157-172.
4. 김성학, 최승필, 양인태(2008), 지상 LiDAR 자료를 이용한 모형사면의 모니터링, 한국지형공간정보학회지, 제16권 제4호, pp.17-23.
5. 박재국, 이상윤, 양인태, 김동문(2010), 지상라이다 자료를 이용한 자연사면의 변위 모니터링, 대한토목학회논문집, 제30권 제2D호, pp.191-198.

6. 시종익, 권형진, 하수욱(2003), 3차원 GIS 동향 분석, 한국전산원, 연구보고서.
7. Aleotti, P and Chowdhury, R. (1999) Landslide hazard assessment: summary review and new perspectives. Bull. Eng. Geol. Env. 58, pp.21-44.
8. Brand, E.W. (1988) Landslide Risk Assessment in Hong Kong. Proc. Fifth Int. Symp.on landslides, Vol. 2, pp.1059-1074.
9. DongMoon Kim, JaeKook Park, InTae Yang(2010), Application Development for Processing and Service of LiDAR Data, The 12th International Symposium of Geospatial Information Science and Urban Planning(GISUP2010, International), pp.18-22.
10. JaeKook Park, DongMoon Kim, InTae Yang(2010), A Study on the Use of Open API Map Service and Flex Technology for Hazard Map Service, The 12th International Symposium of Geospatial Information Science and Urban Planning(GISUP2010, International), pp.29-38.