

Web GIS를 이용한 재해 정보 제공에 관한 연구 Research on the Sharing of Disaster Information Using Web GIS Technology

김동문¹⁾ · 양인태²⁾

Kim, Dong Moon · Yang, In Tae

Abstract

Lately, much researches for information management of web GIS base are gone. Specially, disaster Information Management System development of Web-Based for management and offer of disaster information such as flood or earthquake is necessarily necessary for prevention and countermeasure about disaster, disaster information acquisition of interest area. Spatial DB access for plan/analysis/management business of this system should be possible and must become display of disaster information and disaster mapmaking through internet for disaster prevention but research of web GIS base about this field is childhood yet. This research executed research for disaster information offer using HTML and Javascript and ESRI's ArcIMS that is development tools of web GIS. And this research could search disaster information of interest area through various kinds function and offer in display through user selection. Also, topography of interest area could confirm through third dimension topography model who use VRML. And this research could supply disaster information of Chuncheon city using various function through system of Web-Based.

요 지

최근에 웹 GIS 기반의 정보관리를 위한 많은 연구들이 진행되고 있다. 특히, 홍수나 지진과 같은 재해관련 정보의 관리와 제공을 위한 웹 기반의 재해 정보관리시스템 개발은 주민들의 재해에 대한 예방과 대책, 관심지역에 대한 재해정보 취득의 욕구 충족을 위해 반드시 필요하다. 이러한 시스템은 재해 예방을 위한 계획, 분석과 관리 업무를 위한 폭넓은 공간DB 접근이 가능해야 하며, 인터넷을 통해 재해 정보의 시각화와 수요자에 대한 자료 제공을 위한 재해 현황도 작성이 가능해야 하나, 아직 이러한 분야에 대한 웹 GIS 기반의 연구는 초기 단계이다. 그래서 이 연구에서는 웹 GIS의 개발도구로 HTML, 자바스크립트와 ESRI의 ArcIMS를 이용하여 재해 정보 제공을 위한 연구를 실시하였으며, 춘천시의 재해 정보를 웹 기반의 시스템을 통해 다양한 기능을 통해 제공할 수 있었다. 구현한 기능을 통해 관심지역의 재해정보를 검색과 화면에서 사용자 선택을 통해 제공할 수 있었으며, 관심지역의 지형을 VRML을 이용한 3차원 지형모델을 통해 확인할 수 있었다.

핵심용어(Keywords) : 재해정보(Disaster Information), 인터넷(Internet), GIS, VRML

1. 서 론

최근의 예상 못한 각종 재해로 인해 재해에 대한 인식을 새롭게 하고 있다. 그러나 재해의 특성상 그 발생에 대한 예측이 어려워 재해예방업무에 매우 큰 어려움을 겪고 있는 실정이다. 뿐만 아니라 재해 발생지에 대한 관리도 피해 복구로 인해 2차적인 문제로 남게 되었다. 그러나 추후

의 자연재해에 따른 피해를 최소화하기 위해서는 기존의 피해에 대한 분석과 그 양상을 파악하기 위한 노력을 기울여야 한다. 그렇기에 피해 발생지의 특성 파악이 선행되어야 한다. 현대는 인터넷과 GIS의 등장으로 인해 다양한 수요를 가진 사용자가 필요로 하는 정보제공자로서, 때로는 업무의 도구로서 사용되게 되었고, 더 나아가 증가하는 자료의 양이나 복잡해지는 업무를 인터넷이라는 분산 환

1) 정회원 · 남서울대학교 산업환경시스템공학부 겸임교수(E-mail:david3886@hotmail.com)

2) 정회원 · 강원대학교 토목공학과 교수(E-mail:Intae@cc.kangwon.ac.kr)

경을 통해 관리해주는 솔루션으로서 자리매김을 해나가고 있다. 현재 우리나라에서 발생하는 재해의 대부분을 차지하는 홍수는 산사태나 낙석과 같은 2차 피해를 동반하고 있다. 그러므로 직접적인 피해의 원인인 산사태 피해등에 대한 특성 자료의 관리와 함께 재해지역주변의 주민들에게 필요한 정보를 쉽게 제공할 수 있어야 한다. 재해 정보도 기존의 문서 위주의 관리보다는 인터넷을 통해 자료관리가 이루어져야 한다. 특히 재해 정보를 시민들에게 제공하며 관공서간의 정보 교환 및 필요시엔 분석과 처리가 가능한 시스템이 필요한 것이다. 국내에서는 인터넷 GIS를 이용한 도시생활정보시스템의 구축이나 대학시설물시스템에 대한 구축을 시도한 연구 사례가 있다(안기원, 2000 ; 유환희, 2000). 국외에서도 최근 지방자치단체별로 웹 기반의 GIS를 통해 산사태에 대한 정보관리와 낙석관리 시스템을 구축한 사례가 있으며(Brett Rose, 2002 ; Rose, 2000 ; Royster, 2000) 이러한 웹 GIS 기반의 재해정보제공에 관련된 기초 연구들이다. 즉, 웹 GIS 기반으로 재해정보를 취득, DB 구축, 분석, 3차원 자료제공과 관련된 시스템을 통해 수요자에게 폭넓은 자료를 제공할 수 있어야 하나, 현재에는 자료 취득과 구축, 2차원 자료 제공을 위주로 한 연구들이다. 향후에는 재해정보의 분석과 3차원 자료의 제공에 대한 방안이 연구되어야 할 것이다.

그래서 이 연구에서는 구축한 재해 정보를 인터넷을 통해 제공할 수 있는 방안을 위해 Web GIS의 현황과 특징은 물론 최근 인터넷상에서 분산 시스템 방식의 GIS 어플리케이션 개발을 위해 각광을 받고 있는 자바스크립트의 적용성을 살펴보고, 또한 적용하고자 하는 분야인 재해정보의 간단한 리뷰를 통해 그 필요성과 적용분야를 도출하고, 이를 구현하기 위해 ESRI의 ArcIMS와 자바 스크립트, HTML을 통해 재해관련 GIS 공간자료와 속성자료를 관리할 수 있는 방안을 연구하고자 하였다.

2. Web GIS와 재해

현재의 전산 환경은 네트워크 환경을 기초로 시스템간의 상호 작업을 통해 서로의 자료를 공유하며 필요한 정보에 대해서는 공유를 시도하고 있다. 또한 기존의 중앙집중식 시스템에서 네트워크 환경의 WWW(World Wide Web)와 같은 인터넷에서의 분산 시스템 방식으로 작업 그룹이 팽창하고 있다. 인터넷상에서 GIS의 다양한 기능을 제공하기 위해서는 데이터를 교환은 물론 웹 브라우저를 통해

GIS 소프트웨어가 제공하던 기능들을 수행할 수 있어야 한다.

2.1 자바 스크립트와 GIS 어플리케이션

Web GIS는 분산 시스템으로서 클라이언트/서버 개념을 사용한다. Web GIS는 벡터와 래스터를 처리할 수 있는 클라이언트를 개발하고 이를 웹상에 적용하여 진정한 대화형 시스템을 구현한다. 분산 환경에서 어플리케이션을 손쉽게 작성할 수 있는 도구로 자바 스크립트가 부각을 나타내고 있다. 자바 스크립트는 스크립트 언어이다. HTML 처럼 메모장이나 텍스트 에디터로 편집하여 HTML 문서 내에 삽입된 형태로 저장을 하면 사용자(클라이언트)의 PC에 있는 웹 브라우저에서 스크립트를 해석하여 화면에 결과를 보여준다. 자바스크립트는 객체형 스크립트 언어로서 프로그램을 HTML 문서 안에 직접 넣을 수 있다. 자바 스크립트는 항상 클라이언트의 컴퓨터에서만 실행되기 때문에 서버와 네트워크를 통한 데이터를 주고받을 필요 없이 원하는 작업을 프로그램으로 처리할 수 있다.

이러한 장점이 가능한 Web GIS Tool은 인터넷을 통한 지리정보의 배포와 데이터의 실시간 통합이 가능한 일반적인 플랫폼을 제공한다. 사용자들은 Web GIS Tool을 이용하여 의사결정에 필요한 더 많은 정보를 WWW(World Wide Web)을 통해 접근하며, 데이터의 교환, 통합, 분석의 새로운 방향을 제시하고, 사용자들은 질의, 분석, 표현을 위한 로컬데이터를 인터넷을 통하여 얻을 수 있는 다른 데이터 정보들과 결합할 수 있다.

Web GIS Tool은 웹 사용 가능한 GIS 데이터와 서비스의 교환을 위한 플랫폼으로 구성된다. 단순한 인터넷 맵핑 뿐만 아니라 인터넷을 이용한 GIS 솔루션의 배포를 위한

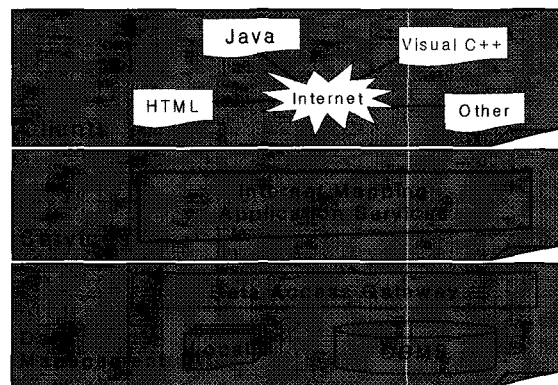


그림 1. Web GIS Tool들의 일반적인 Architecture

구조체이고, 편집 기술 측면에서 다양한 범위에서 GIS의 클라이언트들을 지원한다. 또한 서비스 기술 측면에서도 Web GIS는 서버 중심의 GIS 기술들을 다양한 범주에서 지원하며 데이터 통합이 가능해야 한다.

2.2 재해

우리나라에서 발생하는 대부분의 자연재해는 기상재해이다. 또한 기상재해는 홍수를 의미한다고도 할 수 있다. 이러한 홍수는 대단위의 침수와 함께 산사태나 낙석 등을 동반하게 된다. 이중 홍수나 호우에 의한 피해는 지진과 마찬가지로 그 발생시기를 예측하기가 매우 어려운 재해이다. 이외에도 산불, 방사능 오염 등의 재해가 있다(양인태, 2001).

이 연구에서는 재해 중에 기상재해에 해당하는 수해로 인한 침수피해와 그로 인한 고립과 지질재해에 해당하는 지진에 국한하기로 한다.

재해 중 기상재해와 지질지해 발생에 영향을 끼치는 요인은 지형, 암질, 토질, 지질구조, 식생, 강우, 지하수, 침식, 지진 같은 자연 환경적 요인이 있다. 재해 발생요인 중 가장 중요한 것의 하나는 강우이다. 강우는 사면토괴의 단위 체적당 중량을 증가시키고 붕괴면에서의 저항력을 감소시킴으로써, 특히 집중 호우시 산사태와 같은 재해를 발생시킨다(황석훈, 2002).

이와 같은 재해정보를 구축하기 위해서는 자연 환경적 요인인 지형, 하천, 지질, 토양, 식생등의 도면정보와 강우 정보가 필요하며, 재해지역에 대한 행정 정보인 행정경계도와 행정구역내의 기간시설의 위치와 정보인 도로망, 교량 위치등이 필요하다. 또한 재해발생의 종류별로 구분하여 홍수로 인한 침수지역위치와 홍수로 인한 고립지역, 지진발생지역등의 정보가 필요하다.

현재 재해에 대한 관리와 위험도 판정 및 예측을 위해 다양한 연구가 진행되고 있다. 재해가 발생한 지역의 현장 조사 자료와 제반 자료들을 GIS를 이용하여 데이터베이스로 구축하게 되면 해당 사면의 위험사면에 대한 조사 및 평가방법에 많은 이익을 가져오게 된다. 또한 현장 자료를 이용하여 위험성 평가 및 조사 우선순위 선정 등을 할 수 있다. 일본에서는 이미 재해로부터 재해주변지의 시설물에 대한 방재관리시스템을 구성하여 운용하고 있으며, 이를 이용하여 일반시민에게 해당 자료를 실시간으로 제공하고자 노력하고 있다.

이 연구에서도 대단위 피해의 원인인 재해정보를 재해관리기관은 물론 일반시민에게 제공하여 재해의 현황을

파악하며, 이에 대한 추가적인 피해를 사전에 예방하기 위해 다음과 같은 DB를 구축하였다.

3. DB 구축

Web GIS 기반의 재해정보체계를 구축하기 위해 ① 전반적인 업무분석 및 기본설계, ② 대상지역선정, ③ DB Schema 디자인, ④ 시스템 구성과 프로그래밍, ⑤ 구현의 단계를 거쳤다.

3.1 대상지역

대상지역은 강원도 지역을 중심으로 설정하였다. 강원도는 한반도 중앙부의 동측에 태백산맥을 중심으로 영동과 영서로 크게 구분되어 있다. 위도 상으로는 북위 37도 02분에서 38도 37분에 걸치고, 경도 상으로는 동경 127도 05분에서 129도 22분에 걸쳐있다. 산지가 많은 강원도의 고도별 면적은 표고 100m이하의 저지대가 946.2km²로서 전 면적의 5.6%이고 표고 100m이상 500m이하가 7,773km²로서 46%를 차지하며 500m이상 1,000m이하의 산간지대가 8178.8km²를 차지하고 있다. 이러한 지형학적 원인으로 강원도는 각종 재해에 매우 민감하여 매해 커다란 피해를 입고 있다.

3.2 구축 데이터

지방자치단체에서 보유하고 있는 기존의 재해 발생현황(홍수로 인한 침수지역, 홍수등의 원인으로 인한 고립지역, 지진발생 위치)과 해당 지역의 지형(DEM, 주향, 경사, 곡률), 지질, 토양, 임상, 토지이용, 행정경계, 도로망, 하천망, 교량 위치 등의 데이터베이스를 구축하였다. 이때 재해정보는 도면정보와 대장정보를 기초로 하여 구축하였으며, 기본 지형자료는 1/25,000 수치지도를 이용하여 등고선 레이어들을 추출하여 DEM을 생성하였으며 또한, 1/25,000 토양도, 임상도를 폴리곤 위상으로 수치화 하였으며, 1/50,000의 지질도와 토지이용 현황도를 폴리곤 위상으로 수치화 하였다. 이때 각 지리정보는 위상관계를 기반으로 도형과 속성자료에 대하여 구축하였다.

이와 함께 강원도의 도로망(line)과 하천망(line), 행정경계(polygon), 교량 위치(point) 등의 도형과 속성에 대하여 그 현황을 구축하였다. 구축한 GIS 자료의 포맷은 shpae 파일과 coverage, DXF 파일이다.

구축한 DB는 범위에 따라서 강원도 전체범위와 춘천시에 국한한 자료로 나눌 수 있다. 춘천시를 포함한 강원도

전체범위에 대해서는 기존의 산사태 현황, 침수발생 현황, 지진발생 현황, 도로망, 하천망, 행정경계, 교량 위치 등의 자료를 구축하였으며, 춘천시에 대해서는 지형, 지질, 토양, 임상, 토지이용을 강원도 전체범위에 대한 자료에 추가하였다.

4. 시스템 구성 및 구현

4.1 시스템 구성

시스템은 인터넷과 사용자의 환경을 위해 Windows 2000을 운영체제로 선택하였으며, 웹 맵 서비스를 제공하기 위한 ArcIMS, Map을 서비스하기 위한 웹 서버로 IIS 4.0을 Servlet 엔진과 연동하였다. Servlet은 웹 서버와 함께 구동될 웹 서버 미들웨어 엔진인 Servlet 엔진이 필요하다. 이 Servlet 엔진은 웹 클라이언트의 요청을 전달 받은 웹 서버와 서버간의 연결을 위한 커넥터가 구동하기 위한 기본 환경이다. 또한 Servlet이 정상 구동하기 위해 자바 2 Runtime Environment(JRE) 1.3.1을 자바 가상머신으로 사용하였다. ArcIMS의 주요 컴포넌트들은 자바 어플리케이션 형태이기 때문에 자바 구동환경을 위해 JRE의 설치는 필수적이다.

사용자 인터페이스 구성 즉, 커스터마이징에는 Markup 언어와 프로그래밍 언어를 이용하였다. Web 페이지와 Arc Extensible Markup Language을 표현하는 브라우저에 이용하는 HTML은 HTTP를 통해 서버와 클라이언트간의 메시지 전달에 이용하였다. 자바스크립트 언어는 HTML 페이지를 동적으로 만들거나 서버에 Request를 보낼 때 이용하였다.

4.2 Frame 구성

Frame Layout은 사용할 브라우저에 의존적이라고 할 수 있다. 인터넷 Explorer에서 HTML 뷰어를 이용하여 기본적인 Layout을 만들 수 있다.

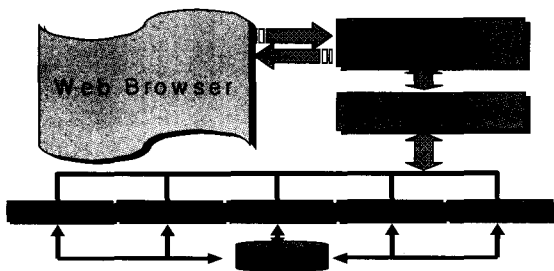


그림 2. Request/Response 개념

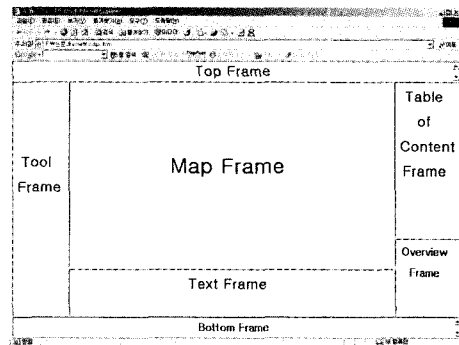


그림 3. Frame Layout

그림 3은 Custom 뷰어로 사용할 HTML 뷰어 Layout으로 만들어졌다. 이 프레임은 ArcIMS-HTML 뷰어로 사용할 기본적인 Layout이다.

맵 프레임은 맵 서비스 상의 지도를 표현하는데 이용하는 프레임이며, 도구 프레임은 Display Tool, Query Tool, Identify Tool등이 위치하게 될 품이며, Overview 프레임은 VRML을 사용하여 VRML 전용 Player인 COSMO를 이용한 Map의 3차원 지형을 표시할 품이다. Text Frame은 Query Tool, Identify Tool 등의 결과를 표시할 Form이다.

4.3 구현

본 어플리케이션에서는 자바 스크립트와 HTML을 사용하여 ArcIMS의 기본적인 기능들을 웹 브라우저를 통해 다음과 같이 구현하였다. 기존의 재해 현황이나 재해 예상 지역에 대한 속성정보조회 및 검색기능(Query, Identify)과 Interested Area 확대/축소/이동기능(Zoom In, Zoom Out, Pan), VRML을 이용한 3차원 지형모델 View 기능, 부가적으로 화면상에서 두 점간의 거리 측정 기능 등이다. 그림 4는 어플리케이션의 초기화면이다.

그림 5는 제공한 Map의 Layer들이다. 이 Map Layer의 항목에는 재해지역의 행정적인 범위에 대한 지형정보인 행정경계도(Boundary), 도로망도(Road), 하천망도(Stream), 교량위치도(Bridge), 시설물도(House)등과 재해정보인 홍수침수지역도(Flood), 지진위치도(Earthquake), 홍수로 인한 고립위치도(Isolation)등이며 추가적으로 재해지역의 특성정보인 지질도(Geology), 토지이용도(Landuse), 토양도(Soil), 임상도(Tree)등에 대한 정보가 포함되어 있다.

이와 같은 정보는 브라우저 상에서 사용자의 선택에 의해 표현될 수 있으며, 관심지역에 대한 확대, 축소, 이동 등이 가능하다. 또한 화면상의 특정 대상에 상세 정보를

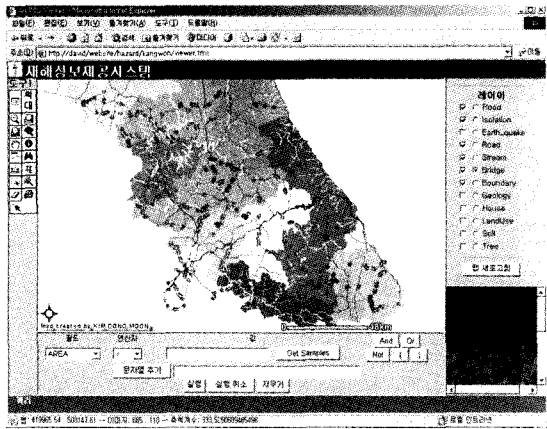


그림 4. 어플리케이션 초기화면

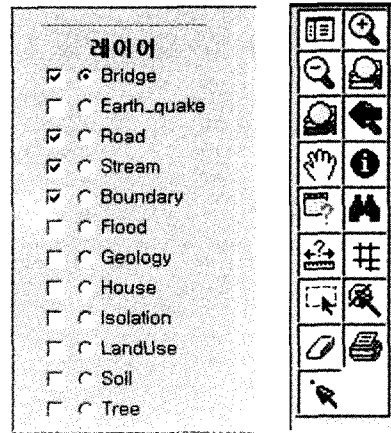


그림 5. Map Layer List와 도구모음

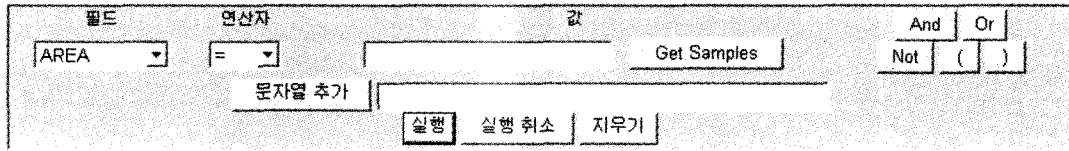


그림 6. Query 화면

Interactive 방식에 의해 검색할 수 있다. 또한 질의에 의한 계산을 통해 해당하는 정보를 검색하며, 검색된 항목들의 리스트 중에서 관심 항목을 선택하여 화면상에서 확대하여 확인할 수 있다. 그림 6은 질의를 할 수 있는 화면이다.

이 외에도 개체의 선택과 해제 찾기 기능은 물론 특정 위치에서의 버퍼를 실시할 수 있으며, 관심지역에 대한 지형을 확인하고 싶을 경우에는 그림 7과 같은 3차원 지형모델 뷰어를 통해 확인할 수 있다.



그림 7. 3차원 지형모델 Viewer 화면

이와 같은 기본 기능들을 통해 정보의 다양한 중첩과 검색결과를 통해 제공할 수 있는 정보의 형태를 다음의 그림 8에서 16에 나타냈다.

다음의 그림은 브라우저를 통해 Map Layer들을 보여주고, 연구지역에서의 홍수현황, 홍수나 태풍으로 인한 고립지역 현황등의 재해정보에서 필수적인 정보는 물론 최근 피해의 심각성과 그 피해 파악이 매우 중요하여 재해분야에서 두각을 나타내고 있는 지진에 대한 정보를 확인할 수 있는 기능을 웹 브라우저를 통해 구현하고 있다.

최근 빈번히 발생하고 있는 홍수나 태풍등의 재해로부터 막대한 피해를 입고 있는 상황에서 지자체나 일반 시민에게 재해등의 중요 정보를 손쉽게 제공할 수 있는 기초라 할 수 있다.

그림 8의 예를 통해 관심지역의 재해정보를 확인할 수 있다. 특히, 재해정보를 시설물이나 지질, 임상등의 특성정보와 중첩하여 그 피해특성을 살펴 볼 수도 있다.

그림 10과 그림 11, 12, 13은 홍수, 고립, 지진등의 재해정보와 특성정보인 토양, 토지이용, 시설물, 지질등을 중첩한 결과이다. 그림 11과 마찬가지로 재해로 인한 피해특성과 상관성등을 확인해 볼 수 있는 예가 될 것이며, 더 나아가 피해 분석을 위한 기초자료로도 사용 가능함을 알 수 있다.

재해위치와 특정 시설물간의 거리를 화면상에서 측정하

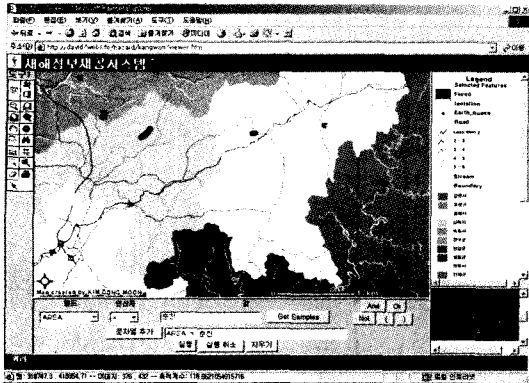


그림 8. Interested Area의 재해정보 현황 (홍수, 고립, 지진정보검색 결과)

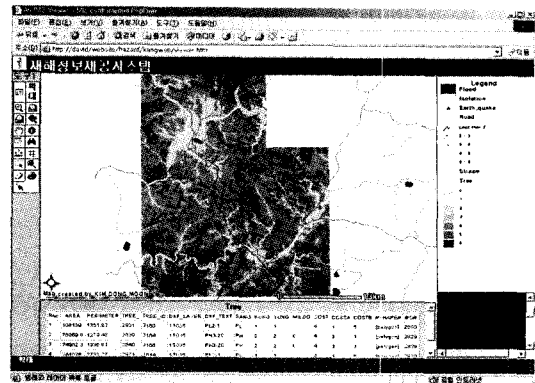


그림 9. 춘천시의 임상정보와 재해정보 중첩결과 (홍수, 고립, 지진정보)

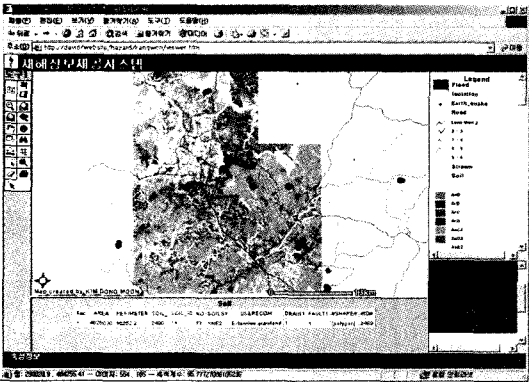


그림 10. 춘천시의 토양정보와 재해정보 중첩결과 (홍수, 고립, 지진정보)

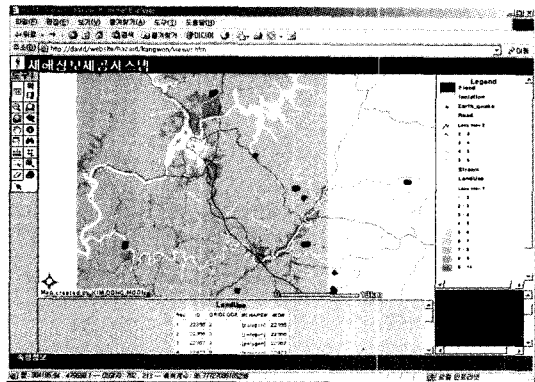


그림 11. 춘천시의 토지이용현황과 재해정보 중첩결과 (홍수, 고립, 지진정보)

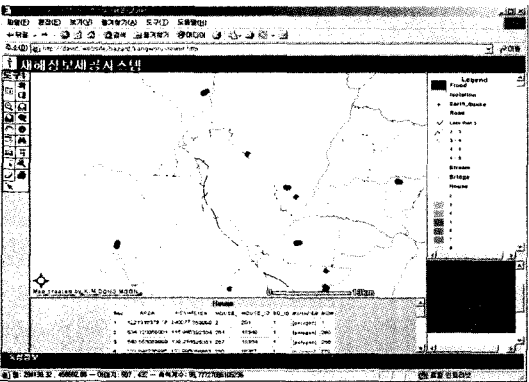


그림 12. 춘천시의 시설물과 재해정보 중첩결과 (홍수, 고립, 지진정보)

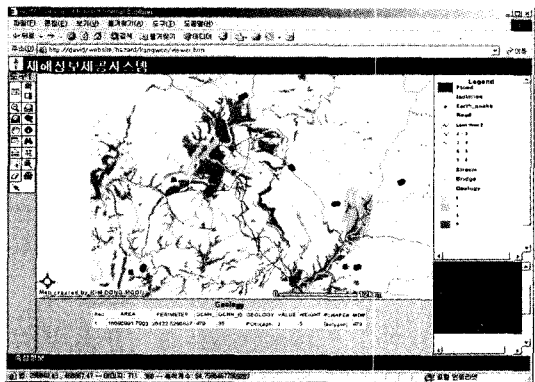


그림 13. 춘천시의 지질도와 재해정보 중첩결과 (홍수, 고립, 지진정보)

는 것은 간단한 기능이지만 이는 정보 사용자에게 매우 유용한 기능중의 하나일 것이다. 그림 16은 두 점 또는 대상 간의 거리를 측정하여 화면 상단에 보여주고 있는 그림이

다. 또한 다중 선택 요소의 정보를 리스트화 하여 하단에 해당 속성정보를 보여주고 있다.

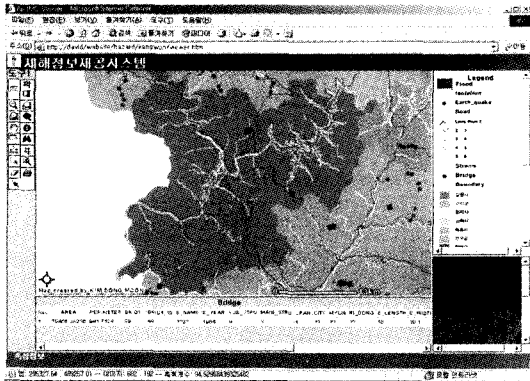


그림 14. Interested Area에서의 재해정보와 하천과 도로/교량의 현황

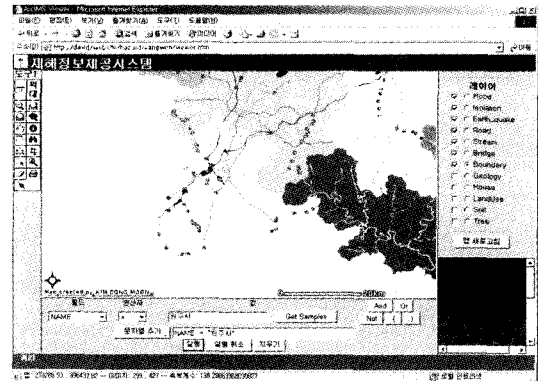


그림 15. Query를 통해 찾은 원주시의 재해정보 현황

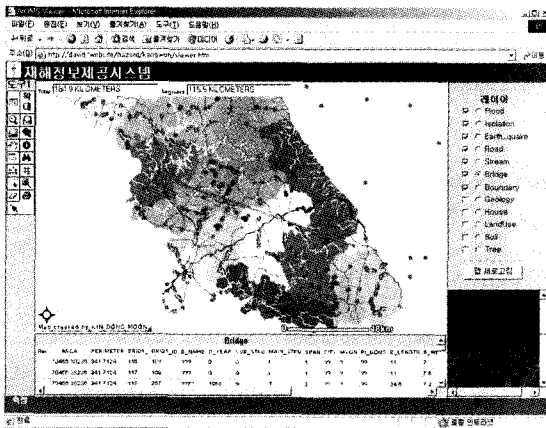


그림 16. 두 점간의 거리 측정과 다중 선택 요소의 정보 표현

5. 결 론

이 연구에서는 인터넷상에서 산사태 정보를 제공하기 위해 Web GIS Tool인 ArcIMS와 개발언어를 이용한 재해 정보 제공 방안을 연구하였으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. ArcIMS와 HTML, 자바스크립트를 이용하여 재해정보제공 어플리케이션을 구현하였으며, 이를 웹 서버로 이용하여 인터넷상에서 재해정보를 질의/검색/찾기 등의 기능을 통해 실시간으로 제공할 수 있었다.
2. 재해발생요인을 통해 자연환경정보, 공간범위 정보, 시설정보, 재해발생정보 등을 선정할 수 있었으며, 이에 대한 정보를 구축하여 행정기관과 일반시민이 활용할 수 있는 다양한 정보를 제공할 수 있었으나, 재해정보의 구축을 위한 DB Schema의 표준이 존재하지 않으므로 일관된 정

보의 제공이 이루어지지 않았다. 그러므로 DB Schema 설계를 위한 연구와 함께 그 결과가 제시되어야 할 것이다.

3. 재해정보의 취득은 복잡한 사회생활에 효율적으로 대처할 수 있게 할 것이다. 따라서 이 어플리케이션은 사용자에게 재해정보에 보다 손쉽게 접근할 수 있게 할 수 있으나, 아직 GPS등을 이용한 실시간 구축 재해정보를 제공하지 못하므로 향후 이에 대한 연구와 함께 GPS 정확도에 대한 연구가 병행된다면 재해지역내의 주민과 차량 운전자가 해당 지역의 재해정보를 통해 2차 재해로부터 안전할 수 있는 기반이 될 것으로 기대한다.

참고문헌

- 안기원(2000), 인터넷 GIS를 이용한 대학 시설물관리시스템 구축에 관한 연구, 한국측량학회지, 제 18권 4호, pp. 415-421
- 양인태(2001), GIS와 AHP법을 이용한 산사태 유발인자 분석, 한국측량학회지, 제 19권 3호, pp. 273-281
- 양인태(2001), GIS를 이용한 지진시의 액상화 가능지구 분석, 한국측량학회지, 제 19권 1호, pp. 67-75
- 유환희(2000), 인터넷 GIS를 이용한 도시생활정보시스템 구축, 한국측량학회지, 제 18권 4호, pp. 351-357.
- 황석훈(2002), GIS를 이용한 산사태 지역의 분석 및 위험도 작성, 공학석사 학위논문, 강원대학교 대학원.
- Brett Rose(2002), *Web-Based GIS Landslide Inventory*, CE World: ASCE's First Virtual World Congress for Civil Engineering.
- Rose, B.(2000), *GIS Landslide Inventory Along Tennessee Highways*, Master of Science Thesis, University of Tennessee, Knoxville.
- Royster, D.L.(2000), Highway Landslide Problems Along the Cumberland Plateau in Tennessee, *Bulletin of the Association of Engineering Geologist*, Vol. 10, No. 4, pp. 255-287.

(2003년 3월 7일 원고접수)