

개방환경에서 지형정보의 웹지도화 방법과 적용에 관한 연구

김 남 신*

A Study on the Web Mapping Method and Application of the Topographic Information in an Open Environment

Nam Shin Kim*

요약: 본 연구는 개방환경에서 지형정보 웹지도화를 통한 활용가능성에 대한 검토·분석이다. 웹지형도는 기존 지형도의 기능을 수행하면서 동적인 지형정보 활용을 위한 기능과 분석, 시각화에 초점을 두고자 하였다. 웹지형정보도의 주요 기능 구현으로는 공간검색, 확대 축소, 이동, 토지이용 정보, 사용자정의 3차원 표현, 지형단면 및 고도분석, 거리분석, 지역간 경로안내, 지역검색, 필드정보, 지역 영상정보 등이다. 이러한 기능을 수행하기 위해 SVG, MYSQL, PHP, XML을 사용하였다. 공간정보는 SVG를 이용하여 표현되도록 하였다. SVG는 소스가 개방되어 누구나 쉽게 사용할 수 있을 뿐만 아니라, 웹언어를 통한 데이터베이스 연동, 지도학적 표현이 효과적이다. 본 연구에서 중점을 두어 개발한 기능은 사용자 정의 3차원지도, 지형단면도, 최단경로 분석이다. 3차원지도는 수치고도모델을 제작하여 고도에 따른 픽셀에 불투명도 값을 부여하여 태양빛에 따라 입체영상이 표현되도록 하였다. 지형단면분석은 사용자가 범위를 지정하면 수치고도모델의 고도값을 데이터베이스에서 가져와 지형단면도와 통계정보가 나타나도록 하였다. 지역간 최단경로는 다익스트라 알고리즘을 적용하여 개발하였다. 앞으로 WebGIS는 정보전달 보다는 사용자 제공 지리정보(WebGIS 2.0) 확산에 더 기여할 것으로 예상된다. 이를 위하여 보다 많은 WebGIS 에 대한 연구개발이 요구된다.

주요어: 개방환경, 지형정보, 웹지도화, 사용자 조작 3차원도, SVG, 최단경로

Abstract: This study aims to investigate a possibility of using topographic information by web mapping in open environments. Web mapping intends to focus on a map analysis and application of the function and geo-visualization. Functions of Web topographic info-map include a spatial analysis, enlargement and minimization, movement, landuse information, user-controlling 3 dimension map, landform cross-section analysis, shortest path analysis. The web system adopts SVG(scalable vector graphics), MYSQL, PHP,XML for mapping. SVG has open source policy, so everyone can use it, as well, it is effective on flexible database linkage, cartographic representation. 3D map is intended to represent 3D map by user-controlled sunshine putting pixel opacity by elevation values after making DEM. Landform is designed to show a cross-section analysis and statistics by retrieving height information from database engine with clicking two points on the map. Shortest path analysis within regions uses Dijkstra's algorithm. Near future, resultantly, the area of WebGIS will have to meet more social demands for use-created geo-information and application, so more researches are needed to be web mapping more applicable for users.

Key Words: Open environment, Topographic information, Web mapping, User control 3D map, SVG, shortest path.

1. 서론

지도는 기원전 BC 2,300년전의 바빌론 점토판지도(Babylonian clay tablets)에서부터 오늘날의 컴퓨터 지도에 이르기까지 다양한 형태와 용도로 진화해 왔다. 지도는 미적이고 과학적인 기법을 이용하여 지표를 표현하기 때문에 그 시대의 시·공간은 물론 문화와 철학을 담고 있다.

인터넷과 각종 mobile 통신이 발달하면서 지도는 과거에 비해 이용자층이 넓어지고 효용성이 커

지고 있다. WebGIS는 이용자 측면에서는 쉽기 때문에 사용방법이 어려운 GIS Software 보다 지도 제작과 공간분석 영역을 넓히고 있다.

WebGIS에서 지도는 시각적이고 동적인 상호작용을 통해 여러 사람들이 지리정보를 탐색적 검색을 하거나 분석할 수 있는 것이 큰 장점이라고 할 수 있다. 인터넷 공간에서의 지도는 사용자 층이 다양하기 때문에 활용될 수 있는 지도의 종류도 다양하게 발달하고 있다. 지도는 커뮤니케이션 중심에서 분석, 탐색 중심으로 패러다임이 변화하고

* 한국교원대학교 지리교육과 강사(Lecturer, Department of Geography Education, Korea National University of Education)(kns9027@dreamwiz.com)

있다(신정엽·홍일영, 2006; Winter, 2000). 오늘날 인터넷 지도는 일반이용자, 특정 목적 이용자 두 가지로 분류할 수 있다. 일반이용자는 단순히 지리 정보, 지역정보를 얻기 위한 사용자층으로 일반도 서비스를 많이 활용한다(도로망, 지역검색지도). 특정목적 이용자는 필요로 하는 주제별 지리정보에 대한 주제도나 공간분석 지도를 이용한다(이종용 외, 2006; 박기호·이양원, 2003; <http://gis.seoul.go.kr/index.jsp>; <http://gis.nso.go.kr/bluesumer/default.asp>; <http://www.land.go.kr>; <http://gis.ekr.or.kr/index.asp>; <http://nationalatlas.ngii.go.kr/atlas/ngiatlas/ngiatlas.html>).

인터넷 지도들이 갖추고 있는 공통적인 기능들은 공간검색, 통계, 확대·축소·이동, 면적, 거리계산, 축척, 방위 등이다. 현재 국·내외적으로 서비스 되고 있는 지도의 유형을 보면, 지역검색을 위한 지도, 위성영상지도, 통계(인구, 교육)지리정보도, 연안, 생태정보도, 지형도 및 지형정보도, 실시간 정보를 이용한 지리정보도 등이 있다. 이 중에서 가장 보급률 높은 지도는 지역정보 및 위성영상지도이며 나머지 영역은 서비스 정보의 주제에 따라 개발되었거나 개발 중에 있으나 이용 빈도가 비교적 낮은 편이다. 이는 주제에 따라 적합한 지도학적 방법과 표현 기능을 충분히 갖추지 못한데 기인한 것으로 판단된다. 우리나라의 경우, 점묘도, 선지도, 원지도, 파이지도, 단계구분도로 표현되는 통계지도는 기호, 등급, 색상 등이 기존의 아날로그 방식보다 세련되거나 정교하지 못한 부분이 지적되고 있다(김희원, 2003; 박기호·김희원, 2003; Winter and Neuman, 2000). 지형도의 경우 전자지도(수치지도)를 웹에서 직접 서비스하는 수준에 있어 지표공간의 인문지리와 자연지리 해석에 필요한 표현과 정보화에 미흡하다는 점이 지적되고 있다(Neuman, 2000;2002; Peterson, 1999; 김한수 외, 2000; 전병운 외, 2000). 실용적인 목적에서 일반도 서비스는 발달하고 있지만 주제도나 특정 사용자층을 위한 지도들에 대한 미비점을 보완하고 개선할 필요가 있다.

본 연구에서는 지형도를 대상으로 종이지형도의 형식을 유지하면서 인문·자연정보를 분석하거나 해석할 수 있는 수준에서의 지형정보 웹지도화를 통한 활용방법을 모색하고자 한다.

2. 연구방법 및 내용

1) 연구방법

불과 10년 전까지만 해도 WWW(world wide web)은 상당히 낮은 대상이었다. 그렇지만 현재는 우리 일상생활의 한 부분을 차지할 정도로 친숙해져 있다. 웹은 시·공간을 초월한 다양한 정보를 제공하기 때문에 다른 어떤 분야의 연구 역사보다도 짧지만 아주 빠르게 우리 생활속에 자리잡게 된 것이다.

웹의 발달과 더불어 GIS 분야에서도 인터넷을 통한 지리정보의 공유 문제는 많은 화두가되어 현재는 웬만한 웹사이트에서 지리정보를 검색하거나 활용할 수 있는 준비가 되어 있을 정도 있다. 그간 WebGIS가 주된 관심을 갖게 된 이유는 지리정보서핑(geo-information surfing)과 응용 프로그램없이 GIS를 이용 가능하게 하기 때문이다.

그렇지만 WebGIS를 제작하기 위해선 공간정보를 생성할 수 있는 프로그램과 웹에서 구현 가능하게 하기 위한 프로그래밍 기술이 요구된다. 이러한 측면은 WebGIS를 전문가들만이 할 수 있는 영역으로 제한시켰을 뿐만 아니라 기술지향적이고, 서버운영과 데이터 구축에 시간과 비용이 많이 요구되는 분야로 여기게 만들었다. 또한 지리정보를 공유하기 위한 contents 개발이 다양하지 못하여 WebGIS 개발에 소비된 시간과 비용에 비해 이용자의 요구수준에 부합하지 못하는 실정이다.

일반적으로 웹문서는 HTML(hypertext markup language)을 이용하여 표현된다. 그러나 웹에서 공간정보를 표현하기 위해서는 프로그래밍 언어에 의존할 수밖에 없으며, 흔히 Java applet, ActiveX, Component 등을 이용하는, 사실상 웹에서 작동하는 작은 프로그램을 만들어야만 하기 때문에 개발에 어려움이 많았다.

최근에 이러한 제약들을 극복하고 공간정보를 웹 문서화할 수 있는 방법에 대한 논의가 W3C(world wide web consortium)에서 이루지고 있다. 여기에서 제안된 SVG(scalable vector graphics)는 XML(extensible markup language)을 이용하여 그래픽을 웹상에 전송할 수 있는 텍스트기반의 문서이다(SVG specification standard: <http://www.w3.org/>

Graphics/SVG/; <http://www.carto.net/>). SVG는 웹 상에서 그래픽의 확대 축소에 따른 왜곡이 없어 지리정보 표현에 우수한 문서형태이다. 뿐만 아니라 SVG는 OGC(openGIS consortium)에서 제한된 공간정보의 저장을 위한 포맷 GML(geographic markup language)을 표현하는데 적합하다(김희원, 2003; <http://pilat.free.fr/english/index.htm>; <http://www.kartografie.nl/webcartography/webbook/contents/contents.htm>).

SVG는 2차원의 벡터 그래픽을 XML을 통해 텍스트 형태로 웹에서 전송하는 방식이다. SVG는 1998년 W3C에서 제안되었으며 2001년 9월에 SVG 1.0 Spec이 나왔다. SVG 문서의 구조는 다음과 같다(표 1, 그림 1).

SVG는 explore에 간단히 SVG를 해석할 수 있는 plug-in을 설치하면 볼 수 있다. SVG viewer는 Adobe 사에서 웹을 통해 공급되고 있다(Adobe

SVG viewer plug-in: <http://www.adobe.com/svg/>). SVG는 텍스트로 전달되어 그래픽으로 표현되기 때문에 유무선 인터넷이나 mobile에서도 충분히 사용가능하다.

SVG의 특징을 좀더 살펴보면 XML 사용하기 때문에 누구나 쉽게 문서를 작성할 수 있다. 또한 문서객체모델(DOM; document Object model)을 채택하고 있어 java script를 이용해 지리정보나 속성정보들을 조작할 수 있으며 공간 DB 엔진과 연결이 가능하다. Animation이 가능하기 때문에 시·공간지도의 구현이 가능하다. CCS(cascading style sheet)을 통해 레이어 심볼 조작이 쉽다. 또한 SVG는 소스가 공개되기 때문에 코드의 재사용성이 높고 다양한 유저들에 의해 발전할 수 있다(<http://www.carto.net/papers/svg/tuerlersee/>: 본 논문에서 template 소스를 수정보완하여 사용함). 마지막으로 SVG는 텍스트 편집기, SVG 편집기,

표 1. SVG의 구조(test.svg)

```

<?xml version="1.0" standalone="no"?> /* 문서의 형식을 XML이라고 알림

<svg width="500" height="500" viewBox="0 0 600 600"> /* SVG의 시작 및 그래픽의 좌표 범위
<g id = "rectangle" fill="red"> /* 그래픽의 시작
<rect x="100" y="100" width = "170" height="190"/> /* 그래픽 표현
</g> /* 그래픽의 끝
</svg> /* SVG의 끝
    
```

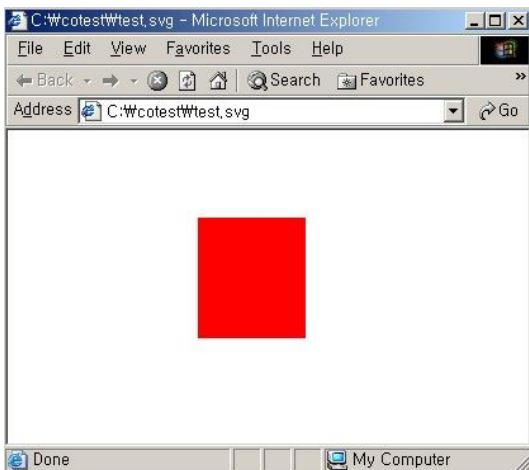


그림 1. SVG의 표현 결과

GIS data converter 등이 발달해 있어 공간데이터를 쉽게 문서화할 수 있다(SVG wiki: <http://www.protocol7.com/svg-wiki/>).

SVG를 이용하면 공간정보를 웹상에서 전송하고 표현해 주기 위한 절차에 소비되는 시간이 감소하기 때문에 정보 전달의 내용, 방법, 종류 등 질적인 측면에 비중을 높일 수 있다. 일반적인 WebGIS는 그림 2와 같은 방식으로 구성된다.

그림과 2와 같이 WebGIS에서 치중해온 부분은 웹GIS의 공간정보 전송방식, DB구축에 기술과 자원소비가 많은 것이 문제였다. 그리고 공간정보 전송방식은 각기 장·단점을 가지고 있지만 아직까지는 지속적인 연구와 개발단계에 있다고 볼 수 있다.

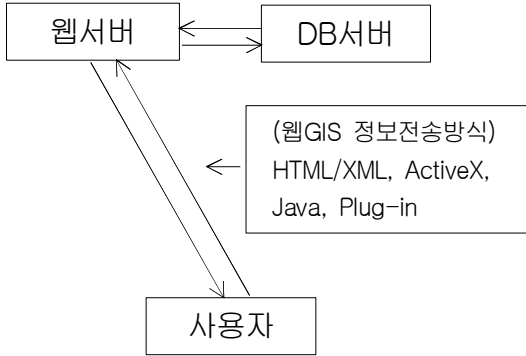


그림 2. 웹GIS의 구성

석, 필드정보 검색 등의 기능이 구현되도록 하였다.

연구절차는 그림 3과 같이 진행하였다. 수치지형도에서 추출된 레이어들은 수정과 편집을 거쳐 shapefile 형태로 저장했다. 다음 단계로 shapefile은 SVG 포맷으로 전환과정을 거쳐야 한다. SVG 변환 및 편집기로는 상용화된 Corel draw, Namo, Adobe Illustrator, Jasc WebDraw 등 많으며 공개 버전으로는 arcview shp2svg 스크립트, Xeg, Amaya 등 다양하다. 본 연구에서는 SVG 문서 전환기를 개발하여 이용하였다. 레이어 별로 전환된 텍스트 정보들은 SVG 문법 구조에 따라 그룹화시

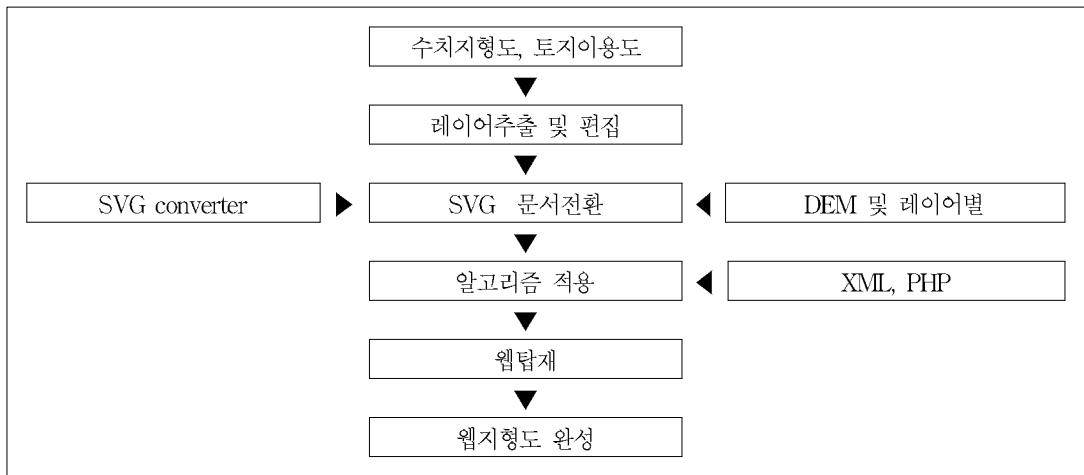


그림 3. 연구절차

2) 연구내용

지도형도는 다른 일반도나 주제도와 달리 도로, 하천, 등고선, 촌락, 도시, 논, 밭 등의 기호를 통해 지표공간의 사실적 정보를 표현할 뿐만 아니라 이들 정보의 조합과 배열에 의해 드러나는 인문·자연지리적인 현상을 유추하거나 해석할 수 있다. 따라서 지형도 웹지도화를 위해선 이와 같은 정보들이 필수적으로 포함되어야 한다.

연구를 수행 지역은 경남 남지일대의 1: 5,000 수치지형도 100 도엽을 이용하였으며, 환경부에서 발행된 토지이용도를 사용하였다. WebGIS 차원에서 지형도 지도화는 지표공간 이해의 폭을 높이기 위해 다음과 같은 기능을 추가하여 표현과 분석이 가능하도록 하였다. 검색, 확대·축소·이동, 토지이용도, 사용자 정의 3차원, 지역정보, 지역간 단거리분

커 수정과 편집 과정을 거쳤다. 즉 레이어별로 SVG의 <g> </g> 문법구조에 공간자료를 입력하였다. 속성정보들은 Java script를 이용하여 SVG의 공간정보와 연결시켜 웹상에서 공간정보의 선택이나 검색에 따라 속성정보들이 나타날 수 있게 하였다. 축척은 그리드 망으로 작성하였다. 웹에서는 사용자가 지속적으로 이동하고 확대 축소하기 때문에 일반적으로 사용하는 스케일바 보다는 지도상에 그때그때 거리와 크기 파악이 쉬운 그리드로 나타내는 것이 합리적일 수 있다.

3. 웹지형도의 구성과 웹문서화

1) 웹지형도의 구성요소

지형도는 모자이크된 실제(reality)를 기호로 추

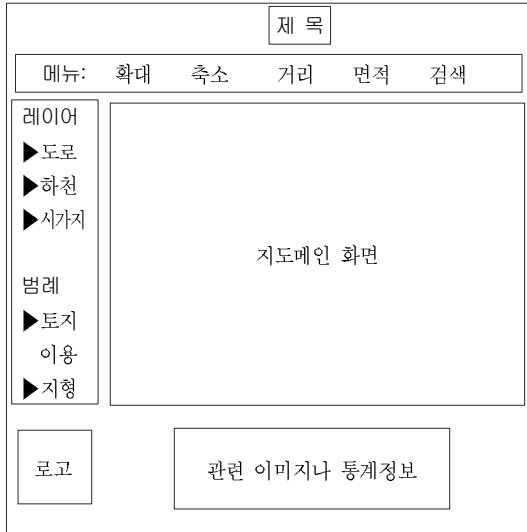


그림 4. 웹지도의 구성요소

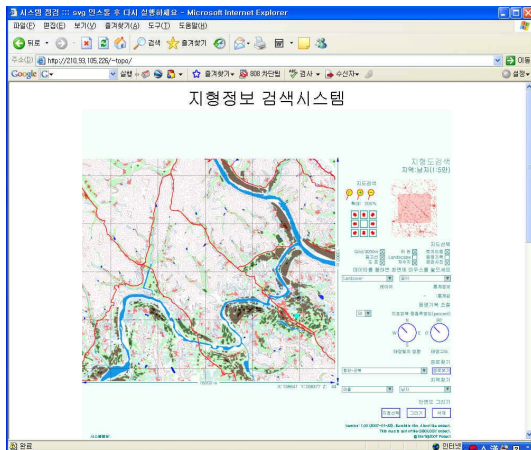


그림 5. 지형정보 시스템

상화시켜 표현한 것이다. 이를 통해 지표공간에서의 위치 뿐만 아니라 지리적인 현상들이 표현되거나 읽혀질 수 있어야 한다. 이러한 점은 지도학에서 커뮤니케이션 측면이 강조되었던 오랜 전통이라고 볼 수 있다. 즉 점, 선, 면 기호의 배열에 의한 추상화된 공간을 통해서 현실이 드러나게 하는 지표정보의 전달 매개체라고 볼 수 있다.

지리학적인 측면에서 볼 때, 지도는 지면상에 표현되는 공간요소들이 일차적으로 정보제공의 역할도 있지만 해석적인 의미도 담고 있다. 촌락, 도로, 하천, 시가지, 등고선에 의한 지형 등은 이들 기호의 배열, 조합, 밀도에 따라 인문자연 현상을 지형

도에서 읽을 수 있다.

아날로그 방식의 종이지형도는 위와 같은 요건을 충족하면 만족스런 기능을 갖추었다고 볼 수 있다. 그렇지만 웹이라는 개방환경에서는 지리적인 공간해석을 만족스럽게 하기 위해 추가적인 기능과 역할이 지형도에서 요구된다.

웹환경의 지도는 확대, 축소, 이동, 공간검색 등을 필수 요건으로 한다. 이와 같은 기능은 모든 오늘날 웹지도에서 갖추고 있는 필수 요건이다. 확대 축소 기능은 전통적인 지도의 고정된 축척 개념을 동적인 축척변동으로 확대한 것으로 볼 수 있다. 따라서 웹지도 개발에 있어 확대 축소에 따른 지리사상의 공간적 표현에 대한 일반화 알고리즘이 포함되어 있어야 한다. 이에 대하여 클라이언트 지시에 따른 일반화(on-the-demand generalization) 방법들에 다양한 논의와 연구가 수행되고 있다. 공간검색은 공간데이터베이스(spatial database)의 질의(SQL:spatial query language)를 수행하여 지역, 지명, 장소 등을 검색하는 기능이다. 이는 주로 데이터베이스 엔진에 질의를 보내고 이의 결과는 웹 지도에 표현하는 양방향 공간적 시각화(spatial geo-visualization)라고 볼 수 있다(신정엽·홍일영, 2006; 손영기·신영철, 2001).

일반적으로 웹에서의 지도의 기본 요소는 그림 4와 같은 구조를 갖는다. 그림 5는 본 연구를 위해 개발된 지형정보시스템이다.

웹지도의 구성요소들은 제목, 기본기능, 레이어, 범례, 관련 정보 그리고 방위, 인덱스이다. 이들은 지도의 디자인에 따라 위치와 형태의 차이는 있지만 공통의 속성들이다(양해근·신혜진, 2006).

이상의 기본적인 기능들은 일반적으로 사용되는 지도에 채택되는 방식이다. 그렇지만 지도는 용도와 목적 및 사용자에 따라 그 기능과 역할에 차이가 있어야 할 것이다. 통계데이터를 기반으로 하는 통계지리정보지도는 통계량에 따른 정보의 표현과 등급이 중요하며, 토지이용도는 토지의 용도별 분포와 면적, 도로망도는 도로의 정확성이 중요할 것이다. 그렇다고 모든 웹지도에 지도의 용도 외에 추가 기능을 넣게 된다면 조작이 복잡해져 사용자들이 이용에 어려움이 따른다.

지형정보 지도는 기본 기능 외에 지형도로서 지역의 인문자연 지리정보를 파악할 수 있는 정보들

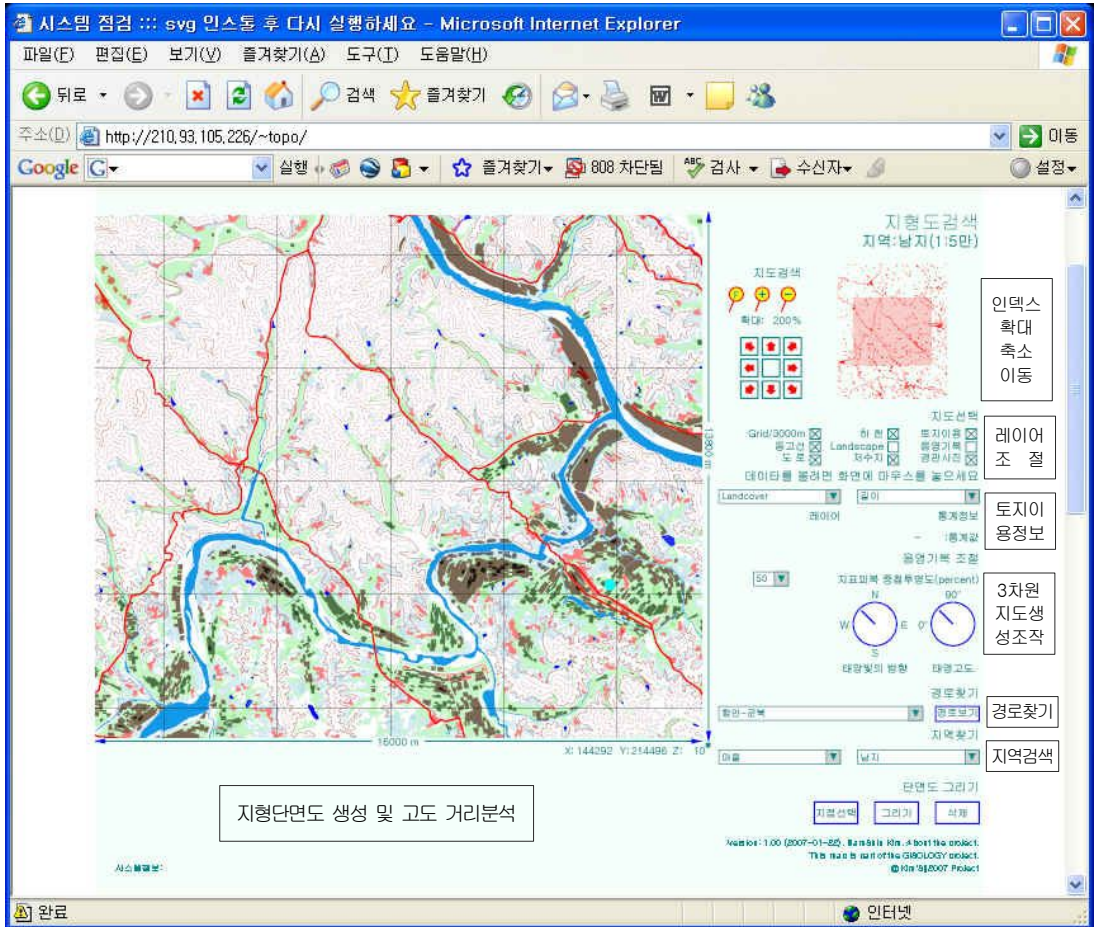


그림 6. 지형정보도의 주요 기능

이 포함되어야 할 것이다. 여기에서는 인문지리정보를 위한 토지이용, 경로안내, 지역검색, 거리분석을 그리고 자연지리정보를 위한 사용자 정의 3차원 입체지도 생성, 지형단면 및 고도분석, 야외 필드정보 등이 필요하다(그림 6).

종이지형도에는 논, 밭, 과수원, 시가지 등이 기호에 의해 표현되어 있을 뿐 토지이용에 대한 정도를 구체적으로 표현하고 있지는 않다. 따라서 지형도에서 토지이용정보는 도로, 하천, 농경지, 시가지 지역 등의 기본적인 정보를 바탕으로 지역의 사회·경제적인 현상을 해석하는 기초적인 정보를 제공해 줄 수 있다. 경로안내와 거리분석은 지역간 최단거리 이동을 안내 해줌으로 효율적인 이동을 돕게 된다. 지역검색은 지명검색을 통해 일정범위 내의 지형정보도가 표현되게 함으로써 지역의 파

악할 수 있게 해준다.

자연지리정보로서 사용자 조작에 의한 3차원 지형도는 지역의 지형환경을 원하는 상황에 따라 조작하면서 파악할 수 있어 지형경관 해석에 도움을 줄 수 있다. 지형단면도 및 고도 분석은 사용자가 원하는 지역에 대해 지형단면을 확인할 수 있어 하천 주변의 지형환경과 산록완사면대의 지형, 경사 및 토지이용 해석에 기여할 수 있을 것이다. 또한 야외 필드정보는 원하는 지역의 위치에서의 사진, 동영상 이 지도에 나타나게 함으로써 현장의 구체적인 정보까지도 확인할 수 있게 한다.

이상과 같은 기능들은 상용화된 솔루션, 즉 소프트웨어에서는 버튼만 누르면 간단히 원하는 결과를 얻을 수 있다. 그렇지만 웹환경에서는 간단한 조작으로 되지 않는다. 이는 프로그램과 달리 접속

되는 사용자의 운영환경과 조작환경이 동일하지 않기 때문에 독립된 기법과 알고리즘이 사용자 환경에서 기능을 달리 할 수 있기 때문이다. 따라서, 웹문서에 각각의 기능에 대한 기법과 알고리즘을 적용하여 클라이언트의 요구에 따라 인코딩과정을 거쳐 작동하도록 웹문서를 개발해야 한다.

2) SVG 웹문서 작성

SVG 문서는 인터넷 환경에서 웹브라우저에 svgviewer component(adobe사에서 제공됨)만 인스톨되면 텍스트, 이미지, 지도, 멀티미디어 파일을 볼 수 있게 해준다.

본 연구에서는 사용된 레이어별 지리정보를 문서화하기 위해 문서변환기를 개발하였다. 지리정보들은 점, 선, 면에 따라 지상좌표 들이 입력되어야 하기 때문에 키보드로 입력하는데는 한계가 있다. 또한 한 개의 레이어에 대해 좌표정보를 입력하면 정보량에 따라 차이는 있지만 10-10,000 줄 이상의 코드입력이 필요하다. 아래는 등고선의 사례로 입력된 예이다.

등고선 예 <path id="Contours1032" M148744.390625 -195098.484375 148759.90625

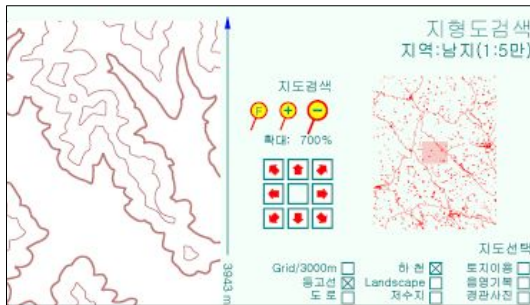


그림 7. 입력된 등고선과 기본 기능

레이어 별로 공간 정보에 대한 입력이 완료되면 기능과 디자인에 관련된 코드를 완성하게 된다. 일차적으로는 지도의 범위, 레이어 조절, 인덱스, 확대, 축소, 기능 등을 완성하였다(그림 7).

4. 웹지형도의 분석기능

1) 고도정보 웹디비화를 통한 지형분석

웹지형도에서 고도정보는 단순히 특정 지점의 고도를 알아보기 위한 기능보다는 지형에 대한 기초분석 즉, 단면도, 고도, 거리계산 기능을 수행하도록 설계하였다. 이를 위해 웹디비서버(mysql)에 지형고도 정보를 입력하고 사용자 요구에 의해 기능이 작동되도록 하였다.

이를 위해 사례지역의 수치지형도에서 등고선을 추출하여 20m 단위의 수치고도모델(DEM)을 제작하였다. 제작된 DEM에서 20m 격자단위의 배열을 갖는 고도값을 텍스트 파일로 추출하여 디비에 입력하였다.

격자단위로 추출하여 입력된 고도정보 입력 방식은 그림 8과 같다.

이렇게 입력된 고도정보들은 SVG 문서에서 두 지점(A-B)을 클릭하면 해당 지역내의 고도정보를 읽어와 단면도(코드 1)와 고도 및 거리가 계산되도록 설계하였다.

완성된 웹지형도(그림 9)에서 임의의 두 지점(a-b)을 선택하고 그리게 되면 해당지도에 지점이 선으로 표시되며 하단에는 단면도가 표시된다. 단면도에는 슬라이드바를 추가하여 마우스로 지형도에서 설정된 구간을 이동하면 해당지점의 고도와 단면정보 나타난다. 전체적인 거리와 고도, 평균, 해당구역의 최고, 최저고도값, 표준편차에 대한 정보가 단면도 상단에 표시되도록 설계하였다. 고도

```

A
var dhm1 = [598,599,601,604,607,610,613];
var dhm2 = [599,599,602,605,607,609,613];
var dhm3 = [600,601,603,606,607,609,612];
var dhm4 = [600,602,603,605,607,608,611];
var dhm5 = [600,601,603,604,606,608,609];
B
    
```

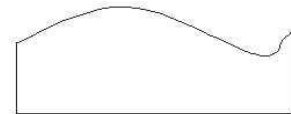
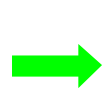


그림 8. 고도정보 입력과 단면 표현

표 2. 사용자 지형단면도 제작 코드예

```
function drawProfileLine(evt) {
    if (evt.type == "click") {
        if (profileClickStatus == 0) {
            profXArray[0] = Math.round(xnulcorner+(evt.clientX- mapOffsetX)*pixSize);
            profYArray[0] = Math.round(ynulcorner+(evt.clientY- mapOffsetY)*pixSize);
            profDataStr = "M"+profXArray[0]+" "+profYArray[0];

            digitProfLine.setAttribute("style", "fill:none;stroke:red;stroke-width:5;marker:url(#profileLineMarker);");
            digitProfLine.setAttribute("d",profDataStr);
            document.getElementById("profileContainer").appendChild(digitProfLine);
        }
        else {
            profXArray[profLineArrIndex]=Math.round(xnulcorner+
            (evt.clientX- mapOffsetX)*pixSize);
            profYArray[profLineArrIndex]=Math.round(ynulcorner+
            (evt.clientY-mapOffsetY)*pixSize);    profDataStr=profDataStr+"L"+profXArray
            [profLineArrIndex]
            +" "+profYArray[profLineArrIndex];
            digitProfLine.setAttribute("d",profDataStr);
            if (profLineArrIndex == 1) {
                profileStatus = "line drawn";
            }
            profLineArrIndex++;
        }
    }
}
```

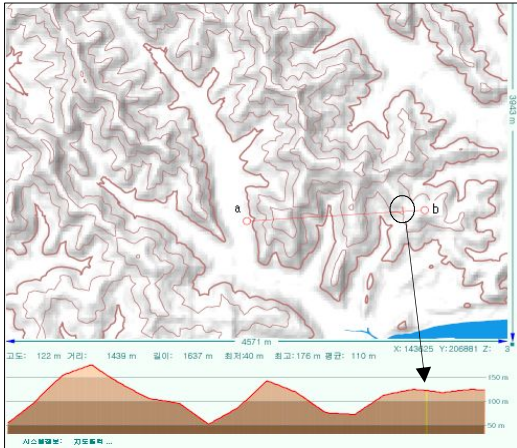


그림 9. 단면도 생성과 슬라이드바에 따른 고도정보

정보를 바탕으로 한 단면도 생성기능은 원하는 지역을 검색하거나 이동하면서 지형의 특성과 윤곽을 파악하는데 도움을 줄 수 있을 것이다. 뿐만 아니라 해당지역의 다른 레이어 이를테면, 토지이용 정보를 중첩시켜 놓고 단면도를 작성하면 농경지, 촌락, 도로 등의 상황에 따른 지형정보를 파악할 수 있어 해석에 도움이 될 수 있을 것이다(그림 10).

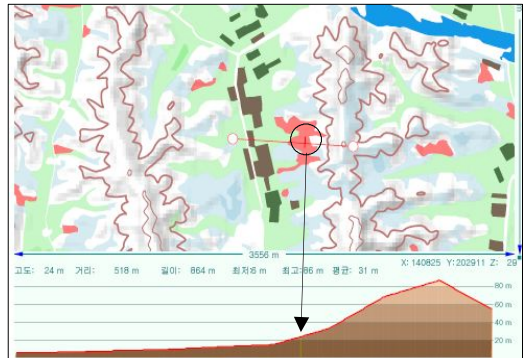


그림 10. 토지이용도와 중첩에 의한 단면도(원: 촌락)

2) 사용자 지정에 의한 3차원 음영기복도

3차원도 제작 방법은 고도분포도의 고도 정보를 갖는 개별 픽셀에 대하여 고도별 불투명도(opacity)를 주어 SVG의 필터기능을 이용하여 음영기복도를 제작하였다.

고도분포도는 고도를 20m 등급에 따라 재분류하여 래스터 자료를 만들었다. 각각의 래스터자료는 이미지파일로 전환하여 포토샵에서 블러링 후 불투명도를 1-99 단위로 지정하여 이미지파일

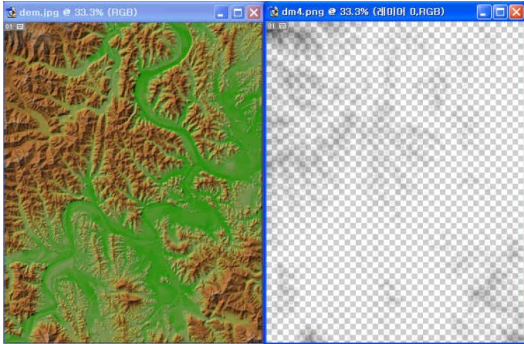


그림 11. DEM에 의한 기복도(좌) 고도별 불투명도에 의한 이미지(우)

(png)를 제작하였다(그림 11).

불투명도로 완성된 png 그림파일은 svg의 필터 기능을 사용하면 태양빛 즉 고도(altitude), 방향(azimuth)에 따라 입체이미지로 변하게 된다. 입체

시화의 원리를 좀더 살펴보면 각각의 픽셀에 대한 알파값으로써 불투명도 즉 빛에 대한 투과정도에 대한 값을 갖게 되면 불투명도 값이 낮은 지역은 어둡게 되고 높은 지역은 밝게 된다(그림 12). svg의 필터(filterhillshade:필터 코드 2)를 적용하게 되면 입체상태로 영상이 보이게 된다. 완성된 필터에 태양빛에 대한 사용자 조절기능을 추가해 줌으로써 원하는 상황에서의 입체영상을 확인할 수 있게 된다(그림 13).

3) 지역간 경로안내

지역간 경로안내는 사용자가 두 지역을 선정하면 도로망으로부터 지점을 연결하는 최단경로를 찾은 후 SVG의 animation기능을 이용하여 제작하였다(코드, 3). 최단경로는 다익스트라(dijkstra, 1959)

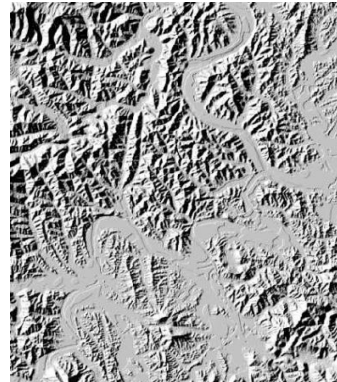
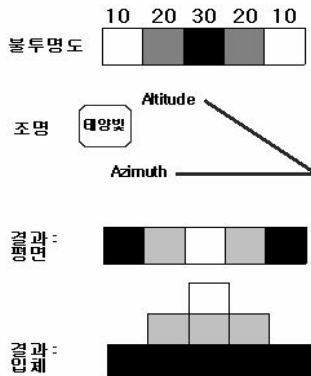


그림 12. 픽셀 불투명도에 따른 입체시원리(좌)와 결과(우)

표 3. 필터 코드예

```
<filter id="filterHillshade" filterUnits="objectBoundingBox" x="0%" y="0%" width="100%" height="100%" filterRes="1000">
  <feDiffuseLighting in="SourceAlpha" diffuseConstant="1.2" surfaceScale="1000">
    <feDistantLight id="lightsource" azimuth="225" elevation="75" />
  </feDiffuseLighting>
</filter>
```

표 4. svg 애니메이션 기능

```
animate from="0" to="0" dur="10s"
<path id="route1" visibility="hidden" d=" M145773.40625 -197715.890625
145735.9375 -197777.296875L
```

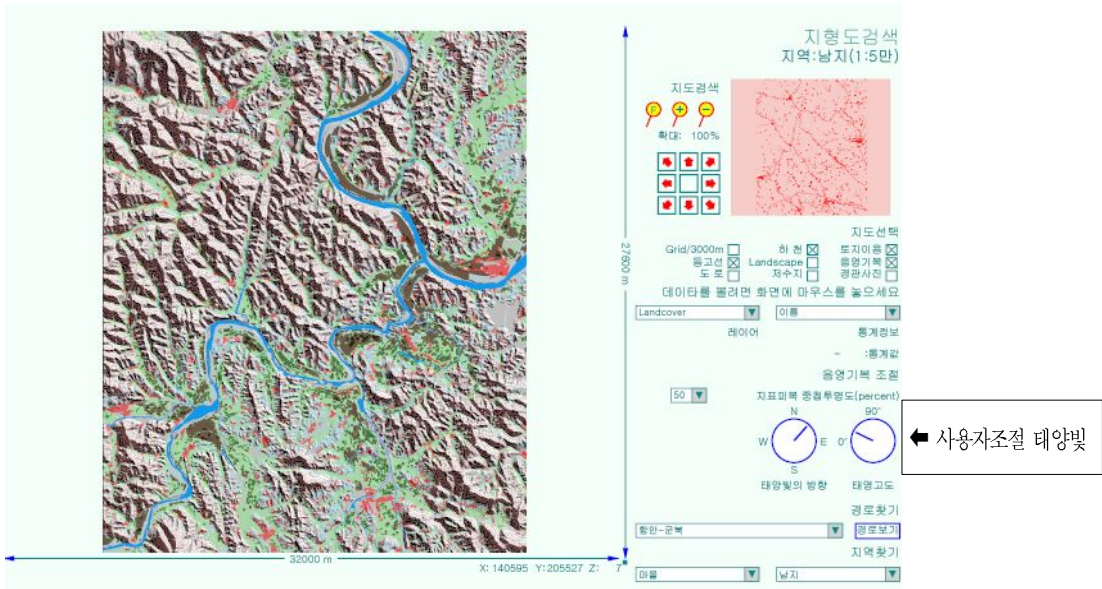


그림 13. 사용자 조절에 의한 음영기복결과 (태양방향: 45°, 태양고도: 315°)

표 5. 지역간 경로안내 Dijkstra알고리즘

```

function shortestPath(edges, numVertices, startVertex) {
    var done = new Array(numVertices);
    done[startVertex] = true;
    var pathLengths = new Array(numVertices);
    var predecessors = new Array(numVertices);
    for (var i = 0; i < numVertices; i++) {
        pathLengths[i] = edges[startVertex][i];
        if (edges[startVertex][i] != Infinity) {
            predecessors[i] = startVertex;
        }
    }
    pathLengths[startVertex] = 0;
    for (var i = 0; i < numVertices - 1; i++) {
        var closest = -1;
        var closestDistance = Infinity;
        for (var j = 0; j < numVertices; j++) {
            if (!done[j] && pathLengths[j] < closestDistance) {
                closestDistance = pathLengths[j];
                closest = j;
            }
        }
        done[closest] = true;
        for (var j = 0; j < numVertices; j++) {
            if (!done[j]) {
                var possiblyCloserDistance = pathLengths[closest] + edges[closest][j];
                if (possiblyCloserDistance < pathLengths[j]) {
                    pathLengths[j] = possiblyCloserDistance;
                    predecessors[j] = closest;
                }
            }
        }
    }
}
    
```

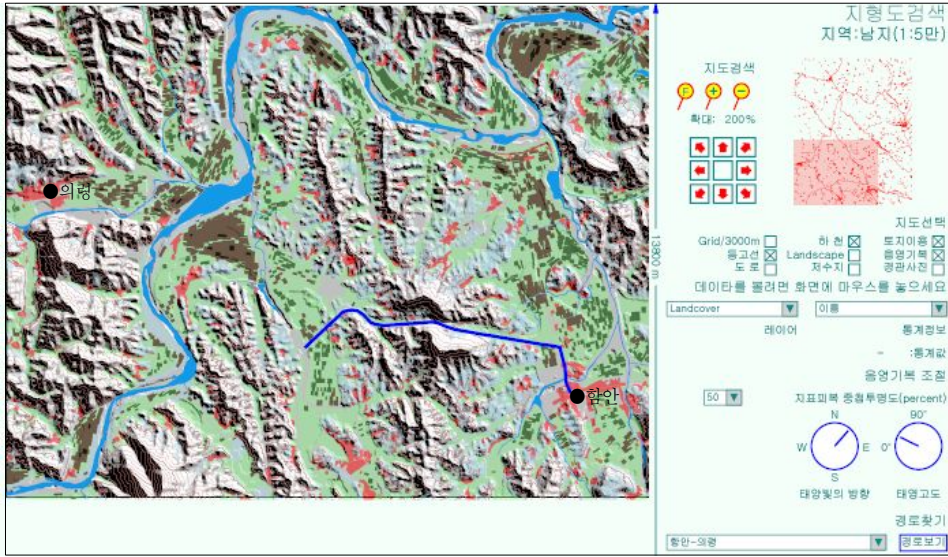


그림 14. 함안-의령간 경로안내 화면

단순 알고리즘을 사용하여 적용하였다(코드 4). 다익스트라(Dijkstra) 알고리즘은 출발점과 연결된 지점 중에 가장 짧은 곳을 찾아 거리를 계산하여 최단거리를 구하는 방법이다(Thomas et al., 2001; Tolmin, 1990)

여기서 적용된 다익스트라 알고리즘은 지역간 단거리를 찾는 과정에 비용표면(cost surface)에 관

없이 물리적인 단거리만을 찾기 때문에 한계점을 갖는 것으로 지적되고 있다. 이에 대한 개선된 연구들이 진행되어야 할 것이다.

그림 14에서와 같이 함안-의령간 경로안내를 누르면, 함안에서 의령 사이에 연결되어 있는 도로망을 찾아 단거리를 찾고 그 결과를 초록색으로 경로를 이동하면서 나타나게 된다.

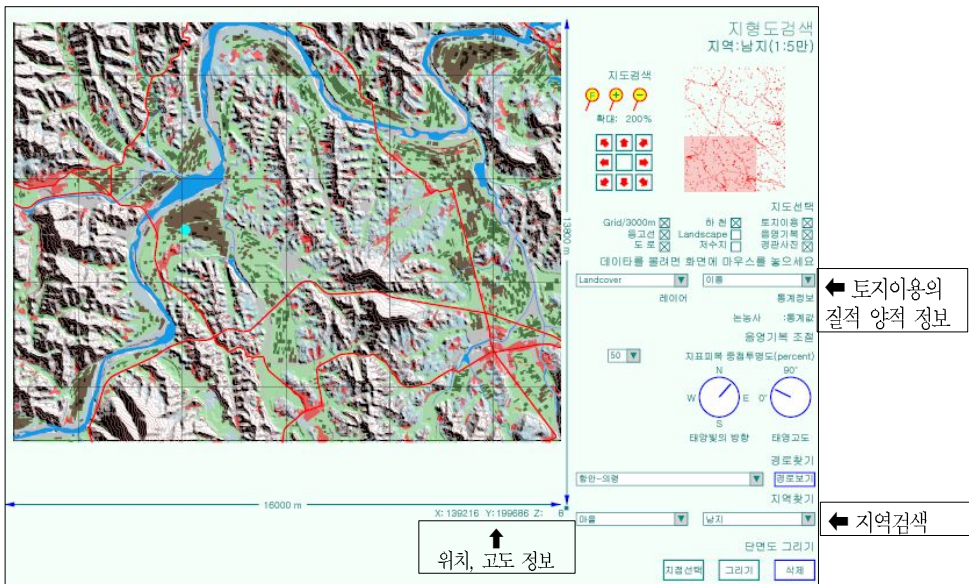


그림 15. 기타 기능 구현

4) 기타 기능

지형정보도에서 지리적인 공간현상 해석을 지원해 줄 수 있는 기능 외에 위치(좌표), 축척, 경관사진, 토지이용 정보, 지역검색 등의 기능들의 기능들도 포함되어 있다(그림 15). 위치정보에는 좌표와 데이터베이스에서 가져온 고도를 함께 나타내도록 되어 있다. 축척은 웹지도의 동적 특성을 고려하여 2,000m 격자 스케일을 입력하여 쉽게 거리를 파악할 수 있도록 하였다. 토지이용 정보는 이용항목, 면적, 둘레의 길이 등이 지도위를 마우스가 움직일 때마다 나타나도록 설계하였다. 마지막으로 토지이용과 더불어 해당 지역의 경관사진을 클릭하면 화면에 보이도록 하여 실질적인 경관을 살펴볼 수 있게 하였다.

5. 결론

우리의 생활은 인터넷을 이용하여 삶의 편리와 질을 높이고 있는 시대에 살고 있다. 이에 따라 사회적으로 요구되는 인터넷의 콘텐츠도 다양한 요구에 부합하여 발전하고 있다. WebGIS도 이젠 정보의 서비스를 초월하여 사용자에게 의한 지리정보 제공과 활용(WebGIS 2.0)의 시대를 맞이 하고 있다.

본 연구는 WebGIS 활용영역 중 웹지형도의 구축과 활용가능성 검토하고자 하였다. 웹지형도는 기존의 종이지형도의 기능을 수행하면서 개방환경에서 동적인 지형정보 활용을 위한 기능들을 구현하고자 하였다.

웹상에서의 지형정보도는 점, 선, 면 기호에 의한 효과적인 지리정보 전달과 기호의 배열과 조합에 따른 인문자연현상의 표현을 목적으로 하였다. 기능상의 요건으로는 기본적인 공간검색, 확대 축소, 이동, 토지이용 정보, 사용자정의 3차원 표현, 지형단면분석 및 고도, 거리분석, 지역간 경로안내, 지역검색, 필드정보, 지역 영상정보 등이다. 이러한 웹기능구현을 위해 PHP, XML, SVG, 그리고 데이터베이스(mysql)를 사용하였다. 연구에서 개발한 주요 기능은 픽셀단위 불투명도에 따른 사용자정의 3차원 지형생성, 단면도 작성을 통한 지형분석, 다이스트라 최단경로 알고리즘을 적용하여 지역간

경로분석 기능을 적용하였다.

본 연구에서 수행된 연구 결과는 WebGIS 2.0 확산 환경에 부응할 수 있는 기술적 내용 및 연구 방법 적용을 위한 시험연구의 기초라고 볼 수 있다. 사용자 제공 지리정보 구축은 자연 및 인문 경관이 주요 대상이 될 수 있으며, 이는 누구나 쉽게 접근하여 영상매체로 정보화가 가능한 대상이다. 이러한 정보들의 주요 이용자들은 학교 현장에서의 지리교사와 학생, 지형전문가, 관광 및 등산가, 환경 분야 등에서 이용한다면 다양한 지리 정보제공은 물론 활용 효과가 높을 것으로 기대된다.

마지막으로 기존의 단순 정보를 제공하던 WebGIS가 능동적인 기능 수행을 위한 방향으로 발전을 하기 위해 공간분석을 위한 방법론의 개발이 따라야 할 것이다. 연구자 중심 보다는 개발팀의 필요하며, 효과적인 지도학적 표현을 위해 일반화 알고리즘 개발이 필요하다.

文獻

김한수·임준홍·김재득·신소은, 2000, 웹기반 CAD를 이용한 지리정보시스템 구현, 한국지리정보학회지, 3(2), 69-76.

김희원, 2003, SVG를 이용한 지리정보 활용에 관한 연구, 서울대학교 석사학위논문.

박기호·김희원, 2003, SVG를 이용한 지리정보 활용에 관한 연구, 한국GIS학회 추계학술대회, 경원대학교, 15-20.

박기호·이양원, 2001, 지역분석을 위한 웹기반 통계 GIS연구, 한국GIS학회지, 9(2), 239-261.

신정엽·홍일영, 2006, 오픈환경에서 웹기반상호작용 방식의 GIS 시각화 방법연구: 상용 GIS 솔루션과 SWF, SVG의 비교분석적 고찰과 탐색, 지리교육논총, 50, 41-62.

손영기·신영철, 2001, Web GIS 구축시 UML을 이용한 모델링에 관한 연구; 충북대학교를 중심으로, 한국지리정보학회지, 4(2), 46-60.

이종용·안종천·조성호, 2006, 디지털 국토통계지도 시스템 개선에 관한 연구, 한국지리정보학회지, 9(4), 60-70.

양혜근·신혜진, 2006, WebGIS를 이용한 호남문화정보시스템(HCIS) 구축, 한국지역지리학회지, 12

- (2), 291-304.
- 전병운 · 박찬석 · 조명희, 2000, 분산형 공간모델링을 구현하기 위한 하이브리드형 웹기반 GIS의 개발, 한국지리정보학회지, 3(2), 61-72.
- Dijkstra, E.W., 1959, A note on two problems in connection with graphs. in *Numerische Mathematik*, 1, 269-271.
- Neumann, A., 2002, Interactive topographic Web-Maps using SVG, Available at http://www.svgopen.org/2002/papers/isakowski_neumann_svg_for_interactive_topographic_maps/.
- Neumann, A., 2000, Social patterns of Vienna, statistical maps with SVG, <http://www.karto.ethz.ch/neumann/cartography/vienna/>.
- Peterson, M. P., 1999, Trends in internet map use; in Proceedings of the 19th International Cartographic Conference and 11th general assembly of ICA, Ottawa, Canada, 1, 571-580.
- Thomas H. C., Charles E. L., Ronald L. R., and Clifford S., 2001, *Introduction to Algorithms*, second edition. MIT press and McGraw-Hill, Section 24.3: Dijkstra's algorithm, 595-601.
- Tolmin, D., 1990, *Geographic Information Systems and Cartographic Modelling*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Winter, A., 2000, Dynamically generated statistical maps of Europe by using SVG, <http://www.carto.net/papers/svg/samples/diagr.shtml> (2003.04.02).
- Winter, A., and Neuman, A., 2000, Cartographers on the Net - Scalable Vector Graphics, <http://www.carto.net/papers/svg/> (2003.04.02)
- [웹자료]
- <http://www.land.go.kr/>
- <http://gis.ekr.or.kr/index.asp>
- <http://gis.seoul.go.kr/index.jsp>
- <http://gis.nso.go.kr/bluesumer/default.asp>
- <http://www.river.go.kr/>
- <http://pilat.free.fr/english/index.htm>
- <http://www.carto.net/papers/svg/tuerlersee/>
- <http://www.carto.net/>
- <http://www.kartografie.nl/webcartography/webbook/contents/contents.htm>
- SVG specification standard: <http://www.w3.org/Graphics/SVG/>
- Adobe SVG viewer plug-in: <http://www.adobe.com/svg/>
- SVG wiki: <http://www.protocol7.com/svg-wiki/>
- (접수 : 2007. 9. 6, 채택 : 2007. 9. 21)