

구글어스와 공간데이터베이스를 이용한 웹기반 지리정보 표출시스템 개발

Development of a Web-based Geovisualization System using Google Earth and Spatial DBMS

임 우 혁* 이 양 원** 서 용 철***
Woo Hyuk Im Yang-Won Lee Yong Cheol Suh

요약 최근 웹 GIS에 있어 큰 흐름 중의 하나는 오픈소스 소프트웨어(Free and Open Source Software: FOSS)를 이용한 시스템 구축이다. 지리정보를 웹에서 처리하는데 있어서 오픈소스 소프트웨어의 등장은 기존 상용소프트웨어의 기술에 의존하지 않으면서, 구현모듈의 재사용과 시스템 확장성을 증대시키고 있다. 본 연구에서는 오픈소스 공간데이터베이스인 PostgreSQL/PostGIS와 동적상호작용을 지원하는 구글어스를 이용하여 지리정보의 효율적인 시각화를 위한 웹기반의 지리정보 표출시스템을 설계 및 구현하였다. 본 시스템의 지도 시각화는 구글어스 플러그인 및 API(application programming interface)를 이용하여 구현하였으며, 사용자의 요구에 따라 동적으로 데이터를 KML(Keyhole Markup Language)로 자동 생성하여 구글어스 상에 다양한 지리적 형태로 시각화 할 수 있는 자바 모듈(KML Generator)을 구현하였다. 프로토타입 시스템은 우리나라의 LAI(leaf area index), 임상도 및 정곡생산량 데이터를 이용하여 테스트되었으며, 본 연구에서 설계 및 구현된 웹기반의 지리정보 표출 시스템이 다양한 지리공간데이터의 시각화에 적용될 수 있는 가능성을 제시하였다.

키워드 : 지리적 시각화, 공간데이터베이스, 웹 GIS, 오픈소스 소프트웨어, 구글어스 API, KML

Abstract One of recent trends in Web-based GIS is the system development using FOSS (Free and Open Source Software). Open Source software is independent from the technologies of commercial software and can increase the reusability and extensibility of existing systems. In this study, we developed a Web-based GIS for interactive visualization of geographic information using Google Earth and spatial DBMS(database management system). Google Earth Plug-in and Google Earth API(application programming interface) were used to embed a geo-browser in the Web browser. In order to integrate the Google Earth with a spatial DBMS, we implemented a KML(Keyhole Markup Language) generator for transmitting server-side data according to user's query and converting the data to a variety of KML for geovisualization on the Web. Our prototype system was tested using time-series of LAI(leaf area index), forest map, and crop yield statistics. The demonstration included the geovisualization of raster and vector data in the form of an animated map and a 3-D choropleth map. We anticipate our KML generator and system framework will be extended to a more comprehensive geospatial analysis system on the Web.

Keywords : Geovisualization, Spatial Database, Web GIS, Open Source Software, Google Earth API, KML

† 이 논문은 국토해양부 공간정보 전문인력 양성사업의 지원을 받아 수행된 연구임.

* 부경대학교 위성정보과학과 석사과정 iwh20021@gmail.com

** 부경대학교 위성정보과학과 조교수 modconfi@pknu.ac.kr

*** 부경대학교 위성정보과학과 조교수 suh@pknu.ac.kr(교신저자)

1. 서론

최근 웹기반 GIS에 있어 큰 흐름 중의 하나는 오픈소스 소프트웨어(Free and Open Source Software: FOSS)를 이용한 시스템 구축이다. 오픈소스 소프트웨어는 사용자가 자유롭게 사용, 학습, 수정, 개선의 권리를 가지도록 소스코드를 공개한 소프트웨어를 말한다[31]. 오픈소스 소프트웨어가 공공기관 및 민간기업 프로젝트에 사용되는 사례가 점점 증가하고 있는데, 이는 오픈소스 소프트웨어가 라이선스에 종속되지 않고, 개발자들 간의 협업을 원활하게 하며, 소스코드의 재활용을 가능하게 하는 등의 장점을 가지기 때문이다[12]. 오픈소스 지리공간 재단(OSGeo.org)에서도 deegree, GeoServer, MapServer, OpenLayers 등의 웹 매핑 서비스, GRASS GIS, Quantum GIS 등의 데스크톱 애플리케이션, 그리고 GDAL/OGR, GeoTools, PostGIS와 같은 지리공간 라이브러리 등의 오픈소스 소프트웨어 개발을 지원하고 있다[27].

오픈소스 소프트웨어를 이용한 웹 GIS연구는 [4], [7], [13], [18], [22], [23]에서와 같이 지리정보의 공유 및 지리적 시각화의 기능을 중심으로 구현되고 있다. 지리적 시각화(geovisualization)는 지리공간 자료의 탐색, 분석 및 표출을 위한 이론과 방법을 포괄하는 개념으로서, 공간현상의 분포패턴과 공간 자료 분석의 결과를 통계그래프나 지도 등의 시각적 그래픽으로 표현함으로써 지리정보에 대한 인지와 이해의 과정을 돕는다[6]. 플랫폼으로서의 웹(the Web as platform)이라 불리는 웹 2.0은 사용자의 참여와 개방성을 전제로 하고 있으며, 이는 개방성과 확장성을 추구하는 오픈소스 소프트웨어의 발전과 결합하여 웹상에서의 효과적인 지리적 시각화를 구현하는 새로운 토대로 자리 잡아가고 있다.

웹기반 지리적 시각화의 소프트웨어 구성요소는 크게 데이터 관리 부분과 데이터 표출 부분으로 나누어 볼 수 있다. 대용량 데이터를 관리하는 DBMS(database management system)에 공간질의와 공간분석 기능이 추가된 공간데이터베이스 엔진으로는 상용소프트웨어인 Oracle Spatial, ESRI SDE와 오픈소스 소프트웨어인 PostgreSQL/PostGIS가 대표적이다. PostGIS는 PostgreSQL DBMS에서 공간객체를 관리할 수 있게 하는 플러그인 컴포넌트

로서, OGC(Open Geospatial Consortium)의 표준을 갖추고 있다[2]. 공간데이터베이스에서 관리되는 지리정보를 웹상에서 표출하기 위한 맵 서비스 소프트웨어는 매우 다양하게 존재한다. 사용자가 보유한 지리정보를 표출함에 있어 가장 큰 난점 중의 하나가 베이스 맵의 확보인데, 최근에는 전 세계의 베이스 맵을 제공하는 구글맵스(Google Maps)나 구글어스(Google Earth)를 통해 관심지역의 제약 없이 지리정보를 표출하는 것이 가능해 지고 있다. 구글맵스는 메르카토르 투영법을 사용하기 때문에 극지방 부근을 표현할 수 없지만, 구글어스는 지구를 글로브(globe) 형태로 모형화함으로써 극지방을 포함한 전지구의 지형지물을 표현한다.

기존의 연구들[1], [5], [11], [20], [21], [24]에서는 이미 저장되어 있는 KML(Keyhole Markup Language)을 그대로 구글어스에서 시각화하는 정적인 지도서비스가 대부분이며, 구글어스와 공간데이터베이스를 연동한 경우[9]에도 웹으로의 포팅이 이루어지지 않았다. 구글어스는 원래 데스크톱 애플리케이션이지만 최근 구글어스의 웹 플러그인과 오픈 API(application programming interface)가 제공되면서 구글어스를 웹으로 확장할 수 있는 컴퓨팅 환경이 마련되었다. 이에, 오픈소스 데이터베이스와 연결하여 사용자의 요청에 따라 동적으로 데이터를 표출함으로써 보다 유연하고 확장성 있는 웹기반 지리적 시각화 시스템의 개발이 필요하다고 하겠다.

본 연구에서는 구글어스의 웹 플러그인과 오픈 API, 그리고 오픈소스 데이터베이스인 PostgreSQL/PostGIS를 이용하여, 사용자의 질의에 따라 공간 데이터를 선택하고 동적으로 KML을 생성하여 시각화를 수행하는 웹기반 지리정보 표출시스템을 설계 및 구현하였다. 공간데이터베이스 내에 존재하는 래스터 및 벡터 데이터는 사용자가 정의하는 색채 배열에 따라 시각화되며, 2-D 및 3-D 폴리곤을 이용한 단계구분도, 그리고 이미지 및 애니메이션의 형태로 표현이 가능하다. 프로토타입 시스템에서는 우리나라의 LAI(leaf area index), 임상도, 및 정곡 생산량의 데이터를 이용하여 본 연구의 가용성을 테스트하였다.

2. 관련연구 및 기술요소

2.1 웹 GIS의 동적, 상호운용적 특징

GIS 데이터의 시각화, 분석, 입출력 등의 기능을 웹상에서 장소의 제약 없이 이용할 수 있게 하는 웹 GIS의 특징은 크게 분산적(distributed), 대화형(interactive), 동적(dynamic), 상호운용적(interoperable), 통합적(integrative)과 같이 구분할 수 있다[16].

먼저 분산적 특징은 웹 GIS의 리소스인 각종 데이터와 분석기능이 네트워크상의 여러 컴퓨터에 분산되어 존재한다는 것이다. 또한 웹 GIS는 웹브라우저를 통해 클라이언트가 요청하면 서버가 응답하는 대화형 구조를 가지며, 따라서 이러한 요청과 응답의 인터액션에 의해 사용자의 화면은 동적으로 기능하게 된다. 인터넷 지도서비스에서 확대, 이동, 축소 등의 조작이 웹 GIS의 대화형 및 동적인 특징을 잘 나타낸다고 하겠다. 그리고 상호운용적 특징은 상이한 컴퓨팅환경에서 운용되는 웹 GIS들이 호환 가능하다는 것이며, 통합적 특징은 웹상에서 지도와 텍스트뿐만 아니라 이미지, 오디오, 비디오 등의 멀티미디어와 결합된 형태의 서비스를 구성하는 것을 말한다.

이러한 웹 GIS의 특징 중 특히 동적, 상호운용적인 특징은 사용자 중심에서 오픈API, 매쉬업 등의 기술을 통해 새로운 응용프로그램을 서비스할 수 있다는 웹 2.0의 특징과도 부합하므로 오픈소스 소프트웨어를 이용한 웹 GIS 서비스의 개발에서 중점적으로 고려되어야 할 사항이다.

2.2 맵 브라우저로서의 구글어스 Plug-in 및 API

구글어스는 전 세계의 지리적 요소들을 시각화하는 3차원 위성영상 지도 서비스로, 그림 1과 같이 구글어스 플러그인 및 오픈API를 통해 웹브라우저에서도 동작이 가능하다. 그리고 아이콘과 선을 그리거나, 지형 위에 이미지를 추가할 수 있고 KML 포맷의 데이터를 로드하여 2-D 및 3-D 그래픽, 이미지, 시계열 애니메이션, 차트 등 다양한 형태로 시각화하여 지도응용프로그램을 구성할 수 있다[26].

현재 국내의 다양한 분야에서 구글어스를 GIS에 활용하는 연구가 시작되고 있다. [9]는 구글어스와 어도비 플래시 및 오픈소스 소프트웨어를 이용한 대학시설물 내 위기관리시스템을 제시하였으며, [1]

은 A-Train 위성들의 수직분포데이터를 구글어스를 이용하여 3차원으로 시각화하는 방법을 제시하였다. [5]는 고생물학적 데이터의 공유와 시각화 방법으로 GIS와 구글어스를 이용하는 방법을 제시하였으며, [10]은 3-D 환경, 경관 데이터를 구축하고 구글어스와 같은 가상 글로브에서의 시각화 기법 및 가능성을 제시하였다. 그리고 국내 연구의 경우, 기후변화[19], 한반도 식생분석[24], 공공GIS[20], 농촌자원조사[21], 경관시뮬레이션[15] 등의 여러 분야에서 시각화기법 연구가 주를 이루고 있다. 이는 지리정보의 시각화에 있어, 구글어스가 다양하게 활용될 수 있는 가능성을 보여준다. 하지만 구글어스 플러그인 및 오픈API를 이용하여 구글어스의 기능을 웹상에서 활용하는 시스템에 대한 연구는 아직 본격적으로 이루어지지 않았다. 또한 로컬 환경에서 이미 저장되어 있는 KML을 그대로 구글어스에서 시각화하는 정적인 시스템이 주를 이루고 있으며 데이터베이스서버와의 연동은 미진한 상황이다.

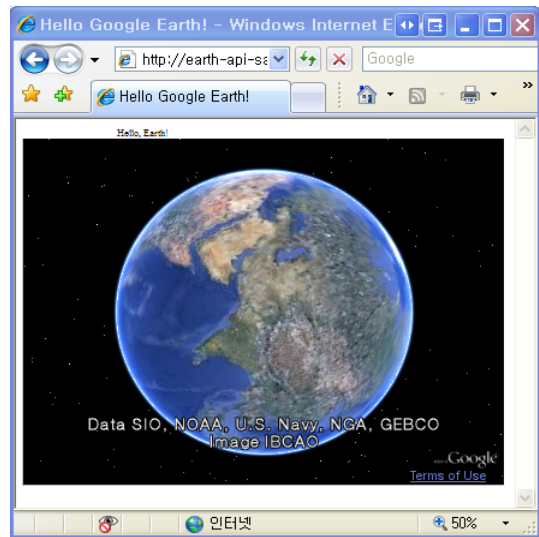


그림 1. 구글어스 웹 플러그인

2.3 공간데이터베이스로서의 PostgreSQL/PostGIS

공간 DBMS로 사용되는 PostgreSQL은 안정적인 객체 관계형 데이터 모델 및 풍부한 데이터 타입, 대용량 데이터를 지원하며, 고수준의 확장성을 가지고 있다. 또한 복합객체(complex object)를 지원하고 질의 최적화, 동시성 제어, 트랜잭션 처리, 다중 사용자 기능, 일반화된 검색트리, R 트리 등과 같은

공간검색 알고리즘을 제공한다[8]. PostgreSQL은 OGC 표준 인터페이스를 제공하는 오픈소스 공간 소프트웨어와의 통합 연계가 가능하며, 공간 DBMS에 기반한 응용시스템의 구현에 많이 이용된다.

PostGIS는 PostgreSQL에서 공간정보 관리를 위한 공간질의 처리 미들웨어로서 OGC WKT(Well-Known Text)와 WKB(Well-Known Binary) 포맷을 지원하며 공간객체를 관리하기 위한 공간 연산자와 함수를 제공한다. 아래의 그림 2는 PostgreSQL과 PostGIS의 상호역할을 나타낸다.

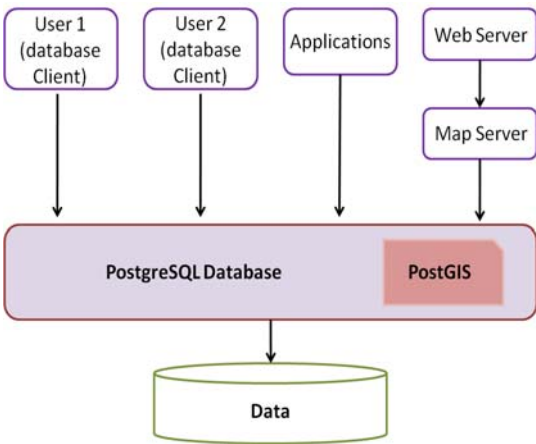


그림 2. PostgreSQL과 PostGIS[2]

현재 오픈소스 소프트웨어를 이용한 웹 GIS 개발에 관한 연구들에서는 공간정보의 관리와 질의가 편리한 이점이 있는 PostgreSQL/PostGIS를 공간 DBMS로 많이 이용하고 있다. [14]는 오픈소스 GIS 소프트웨어를 활용한 u-GIS 기반 도시 지상시설물 관리시스템의 개발연구에서 공간데이터의 효율적인 저장과 관리를 위해 PostgreSQL/PostGIS를 이용하였으며, [3],[4]의 연구에서도 웹 GIS의 공간데이터베이스로 PostgreSQL을 이용하였다.

[25]는 공개소스 PostGIS 기반 공간정보 처리 툴킷 사용자 인터페이스 구현에 관한 연구를 통해 다중 공간정보를 다루는 응용시스템의 개발 시에 오픈소스 기반의 공간엔진과 연계 활용성을 제시하였다. 또한 [32]는 자바와 PostGIS를 이용하여 구글맵스에 벡터데이터를 표출하는 방법을 제안하였다. 이러한 연구들에서 공간 DBMS를 이용한 GIS 응용프로그램의 개발환경은 기본적으로 다음의 그림 3과 같은 형태이다.

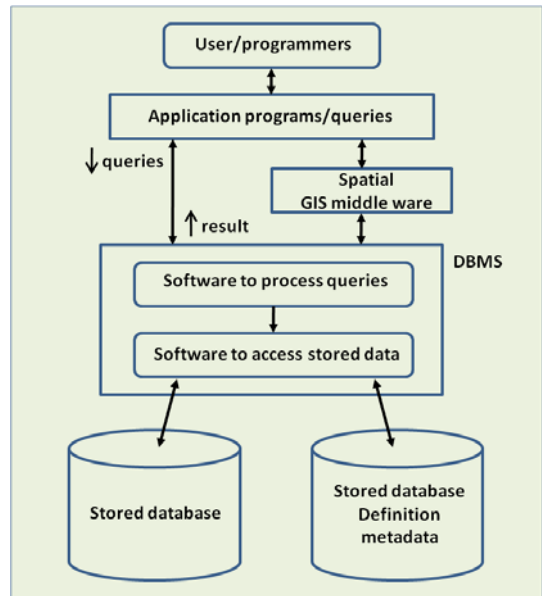


그림 3. 공간 DBMS 환경[8]

3. 시스템 구성 및 설계

3.1 시스템 구성

본 연구에서는 오픈소스 소프트웨어를 이용한 웹 기반 지리정보 표출시스템을 설계하고, 구글어스 플러그인 및 오픈API와 오픈소스 소프트웨어들을 활용하여 프로토타입 시스템을 구현하였다. 시스템의 개략적인 구성은 그림 4와 같으며 공간데이터베이스, 웹 서버, 자바 모듈, 클라이언트 맵 브라우저 등이 연동되어 있다.

공간데이터베이스로는 PostgreSQL을 이용하였으며 벡터 및 래스터데이터 등의 공간정보 처리와 질의를 위해 PostGIS를 사용하였다. 데이터베이스에 공간데이터를 импорт 하기 위해서 벡터데이터는 PostGIS Shapefile and DBF Loader를 이용하였고, 래스터데이터는 WKT Raster의 라이브러리를 이용하였다.

웹 서버로는 오픈소스 소프트웨어인 Apache Tomcat 웹 애플리케이션 서버를 이용하였다. Tomcat은 웹 서버와 연동하여 실행할 수 있는 자바 환경을 제공하며 JSP(Java Server Pages)와 자바 서블릿(Java Servlet)을 실행하기 위한 서블릿 컨테이너를 제공한다.

구현된 시스템에서 맵 브라우저로 사용하는 구글어스는 KML 데이터를 로드하여 시각화한다. 이에

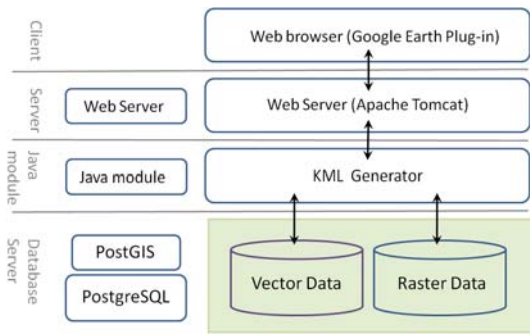


그림 4. 시스템 구성도

자바 모듈로 구현된 KML Generator는 공간데이터베이스에 있는 벡터 및 래스터데이터를 사용자의 정의에 따라 동적으로 KML 파일로 변환하여, 이를 구글어스에 로드시켜 시각화하는 역할을 담당한다. 구현된 KML Generator는 JDBC(Java Database Connectivity)를 이용하여 공간데이터베이스와 연결된다.

시스템 클라이언트 부분의 맵 브라우저는 구글어스 플러그인 및 오픈API를 이용하여 JSP로 구현하였다. 다음의 표 1은 시스템의 개발환경을 나타낸다.

표 1. 시스템 개발환경

구분	S/W
공간데이터베이스	PostgreSQL/PostGIS
KML Generator	Java
웹 서버	Apache Tomcat
맵 브라우저	Google Earth Plug-in, Google Earth API, JSP
개발Tool	Eclipse

3.2 시스템 설계

본 시스템은 벡터 및 래스터 형태의 다양한 공간정보 데이터를 사용자의 선택에 따라 동적으로 KML 파일로 자동 변환하여 구글어스에 시각화한다. KML Generator는 자바 언어를 이용하여 구현되었으며 그 구조는 그림 5와 같다. 시스템 상에서 사용자가 시각화하고자 하는 데이터를 선택하고, 표출방식을 결정하면 KML Generator에서 공간데이터베이스로 쿼리를 하여 공간데이터를 PostGIS를 통해 로드한다. 로드된 공간데이터는 KML 태그와 결합하여 KML 파일로 생성되어 웹브라우저와 링크된다. KML Generator는 공간데이터의 종류와 사용자의 정의에 따라서 이미지 KML, 시계열 애니메이션 KML, 2-D 및 3-D 폴리곤 KML 등으로 생성이 가능하며, 생성된 벡터형 KML은 Balloon을 통해 텍스트, 표, 그래프 등으로 추가적인 시각화가 가능하다.

3.2.1 벡터데이터 처리 및 변환모듈

KML Generator의 벡터데이터 변환모듈은 PostGIS의 askml 함수를 이용하여, 공간데이터베이스에 저장되어 있는 공간데이터를 X, Y 좌표로 변환한 후 KML 태그와 결합하여 KML을 생성한다. 이는 사용자의 정의에 따라 2-D 및 3-D 폴리곤 등 다양한 형태의 KML로 생성 가능하다. 3-D 폴리곤 KML의 경우, 사용자가 선택한 데이터필드가 KML Geometry의 높이값으로 할당되어 3-D 그래픽 형태로 시각화한다. KML Generator의 벡터데이터 처리 및 변환모듈의 구조는 그림 6과 같다.

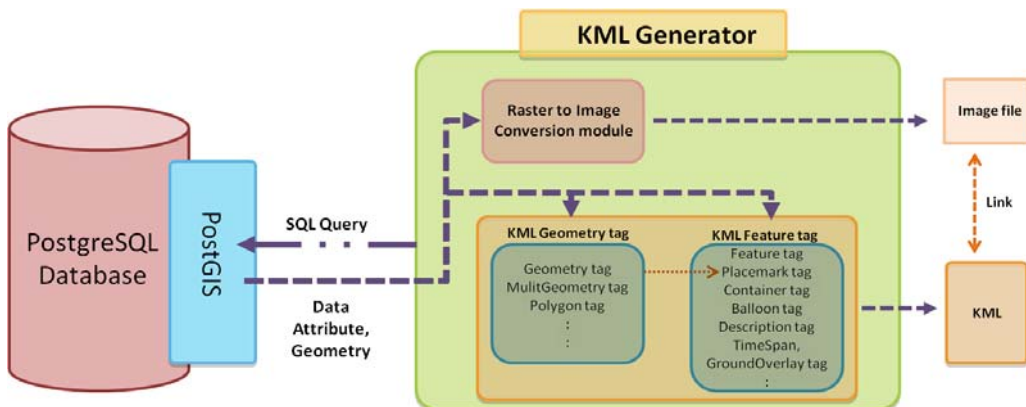


그림 5. KML Generator의 구조

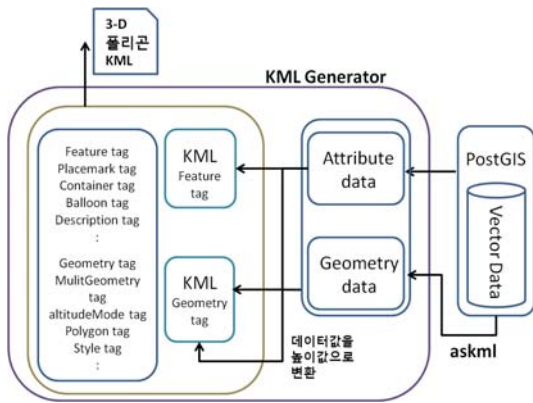


그림 6. KML Generator의 벡터데이터 변환모듈(3-D 폴리곤 시각화)

3.2.2 래스터데이터 처리 및 변환모듈

웹 화면에서 사용자가 원하는 데이터를 선택하면, 래스터데이터 변환모듈 그림 7은 데이터베이스 쿼리를 통해 래스터객체를 로드하여 자바 이미지 변환모듈을 통해 png와 같은 이미지파일을 생성한다. 생성된 이미지는 Ground Overlay 등의 태그로 구성된 KML 파일에, 링크되어 웹상에 표출한다. 또한 시간의 흐름에 따라 공간적인 변화양상을 파악할 수 있는 데이터의 경우는, 사용자의 선택에 따라 TimeSpan 태그를 이용, 순차적으로 이미지를 링크하여 시계열 애니메이션 KML을 생성한다.

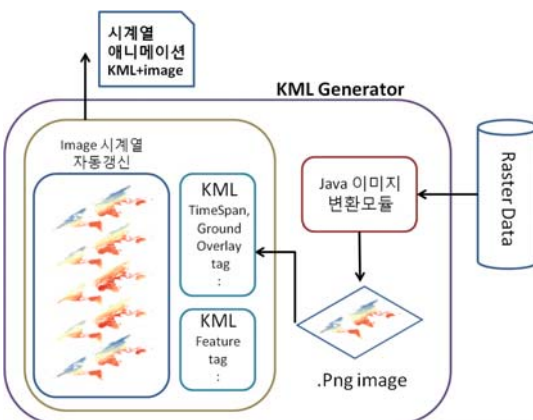


그림 7. KML Generator의 래스터데이터 변환모듈(시계열 시각화)

4. 웹기반 지리정보 표출시스템 프로토타입 구현

본 연구에서 구현된 프로토타입 시스템에서는 우리나라의 월 별 LAI¹⁾정보를 중심으로 임상도와 정곡생산량 데이터를 함께 표출함으로써 수종과 LAI, 그리고 농업수확량과 LAI를 시각적으로 비교 및 탐색한다. 표출데이터들은 MODIS Web[28], 수자원관리정보시스템(WAMIS)[29], 통계청[30]에서 다운로드하여 가공하였다. 2006년의 8일 단위(8-day composite) 1km 해상도의 MODIS LAI 데이터를 우리나라 범위로 절취 및 가공하였고, 임상도는 지역별 데이터를 병합하여 전국데이터로 재생성 하였다. 전국 정곡생산량 통계데이터는 시,군 경계 벡터데이터와 조인하였다. 이들 벡터 및 래스터데이터는 WGS84 좌표계로 변환 후 PostgreSQL로 임포트하였다.

구현된 프로토타입 시스템에서는 지도의 확대, 축소, 이동 및 위치검색 등과 같은 구글어스의 기본기능이 이용 가능하다. 사용자의 웹 화면 중 좌측 프레임에서는 데이터 및 시각화 방법을 선택하고 우측 프레임에서는 사용자의 선택에 따라 2개의 구글어스 브라우저를 배치하여 데이터의 비교 탐색을 수행한다. 시스템의 초기화면은 다음의 그림 8과 같다

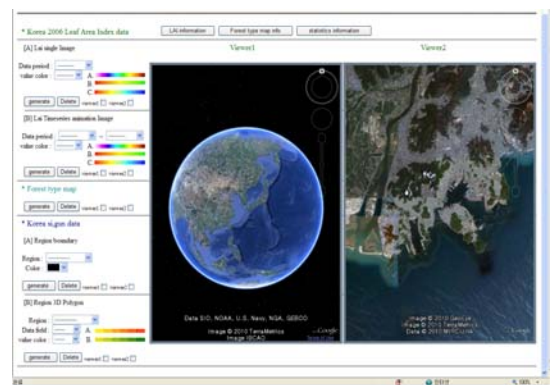


그림 8. 시스템 초기화면

사용자는 메뉴의 데이터 목록을 통해서 데이터베이스에 저장되어 있는 8일 단위의 시계열 LAI 데이

1) LAI(leaf area index): 한 식물군락의 총 잎면적을 그 군락이 차지하는 지표면적으로 나눈 값으로, 차지하는 지표면적에 대하여 몇 배의 잎이 퍼져있는가를 표시.

터를 선택할 수 있으며, 속성값의 분포에 따라 원하는 색채 배열을 지정한다. 이때, 단일 시기의 데이터를 선택하면 하나의 이미지로 시각화되며, 일정 기간 동안의 데이터들을 선택하면 시계열 애니메이션의 형태로 화면에 표출된다. 시계열 애니메이션은 상단의 타임슬라이더(time slider)를 통해 재생, 정지, 빨리가기 등의 제어가 가능하다. 그림 9는 시간의 흐름에 따른 LAI 변화의 애니메이션 지도와 입상도를 함께 표출한 화면이다. LAI의 시공간적 변화양상과 수목의 공간분포에 대한 시각적 비교 및 탐색을 제공한다.

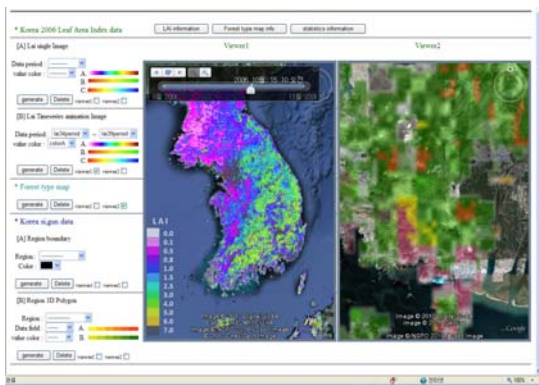


그림 9. 시계열 LAI와 입상도의 비교 및 탐색

농지에 있어서 LAI는 수확량과 직간접적인 연관성을 가진다. 그림 10에서는 팝업 윈도우에 정곡생산량의 통계정보를 나타내었고, 그림 11과 같이 대상 지역과 원하는 데이터 및 색채 배열을 선택하여 3-D 폴리곤 형태의 단계구분도로 표출할 수 있다.

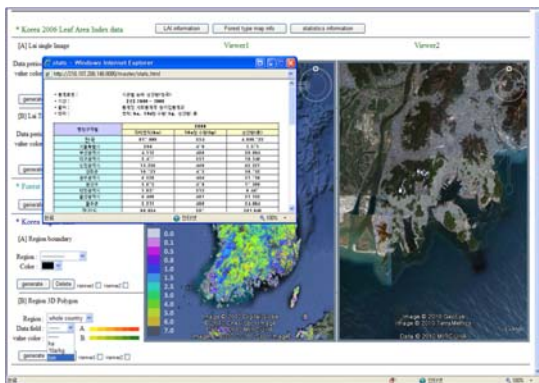


그림 10. 표출 데이터 속성정보 확인

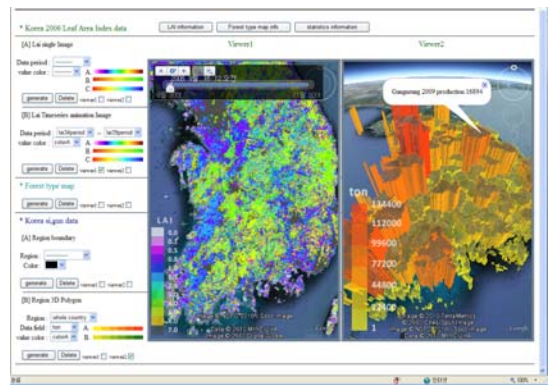


그림 11. LAI와 정곡생산량 3-D 폴리곤 단계구분도와의 비교 및 탐색

5. 결론

최근 GIS와 인터넷 기술의 발전에 따라 웹기반의 GIS가 대중화되면서 다양한 서비스가 제공되고 있다. 이러한 변화 속에서 웹기반의 지도정보 및 GIS 시각화 서비스는 새로운 속제를 안고 있다[17]. 웹 2.0의 개방된 컴퓨팅 환경에서 시스템의 상호운용성 및 사용자와의 동적상호작용이 중요해지고 있으며, 이는 오픈소스 소프트웨어와 지오브라우저를 이용한 웹 GIS분야의 발전가능성을 제시하고 있다.

본 연구에서는 구글어스 플러그인과 API, 그리고 PostgreSQL/PostGIS 공간데이터베이스를 이용하여, 사용자의 선택에 따라 동적으로 기능하는 KML 자동생성모듈과 웹기반 지리정보 표출 시스템의 프로토타입을 구현하였다. 이 시스템을 통해 구글어스를 웹 브라우저에 결합시키고, 사용자 질의를 분석하여 공간데이터베이스로부터 벡터 및 래스터데이터를 전송받아 인터랙티브한 형태의 그래픽으로 표현하였다. 본 연구에서 설계 및 구현된 웹 기반의 지리정보 표출시스템은 다양한 지리공간 데이터의 시각화에 적용될 수 있으며, 향후 추가적인 연구를 통해 공간 및 시공간 데이터의 통계분석 기능을 갖춘 종합적인 표출 및 분석 시스템으로 확장될 필요가 있다.

참고 문헌

[1] A. Chen, G. Leptoukh, S. Kempler, C. Lynnes, A. Savtchenko, D. Nadeau, and J. Farley, 2009,

- “Visualization of A-Train vertical profiles using Google Earth”, *Computers & Geosciences*, vol. 35, no. 2, pp. 419-427.
- [2] C. Arnulf, 2006, “Introduction to Spatial Data Management with PostGIS”, *Proc. of 2006 GeoWeb*.
- [3] E. Castrogiovanni, G. Loggia, and L. Noto, 2005, “Design storm prediction and hydrologic modeling using a web-GIS approach on a free-software platform”, *Atmospheric Research*, vol. 77, no. 1-4, pp. 367-377.
- [4] F. Mantovani, F. Gracia, P. Cosmo and A. Suma, 2009, “A new approach to landslide geomorphological mapping using the Open Source software in the Olvera area(Cadiz, Spain)”, *Landslides*, vol. 7, no. 1, pp. 69-74.
- [5] G. Conroy, R. Anemone, J. Regenmorter, and A. Addison, 2008, “Google Earth, GIS, and the Great Divide: A new and simple method for sharing paleontological data”, *Journal of Human Evolution*, vol. 55, no. 4, pp. 751-755.
- [6] A. MacEachren and M. Kraak, 2001, “Research challenges in geovisualization”, *Cartography and Geographic Information Science*, vol. 28, no. 1, pp. 3-12.
- [7] M. Kulawiak, A. Prospathopoulos, L. Perivoliotis, M. Łuba, S. Kioroglou, and A. Stepnowski, 2010, “Interactive visualization of marine pollution monitoring and forecasting data via a Web-based GIS”, *Computers & Geosciences*, vol. 36, no. 8, pp. 1069-1080.
- [8] R. Philippe, S. Michell, and V. Agenes, 2001, *Spatial Database with Application to GIS*, 2nd Ed., p. 410, Morgan Kaufmann Publishers Inc. San Francisco.
- [9] S. Pezanowski, B. Tomaszewski, and A. MacEachren, 2007, *Geomatics Solutions for Disaster Management- An Open GeoSpatial Standards-Enabled Google Earth Application to Support Crisis Management*, *Geoinformation and Cartography*, pp. 225-238, Springer.
- [10] S. Sheppard and P. Cizek, 2009, “The ethics of Google Earth: Crossing thresholds from spatial data to landscape visualization”, *Journal of Environmental Management*, vol. 90, no. 6, pp. 2102-2117.
- [11] 김영표, 2008, “GIS와 Google Earth Web을 활용한 바람분포 시뮬레이션”, *한국산림휴양학회 추계학술대회*, pp. 62-68.
- [12] 남광우, 오달수, 2006, *표준/Open Source 기반의 GIS 구축 지침 개발에 관한 연구*, 한국정보사회진흥원.
- [13] 남광우, 하수욱, 하태석, 2009, “Awarematics/WMServer: 오픈소스 웹 맵 서비스 서버의 설계와 구현”, *한국공간정보시스템학회 논문지*, 제11권, 제3호, pp. 70-72.
- [14] 남상관, 오윤석, 김태훈, 강진아, 김장욱, 2009, “오픈소스 GIS 소프트웨어를 활용한 u-GIS 기반 도시 지상시설물 관리시스템 개발”, *한국지형공간정보학회지*, 제17권, 제4호, pp. 67-74.
- [15] 박미정, 이승연, 최진용, 김한중, 김상범, 2008, “Web GIS 기반의 3차원 농촌경관 시뮬레이션”, *농촌계획*, 제14권, 제1호, pp. 51-58.
- [16] 신석호, 2002, “3차원 공간 시설물의 효율적인 관리를 위한 웹 GIS기법의 적용”, *경상대학교, 박사학위 논문*.
- [17] 신정엽, 홍일영, 2006, “오픈환경에서 웹기반(web-based) 상호작용방식의 GIS 시각화(visualization) 방법 연구: 상용 GIS 시각화 솔루션과 SWF, SVG의 비교 분석적 고찰과 탐색”, *地理教育論集*, 제50권, pp. 41-62.
- [18] 안재성, 김형태, 김희원, 임용호, 2009, “FOS(Free and Open Source)GIS를 활용한 OpenAPI 기반의 공공 부동산정보 활용 서비스 제공방안”, *地理學研究*, 제43권, 제2호, pp. 173-185.
- [19] 윤경담, 정유란, 윤진일, 2006, “한반도 기후변화의시각적 표현을 위한 Google Earth 활용”, *한국농림기상학회지*, 제8권, 제4호, pp. 275-278.
- [20] 이미지, 임원수, 고준환, 최윤수, 2007, “Google Earth와 Sketch Up을 이용하여 지역개발과정에서 Public Participation을 가능하게 하는 Web Portal Site의 발전모델”, *한국GIS학회 춘·추계학술대회*, pp. 430-435.
- [21] 장민원, 정희훈, 이상현, 최진용, 2009, “인터넷 고해상도 영상서비스를 이용한 농촌어메니티 자원조사 기술에 관한 연구-Google Earth를 중심으로

-, 농촌계획, 제15권, 제4호, pp. 199-211.

- [22] 정장윤, 염재홍, 2007, “분산형 Web GIS 시스템을 위한 표준 웹 서비스 및 오픈소스 프로그램 활용 방안”, 대한토목학회 학술대회발표집, pp. 2871-2874.
- [23] 천동석, 차승준, 김경옥, 이규철, 2009, “u-GIS 환경에서 OpenAPI와 매쉬업 가능 서비스에 대한 통합 검색 기법 개발”, 한국공간정보시스템학회 논문지, 제11권, 제1호, pp. 25-34.
- [24] 최진우, 최재영, 양영규, 2008, “MODIS 센서 영상을 이용한 한반도 식생 분석 및 Google Earth 기반 표현 기법 연구”, 한국GIS학회 춘·추계학술대회, pp. 353-358.
- [25] 한선목, 이기원, 2009, “공개소스 PostGIS 기반 공간정보 처리 툴 킷 사용자 인터페이스 구현”, 대한원격탐사학회지, 제25권, 제2호, pp. 185-192.
- [26] <http://code.google.com/intl/ko/apis/earth/>
- [27] <http://www.osgeo.org/>
- [28] https://lpdaac.usgs.gov/lpdaac/products/modis_products_table
- [29] <http://www.wamis.go.kr/MS/main.aspx?ab=1&dv=do&cd=4400000000>
- [30] http://kosis.kr/abroad/abroad_01List.jsp
- [31] <http://www.opensource.org/docs/osd>
- [32] <http://cse-mjmcl.cse.bris.ac.uk/blog/2006/05/27/1148737394599.html>

논문접수 : 2010.09.13
 수정일 : 2010.10.22
 심사완료 : 2010.10.26



임 우 혁

2009년 부경대학교 위성정보과학과 공학사
 2009년~현재 부경대학교 대학원 위성정보과학과 석사과정
 관심분야 웹 GIS, OpenAPI



이 양 원

2004년 서울대학교 지리학 박사
 2004년~2009년 일본 동경대학교 토목공학과 연구교수
 2009년~현재 부경대학교 위성정보과학과 조교수

관심분야 웹 GIS, 모바일 GIS



서 용 철

2004년 일본 동경대학교 토목공학과 공학박사
 2007년~현재 한국지리정보학회 총무이사
 2006년~현재 대한토목학회 학술편집

위원

2005년~현재 부경대학교 위성정보과학과 교수
 관심분야 웹 GIS, GPS