

인터넷 GIS를 이용한 대학 시설물관리시스템 구축에 관한 연구

A Study on the Construction of the AM/FM System for a University Using Internet GIS

안기원* · 신석효** · 서두천**

Ahn, Ki-Won · Shin, Sok-Hyo · Seo, Doo-chun

요 旨

본 연구에서는 인터넷 GIS를 적용하여 인터넷상에서 쉽게 접근할 수 있는 대학 시설물관리시스템을 개발하고자 하였다. 인터넷 GIS 서비스를 제공하는 홈페이지는 Java Applet 기능이 포함되어 있어서 웹서버로 접속한 사용자가 HTML만을 이용하던 기존의 정적 GUI는 물론, 동적인 자료 처리와 분석을 행할 수 있도록 하였다. 본 연구에서 개발된 인터넷 GIS용 대학 시설물관리시스템은 인터넷상에서 그래픽정보 뿐만 아니라 설치 년도, 환경 등 속성정보를 같이 운용함으로써, 정확한 검색과 조회를 통한 유지관리 업무를 효과적으로 할 수 있음을 알 수 있었다. 또한, 매핑기능, 속성 및 공간정보검색기능, 속성 및 공간정보 질의 처리기능 등을 갖추고 있으며 인터넷을 이용함으로써 시간과 장소에 구애받지 않는 시설물관리가 가능하도록 하였다.

ABSTRACT

The purpose of this study is to develop the AM/FM system for a university using internet GIS. Because the developed system has an additional Java Applet functions, web user can execute dynamic data processing including static HTML GUI. The developed internet AM/FM system could be used for effective management work exact search and inquiry of both graphic information and attribute information rapidly. Also, it has the functions of mapping, attribute and spatial information searching, spatial query processing, etc.. Besides, this system could be used for realtime facility in any place or office using internet.

1. 서 론

사회의 격변화로 모든 정보는 신속하고 정확한 것을 연구하게 되었고, 국토 기반시설은 그 복잡성과 급격한 변화에 따라 2차원적인 정보관리에 한계를 맞게 되었다. 이러한 이유로 인해 도시기반시설 사업에 있어서는 계획 및 수행에 필요한 신속 정확한 정보의 제공으로 효율적인 도면 관리, 업무의 능률화 및 고도화를 기할 수 있다. 이러한 문제점들을 해결하고 효율적인 도면 및 자료의 보존과 시설물관리를 위해 시설물관리시스템이 필요하게 되었다. 대학 캠퍼스는 규모가 크고 구조와 설비가 복잡하여 많은 인력과 유형, 무형의 자산을 포용하고 있으므로 장기간 동안 모든 시설물 기능의 유지 관리가 요

구된다. 이러한 관점에서 대학 내의 현행 시설관리 업무에 이용되는 각종 도면과 자료들을 전산화함으로써 효율적으로 이용하고 자료들을 손쉽게 수정, 보완 및 유지관리할 수 있는 시스템을 인터넷 GIS를 적용하여 인터넷 상에서 쉽게 접근할 수 있는 대학 시설물관리시스템 구축하고자 한다.

1) 인터넷 GIS 서비스를 제공하는 홈페이지는 Java Applet 기능이 포함되어 있어서 웹 서버로 접속한 사용자가 HTML만을 이용하던 기존의 정적 GUI는 물론, 동적인 자료처리와 분석을 행할 수 있도록 하였다.

2) 본 연구에서 개발된 인터넷 GIS를 이용한 대학 시설물관리시스템은 매핑기능, 속성 및 공간정보검색기능, 속성 및 공간정보 질의 처리기능 등을 갖추고자 하였다.

3) 2차원 정보공간을 3차원으로 확장하기 위해 VRML(Virtual Reality Modeling Language)를 이용함으로써 2차원에서 표현이 미흡한 시설물의 형태를 3차원으로 나타내고자 하였다.

*정회원 경상대학교공과대학 토목공학과 교수
(경상대학교 생산기술연구소 연구원)

**정회원 경상대학교대학원 토목공학과 박사과정

2. 인터넷 GIS^{1,3)}

2.1 인터넷 GIS 정의

인터넷 GIS 기능의 구현과 서비스 제공은 기존 GIS 분야의 기능과 시스템 구현방식의 일대 전환을 가져오게 하였다. 즉, 많은 통신 네트워크 상에서 대규모 데이터베이스 구축과 고속의 공간 처리 및 분석을 통한 GIS 시스템 구축의 구조적인 변화를 요구하게 되었으며 포괄적인 의미의 인터넷 GIS가 등장하게 되었다. 이러한 변화에 따라 인터넷상에서 지형공간 객체 데이터를 접근하고 처리하고자 하는 연구가 활발하게 진행되고 있다. 많은 소프트웨어 회사들이 대규모의 GIS 시장을 겨냥하여 지도 기반의 제품들을 내놓고 있으며 연구기관들이나 국가 기관들이 인터넷과 GIS 기술을 연계하려고 하는 연구나 프로젝트들을 수행하고 있다.

인터넷 GIS란 인터넷을 통하여 데이터(공간자료)를 교환하고, 데이터를 원격에서 접속하여 전송하며 분석, 처리할 수 있는 시스템을 말한다. 이를 위해서는 표준화된 데이터, 인식가능하고 유연하게 개발된 소프트웨어, 분산 환경을 뒷받침해주는 하드웨어, 이 모든 요소를 다루고 총괄하는 라이브웨어(인력)가 필요하다. 그림 1은 인터넷 GIS의 정의를 표현하고 있다.

2.2 인터넷 GIS 구현기법^{8,9)}

인터넷에서 지형공간 데이터에 접근하는 가장 기본적인 방법은 WWW을 이용하는 방법이다. 사용자들은 웹 브라우저 등의 WWW 클라이언트를 이용해 인터넷에 쉽고 편하게 접근할 수 있기 때문에 인터넷상의 지형공간정보 데이터에도 쉽게 접근할 수 있다. 사용자는 인터넷상에서 지형공간 데이터 서비스를 하는 웹 페이지에 접속하고 여기에서 제공하는 다양한 서비스를 이용한다. 이러한 인터넷 GIS의 방식은 크게 두 가지로 나눌 수 있다.

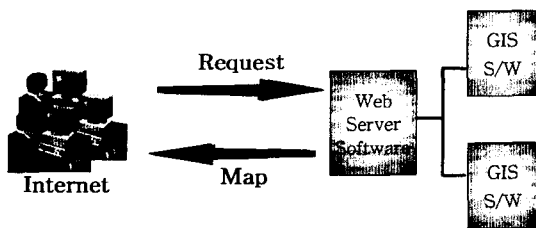


그림 1. 인터넷 GIS의 정의

표 1. 인터넷 GIS의 구현방식

Server 중심	Client 중심
- 대부분의 기능을 서버에서 처리	- GIS 분석 및 데이터처리는 사용자컴퓨터의 웹 브라우저 상에서 실행
- 일반적으로 CGI를 통해 GIS 톨과 웹서버간 통신	- 데이터 및 분석들은 서버 쪽으로부터 사용자의 요청에 따라 넘겨받음
- 주로 정적인 지도 디스플레이에 이용	- Plug-in 방식, ActiveX control 방식 Java Applet 방식
- CGI 방식	

- 웹브라우저 클라이언트 중심의 인터넷 GIS
- 서버중심의 인터넷 GIS

위의 인터넷 GIS의 두 가지 구현방식을 비교 설명한 내용이 표 1에서 나타나고 있다. 따라서 본 연구의 구현 기법에서는 클라이언트 중심의 인터넷 GIS로서, 질의를 하는 쪽 컴퓨터에서 모든 처리를 하고 서버에서는 그에 필요한 데이터를 넘겨주는 자바중심의 방식을 사용하였다. 이는 자바애플릿을 사용하기 때문에 동적인 프로그램을 만들 수 있고, 자바가 클라이언트 쪽에서 수행되므로 서버에 부담이 적은 장점이 있기 때문에 본 연구에서도 이를 이용하여 구현하였다.

2.3 인터넷 GIS와 VRML

HTML은 텍스트 정보를 가장 효율적으로 지원하고 문서에 포함된 이미지와 함께 연동될 수 있으나 3차원 환경의 사이버스페이스에서 복잡한 오브젝트의 layout을 정의하기 위해서는 기능의 확대가 요구되었다. 이런 문제를 해결하기 위해 가상 현실을 모델링하는 VRML (Virtual Reality Modeling Language)이 등장하였다. 초기에는 단순히 최소한의 3D 화면을 작성하는데 필요한 공통 언어를 만드는 것에 목표를 두고 시작하였고, 96년 3월에는 VRML V2.0이 발표되는 등 빠른 속도로 인터넷의 독자적인 분야로 파고들고 있다.

VRML은 인터넷상의 웹이 가지는 2차원 정보공간을 3차원으로 확장하는데 필요한 데이터 표준으로서 Language라는 단어가 갖는 일반적인 통념과는 달리 컴파일 되지 않고 ASCII 파일 형태 그대로 접속한 서버로부터 사용자 컴퓨터로 다운로드된 후 VRML 브라우저에 의해 해석된다. 따라서 VRML은 일반 텍스트 에디터를 통해 작성이 가능하며, 제작 툴을 통해 만들어진 VRML 파일 역시 텍스트 에디터를 통해 편집이 가능하다. VRML의 응용분야는 건축, 관광, 과학 등 매우 다양하

다. 최근에는 인터넷 GIS에서 2차원 정보공간을 3차원으로 확장하려는 노력의 일환으로 VRML이 등장하면서 웹의 3차원 공간을 활용하려는 다양한 시도들이 나타나고 있다. 본 연구에서는 VRML을 이용하여 2차원적인 도면만을 위주로 하던 시설물의 복잡한 상황을 표현하는데 있어서 미흡한 부분을 3차원으로 나타내고자 한다.

3. 인터넷 GIS 시스템 구성

일반적인 웹 기반 지리정보시스템은 웹브라우저 클라이언트 시스템과 데이터베이스 서버로 구성된 클라이언트-서버 환경으로 구축된다. 1997년 이전에 구축된 대부분의 웹기반 지리정보시스템들은 웹브라우저와 데이터 서버의 단순한 2계층(2-Tier) 시스템 구성방법을 이용하였으나 이후 복잡해지고 다변화된 사용자들의 요구를 충족시키기 위하여 2계층 시스템에 지리정보시스템 서버와 데이터베이스 시스템이 추가된 3계층(3-Tier) 시스템 구성방법을 이용하게 되었다. 3계층 시스템은 그림 2에서 보는 바와 같이 클라이언트, 미들 및 서버계층으로 구성된다.⁴⁾ 클라이언트는 웹을 이용해 인터넷 GIS에 접근하는 것으로서 표준 웹브라우저나 데스크탑 소프트웨어 등이 있다. 미들은 웹서버와 맵서버로 구성되어 있으며, 클

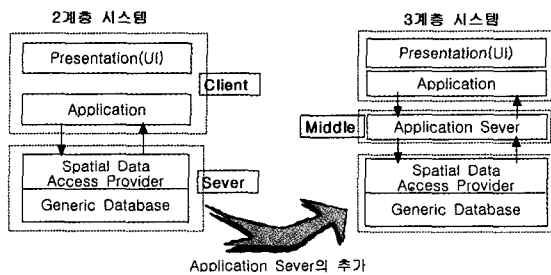


그림 2. 인터넷 GIS의 3계층 구조

표 2. 현재 상용화된 지리정보시스템의 서버제품

회사	제품
AutoCad社	Map Guide 3.0,
ESRI社	ArcView IMS(Internet Map Server)
	Arc IMS 3.0, MapObjects IMS 2.0
국외 Intergraph社	Geomedia Web Map 3.0
MapInfo社	MapXtreme 2.0
IMDB社	MAPSee
Nextel社	Next Map
국내 GIS소프트	NeoMap
사이버맵	CyberMap

라이언트의 요청을 중계하고 웹과 공간 데이터 서버의 인터페이스를 제공하며 HTTP와 CORBA, DCOM 등의 통신 프로토콜을 지원한다. 서버는 인터넷에서 활용 가능한 소프트웨어와 공간 데이터를 저장하고 있는 데이터 베이스를 GIS 서비스를 위한 지도 생성, 지도 질의, 지리 분석 등의 기능을 가지고 있다.

표 2에서 보는 바와 같이 현재 상용화된 지리정보시스템의 서버제품은 여러 가지가 출시되어 있다. 본 연구에서도 상용화된 제품 중에서 ArcView IMS를 이용하여 GIS 서버를 구축하였다. ArcView IMS는 인터넷상의 공간데이터에 접근하기 위하여 HTML, Java 등을 이용한다. HTML은 웹을 이용해 인터넷에 접근하는 표준화된 방법으로서 Java가 내장되어 있어야만 동작할 수 있으며 HTML 자체의 Form을 이용 Avenue의 Script로부터 마우스 Click Event를 감지해 ArcView IMS에 접근을 요청할 수 있다. Java Applet으로 개발된 웹 응용프로그램은 HTML보다 다양한 접근 방법을 제공한다. 즉, 마우스 Click Event뿐만 아니라 영역선택을 통한 Zoom In, Zoom Out이 가능하며 특정 위치에 대한 정보를 검색할 수 있다. 또한, 원하는 지형지물을 선택하여 화면에 출력하는 대화식의 접근도 가능하다. 그 구조는 그림 3과 같다.⁷⁾

본 연구에서 사용된 GIS 서버는 그림 4에서 보는바와 같이 가장 상위레벨의 클라이언트 즉 Web Browser로서의 사용자 요구 부분, 인터넷에 접속하는 사용자와 맵서버를 연결해주는 매개체로서의 Web Server부분, 처리결

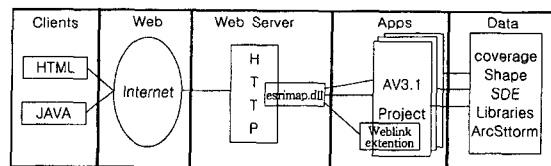


그림 3. ArcView IMS의 구조

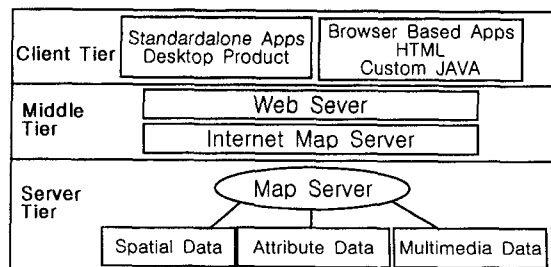


그림 4. 인터넷 GIS의 3계층 구조

과 데이터를 사용자의 웹브라우저에 전달하는 Map Server 부분으로 분류된다.

4. 인터넷 GIS를 적용한 대학 시설물 관리시스템 개발

4.1 대상지역 및 데이터베이스 구축

본 연구에서는 경상남도 진주시 가좌동국립경상대학교 (면적 약 1.4 km², 표고 10~80 m)를 대상지역으로 선정해서 도로, 전기, 건물, 지적, 상수, 오·폐수관로, 배수관로, 공동구 등 기본적인 대학 시설물에 관련된 도면들을 입력하고 각 도면에 표시된 요소들에 대한 속성들을 입력하여 데이터베이스를 구축하였다. 구축된 데이터베이스를 ArcView IMS에서 사용 가능하도록 dBASEIII 포맷으로 변환하였고 기본도는 ArcView Format인 Shape 파일로 변환하여 이용하였다. 또한 VRML 파일생성은 ASCII 형태의 VRML로 표현하는데 한계가 있기 때문에 제한된 범위에서만 VRML을 이용하는 연구가 진행되고 있고, 그 방법도 전용 모델러를 이용한 모델링 후에 이것을 변환기를 이용하여 VRML 파일로 변화시키는 방법을 많이 쓰고 있다. 따라서 본 연구에서도 각각의 레이어들을 Arcview상에서 제공하는 VRML 파일로 변환 후 사용하였고, 본 연구에서 부가적으로 사용한 기능은 Inline 기능으로서 이는 다른 VRML파일을 삽입시키는 기능으로서 기본도상에 각각의 레이어들을 삽입하여 이용하였다. 그림 5는 데이터베이스에서의 Shape 파일의 기본속성과 구축된 데이터베이스의 연결관계를 나타낸 것이다. 이러한 일련의 작업을 도식화 해놓은 그림 6은 시스템의 구성을 표현하고 있다. 또한, 본 연구에서 사용된 하드웨어 및 소프트웨어의 구성은 표 3에서 보

번호	이름	유형	좌표	속성
1	도로	선	1282.12.01	1282.08.13
2	도지반	6 R.C.Z	1986.03.07	1986.12.27
3	한상형판	6 R.C.Z	1982.03.27	1983.06.30
4	5'용량인용정수탱크	3 R.C.Z	1980.07.28	1983.03.30
5	용기계측관망점	3 R.C.Z	1982.03.27	1983.06.30
6	7기상관측소	2 R.C.Z	1984.11.17	1984.12.27
7	6'용기계측관망점	3 R.C.Z	1982.03.27	1983.06.30
8	9'용기계측관망점	3 R.C.Z	1982.03.27	1983.06.30
9	10'용기계측관망점	3 R.C.Z	1980.05.26	1981.09.06
10	11'용기계측관망점	3 R.C.Z	1980.05.26	1981.09.06
11	12'용기계측관망점	3 R.C.Z	1980.05.26	1981.09.06
12	13'용기계측관망점	3 R.C.Z	1980.05.26	1981.09.06
13	14'용기계측관망점	3 R.C.Z	1980.05.26	1981.09.06
14	15'용기계측관망점	3 R.C.Z	1980.05.26	1981.09.06
15	16'용기계측관망점	3 R.C.Z	1980.05.26	1981.09.06
16	17'용기계측관망점	3 R.C.Z	1981.12.18	1982.07.12
17	18'용기계측관망점	3 R.C.Z	1981.12.18	1982.07.12

그림 5. 데이터베이스의 연결 관계

표 3. 사용된소프트웨어의 구성

종류	내용
운영체제	Microsoft Windows NT 4.0
기본도구축	Microstation, AutoCad
데이터베이스구축	MS Access, dBASEIII, EXCEL
웹서버	MIIS(Microsoft Internet Information Server4.0)
맵서버	ArcView 3.1(Avenue Script)
맵서버와 웹서버간의 연결	ArcView IMS
3차원 관리 및 VIEW	VRML, Cosmo Player 2.1
웹브라우저와의 인터페이스 지원	JDK 1.2.1

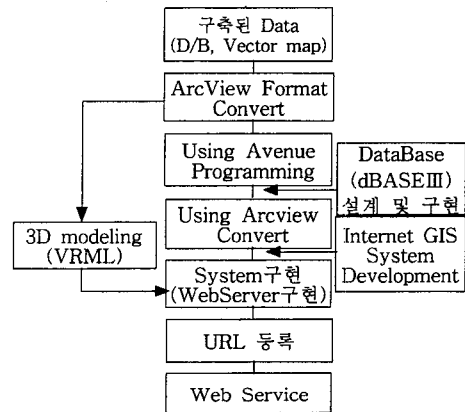


그림 6. 시스템 구성 흐름도

는 바와 같다.

4.2 기본도 구축

기본도는 다른 주제도에서 참조할 수 있는 지리좌표를 갖는 지도로 많은 응용프로그램의 적용에 기본이 되며 데이터베이스의 개념적 설계에서 다양한 지도 레이어들이 기본도를 중심으로 구성된다. 본 연구의 기본도 구축에 사용된 지형자료와 구축방법은 표 4와 그림 7에서 보는 바와 같다. 본 연구에서 카테고리는 같은 성격의 지형형상을 형상종류에 따라 분류한 것으로서 업무에 적용할 경우 효율적이고 신속한 자료의 처리를 가능하게 한다. 표 4는 각 시설물 베이스 맵의 도면정보를 나타낸다. 또한 각각의 오·폐수관로도도 배수관로도도 들어가는 맨홀(manhole)과 정화조(septic tank) 그리고 공동구에 들어가는 신축이음(joint)들은 여러 가지 기호로 사용되는데 이들은 연속적이고 반복적으로 사용하여야 한다. 따라서 이들은 셀 라이브러리(cell library)를 이용하여 편리

표 4. 기본도 구축에 사용된 지형자료와 구축방법

자료명	축척	자료 제공 기관	구축내용	구축방법
경상대학교 현황도	1/1200 1/3000 1/5000	경상대학교 시설과 토목계	지형, 건물 현황파악, 등고선의 작성	스캐닝, 벡터라이징
경상대학교 오수 관로 현황도	1/1200	경상대학교 시설과 토목계	오수관망현황 파악	스캐닝, 벡터라이징
경상대학교 폐수 관로 현황도	1/1200	경상대학교 시설과 토목계	폐수관망 현황 파악	스캐닝, 벡터라이징
경상대학교 배수 관로 현황도	1/1200	경상대학교 시설과 토목계	배수관망 현황 파악	스캐닝, 벡터라이징
경상대학교 지적도	1/3000	경상대학교 시설과 토목계	지적 현황 파악	스캐닝, 벡터라이징
경상대학교 공동구 시설 계획도	1/1200	경상대학교 시설과 기계부	공동구에 속한 급수, 전력, 인입 변전 실 및 교환기 현황 파악	스캐닝, 벡터라이징
경상대학교 공과대학 1호관 평면도	-	경상대학교 시설과 토목계	건물의 용도 파악	스캐닝, 벡터라이징
구내 도로 현황도	1/4000	경상대학교 시설과 토목계	구내 도로 현황 파악	스캐닝, 벡터라이징

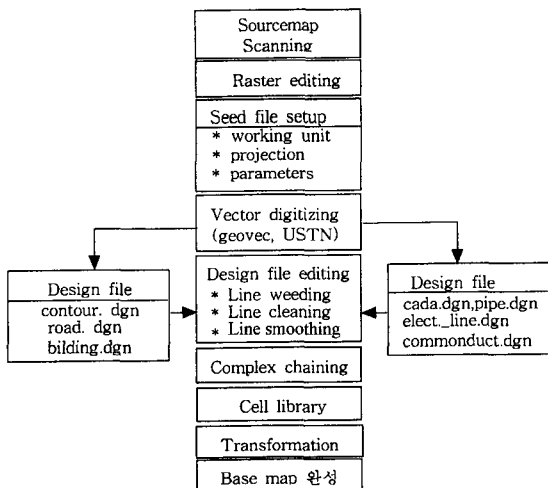


그림 7. 기본도 구축을 위한 순서도

하게 사용하였으며 각각의 셀은 역시 레이어, 색, 굵기, 형태를 정하여 베이스 맵(base map)을 구축하였다. 대상 지역에 대한 축척이 1/1,200, 1/3,000, 1/5,000인 경상대학교 현황도와 축척이 1/1,200인 오수관로도, 폐수관로도, 배수관로도, 공동구계획도 그리고 축척이 1/3,000인 지적도를 각각 스캐닝 하여 얻은 래스터 자료들을 각 카테고리(Category)에 대한 Feature별로 레이어를 구분하였고, 선의 색, 선의 굵기를 달리하고, 알맞은 선의 형태를 정하여 벡터라이징을 실시하여 각각의 원하는 기본도를 구축하였다. 이렇게 획득된 기본도는 작업의 진행과정에서 발생한 불필요한 버텍스(vertex)가 생기므로 line

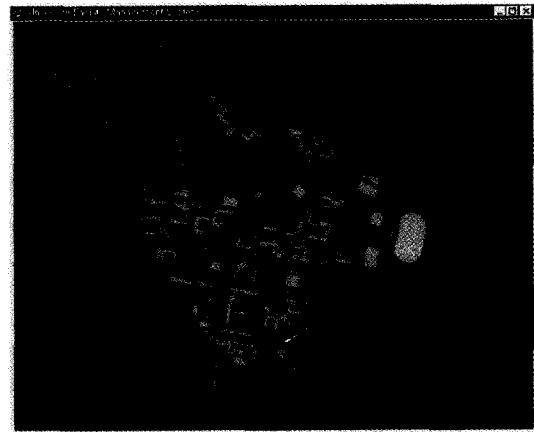


그림 8. 구축된 기본도들의 중첩화면

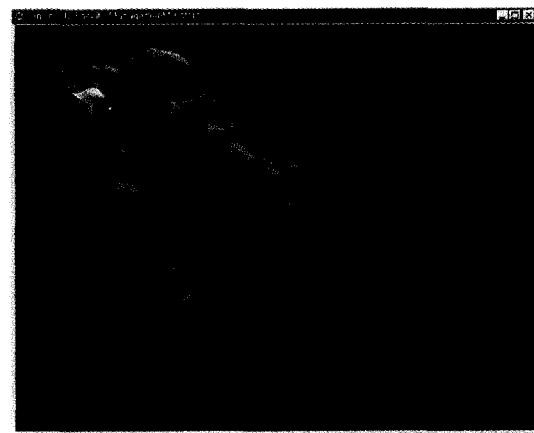


그림 9. 대상 등고선의 3D 모델링

weeding, line cleaning, line smoothing을 하여 정리한 다음 각 독립된 라인을 일체가 되도록 complexchaining을 실시함으로써 최종 기본도들을 구축하였다. 그림 8은 최종적으로 완성된 기본도들을 overlap시킨 화면을 나타낸 것이고, 그림 9는 대상지역을 등고선으로 3차원 모델링한 것이다.

4.3 인터넷 GIS의 적용

구축된 시스템에서는 웹서버가 위치하고 있는 URL(Uniform Resource Locator)에 접속한 사용자에게 기존의 정적인 HTML GUI외에 Java Applet를 제공함으로써 동적인 자료 제공과 분석이 가능하도록 하였다. 구축된 대학 시설물관리시스템은 대학시설물에 대한 각종 검색 기능이 포함이 되어 있고 클라이언트들의 요구

를 수용하기 위한 인터페이스 기능, 매핑기능(벡터맵의 확대, 축소, 이동기능) 및 속성 및 공간정보검색기능과 공간정보질의 처리기능 등 분석기능을 제공하였다.

그림 10은 웹브라우저 상에서 사용자가 접속할 때의 초기화면을 나타내고 있으며, 여기서는 MAP FRAME, INFO FRAME으로 구성된다. 또한 MAP FRAME은 동적인 지도의 표현이 가능하도록 하였다. 그림 11은 특정한 공간데이터를 지정하였을 때 지정된 개체의 속성정보를 Table로 표시하고 있다. 그림 12는 공간데이터의 보다 상세한 정보제공을 위하여 HTML의 하이퍼링크를 이용한다. 그것은 위치사진으로서의 영상정보를 나타내고 현재 위치표시를 해주고 있는 모습이다. 그림 13은 웹브라우저 상에서 신속하게 정보를 검색하는 기능을 나타내고 있는 화면이다. 여기서는 검색어를 입력하면 항목들이 나열된 후, 위치정보를 맵 상에 하이라이트 해주고, 속성정보를 제공한다. 그림 14는 VRML을 이용하여 2차원에서 표현이 미흡한 시설물의 형태를 3차원 형태로 표

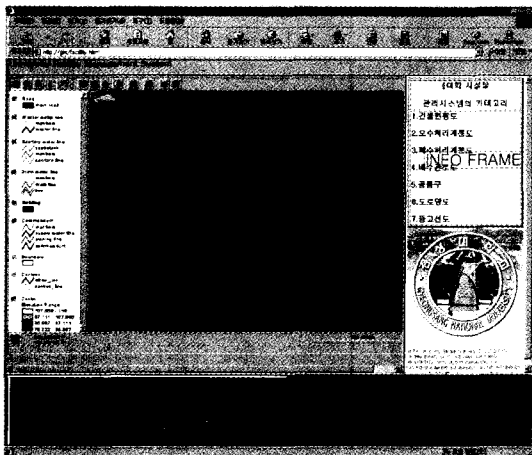


그림 10. 접속초기화면

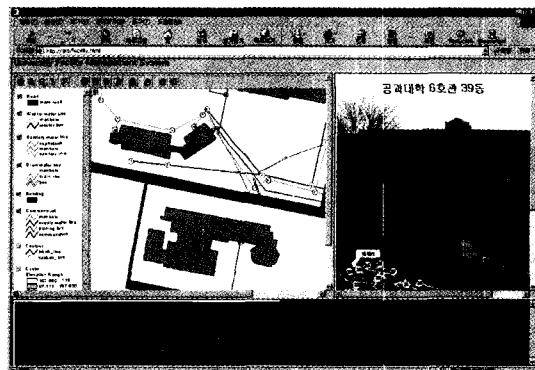


그림 12. 하이퍼링크를 통한 영상정보 검색

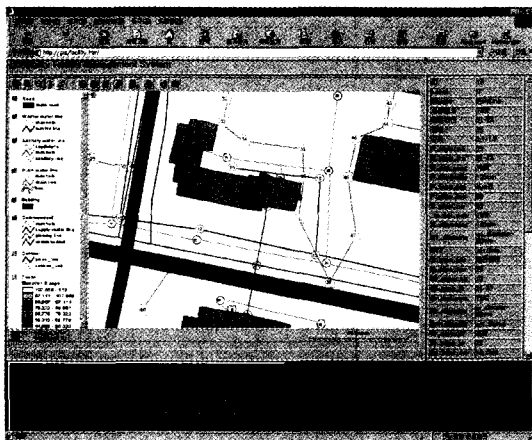


그림 11. 공간정보의 속성표시

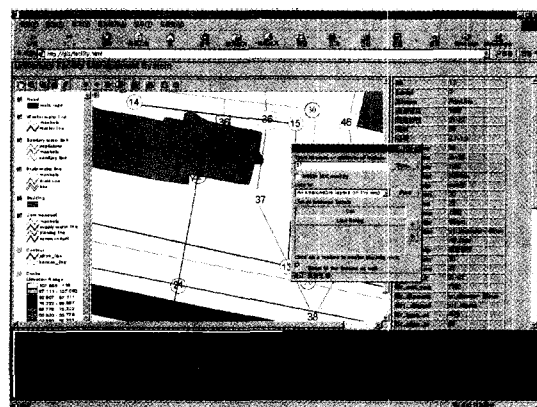


그림 13. 공간정보검색과 위치 및 속성값 표시

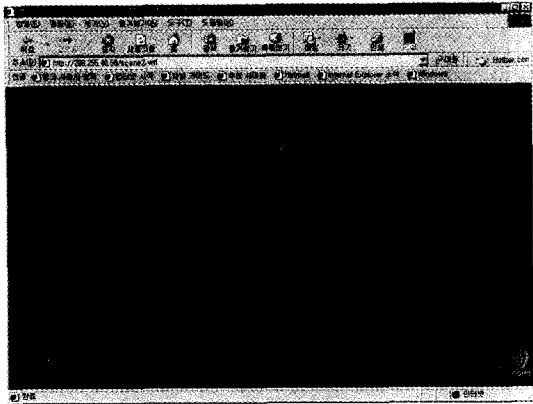


그림 14. 시설물의 3차원 view

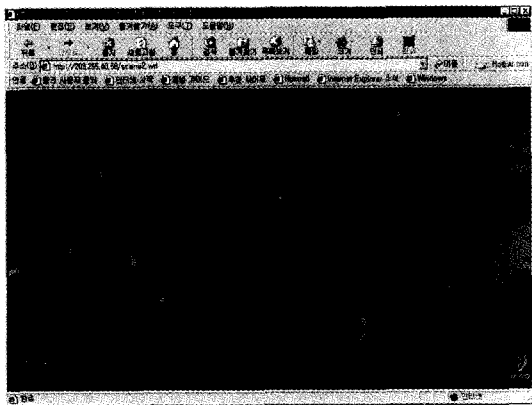


그림 15. 시설물의 확대모습

시한다. 그림 15는 시설물의 위치파악과 시각적 관리가 용이하도록 확대시킨 화면이다.

5. 결 론

본 연구에서는 인터넷상에서 대학 시설물관련 정보를 처리, 검색 및 분석하는 효율적인 관리방안을 모색하기 위하여 인터넷 GIS를 이용한 대학 시설물관리시스템을 개발하고자 하였으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 사용자들이 서버에 접근하여 지형정보를 활용하는 인터넷 범용 클라이언트를 만들 수 있었으며, 특히 시설물에 있어서 벡터맵의 확대, 축소, 이동 등을 위한 매핑 기능, 속성 및 공간정보검색기능 등의 분석기능을 제공

할 수 있었다.

2. 인터넷상에서 그래픽정보 뿐만 아니라 설치년도, 환경 등 속성정보를 같이 운용하므로써, 정확한 검색과 조회를 통한 유지관리 업무를 효과적으로 할 수 있음을 알 수 있었다.

3. 정적인 HTML 문서로 구현하기 힘든 웹상의 대화형 인터페이스의 제공이 가능하였다.

4. 예전에는 시스템 상에서 정적인 지도의 표현만 가능하던 것을 인터넷 GIS를 통하여 동적인지도로 나타낼 수 있었고, 또한 VRML을 이용함으로써 2차원에서 표현이 미흡한 시설물의 표현을 3차원적으로 할 수 있었다.

참고문헌

1. 안기원, 유환희, 신석효, "인터넷 GIS를 이용한 교량 재해관리시스템 개발에 관한 연구", 대한토목학회 논문집, 제20권, 제 5-D호, 2000, pp. 613-620.
2. 안기원, 유환희, 최윤수, 신석효, "GIS를 이용한 교량재해관리시스템 개발", 한국지형공간정보학회, 제7권, 제2호, 1999, pp. 69-80.
3. 유환희, 성재열, "도시지역 재해방재를 위한 재해관리시스템 개발(II)" -도시가스시설 관리를 중심으로- 한국측량학회지, 제17권 제4호, 1999, pp. 339-348.
4. 김민수, 김광수, 이기원, 이종훈, 양영규, "Information Provider 엔진 관점에서의 분산처리환경지원 Web 기반의 지리정보시스템 구조", 한국지형공간정보학회, 제7권, 제2호, 1999, pp. 35-45.
5. 박성득, "Internet GIS의 데이터 공유표준 연구", 한국전산원, 1998, pp. 43-80.
6. Coleman, David J. and McLaughlin, John D., "Information Access and Network Usage in the Emerging Spatial Information Marketplace", URISA, Vol. 9, 1998, pp. 8-19.
7. ESRI, "Using ArcView Internet Map Server", ESRI, 1997, pp. 1-59.
8. Peng, Zhong-Ren and Nebert, Douglas D, "AnInternet-Based GIS Data Access System", URISA, Vol. 9, 1998, pp. 20-30.
9. Peng, Zhong-Ren, "An Assessment of the Development of Internet GIS", proceedings of the 1997 ESRI User Conference, ESRI, 1997, pp. 526-550.
10. Robert L, Riggs, "Application of AM/FM/GIS Technology to the pipeline industry". Conference XVII proceedings, 1994, pp. 437-447.