

지하시설물의 효율적인 관리를 위한 3차원 웹 GIS 적용

The Application of Web Three Dimensional GIS for Efficient Management of Underground Facilities

신석효* · 안기원** · 지학송*** · 이효성****

Shin, Sok Hyo · Ahn, Ki Won · Ji, Hag Song · Lee, Hyo Sung

1. 서론

현대 산업사회의 시설물들은 도시의 가스관, 상·하수관, 전기 및 통신시설 등의 공급체계를 이루는 시설물을 포함하여 그 종류가 다양하고 이러한 도시의 시설물들이 복잡해짐에 따라서 공급체계를 원활히 유지하고, 효율적으로 관리하는 것은 매우 중요한 일이 되었다. 도시의 공급체계를 이루는 시설물들은 대부분 도로의 지하공간에 별도로 매설되어 있는 공동구나 케이블 박스 내에 설치되어 있다. 각종 도로공사의 빈번한 굴착으로 인하여 종종 훼손되거나 파손되기 쉽기 때문에 신속하고 정확하게 복구하지 않으면 대형사고로 이어져서 많은 재산과 인명 손실을 초래하게 된다. 따라서 지하매설물의 체계적이고 효율적인 관리 문제들을 해결하고 대형사고를 사전에 예방하고 신속하게 대처하기 위하여 최근에는 GIS(Geographic Information System)시스템을 많이 활용하고 있다. 그러나 일부 구축하여 사용하고 있는 시스템도 2차원적인 도면을 위주로 하기 때문에 지하의 복잡한 상황을 표현하는데 한계가 있어 수집된 정보를 사용자에게 올바르게 정확하게 전달하지 못하고 있는 실정이다. 최근에는 인터넷 기술의 발전과 웹 이용의 엄청난 증가로 인하여 수많은 정보통신 분야에 새로운 길을 열어 주고 있다. 특히, WWW(World Wide Web)는 네트워크 사용자가 전세계의 분산된 정보를 쉽고 빠르게 접근할 수 있도록 하는 매우 효과적인 정보 공유의 형태를 제공함으로써 GIS 분야에서도 인터넷 GIS라는 개념이 제기 되었으며 인터넷의 발달에 따라 개발된 인터넷 GIS는 오늘날 그 이용도가 더욱 더 크게 확대되고 있다. 그러나, 현재 웹 상에서 작동되는 GIS 시스템은 CGI(Common Gateway Interface)를 이용한 2차원 매핑(mapping) 위주의 시스템이어서 자료의 전송과 분석에 제약이 많았다. 특히, 지하시설물은 지하공간의 비가시성으로 인해 기존의 2차원적으로는 더욱 효율적인 관리가 어렵기 때문에 지하시설물을 3차원으로 시각화 해주는 도구가 필요한 실정이다. 이러한 이유로 1990년대 중반 이후 비용의 효율성과 접근의 용이성 측면에서 인터넷 환경에서 구동되는 3차원 GIS의 중요성이 인식되기 시작하였다. 이러한 인터넷 환경하에서 3차원 GIS 소프트웨어의 시각화모형을 위한 이용 방법의 하나로 VRML(Virtual Reality Modeling Language)이 등장하였다. 또한, 웹이 가지는 2차원 정보를 3차원으로 확장하려는 노력의 일환으로 VRML을 이용하여 웹의 3차원 공간을 활용측면의 다양한 시도들이 나타나고 있다. 그러나 현재까지는 VRML을 이용하여 단지 DEM(Digital Elevation Model) 데이터로부터 지형을 3차원적으로 표현하거나 지형을 간단히 분석하는데 머물고 있다. 이러한 이유로 인하여 인터넷상에서 단순히 동적으로 시각화하는 기능이 아닌, 실 좌표 공간 데이터의 처리 및 공간 분석이 가능한 3차원 GIS가 요구된다. 따라서 본 연구에서는 공간 시설물 데이터를 효율적으로 관리하기 위하여 웹 환경에서의 3차원 시설물 데이터관리가 가능하도록 GIS 웹 서버를 구축하고, 구축되어진 데이터를 웹 상에서 VRML과 자바의 EAI를 이용하여 동적으로 3차원 VRML형상을 생성, 갱신, 조작하고, 3차원 공간 분석 및 속성 검색의 기능을 수행하는 모듈들을 개발하고자 하였다.

2. 3차원 GIS

2.1 3차원 GIS

2차원 GIS를 거쳐 발전해온 3차원 GIS는 초창기에는 지형을 단순히 3차원으로 가시화 하는 기능 위주였지만, 최근에는 3차원 지형 분석 및 3차원 시설물과 3차원 도시 등의 실감 있는 모델링, 분석 기능을 제공하는 단계가

* 정회원 경상대학교 공과대학 토목공학과 공학박사
** 정회원 경상대학교 공과대학 토목공학과 교수, 공학박사
*** 정회원 경상대학교 공과대학 토목공학과 석사과정
**** 정회원 서울대학교 BK사업단 연구원

E-mail:s_shshin@gsnp.gsnu.ac.kr
E-mail:kwahn@nongae.gsnu.ac.kr
E-mail:s_jhs@gsnp.gsnu.ac.kr
E-mail:hyosunglee@hanmail.net

지 이르렀고, 미래에는 3차원 모델링 뿐만 아니라 현실감 있는 가상현실(Virtual Reality) 기능이 더욱 강조된 3차원 GIS가 등장할 것이다. 표 1은 3차원 GIS의 발전 단계로서 1980년대부터 현재까지 3차원 지형분석의 2차원적인 표현에서부터 3차원 지형의 가시화 및 분석시스템을 거쳐 최근 웹 상에서의 3차원 가상도시 구축 단계까지를 나타내고 있다.

표 1. 3차원 GIS 발전 단계

년 대	단 계	기 술	비 고
1980	1단계	2차원 GIS의 지형분석표현	등고선, GRID
	2단계	3차원 지형 가시화시스템	위성영상, DEM자료의 가시화
1990	3단계	3차원 지형분석시스템	지형가시화, 분석 (향, 고도, 가시권, 단면분석)
2000	4단계	3차원 브라우징 시스템	가상도시구축, 3D Browsing
	5단계	3차원 GIS	3D 검색, 편집, 분석, 가상현실(VR)

2.2 웹에서의 3차원 GIS

웹 환경에서 3차원 콘텐츠를 표현하기 위한 방법으로 최근에 가장 많이 사용되고 있는 것이 VRML과 자바 3D이다. VRML은 가상 현실 모델링 언어로 기존의 HTML이 텍스트와 이미지위주로 구성되어 사람이 실제로 감지하고 느낄 수 있는 가상공간을 구축하는데 적합하지 않다고 판단되어 이를 대체할 새로운 규약으로 제정된 것이다. VRML은 SGI의 오픈인벤터 파일 포맷을 근간으로 만들어졌기 때문에 장면 그래프라는 구조를 이용하여 3차원 콘텐츠를 표현한다. 장면 그래프는 3차원 객체들을 트리 구조로 관리함으로써 3차원 가상 세계에 대한 조작 및 변경을 편리하게 하기 위한 것이다. VRML 버전 1.0은 주로 정적인 3차원 세계에 대한 생성 및 가시화가 주된 기능이였다. 하지만 VRML 2.0이 발표되면서 3차원 가상공간에 대한 다양하고 동적인 움직임을 부여할 수 있게 되었다. 특히 자바와 같은 외부 프로그램에 대한 인터페이스를 지원함으로써 3차원세계에 대한 복잡하고 세밀한 조작을 가능케 하였다. VRML과 외부 프로그램과의 인터페이스를 EAI라고 하며 현재 EAI를 이용하여 도시계획, 건축, GIS 등의 다양한 분야에 대한 응용시스템을 웹 상에 구축하려는 시도가 활발히 진행중이다. VRML과 자바를 이용하여 구축된 3차원 GIS 시스템은 3차원 객체의 모델링 및 가상세계 구축이 비교적 용이하고, 3차원 브라우저의 기능을 충분히 활용할 수 있다는 장점이 있다. 한편 웹에서의 3차원 그래픽 프로그래밍을 위해 개발된 자바 라이브러리가 바로 자바 3D이다. 자바 3D는 자바 언어의 확장 라이브러리기 때문에 3차원 객체에 대한 더욱 직접적인 조작과 관리가 가능하다. 하지만 3차원 가상세계를 가시화하기 위한 브라우저를 직접 개발해야하고 3차원객체의 생성 및 조작을 위한 프로그래밍에 시간이 많이 걸리는 등의 단점이 있다. 본 연구에서는 이러한 내용들을 조합해 볼 때 VRML과 자바 EAI를 이용하여 3차원 콘텐츠를 구성, 웹에 접근하는 방식으로 웹 기반 3차원 시설물관리 시스템을 구축하였다. 그림 1은 자바 애플릿과 VRML 장면간의 연결성을 갖는 EAI 개념도를 나타내고 있다.

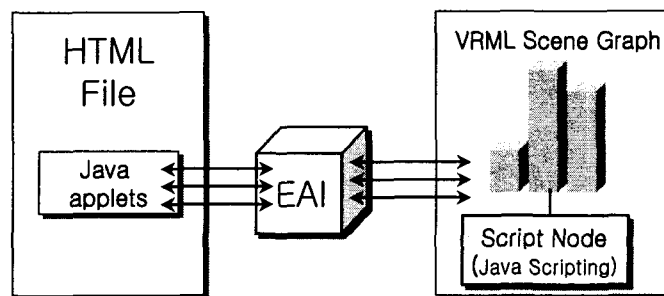


그림 1. VRML과 자바애플릿과의 연결

2.3 웹 시스템 구성

본 연구에서 개발하고자 하는 시스템의 구성은 크게 GIS 서버와 GIS 클라이언트 구조로 나누어진다. 이러한 구조는 3차원 GIS를 웹 환경에서 운용할 때 컴퓨팅 부하를 서버와 클라이언트로 분산시킴으로써 수행 성능을 향상시키기 위함이다. GIS 서버 측면에서는 웹 서버로 IIS를 이용하여 구축하였고, GIS 클라이언트 측면에서는 웹 브라우저를 통해 질의를 하게 되면 서버로부터 전송 받은 질의의 결과를 받아서 VRML 브라우저와 연결되고 이 VRML 브라우저는 자바

EAI를 통해 자바 애플릿을 수행하게 된다. 이는 EAI를 통해서 VRML 브라우저의 지형요소들과 이벤트들을 주고받으며 공간분석을 행하게 된다. GIS 서버구성에서는 클라이언트 측에서 질의를 하게 되면 구축된 웹 서버를 이용하여 데이터베이스 시스템을 통한 데이터베이스의 검색과 사용자 질의를 처리하여 검색 및 질의의 결과를 클라이언트 측에 전송하게 된다. 여기서 공간데이터베이스로 들어가는 부분이 기존의 2차원 데이터에서 3차원 공간데이터로 변환을 거친 후 데이터베이스시스템에 저장이 된다. 그림 2는 본 연구에서 사용된 시스템 구성도를 도시하고 있다.

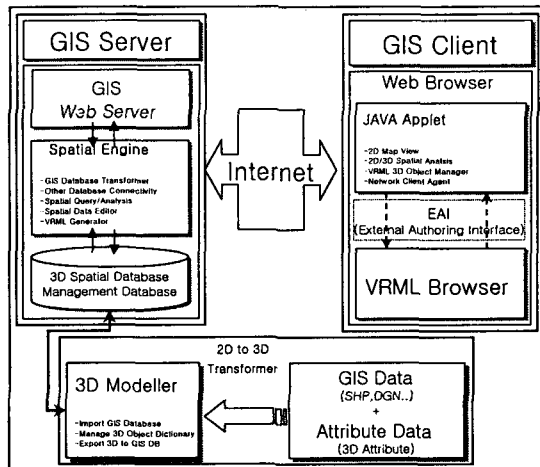


그림 2. 3D GIS 클라이언트/서버 시스템구성도

3. 3차원 공간데이터의 작성

3차원 데이터 모델은 Point, LineString, Surface, Polyhedron을 기본 모델로 하여 Topology를 구성하게 된다. 이러한 내용은 표 2에서 표현하고 있다.

표 2. 3차원 데이터모델의 위상관계

Model	Description(topology)	Representation class
Point	3D coordinates class (X, Y, Z)	Tree, Road Lamp
LineString	Connected class of continuity point (length)	Underground facilities
Surface	Connected class of closed LineString (area)	Boundary
PolyHedron	Composed PolyHedron of polygon (volume)	Building
DEM	Height data representation class	Topography

또한 본 연구에서는 실제 현상과 같은 사실감을 더하기 위해 3차원 시각화를 위한 모델링은 3차원 기하정보에 조명, 음영, 색깔, 재질, 텍스처 매핑을 통하여 구성되었고, 카메라 객체를 이용하여 3차원 영상을 그림 3과 같이 제작하였다. 3차원 공간데이터의 작성은 그림 4에서 보는 바와 같이 건물의 형태를 VRML 브라우저에 나타낼 때 작성하는 단계로서 한 파일에는 VRML의 구조와 그 구조에 소스가 들어가는 형태로 작성된 모습을 나타내고 있다. 또한 브라우저에 나타난 폴리곤 형태의 건물은 사실감을 더하기 위해서 건물의 사진을 촬영한 후 건물에 매핑 시키는 작업인 이미지텍스처를 수행한 모습을 나타내고 있다. 또한, 지하 시설물인 오수관, 상수도관, 가스관, 공동구, 배수관, 폐수관 등의 작성은 관 형상의 객체들을 공간 정보와 속성정보를 이용하여 3차원 형상으로 구성하였고 Anchor 노드를 이용하여 웹 환경에서 VRML 모델을 상호작용하고 다른 VRML 페이지로 이동, 다른 HTML 페이지로 이동, 임의의 사운드나 동영상 시작, 다른 뷰포인트로 이동이 가능하도록 하였다.

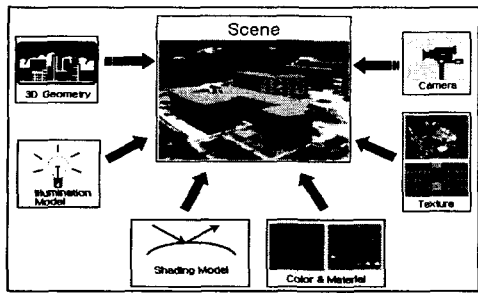
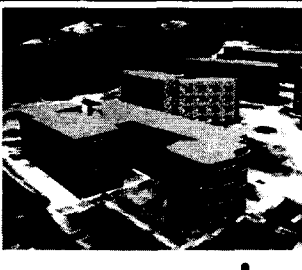


그림 3. 3차원 시각화를 위한 모델링

VRML Browser



```

Shape {
  appearance Appearance {
    material Material {
      diffuseColor 0.681 0.646 0.996
      transparency 0.000
    }
    texture ImageTexture {
      url "building.jpg"
    }
  }
  geometry DEF _4 IndexedFaceSet {
    coord DEF CoordSet Coordinate {
      point [ 117418 184400 0,
              117455 184378 0,
              117488 184381 0,
              117487 184412 0,
              117475 184410 0,
              117418 184400 25.022,
              117455 184378 25.022,
              117488 184381 25.022,
              117487 184412 25.022,
              117475 184410 25.022 ]
    }
    color Color {
      color 0.681 0.646 0.996
    }
    coordIndex [ 0, 1, 2, -1, 1, 2, 3, -1,
                 2, 3, 4, -1, 3, 4, 5, -1,
                 4, 5, 6, -1, 5, 6, 7, -1,
                 6, 7, 0, -1, 7, 0, 1, -1,
                 0, 2, 4, -1, 0, 4, 6, -1,
                 1, 3, 5, -1, 1, 5, 7, -1 ]
    colorIndex [ 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
                 0, 0, 0, 0 ]
  }
}

```

```

Group {
  children [
    WorldInfo {
      title "건물"
      info "3차원 시설물 관리시스템"
    }
    NavigationInfo {
      headlight TRUE
    }
    DirectionalLight {
      intensity 0.6
      color 1 1 1
      direction -1 -1 5
    }
    Transform1( Shape {.....} )
    Transform2( Shape {.....} )
    Transform3( Shape {.....} )
  ]
}
VRML structure

```

그림 4. VRML에 의한 건물 모델링 과정

4. 웹상에서 3차원 GIS 구현

본 연구에서는 웹 서버에 구축된 지상·지하시설물 데이터를 웹 상에서 동적으로 3차원 VRML형상을 생성, 갱신, 조작하고, 3차원 공간분석 및 속성 검색의 기능을 수행하는 모듈들을 개발하여, 웹 상에서 GIS 기법을 적용해보고자 능동적인 조작과 분석이 가능한 3차원 공간 시설물 관리시스템을 구현하였다. 3차원 공간 시설물 관리시스템의 구현한 내용을 요약하면 다음과 같다. 속성정보 제공 기능, 질의를 통한 속성 정보검색과 위치정보검색기능, 3차원 레이어 관리 기능, 버퍼링에 의한 공간분석, 3차원 네비게이션 기능등을 구현하였다.

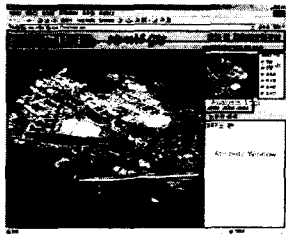
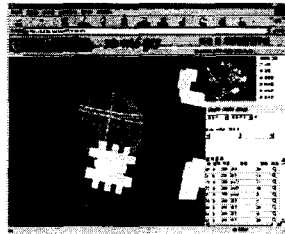


그림 5. 시스템 초기 화면



(a) R=50m



(b)



(c)

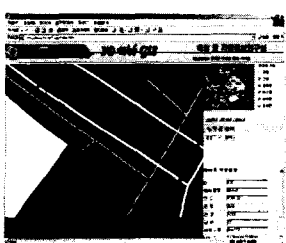
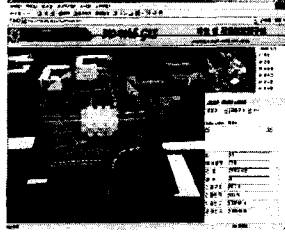
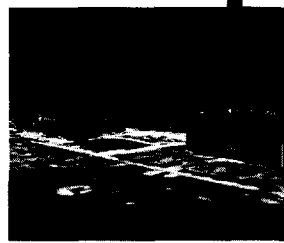


그림 6. 속성정보 제공기능



(b) R=100m



(a)



(d)

그림 7. 버퍼링 분석

그림 8. 3차원 네비게이션의 결과

5. 결 론

본 연구에서는 웹 GIS 기법을 적용하여 지하시설물의 효율적인 관리를 위한 내용으로서 3차원 관리를 위해 웹에서 관

리 가능한 GIS 웹 서버를 구축하고, 자바 EAI와 VRML을 이용하여 웹 상에서 동적으로 3차원 VRML 형상을 생성, 갱신, 조작하고, 3차원 공간분석 및 속성 검색의 기능을 수행하는 모듈들인 자바 애플릿을 개발하였다. 특히, 본 연구를 통하여 3차원 물체 표현 기능을 제공하는 VRML과 자바 EAI간의 연계를 통하여 저가의 플랫폼이 독립적인 3차원 가상 세계를 동적으로 생성하고 공간분석이 가능한 웹 GIS 기법을 적용함으로써 공간 시설물 관리의 효율성을 얻고자 한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 기존의 GIS시스템이 단순한 2차원 맵핑 위주의 시스템인데 반해 본 연구에서는 3차원 공간객체를 구성하여 웹 상에서 공간객체를 조작하고 분석이 가능한 3차원 공간 시설물 관리시스템을 개발하였다.
2. 기존의 정적인 지도표현에서 웹 GIS기법을 통해 지형지물의 3차원 시각화 및 지하공간 시설물의 동적인 표현과 함께 3차원 대화형 인터페이스로 사용자에게 특정한 시설물에 대해 보다 상세한 공간정보를 제공하였다.
3. 인터넷상에서 3차원 물체 표현에 강력한 기능을 제공하는 VRML과 자바 EAI간의 연계를 통하여 저가의 플랫폼으로 독립적인 3차원 가상 세계를 동적으로 생성하고 공간분석이 가능하였다.

향후 3차원 가상현실을 이용하여 관광 정보 제공, 토지 이용실태 조사, 군사용, 다양한 3차원 가상도시의 구축으로 현실과 아주 유사한 각종 생활 지리 정보서비스, 건설분야에의 활용, 시설물 관리에 있어서 비가시지역인 지하 시설물의 설계, 시공 및 관리시 의사결정에 활용 할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 안기원, 신석효, 서두천(2000) 인터넷 GIS를 이용한 대학 시설물 관리 시스템 구축에 관한 연구. 한국측량학회지. 18(4), pp. 415-421.
2. Forgiomne G. A., Loane, R. L. and Armstrong, T. C. (1998) A geographical information system to facilitate military housing management. IJGIS. 10(8), pp. 991-1007.
3. Bennett, P. G. L.(1996) A successful water network facilities management system. URISA proceeding, PP.161-174.
4. Brown, R. W.(1996) Data maintenance and backlog in AM/FM/GIS systems. URISA proceeding, pp.333-337.
5. Zhong, R. P. and Duglas, D. N. 1998. An Internet Based GIS Data Access System. URISA. Vol(9), pp. 20-30.
6. Marshall, J.(2000) Developing Internet-Based GIS Applications. ESRI White paper, pp. 1-17.