

## Java/VRML기반 3차원 GIS의 기본 구조와 프로토타입 모델 개발

### Development of Java/VRML-based 3D GIS's Framework and Its Prototype Model

김 경 호 \*                      이 기 원 \*\*                      이 종 훈 \*\*\*  
Kim, Kyong-Ho                      Lee, Kiwon                      Lee, Jong-Hun

#### 要 旨

3차원 지리정보처리와 관련하여 인터넷 환경에 기반을 둔 3차원 GIS는 최근의 중요 GIS 기술 개발 분야중 하나로 간주되고 있다. 3차원 GIS를 설계하고 구현하기 위해 자바와 VRML의 전략적인 연계를 고려하였다. 3차원 피쳐 포맷을 정의하였는데 이는 비공간 속성, 3차원 벡터 데이터, 멀티미디어 데이터, 그리고 3차원 가시화 정보를 포함한다. 3차원 피쳐에 대한 검색과 버퍼링 연산, 근접 분석, 거리 분석 등의 기능을 구현하였고 "Lantern operator"라는 새로운 3차원 공간 연산자를 고안하였다. 지형고도 데이터와 위성영상 데이터를 가상공간에 표현하였으며 3차원 피쳐에 대한 영상이나 사운드 등의 멀티미디어 정보 검색 기능을 구현하였다. 결론적으로 본 논문에서는 WWW에서 구동되는 3차원 GIS의 프로토타입을 개발함으로써 현재 개념 정립 단계에 있는 3차원 GIS의 향후 기반연구 개발 및 응용연구 모델 개발에 기여할 것으로 생각된다.

#### ABSTRACT

Recently, 3D GIS based on 3D geo-processing methodology and Internet environment are emerging issues in GIS fields. To design and implement 3D GIS, the strategic linkage of Java and VRML is first regarded: 3D feature format definition in the passion of conventional GIS including aspatial attributes, 3D feature indexing, 3D analytical operators such as selection, buffering, and Near, Metric operation such as distance measurement and statistical description, and 3D visualization. In 3D feature format definition, the following aspects are implemented: spatial information for 3D primitives extended from 2D primitives, multimedia data, object texture or color of VRML specification. DXF-format GIS layers with additional attributes are converted to 3D feature format and imported into this system. While, 3D analytical operators are realized in the form of 3D buffering with respect to user-defined point, line, polygon, and 3D objects, and 3D Near functions; furthermore, "Lantern operator" is newly introduced in this 3D GIS. Because this system is implemented by Java applet, any client with Java-enable browser including VRML browser plug-in can utilize the new style of 3D GIS function in the virtual space. Conclusively, we present prototype of WWW-based 3D GIS, and this approach will be contribute to development of core modules on the stage of concept establishment and of real application model in future.

\* 한국전자통신연구원(ETRI) 연구원

\*\* ETRI 선임연구원

\*\*\* ETRI 책임연구원

## 1. 서론

1990년대 중반 이후, 비용의 효율성과 광범위한 접근 용이성으로 인해, 월드 와이드 웹(World Wide Web: WWW, 이하 웹)에서 구동되는 3차원 지리정보 시스템(Geographic Information System: GIS)의 중요성이 인식되기 시작하였다1). 특히 VRML(Virtual Reality Modeling Language)은 인터넷 환경 하에서의 3차원 GIS 소프트웨어 개발 구성요소인 3차원 시각화 모델을 위한 방법으로 그 중요성이 강조되고 있는 바 2) 지도의 표현과 모델링에서의 VRML 적용에 대한 시도가 있으나 이 경우에는 wrl포맷 등과 같은 VRML 파일을 브라우저 상에서 단순히 동적으로 시각화하는 기능만이 강조된 측면이 있다3). 따라서 실좌표 공간 데이터의 처리 및 공간 분석, 데이터 변환 등의 GIS 소프트웨어가 갖는 기본 구성모듈을 충족시키지는 못하고 있다. 또한 ERDAS사의 Imagine과 ESRI사의 ArcView 3D Analyst 등 DEM(Digital Elevation Model)과 같은 정형화된 고도 데이터의 3차원 가시화 및 지형분석을 위한 상용 소프트웨어는 많이 발표되고 있으나 통합환경에서 지형 지물을 모델링하고 인공 시설물 또는 자연 지형지물을 대상으로 하는 실질적인 GIS 형태의 3차원 공간 분석을 수행할 수 있는 기술개발 사례 및 성과보고는 국내외적으로도 드문 실정이다.

본 논문에서는 VRML과 Java 애플릿 그리고 이들 사이의 인터페이스를 이용한 3차원 GIS 구조의 설계와 프로토타입의 구현사례를 설명하였으며 3차원 객체를 다루기 위해 3차원 피쳐 포맷을 정의한 뒤 3차원 공간 분석을 위해 몇가지의 특화된 연산자들을 설계하고 Java를 이용하여 구현하였다. 또한 음성이나 음향 또는 영상 등의 멀티미디어 정보를 3차원 피쳐와 연계하여 운용할 수 있도록 설계 및 구현하였으며 4) 고도 데이터와 위성 영상 데이터, 그리고 3차원 지형물의 가시화를 위해 VRML을 사용하였다.

## 2. Java와 VRML의 GIS 연계 배경

1995년 썬 마이크로시스템즈에 의해 개발된 객체 지향 언어인 Java는 플랫폼 독립성이라는 중요한 특징으로 인해 현재 웹용 S/W를 위한 표준 언어로 자리잡아가고 있다5). Java의 또다른 특징인 단순성과 안정성, 그리고 확장성 등은 Java가 GIS 어플리케이션의 개발에 이용되는데 중요한 이유를 제공한다6). GIS S/W는 보통 여러 가지 기능을 가지는 모듈의 복합체로 구성되기 쉽다. 따라서 GIS S/W의 구축과 관리 및 확장의 편의를 위해서는 객체 지향적 방법론의 사용이 필요하다. C++프로그래밍언어에 비해 비교적 간단하고 사용하기 용이한 객체 지향 언어인 Java는 바로 이러한 필요성에 부합되는 언어라 할 수 있다. 따라서 현재 웹용으로 개발되고 있는 GIS 어플리케이션들이 Java언어로 작성되고 있는 추세이다.

VRML은 장면(scene)을 기술하기 위해 고안된 언어이며 3차원 가상 세계의 생성과 조작, 그리고 웹을 통한 전송을 가능케 한다7). 1996년 VRML 2.0 규약이 발표되면서 VRML과 외부 어플리케이션과의 상호 연계가 가능하게 되었다8). 특히 External Authoring Interface(EAI)를 이용함으로써 VRML 가상 세계와 Java 애플릿 등의 외부 어플리케이션과의 능동적인 상호 작용이 가능해 졌다9).

본 논문에서는 이러한 VRML과 Java의 상호 연계성을 이용하여 3차원 GIS를 설계하고 구현하였는데 이러한 접근 방법은 다음과 같은 장점을 지닌다. 첫째, VRML 브라우저의 기능을 충분히 활용할 수 있다. 3차원 GIS의 구현에는 기본적인 컴퓨터 그래픽스의 기술이 요구된다. 예를 들어, 3차원 지형 지물을 생성하기 위해 와이어 프레임으로 모델링한 물체에 면을 입히고 렌더링을 하고 조명의 효과를 주는 등의 작업이 필요하게 된다. 또한 3차원 장면을 향해(navigation)하기 위한 뷰(view)의 기능도 요구된다. 대부분의 VRML 브라우저는 기본적으로 이러한 모든 기능들을 내장하고 있기 때문에 3차원 지형물을 가시화하고 3차원 GIS의 장면을 조작하는데 용이하게 이용될 수 있는 것이다10). 둘째, 3차원 GIS 엔진은 Java 애플릿으로 개발하고 3차원 지형물에 대한 가시화는 VRML

을 이용함으로써 각 모듈의 독립성과 확장성을 최대한 살릴 수가 있다. 셋째, VRML 브라우저 플러그인과, Java 애플릿을 구동 가능한 웹 브라우저만 있으면 어느 클라이언트에서든 접근 및 이용이 가능하다는 것이다. 이러한 저가형이고 플랫폼 독립적인 클라이언트에 대한 지원은 본 시스템이 가지는 가장 큰 장점 중 하나라고 할 수 있다.

### 3. 시스템 개요

본 시스템은 크게 월드 관리기(World Manager), 공간 연산 관리기(Spatial Operation Manager), 그리고 멀티미디어 관리기(Multimedia Manager)등의 세 부분으로 구성된다(그림 3.1). 각각의 모듈은 External Authoring Interface(EAI)를 통하여 VRML 가상 세계와 상호 작용한다[1].

월드 관리기는 VRML 브라우저에 표현되는 지형공간 세계를 생성하고 변경한다. 3차원 피쳐와 지형 고도 데이터 그리고 위성 영상 데이터를 데이터베이스로부터 읽어온 후 이를 VRML 파일 형태로 변환한다. 변환 과정 중 3차원 피쳐 데이터와 VRML 요소(노드라 불림)사이의 상호 연결성을 생성하게 되는데 이를 통하여 3차원 지형 공간 세계를 변화시킬 수 있고 또한 VRML 브라우저에서 발생한 이벤트를 감지할 수가 있게 된다.

공간 연산 관리기는 3차원 공간 분석을 수행한 후 이를 VRML 가상 세계에 표현한다. 예를 들어 지하 매설물 피쳐에 대한 3차원 버퍼 연산의 경우, 3차원 체인 피쳐의 벡터데이터에 대해 연산을 수행한 후 그 결과를 원형 단면을 갖는 파이프라인 형태로 VRML 가상 세계에 표현하게 된다. 공간 분석의 정량적 결과는 Java의 Graphic User Interface(GUI)를 이용하여 텍스트 또는 그래픽의 형태로 표현된다.

멀티미디어 관리기는 3차원 지형 피쳐가 지니는 음성이나 영상 데이터를 관리한다. 사용자는 VRML 브라우저에 구현된 가상 지형 공간에서 마우스를 이용하여 피쳐를 선택할 수 있고 선택된 피쳐에 연결된 음성이나 영상 정보를 듣거나 볼 수 있다.

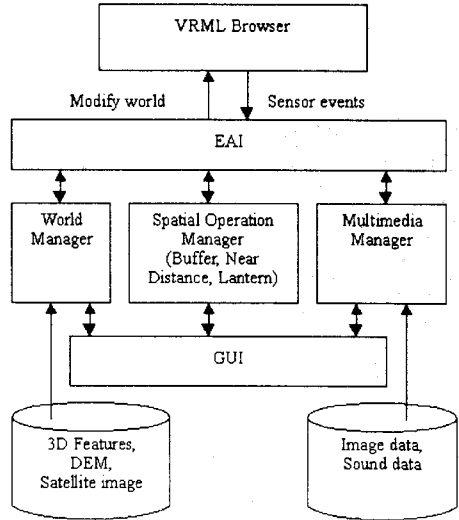


그림 3.1 전반적인 시스템 구성도

### 4. 3차원 피쳐 포맷

3차원 지형 요소를 노드, 체인, 그리고 폴리곤 요소로 구분하여 세 종류의 3차원 피쳐 포맷을 정의하였는데 이는 2차원 벡터 데이터에서의 확장성을 고려한 것이다. 각 3차원 피쳐 포맷은 비공간 속성, 멀티미디어 관련 정보, 3차원 가시화 정보, 그리고 3차원 벡터 데이터의 네 부분으로 구성하였다.

#### 4.1 비공간 속성

3차원 피쳐의 비공간 속성은 Vector Product Format이 제공하는 Feature Attribute Coding Catalog[2]을 참조하였다. 비공간 속성값은 정수 또는 문자열로 코딩되어 저장된 후 의미 있는 텍스트 형태로 디코딩 된다.

#### 4.2 멀티미디어 관련 정보

음성이나 정지영상 또는 동영상 등의 멀티미디어 정보는 텍스트로는 표현할 수 없는 추가적인 정보를

제공해준다. 3차원 피쳐에 대한 영상이나 음성 정보는 필드로부터 획득되고 가공되어 데이터베이스에 저장된다.

#### 4.3 3차원 가시화 정보

3차원 지형 요소를 VRML을 이용하여 표현하기 위해서는 몇 가지 관련 정보가 필요하다. 이는 주로 상자, 구, 원통 등 3차원 물체의 모양이나 색상, 텍스처, 투명도 등의 외관에 대한 정보를 기술하기 위한 것이다.

실 세계상의 3차원 지형요소에 대한 모델링 방법은 3차원 GIS의 가시화에 있어 중요한 역할을 수행한다. 특히 3차원 공간분석을 위한 연산자를 설계하고 구현하는데에도 3차원 지형요소를 어떻게 모델링하는가는 중요한 요소로 작용하게 된다. 3차원 지형요소를 모델링하는데 사용되는 데이터의 양이 많을수록 세밀도(Level-of-Detail)는 증가하고 3차원 지리 세계의 사실성도 향상된다. 하지만 지리 데이터 관리의 용이성과 웹에서의 전송 속도 등을 고려하여 적절한 양의 데이터를 이용한 모델링 방법이 필요하게된다. 본 논문에서는 2차원 벡터 데이터의 사출(extrusion)로써 3차원 지리요소를 표현하는 간단한 방법과 좀더 정량적인 공간 분석을 지원하기 위한 와이어프레임 모델링을 병행하였다.

#### 4.4 3차원 벡터 데이터

3차원 벡터 데이터는 폴리곤, 링, 체인, 그리고 노드의 계층적 구조로 구성되며 이들은 (x,y,z)로 표현되는 3차원 점들로 이루어진다. 이러한 구조는 벡터 데이터를 단순히 XY평면에 투영함으로써 2차원 GIS의 기능을 수행할 수 있다는 장점이 있다.

### 5. 3차원 공간 분석

3차원 지형 요소에 대한 공간 분석을 수행하기 위해서 몇 가지 공간 연산자를 설계하고 구현하였다. 3차원 버퍼 연산자와 근접(Near) 연산자를 구현하였고

“Lantern 연산자”라는 새로운 3차원 연산자를 정의하고 구현하였다. Lantern 연산자는 지하 매설물에서의 누설 및 폭발 효과, 전파의 도달 범위 및 영향권 분석 등의 공간 분석에 응용될 수 있다. 또한 지형 요소간의 거리 측정을 위한 Distance 연산자를 정의하고 구현하였다. 이러한 연산자를 이용한 3차원 공간 분석의 결과는 VRML 가상 세계에 표현되며 본 연구에서 개발된 3차원 GIS 소프트웨어의 기본적인 사용자 인터페이스는 다음과 같이 구성되어 있다(그림 5.1).

#### 5.1 3차원 피쳐 검색

VRML 가상 세계에 표현되는 3차원 지형 지물 피쳐는 사용자의 마우스 입력을 감지할 수 있는 센서를 지니게 된다. 따라서 사용자가 마우스로 선택한 3차원 피쳐는 이벤트 핸들러에 의해 감지되고 피쳐와 연결된 비공간 속성, 멀티미디어 정보 등을 출력할 수 있게 된다. 선택된 피쳐를 사용자에게 보여주기 위해 이벤트 핸들러는 피쳐의 색상, 모양, 텍스처 등의 외관을 변화시킬 수도 있다.

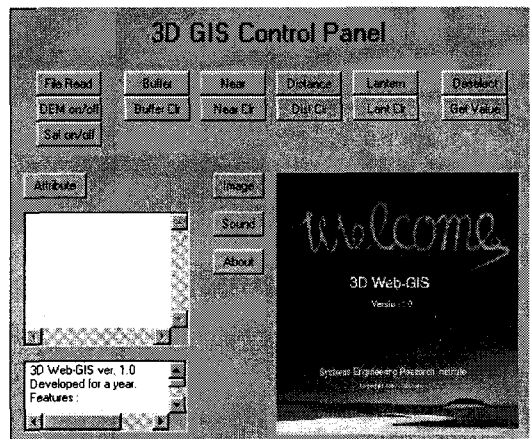


그림 5.1 사용자 인터페이스

#### 5.2 3차원 버퍼 분석

3차원 지형 지물에 대한 버퍼 분석은 2차원 버퍼

분석으로는 수행할 수 없었던 여러 가지 공간 질의에 대한 해답을 제시할 수 있고 각종 의사 결정에 중요한 정보를 제공한다. 3차원 버퍼 분석은 대상 3차원 피처의 종류에 따라 point-버퍼 분석, line-버퍼 분석, polygon-버퍼 분석으로 분류할 수 있다.

point-버퍼 분석은 점 요소 피처에 대해 버퍼 연산을 수행하는 것으로 점원(point source)의 3차원 오염역 판단 등의 분석에 응용될 수 있다. line-버퍼 분석은 선 요소 피처에 대해 버퍼 분석으로 상·하수도관이나 지하 케이블 등의 지하 시설물의 매설 위치 산정 등에 이용될 수 있다. 그림 5.2는 지하 매설물에 대한 line-버퍼 분석의 예를 보인 것이다. polygon-버퍼 분석은 건물 등의 다면체 요소 피처를 대상으로 버퍼 분석을 수행하는 것으로 도시 계획이나 조경 시뮬레이션 등의 분야에 사용될 수 있다. 3차원 시설물에 대한 입체 버퍼링 연산 결과 예를 그림 5.3에 나타내었다.

### 5.3 근접(Near) 분석

근접 분석은 선택된 피처를 기준으로 주어진 범위 내에 위치하는 피처들을 찾아내는 공간 분석 기능이

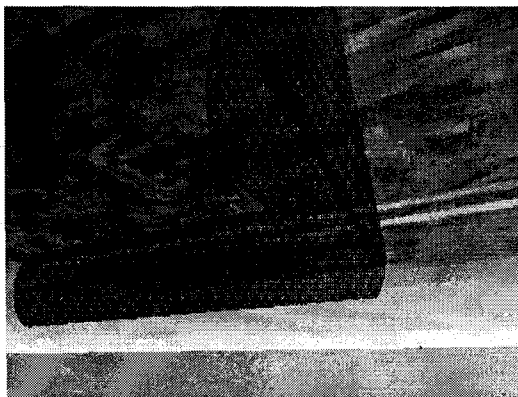


그림 5.2 지하 매설물의 버퍼 분석 수행한 모습

다. 예를 들어 “빌딩 A로부터의 거리가 100m 이내인

지점에 위치하는 모든 건물들을 검색한 뒤 도시하라”는 공간 질의를 수행할 수 있다. 근접 분석의 결과로 반환된 피처에 대한 비공간 속성이나 멀티미디어 정보 등을 참조할 수도 있다. 그림 5.4는 선택된 건물 피처에 대해 근접 분석을 수행한 모습을 나타낸 것이며 선택된 대상 객체의 멀티미디어 정보 출력 예는 그림 5.5에 나타나 있다.

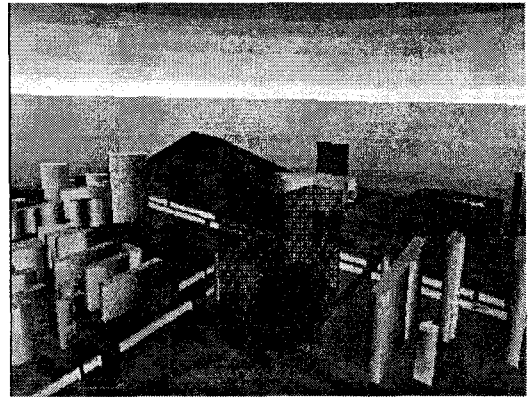


그림 5.3 DEM과 위성영상자료가 중첩된 배경 위의 3차원 시설물에 대한 입체버퍼링 연산결과의 예

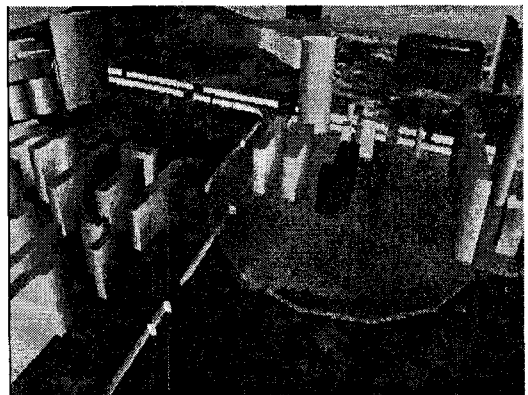
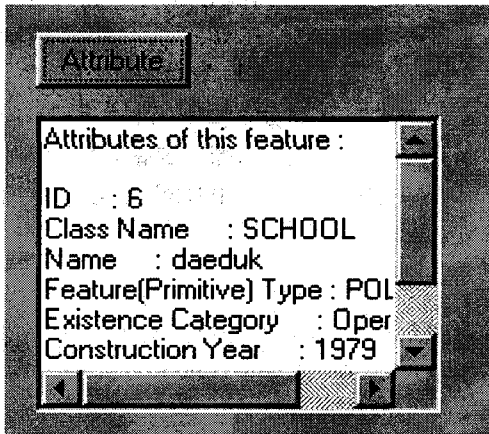


그림 5.4 DEM과 위성영상자료가 중첩된 배경 위의 근접 분석 수행한 모습



(a)



(b)

그림 5.5 사용자 임의로 선택한 3차원 객체의 속성 정보와 영상 정보를 출력한 예

#### 5.4 Lantern 분석

Lantern 분석은 본 논문에서 새롭게 고안된 고유의 3차원 공간 분석 기능이다. 이를 위해서 Lantern 연산자를 개발하였는데 이는 발화점과 효과 거리, 효과 각, 그리고 방향이 주어졌을 때 실제 Lantern이 비추는 것처럼 GIS 작업환경내에서 Lantern의 영향권을 3차원 공간상에 가시화하기 위한 것이다. Lantern 분석은

2차원 LOS(Line-Of-Sight) 분석의 3차원 확장 분석으로 이해될 수 있으며 실제 3차원 viewshed 분석에도 적용될 수 있다. 또한 UHF, VHF의 가청역 파악이나 송신탑의 입체적 최적 설치 위치 결정 등의 분석에 유용하게 응용될 수 있는 분석기능으로 생각되며, 지하 매설물의 한 지점을 발화점으로 해서 Lantern 분석을 수행한 모습의 지하, 지상의 처리결과를 그림 5.6과 그림 5.7에 나타내었다. 한편 Lantern연산에는 그림 5.8과 같은 변수의 사용자를 요구하며 처리결과를 실시간으로 도시하기 때문에 빠른 시간내에 적용 요구목적에 따른 최적의 결과를 도출할 수 있는 도구로 생각된다.



그림 5.6 사용자가 선택한 유동성 점원(point source)에 의한 Lantern 분석을 수행한 모습(지상)

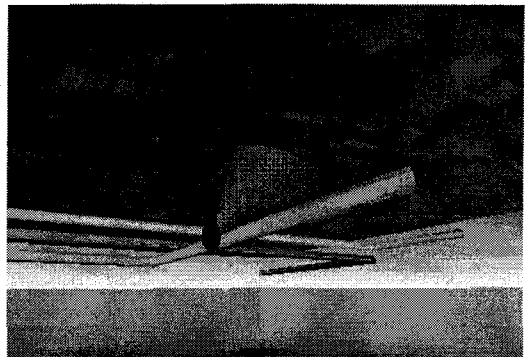


그림 5.7 사용자가 선택한 유동성 점원(point source)에 의한 Lantern 분석을 수행한 모습(지하).

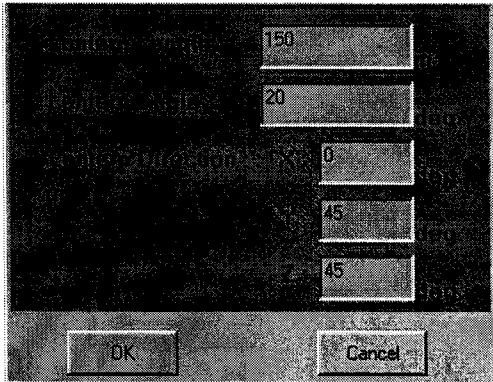


그림 5.8 Lantern연산 사용자 입력변수들

## 6. 결 론

본 논문에서는 웹 환경에서 구동되는 3차원 GIS의 설계 및 VRML과 Java 애플릿을 이용한 프로토타입의 구현에 대하여 간략히 설명하였다. VRML 브라우저와 Java 애플릿간의 능동적인 상호 작용 기능을 이용하여 저가의 플랫폼 독립적이고 3차원 공간 분석이 가능한 GIS를 구현할 수 있었다. 3차원 지형 요소를 위한 피쳐 포맷을 정의하였으며 이는 지형 고도 데이터와 위성 영상 데이터와 함께 VRML 가상 세계에 표현된다. 3차원 버퍼 분석, 근접 분석, 거리 분석 등의 공간 분석을 위한 연산자가 구현되었으며 3차원 영향권 분석을 위해 Lantern operator라는 연산자를 새로이 고안하였다. 텍스트와 음성 정보 그리고 영상 정보 등의 멀티미디어 정보를 지형 요소와 연계하여 운용함으로써 사용자의 의사결정을 위한 중요한 수단을 제공하였다. 앞으로 복잡한 3차원 지형 요소의 모델링 기법, 보다 정량적인 공간 분석 기능, 대용량 3차원 지형 데이터 관리 등에 관한 지속적인 연구가 필요하다. 또한 Java3D API 등을 이용하여 3차원 지리 세계에 대한 좀 더 세밀하고 밀접한 관리와 조작이 가능한 웹 기반 3차원 GIS의 설계와 구현에 대한 연구도 필요하다. 본 논문에서 제시한 웹 기반 3차원

GIS는 새로운 GIS 응용 분야의 개척과 보다 향상된 의사결정 방법론에 중요한 역할을 수행할 것이다.

## 참 고 문 헌

1. Rhyne, T. M., Going virtual with geographic information and scientific visualization, *Computers & Geosciences* 23(4), 489-491, 1997.
2. Fairbairn, D., The use of VRML for cartographic presentation, *Computers & Geosciences* 23(4), 475-481, 1997.
3. Tilmann, R., A world of worlds, <http://www.meshmart.org/wow/>, 1997.
4. Kraak, M-J, Driel, R. V., Principles of hypermaps, *Computers & Geosciences* 23(4), 457-464, 1997.
5. Cornell, G., Horstmann, C. S., Core Java, SunSoft press, 1996.
6. Arnold, K., Gosling, J., The Java programming language, Addison Wesley, 1996.
7. Hartman, J., Wernicke, J., The VRML 2.0 handbook, Silicon Graphics Inc., AddisonWesley, 1996.
8. VRML, The Virtual Reality Modeling Language(VRML) 2.0 Specification, <http://vml.sgi.com/moving-worlds/spec/part1>, 1996.
9. VRML 2.0 EAI FAQ, <http://www.tomco.net/~raf/faqs/eaifaq.html>, 1997.
10. Matsuba, S. N., Roehl, B., Special edition using VRML, Que, 1996.
11. Kim, K. H., Lee, K., Lee, H. G., Ha, Y. L., Virtual 3D GIS's functionalities using Java/VRML environment, *Earth Observation & Geo-Spatial Web and Internet Workshop '98*, Salzburg, 1998.
12. MIL-STD-2407, Military standard, Vector Product Format, 1993.