The Journal of GIS Association of Korea Vol. 17, No. 3, pp. 277-285, November 2009

3차원 공간정보 데이터 모델 비교 분석

박 세 호* · 이 지 영**

Comparative Analysis of 3D Spatial Data Models

Seho Park* · Jiyeong Lee**

요 약

효율적으로 데이터를 관리, 분석, 유지하기 위해서는 각 시스템의 목적에 맞는 데이터 모델이 필요하다. 데이터 모델에 따라 해당하는 활용 시스템의 활용 범위가 결정되며, 각각의 활용 시스템에 맞는 데이터 모델이 개발되고 있는 상황이다. GIS 분야에서도 각 GIS 응용시스템에 맞는 다양한 공간정보 데이터 모델들이 개발 되었으며, 제공하고자 하는 서비스에 따라 공간정보 데이터 모델이 만들어지고 있다. 어플리케이션의 효율적인 활용을 위해서는 공간정보 데이터의 정확성과 최신성등이 중요하지만 특히 공간정보 데이터 구조를 만드는 데이터 모델링이 중요하다. 그러므로 본 연구는 1)국내외 공간정보 데이터 모델의 공간정보를 표현하는데 있어 기하학적 모델, 위상학적 모델과 3차원 공간정보 가시화 방법 등의 항목별로 비교하고 2)각각의 데이터 구조를 분석하여 데이터 모델의 특징을 비교한다. 마지막으로 3)공간정보 데이터 모델을 선정하여 정량적인 분석을 통해 데이터 구조에 따른 특징을 분석한다.

주요어 : 공간정보 데이터, 공간 데이터 모델, 공간 데이터 포맷, 공간 데이터 구조

ABSTRACT : Each system should have a suitable data model about their purpose for efficiently managing, analyzing, and manipulating data. And the usable range of application is determined by the data model, and suitable data models are being developed for each application. In GIS, diversity spatial data model is being developed too. The accuracy and update of the spatial data would be important for applying efficient application as well as the data modeling is important as constructing the spatial data structure. Therefore, the purposes of this research are to 1)compare domestic spatial data models with oversea spatial data models about their geometry model, topology model and visualizing method of 3D spatial data 2)to compare the features of the data model by analyzing each data structures. We 3)compare and analyze features of each spatial data models via the quantitative analysis of each spatial data models.

Keywords : Spatial Data, Spatial Data Model, Spatial Data Format, Spatial Data Structure

1. 서 론

현실세계의 공간에서 일어나는 현상에 대해 이해, 분석 등을 돕기 위해 현실세계에서 가상 세계로의 가시화가 필요하다. 이는 현실 세계를 구성하는 다양한 지형지물들을 가상세계의 객체로 표현하는 것이다. 가상세계의 객체로 표현된 데이터는 GIS 분석, 공간 분석 등의 활용 시스템에 이용된다. 이 때, 현실세계의 공간정보를 가상세계의 객체로 표현하는 방법에 대해 정의한 것이 공간 데이터 모델이다. 공간 데이터 모델의 정의 방법에 따라 현실세계에서 동일한 공간정보이더라도 가상세계의 객체는 동일하지 않을 수 있다. 예를 들어 가시화한 방법에 따른 객체 형태의 차이, 객체가 가지는 속성의 차이 등이다. 이에 따라, 공간 분석 역시 공간 데이터 모델에 따라 차이가 발생하며, 공간 분석 활용시스템의 기능 차이가 발생한다.

현재 활용 시스템에 따라 적용되는 공간 데이터 모델

*서울시립대학교 공간정보공학과 석사과정(gule3@uos.ac.kr)
**교신저자, 서울시립대학교 공간정보공학과 교수(jlee@uos.ac.kr)

이 다양해짐에 따라 생성되는 공간정보 데이터 역시 다양해지고 있다. 이러한 공간정보 데이터들의 상호 운용성과 일관성을 유지하기 위해 공간정보를 표현하는 공간정보 데이터 모델의 표준화가 진행 중이다. 국내외에서 사용되는 표준 데이터 모델과 기존에 사용하던 상용 데이터 모델을 비교 분석을 하여, 데이터 모델 간의 특징을 파악한다. 이는 공간 데이터 모델을 기반으로 하여 구축된 활용시스템의 분석 기능을 이해하는데 도움을 준다.

또한 활용 시스템의 성능을 결정하는데 있어서, 공간정보를 데이터 모델에 따라 표현된 데이터를 저장하는 데이터 구조도 중요한 역할을 한다. 데이터 구조는 데이터 모델에 따라 표현되는 데이터의 요소들을 구조화하는 방법이다. 예를 들어 국내 기본지리정보를 표현하는 수치지도 Ver. 2.0은 기하학적 정보를 담고 있는 파일(파일 확장자는 *.ngi)과 속성정보를 담고 있는 파일(파일 확장자는 *.nda) 그리고 관계정보를 담고 있는 파일(파일 확장자는 *.nrl) 등으로 구성되며 파일 기반의 데이터 구조로 저장되고 있다. 수치지도 외에 파일 기반의 데이터 구조로는 쉐이프파일과 GML(Geography Markup Language) 기반의 데이터 구조로 표현되는 3DF-GML, CityGML, KML 등이 있다. 데이터베이스 형태의 데이터 구조를 지니는 PostGIS, 지오데이터베이스(Geodatabase) 등이 있다. 각각의 데이터 구조는 데이터 사용, 관리, 유지 등에서 차이가 있기 때문에, 활용 시스템의 서비스의 성능에도 영향을 미친다.

그렇기 때문에 데이터 모델에 따른 공간정보 데이터의 특징을 이해하기 위해 국내외에서 사용되는 공간 데이터 모델을 비교 분석하며, 이에 따라 공간 데이터 모델의 설계 시 고려되어야 할 사항에 대한 중요성을 언급하는데 이 논문의 목적이 있다. 본 연구에서는 1)국내외에서 사용되는 공간정보 데이터 모델에 대해 기하학적 모델, 위상학적 모델과 3차원 공간정보 가시화 방법 등의 내용을 비교하고 2)각각의 데이터 구조를 분석하여 데이터 모델의 특징을 비교한다. 마지막으로 3)많이 활용되고 있는 공간정보 데이터 모델 3가지를 선정하여 정량적인 분석을 통해 데이터 구조에 따른 특징을 분석하였다.

2. 공간 데이터 모델 연구 사례

국내에서 다양한 데이터 모델 및 데이터 구조에 관한 다양한 연구 사례가 있다. 데이터간의 변환에 관한 연구로서 2004년 국토해양부에서 진행한 기본지리정보 교환 표준 연구는 3개의 세부과제로 구성되어 진행되었다. 연구의 목적은 기본적으로 기존 지리정보 사용자를 지원하기 위하여 기존에 지리정보 유통에 사용되던 파일포맷과 호환이 되는 교환표준을 제시하는데 목적이 있었다. 연구에서는 기본지리정보 파일포맷 명세서를 설계하여 국토지리정보원 내부포맷(NGI 포맷) 파일로 변환하기 위한 규칙과 응용분야별 기본지리정보 파일 명세와 GML 기반 교환표준에 해당하는 분야별 응용스키마를 작성하여 제공하고 있었다.

3차원 공간정보를 이용한 활용 시스템에 관심이 증대됨에 따라 국토해양부에서 3차원 국토공간정보 데이터 구축 및 활용 시스템 개발을 진행하였다. 3차원 데이터를 효과적으로 저장하고 유통하기 위해 3차원 공간정보 데이터 포맷이 필요성에 의해, 이 연구에서는 3차원 데이터를 표현하기 위한 모델 제시(3DF-GML)와 포맷에 관련된 명세와 스키마를 제시하였다.

3DF-GML(3DFeature-Geography Markup Language)은 3차원 데이터를 효과적으로 저장하고 유통하기 위한 규약으로써 다양한 포맷들과의 관계가 명시되어 제공되었다.

국내 지리정보를 표현하는 수치지도를 GML로 변환하여 서비스하는 방법(이기원외, 2003)과 국외 3차원 공간정보 데이터 모델인 CityGML과 KML을 국내 3차원 공간정보 데이터 모델인 3DF-GML로 변환하는 변환 도구를 개발하여 국내 3차원 공간정보 데이터 모델의 활용 방안에 대해 연구(이태준외, 2008)등 데이터 모델에 대한 연구가 있었다. 그밖에 3DF-GML의 가시화 도구 개발 및 데이터 포맷 분석에 관한 연구(강병준외, 2008)를 통해 데이터 구조에 따른 공간정보의 다양한 서비스 방법에 관한 연구가 진행되고 있었다.

3. 공간정보 데이터 모델과 구조 분석

공간정보 데이터 모델의 특징을 분석하기 위해 국내 공간정보 데이터 모델인 수치지도, 3DF-GML과 국외 공간정보 데이터 모델인 GML, CityGML, KML, 그리고 개념적인 공간정보 데이터 모델인 ISO19107 공간 스키마(Spatial Schema)와 추가적으로 상용 데이터 모델인 ESRI(Environmental Systems Research Institute)사의 쉐이프파일(Shapefile)과 데이터베이스 기반의 지오데이터베이스 구조를 비교하였다. 비교 분석할 항목으로는 기하학적 데이터 모델의 기본요소, 위상학적 데이터 모델의 기본요소, 3차원 공간정보 표현 여부 및 특징, 그리고 파일 구조 등으로 나눠 비교하였다.

3.1 국내 공간정보 데이터 모델

국내 공간정보 데이터 모델은 수치지도 Ver. 2.0과 3DF-GML을 비교하였다. 수치지도 Ver.2.0은 국내 기본

지리정보를 표현하는 공간정보 데이터 모델이며, 3DF-GML은 3차원 국토 공간 구축을 위해 정의된 공간정보 데이터 모델이다.

수치지도 Ver.2.0부터 살펴보면, 수치지도는 컴퓨터를 이용하여 생성된 지도로서 도형자료와 관련된 속성을 함께 지닌 지도로 정의 된다(www.ngis.go.kr). 현재 수치지도 Ver.1.0을 거쳐 Ver.2.0까지 배포되었다. 수치지도 Ver. 2.0에서의 가장 큰 변화는 CAD파일에서 NGI(공간데이터), NDA(속성데이터) 등의 확장자를 가지는 파일 구조로의 변화이다. 속성데이터를 관리하는 파일 구조가 추가됨으로써 공간 피처(Feature)들의 속성 정보 표현이 가능하다.

3DF-GML은 국내 3차원 공간정보의 응용에서 공통적으로 요구되는 3차원 국토공간정보로 구축된 데이터를 효과적으로 저장 및 교환을 목적으로 개발된 GML 기반의 데이터 모델이다. 3DF-GML의 데이터 구조는 XML(eXtensible Markup Language) 형태이며, XML 기반의 데이터 구조인 CityGML과 KML(XML 기반 데이터 구조)로 변환을 위한 XSLT(eXtensible Stylesheet Language Transformation)를 정의함으로써 3차원 공간정보 데이터 모델 간의 호환성을 제공한다.

3.2 국외 공간정보 데이터 모델

국외 공간정보 데이터 모델은 크게 표준 공간 데이터 모델과 상용 공간 데이터 모델로 나뉜다. 표준 공간 데이터 모델은 개념적인 모델인 ISO/TC211의 공간 스키마와 XML 기반의 GML, CityGML, KML등이 있으며, 상용데이터 모델은 쉐이프파일, 지오데이터베이스 등이 있다.

ISO/TC 211은 디지털 지리정보 부분에 표준화하는 국제 표준 단체이다. ISO/TC211에서는 ISO19107 공간 스키마를 비롯하여 ISO19101 참조 모델(Reference Model), ISO19125 단순 피처 액세스 모델(Simple Feature Access), ISO19132 위치 기반 서비스 참조 모델(Location based Service Reference Model)등을 정의하고 표준화 프로젝트를 진행하고 있다.

GML은 Geography Markup Language 의 줄임말로 XML로 정의된 언어이다. OGC에서 표준으로 정의하고 있으며, ISO19136으로 등록되어 있다. GML은 ISO19107을 기반으로 기하학적 요소와 위상학적 요소를 표현하며, 프로파일 구성하는 방식을 제공함으로써 각 응용분야에 맞는 요소들을 추가하여 활용 시스템 스키마를 구성하도록 되어 있다.

CityGML은 GML을 기반으로 한 3차원 도시를 표현하기 위한 응용 스키마이다. 현재 CityGML 1.0이 표준으로 채택되어 배포되고 있으며, GML의 응용스키마이기 때문에 기본적으로 ISO19100 시리즈를 참조하고 있다. 그리고 3차원 그래픽의 개념을 추가하면서 X3D의 표준을 참조한다.

KML은 Keyhole Markup Language의 약어로써 구글 맵과 구글 어스의 공간정보 데이터를 저장, 표현, 공유를 하기 위한 데이터 포맷이다. 현재 KML 2.2까지 개발되었으며 OGC에서 표준으로 채택하고 있다. KML 역시 XML 기반의 언어이다. KML은 Collada 포맷을 이용하여 정밀한 3차원 공간정보(지물)를 표현한다. KML과 Collada를 포함하여 KMZ 형태로 제공한다.

쉐이프파일은 ESRI에서 제공하는 공간정보를 교환하기 위한 파일 포맷이다. 파일 구조는 크게 DBF, SHP, SHX 등으로 나뉜다. DBF는 데이터베이스 형식의 파일로서 공간정보의 속성정보를 저장하고 있으며, SHP 형식은 기하학적 요소를 SHX는 SHP와 DBF의 관계를 나타내는 정보를 담고 있다. 이와 같이 공간 데이터와 속성 데이터를 따로 가지는 데이터 구조는 수치지도 Ver. 2.0과 비슷하다.

지오데이터베이스(Geodatabase)는 ESRI에서 제공하는 ArcGIS을 위한 데이터 저장 및 관리 프레임워크로 서버, 데스크톱, 모바일 장치에서 사용된다. 지오데이터베이스 구성요소로는 ArcGIS에서 사용되는 속성 테이블, 지리학적 피처(Geographic features), 위성 및 항공사진, 표면 모델 데이터, 측량 값 등으로 구성되어 있다. 지오데이터베이스는 데이터 저장, 관리, 유지뿐만 아니라 공간정보 데이터 간에 관계(위상관계, 네트워크 등)와 데이터 검증, 트랜잭션(최성규외, 2001) 등을 제공한다. 데이터는 피처클래스, 테이블, 피처 데이터셋(Dataset) 등의 형태로 저장된다. 피처들로 구성되는 피처클래스는 피처들 간의 위상학적 관계를 규칙 기반(Rule base)으로 구성 가능하다. 예를 들어 “필지(Parcel)의 다각형(Polygon)은 절대 겹치지 않는다.”, “도로 위에 건물이 존재 할 수 없다” 등을 규칙으로 피처간의 위상관계를 표현 할 수 있다.

3.3 국내외 공간정보 데이터 모델 비교

공간정보 데이터 모델의 항목별 비교는 동일한 현실세계의 공간정보 데이터를 각각의 공간정보 데이터 모델에서의 표현 여부와 표현 방법을 분석하기 위해 필요한 부분이다.

공간정보 데이터 모델 중 분석 대상은 국내 모델인 수치지도와 3DF-GML, 국외 모델인 GML, CityGML, KML, 쉐이프파일, 지오데이터베이스이다. 참고로 ISO19107 공간 스키마는 개념적인 데이터 모델로 공간적 요소를 모두 표현하는 데이터 모델이기 때문에 항목별 비교 분석

에서는 제외하였다.

분석한 항목은 데이터 모델의 파일 구조, 기하학적 모델, 위상학적 모델, 3차원 가시화 부분으로 나누어 비교하였다.

1) 데이터 모델들의 파일 구조 비교

공간정보 데이터 모델의 파일 구조는 크게 파일 기반 데이터인 수치지도 v2.0, 쉐이프파일과 XML 기반의 파일구조를 가지는 3DF-GML, GML, CityGML, KML, 그리고 데이터베이스 기반의 구조를 가지는 지오데이터베이스로 구분되었다.

수치지도 v2.0과 쉐이프파일은 기하학적 정보를 갖는 파일과 속성 정보를 갖는 파일을 구분하여 저장하는 데이터 구조로써 상당히 유사하였다(표1 참조). XML 기반의 파일구조를 가지는 데이터 구조는 상호간의 호환에서 다른 데이터 포맷보다 장점이 있었다. 지오데이터베이스는 데이터베이스 형태이며 피처 클래스, 피처 데이터 셋, 테이블 등으로 구성되며, 데이터 관리 및 유지에서 장점을 가지고 있었다.

2) 기하학적 모델 비교

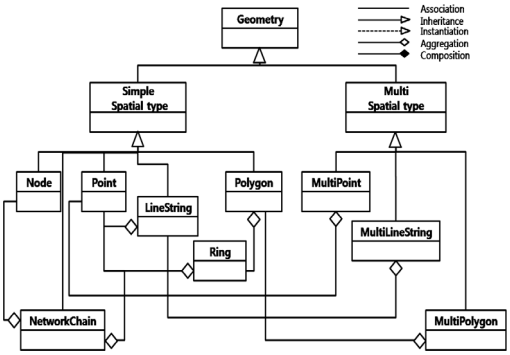
공간정보 데이터 모델들의 기하학적 모델들은 그림 1~6과 같이 정의된다. 기하학적 데이터 모델을 비교하면 3차원을 표현하는 기하학적 기본 요소의 차이가 있었다(표 1참조). 수치지도 Ver2.0, 쉐이프파일, 지오데이터베이스는 2차원까지 기본 요소로 제공하였지만, GML, 3DF-GML, CityGML, KML은 3차원 기하학적 요소까지 정의하고 있었다. 그 중 KML은 0~2차원 기하학적 기본 요소에 추가적으로 'Model' 클래스를 이용하여 상세한 3차원 공간 데이터를 표현하였다. 'Model' 클래스는 Collada 정보를 정의하였다.

3) 위상학적 모델 비교

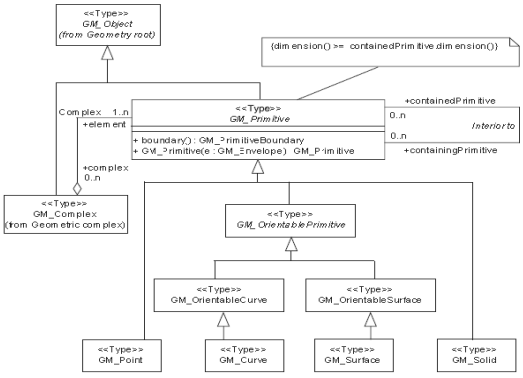
공간정보 데이터 모델의 위상학적 모델에 관한 특징을 살펴보면(표1 참조) KML의 경우에는 위상학적 정보는 정의하고 있지 않았다. 수치지도 Ver. 2.0은 네트워크 데이터 모델로서 공간정보 데이터 간의 위상학적 관계를 표현하였다. 수치지도 Ver. 2.0의 네트워크 데이터 모델은 'Node'와 'Point'로 구성된 'NetworkChain'으로써 표현하였다. 쉐이프파일도 네트워크 데이터 모델을 이용하여 위상학적 관계를 표현하고 있다. GML에서는 위상학적 관계를 표현하기 위해 'Node', 'Edge', 'Face', 'Solid' 등의 기본 요소를 정의하였으며, 3DF-GML의 경우에는 XLink를 통해 3DF-GML의 피처들 간의 단방향 위상 관계를 표현하였다. CityGML에서는 각 피처들의 기하학적 요소의 공유를 통해 간접적인 위상학적 관계

<표 1> 공간정보 데이터 포맷 항목별 구성요소

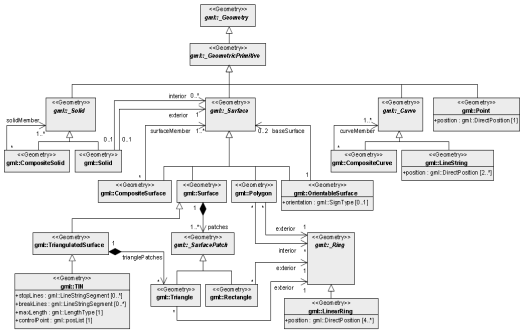
구분	파일구조	기하학적 모델의 기본요소				위상학적 모델	3차원 가시화
		0D	1D	2D	3D		
수치지도 Ver. 2.0	NGI NDA NRL	○	○	○	×	· Network Data Model 사용(Node, Edge) · 1D 위상관계만 표현	×
3DF-GML	XML 기반	○	○	○	○	· XLink를 이용하여 단방향 위상	· B-rep을 이용 · 3D 객체 외부만 표현
GML	XML 기반	○	○	○	○	· 0D~3D Primitive 정의(Node, Edge, Face, Solid) · 객체간의 위상학적 표현	· B-rep을 이용 · 3D 객체 내부와 외부를 구분하여 표현
CityGML	XML 기반	○	○	○	○	· 객체간의 기하학적 요소를 공유 · 간접적인 위상관계를 표현 · 3D 객체간의 위상 표현 가능	· B-rep을 이용 · 3D 객체 내부와 외부를 구분하여 표현
KML KMZ	XML 기반	○	○	○	○	×	· Collada와 Sketcup을 이용한 상세한 3차원 모델을 표현
Shapefile	SHP SHX DBF	○	○	○	×	· Network Data Model 사용(Node, Edge) · 1D 위상관계만 표현	· 2.5차원 형태로 표현 · Extrude 모델 · 표면과 재질은 표현하지 않음
Geo database	Database	○	○	○	×	· Rule based 위상을 가진다. Geodatabase 내의 feature간에 관계를 규칙으로 정해 놓음. · Map topology를 사용 · Network data model topology 사용	· 2.5차원 형태로 표현 · Extrude 모델 · 표면과 재질은 표현하지 않음



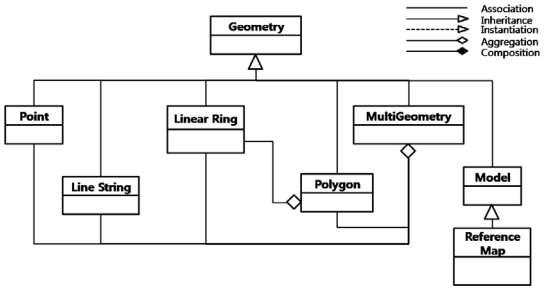
[그림 1] 수치지도 Ver. 2.0의 기하학적 모델



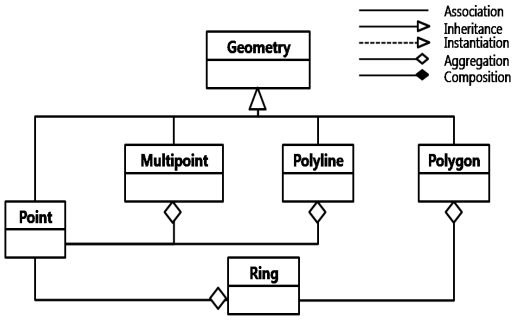
[그림 2] ISO19107의 기하학적 모델
(ISO19107 Spatial Schema 참조)



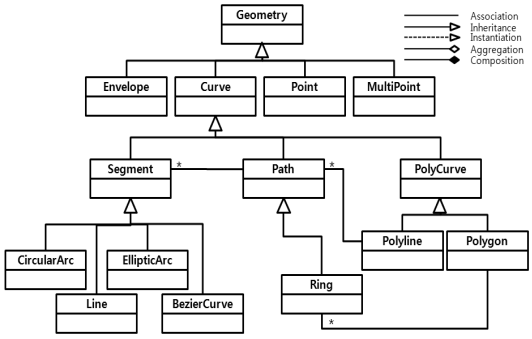
[그림 3] CityGML의 기하학적 모델
(CityGML ver1.0 표준문서 참조)



[그림 4] KML의 기하학적 모델(KML 2.2 참조)



[그림 5] 쉐이프파일의 기하학적 모델



[그림 6] 지오데이터베이스의 기하학적 모델

를 표현하였다. 지오데이터베이스는 규칙 기반 표현 방법, 맵 토폴로지(Map Topology)와 네트워크 관계를 통해 피처들의 위상학적 관계를 표현하였다. 규칙 기반 표현 방법은 3.2절에서 언급한 것과 같이 지오데이터베이스에 정의된 규칙에 따라 피처들 간의 위상학적 관계를 저장하였다. 맵 토폴로지 방법은 지도를 표현하는 단위간의 관계를 정의하는 것을 의미한다. 지오데이터베이스의 네트워크 관계는 쉐이프파일과 동일하였다.

4) 3차원 가시화 비교

공간정보 데이터 모델들의 3차원 표현 여부를 살펴보면(표1 참조), 수치지도 Ver. 2.0은 표현하지 않았으며

쉐이프파일과 지오데이터베이스는 2.5차원의 형태로 표현하였다. 2.5차원은 2차원 객체에 높이 값을 적용하여 3차원 객체처럼 도출(Extrude)하여 표현을 할 수 있다. GML, CityGML과 3DF-GML은 공간정보 데이터를 3차원 기하학적 기본요소(Geometric Primitive)를 이용하여 가시화하였으며, 그 중 GML과 CityGML은 외부와 내부로 나누어 가시화를 하는 특징이 있었다. KML과 KMZ는 Collada(파일 확장자는 *.dae)를 이용하여 상세한 3차원 모델을 표현하였다.

4. 공간정보 데이터 모델의 정량적 분석

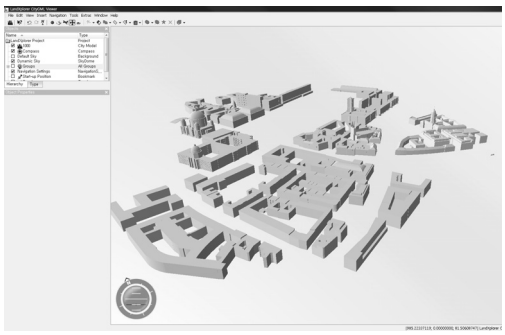
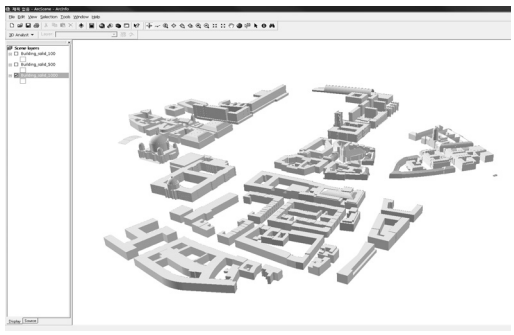
데이터 모델들에 따라 동일한 공간 데이터를 표현하는데 있어서 차이점을 분석하기 위해서는 서로 다른 공간정보 데이터 모델들에 의해 생성되는 공간정보 데이터들을 비교 분석의 필요성이 있다. 이에 따라 본 연구의 실험에서는 데이터 모델에 따라 구축된 데이터를 이용하여 정량적인 분석을 한다. 정량적 분석을 위해 데이터 구조의 특징에 따른 데이터 모델을 선정하고, 선정된 데이터 모델에 따라 구축된 데이터 셋은 용량과 표현하는 항목 수 등의 정량적 비교를 위하여 동일한 지역과 동일한 형태의 데이터셋으로 구축하였다. 데이터셋들이 차지하는 저장 공간과 동일한 공간정보를 표현하는데 필요한 항목수를 비교하여 동일한 공간정보를 표현하는데 효과적인 데이터 모델을 분석하였다.

4.1. 공간정보 데이터 모델 선정 및 데이터 모델에 따른 공간정보 데이터 구축

3절에서 비교한 데이터 모델을 기반으로 데이터 모델을 선정하였다. 선정과정은 데이터 셋을 구축하고 비교하기 위해 개념적 모델인 ISO19107 모델을 제외하였으며, 각 파일 구조에 따라 모델을 선정하였다. 파일 기반 데이터 모델에서는 쉐이프파일을 선정하였다. 수치지도 Ver.2.0과 쉐이프 파일은 흡사한 데이터 구조를 가지기 때문에 수치지도 Ver2.0의 간접 비교도 가능하였다. XML 기반의 데이터 모델 중에는 CityGML을 선정하였다. CityGML은 GML의 응용 데이터 모델로서 GML 기반의 데이터 모델들의 대표적인 사례로 비교 대상에 포함하였다. 데이터베이스 기반의 지오데이터베이스를 선정하였다. 즉, 데이터 모델간의 비교 분석을 위해 선정된 데이터 모델은 쉐이프파일, CityGML, 지오데이터베이스이다.

본 연구에서 사용한 기본 데이터셋은 OGC(Open Geospatial Consortium)의 구성원인 GDI(Geodaten Infrastruktur)에서 제공하는 CityGML의 데이터셋을 활용하였다. 다른 데이터 모델간의 형평성을 맞추기 위해 세밀도(LoD: Level of Detail) 2단계인 데이터셋을 이용하였다. 세밀도 2단계는 지붕(경사면을 의미)을 표현하는 입방체(Solid)로 구성된다. 이 데이터셋은 독일 베를린 지역을 표현한 데이터이며, 베를린 시에서 구축하였다. 객체의 수에 비례한 저장용량을 비교하기 위해서 데이터 수정 및 삭제를 하였으며, 객체 수를 103개, 503개, 995개인 데이터셋으로 수정하였다. 표2는 객체 수가 995개인 데이터셋을 비교한 그림이다. 분석에 사용한 데이터셋은 CityGML 데이터셋과 CityGML 데이터 셋을 쉐이프파일의 'Multipatch'로 1:1 변환을 통해 생성한 쉐이프파일이다. 지오데이터베이스 데이터셋은 쉐이프파일을 지오데이터베이스의 피처로 변환하여 생성하였다. CityGML의 변환도구로는 'Safe Software'사의 FME Desktop 제품을 이용하여 변환하였으며, CityGML 파일 관리와 저장, 3차원 가시화 소프트웨어는 'AutoCAD'사의 LandXplorer Desktop을 사용하였다. 쉐이프파일 관리 및 가시화, 지오데이터베이스 생

<표 2> CityGML 구축 데이터 및 쉐이프파일 구축 데이터

CityGML(객체수: 995개)	쉐이프파일, 지오데이터베이스(객체수: 995개)
	

성, 관리, 가시화는 ArcGIS 9.2(ArcCatalog, ArcMap, ArcScene 등)를 사용하였다. 데이터 구축 및 테스트를 한 컴퓨터 환경은 아래와 같다.

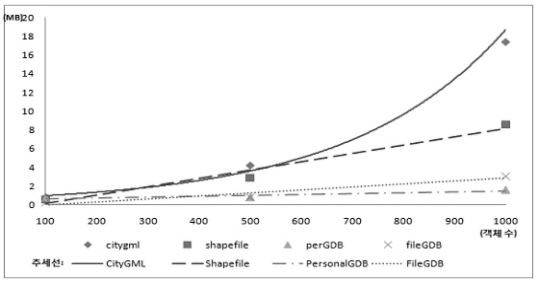
- 중앙처리장치(CPU): 코어 듀오 T8100
- 보조기억장치(Memory): 2기가바이트
- 그래픽카드: GeForce 9300M G

4.2. 공간정보 데이터들의 저장 공간 사용량

동일한 3차원 데이터를 표현하는데 있어서 데이터 모델에 따라 저장 용량을 차이를 분석하였다. 또한 표현하는 범위는 어떠한 차이가 있는지 분석하였다.

그림7은 객체 수에 따른 CityGML, 쉐이프파일, 지오데이터베이스의 저장 용량을 비교한 그래프이다. 그래프의 가로축과 세로축은 각각 데이터셋에 포함된 객체(Solid)의 수와 데이터 모델의 데이터의 용량(단위: MB)을 의미한다. 그래프 상의 마름모('◆')는 CityGML, 정사각형('■')은 쉐이프파일, 삼각형('▲')과 가위표('x')는 각각 지오데이터베이스의 PersonalGDB(Personal Geodatabase)와 FileGDB(File Geodatabase)를 의미한다. 추세선(그래프상의 선을 의미)은 각 데이터 모델의 생성 데이터가 포함하는 객체 수의 따른 예상 데이터 저장 용량을 의미한다.

그래프를 참고하여 데이터 모델의 저장 공간을 살펴보면, 동일한 공간 데이터를 표현할 때 XML기반의 CityGML이 가장 많은 저장 용량이 필요하였으며 표현하는 객체의 요소가 많아질수록 저장 용량이 상대적으로 더욱 증가하는 것도 알 수 있었다. 이에 반해 데이터베이스 기반의 데이터 모델은 상대적으로 적은 저장 용량을 필요로 하는 것을 확인 할 수 있었다. 특히 PersonalGDB(*.mdb 파일 형식의 MS Access 파일)가 가장 적은 저장 공간을 차지하였다. 각 데이터 모델의 추세선 중 데이터베이스를 기반으로 한 데이터 모델의 추세선의 기울기가 가장 완만하였으며, 이는 많은 용량의 데이터를 관리하는데 있어 데이터베이스를 활용하는 것이 데이터 관리 및 유지 측면에서 효과적임을 보여준다.



[그림 7] 각 데이터 모델 사용 용량 비교 그래프

CityGML에서 표현하는 항목에 따라 쉐이프파일로 변환을 하는데 변환된 항목들의 수는 표3과 같았다. CityGML의 기본적인 기하학적 요소는 GML의 'Point', 'Curve', 'Surface', 'Solid'로 구성되었다. 하나의 객체들은 그림8의 CityGML 코드에서 보는 것과 같이 'gml:Solid'로 정의 되며 이는 다시 'exterior'(건물의 외부 표면 정의하는 요소)로 정의되고 'exterior'는 여러 개의 표면(Surface)데이터의 집합인 'CompositeSurface'로 정의되었다. 표면데이터의 집합으로 표현되는 입방체

<표 3> 데이터 모델 간 변환 항목 수

Type	객체수	CityGML	쉐이프파일	지오-데이터베이스
Point	103	-	-	-
	503	-	-	-
	995	-	-	-
Line	103	-	-	-
	503	-	-	-
	995	-	-	-
Surface	103	2283	2283	2283
	503	11486	11486	11486
	995	51001	51001	51001
Solid	103	103	103	103
	503	503	503	503
	995	995	995	995

```
<cityObjectMember>
  <bldg:Building gml:id="ID_6104_6">
    .....
    <bldg:lod2Solid>
      <gml:Solid gml:id="">
        <gml:exterior>
          <gml:CompositeSurface gml:id="">
            <gml:surfaceMember>
              <gml:Polygon gml:id="">
                <gml:exterior>
                  <gml:LinearRing gml:id="">
                    <gml:posList
                        srsDimension="3">
                    </gml:posList>
                  </gml:LinearRing>
                </gml:exterior>
              </gml:Polygon>
            </gml:surfaceMember>
          </gml:CompositeSurface>
        </gml:exterior>
      </gml:Solid>
    </bldg:lod2Solid>
  </bldg:Building>
</cityObjectMember>
```

[그림 8] CityGML의 코드 예제

(Solid)는 변환을 통해 쉐이프파일의 'MultiPatch'로 변환되어 입방체(Solid)를 표현하였다. 하나의 CityGML 입방체(Solid)는 쉐이프파일의 객체('MultiPatch')로 1:1로 변환이 되기 때문에 객체의 수는 큰 차이가 없었다(표3 참조). 지오데이터베이스도 역시 피처들의 객체의 수는 큰 차이가 없었다(표3 참조).

5. 결 론

공간정보 데이터 모델은 실세계의 공간정보를 어떻게 표현할 것인지, 무엇을 표현할 것인지 결정하는 역할을 한다. 공간정보를 활용한 시스템의 가시화와 공간 분석기능에에 있어서 공간정보 데이터 모델링은 중요한 역할을 하며, 공간정보 데이터 모델에 따라 시스템의 성능이 차이가 난다. 새로운 데이터 모델을 개발하거나 기존의 데이터 모델을 이용하기 위해서는 현재 국내외 공간정보 데이터 모델을 비교를 통해 각 데이터 모델이 가지는 특징을 분석을 하여야 한다.

본 연구에서는 국내외 공간정보 데이터 모델의 특징을 분석하기 위해 기하모델과 위상 모델, 3차원 가시화 방법 등을 비교하고 공간정보 데이터 모델의 정량적 분석을 하였다. 데이터 모델을 비교 분석한 결과, 각 데이터 모델마다 기하 모델과 위상 모델로 정의된 기본 요소의 항목은 차이가 있었다. 공간 데이터 모델 간에 동일하거나 유사한 의미를 가지는 기본 요소들도 있었지만 정의된 이름과 의미가 전혀 다른 기본요소를 정의하고 있는 공간 데이터 모델도 있었다. 이는 정의하고 있는 기본 요소에 따라 표현 할 수 있는 가상 세계의 범위가 다르다는 것을 의미한다. 예를 들어 수치지도 Ver. 2.0은 3차원에 해당하는 기본요소는 정의하고 있지 않아 표현 범위가 2차원이지만 CityGML이나 KML 등은 정의된 기본요소를 통해 3차원까지 표현 범위를 가졌다. 그러므로 구축하는 응용시스템에서 가시화하고자 하는 가상세계의 범위와 가시화된 가상세계에서 사용하고자 하는 정보나 분석 등에 적합한 데이터 모델 정의와 기본 요소 정의가 필요하다는 것을 의미한다. 효율적인 가상세계 표현을 위해 데이터 모델링에 관한 지속적인 연구가 필요하다.

데이터 모델은 서로 다른 형태의 데이터 구조를 가지며 이에 따라 각각의 특징을 가진다. XML기반의 데이터 구조는 저장 용량을 많이 차지하며, 데이터를 효율적으로 저장하는 부분에서는 부적합하지만 XML 특징인 확장성, 호환성의 장점들이 있으므로 데이터 표준 모델에 적합하다. 이에 반해 데이터베이스 기반의 데이터 구조는 데이터 저장 용량 부분에서 효율적이고, 데이터 관리, 유지 등의 장점을 가진다. 파일 기반의 데이터 구조는 데이터 사용이 쉽다. 이와 같이 데이터 구조는 서로 다른 특징을 가지기 때문에 활용 시스템에 맞는 데이터 구조를 파악하여, 데이터 모델링과 데이터 구조 정의가 이루어져야 한다.

우리나라 지리정보 표준 모델인 수치지도는 Ver.1.0에서 Ver.2.0으로 발전하면서 기하학적 데이터 모델, 위상학적 데이터 모델, 파일구조 등 많은 변화가 있었다. 수치지도 Ver.2.0의 가장 큰 특징은 파일 기반의 2차원을 표현하는 데이터 모델이며 네트워크 모델을 통해 위상학적 표현을 하는 것이다. 그러나 3차원 요소를 지원하기 위해서는 수치지도 Ver.2.0은 부족한 부분이 있다. 이를 위하여 다양한 공간 데이터 모델의 분석을 통해 기하학적 데이터 모델의 확장이 필요하다. 위상학적 표현 부분에 있어서도 수치지도 Ver. 2.0을 이용한 활용 시스템의 분석 기능은 네트워크 분석만을 지원하기 때문에, 좀 더 많은 분석 기능을 제공할 수 있도록 위상 모델을 확장한 사례를 분석하는 것도 중요하다. 수치지도 Ver. 2.0과 비슷한 구조를 가진 쉐이프파일의 경우 역시 네트워크 데이터 모델만을 지원하지만 지오데이터베이스를 통해 한계점을 개선하였다. 개선 방법은 쉐이프파일을 피처로의 변환을 지원하고 지오데이터베이스 내에 피처간의 규칙, 제약 조건을 통해 위상학적 관계를 표현하는 방법이다. 이러한 사례를 통해 앞으로 수치지도 Ver. 2.0을 활용하여 위상학적 관계를 표현하는 방법에 대한 연구와 이를 이용한 많은 활용 시스템의 개발이 이루어져야 한다.

정량적인 분석에는 대표적으로 저장 용량, 데이터 처리 속도 등이 있는데, 이번 연구에서는 저장 용량에 대해 분석하였다. 데이터 처리속도는 데이터를 처리하는 플랫폼이 동일해야 분석이 가능하나 본 연구에서는 플랫폼의 차이가 있었기 때문이다. 향후 저장 용량 외에 처리속도에 대한 성능 비교 등의 데이터 모델에 대한 추가적인 정량적 분석이 필요하다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 첨단도시기술개발사업 - 지능형국토정보기술혁신 사업과제의 연구비지원(07국토정보04)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

강병준·진식·이재호·김인현·김광호, 2008, "3D 공간정보 데이터 포맷 변환 및 시각화 도구 개발", 한국GIS학회 춘·추계학술대회 한국 GIS학회 2008 공동춘계학술대회, pp.123-129.

김은형, 2007, "3차원 국토공간정보 활용모델 개발방안 연구", 국토해양부, p.918.

김은형, 2008, "3차원 국토공간정보 구축효율성 향상방안 연구", 국토해양부, p.1147.

이기준, 2004, "기본 지리정보 교환 표준 연구", 국토해양부 국토지리정보원, p.463.

이태훈·황정래·이기준, 2008, "3차원 지리정보 데이터 포맷들 간의 변환", 한국GIS학회 춘·추계학술대회 한국 GIS학회 2008 공동춘계학술대회, pp.75-81.

이기원·문선희·지광훈, 2003, "GML(Geography Markup Language)응용: 지질주제정보 데이터 모델 개발과 시험구현", 한국공간정보시스템학회 2003 추계학술대회, pp.78-83.

이동헌·홍성언·박수홍, 2005, "3차원 기하모델에 대한 공간관계 연산 설계", 한국GIS학회지 제13권 제2호, pp. 119-128.

최성규·안병찬, 2001, "GIS와 EPANET 상수관망모델의 연계방안 연구", 한국GIS학회지 제9권 제3호, pp.114-128.

ESRI, 2004, "XML Schema of the Geodatabase", Technical Paper, p.46.

ESRI, 1998, "ESRI Shapefile Technical Description", ESRI White Paper, p.28.

ESRI, 2003, "Working With Geodatabase Topology", ESRI White Paper, p.23.

Google, 2008, "KML reference document", code.google.com/apis/kml

Open Geospatial Consortium(OGC), 2006 "OpenGIS Implementation Specification for Geographic information - Simple feature access - Part1:Common architecture", p.95.

Open Geospatial Consortium(OGC), 2007 "OpenGIS Geography Markup Language Encoding Standard", p.437.

Open Geospatial Consortium(OGC), 2008, "OGC KML", p.251.

ISO/TC 211, 2003, "ISO-CD 19107 Geographic Information - Spatial Schema", p.178.

ISO/TC 211, 2007, "ISO-CD 19136 Geographic Information - Geography Markup Language", p.404.

접수일 (2008년 6월 18일)
최종수정일 (2009년 9월 25일)
게재확정일 (2009년 9월 29일)