

GIS 표준 웹 서비스 적용을 위한 3차원 실내모델의 효율적 시각화 Effective 3D Inner Model Visualization for GIS Web Service

정장윤¹⁾ · 염재홍²⁾

Jeong, Jang Yoon · Yom, Jae Hong

Abstract

The inner space of building is increasingly becoming complex as urban activities increase in variety, and the actual space size also increases. This trend necessitate the utilization of three dimensional position information within the inner space of buildings. Standard GIS web service technology and visualization technology are applied to 3D inner space building data to share these information for better decision making in building related applications such as fire evacuation, facilities management and market analysis. This study aims to effectively model and visualize the three dimensional space of building interiors in the GIS aspect, and to be able to share the information through standard GIS web service. The various elements of inner model was assigned and stored into pre-designed spatial database tables respectively. GIS web server was then configured to service the database which was populated with 3D inner model data. On the client side, 3D visualization modules was developed using a 3D graphic rendering S/W engine.

Keyword : GIS, 3D Inner Model, 3D Visualization, GIS Standard Web Service, Spatial Database

초 록

건물의 형태가 고층화되고 대규모의 복합공간을 이루게 되면서 건물의 실내공간은 더욱 복잡하고 다양한 활동들이 일어나는 공간으로 새롭게 인식되고 있기 때문에, 실내공간을 3차원으로 모델링하여 위치정보를 기반으로 다양한 분야에서 활용될 수 있도록 할 필요가 있다. 본 연구에서는 GIS 표준 웹 서비스 기술과 3차원 시각화 기술을 화재 대피, 시설물 관리, 상권 분석과 같은 건물과 관련된 어플리케이션에 활용하여 효율적인 의사결정을 내릴 수 있도록 3차원 실내모델의 정보를 제공할 수 있도록 하였다. GIS 표준 웹 서비스를 활용하여 건물정보를 공유할 수 있도록 건물의 3차원 실내공간을 효율적으로 모델링하고 시각화하기 위한 방안을 제시하기 위해 실내모델의 다양한 구성요소들을 분할하여 모델링된 공간데이터베이스의 지정된 데이터테이블에 저장하고, 각각을 GIS 웹 서버를 이용하여 웹 서비스 할 수 있도록 설정하였다. 3차원 그래픽 렌더링 엔진을 이용하여 GIS 웹 서비스로 전달되는 실내모델을 동적으로 재구성함으로써 효율적으로 3차원 시각화할 수 있는 모듈을 개발하여 다양한 어플리케이션에 활용할 수 있는 방안을 제시하였다.

핵심어 : GIS, 3차원 실내모델, 3차원 시각화, GIS 표준 웹 서비스, 공간데이터베이스

1. 서 론

1.1 연구 배경

건축기술의 발달로 인해 점차 건물의 형태가 고층화되고 대규모의 복합공간을 이루게 되면서 건물 실내공간은 더욱 복잡하고 다양한 활동들이 일어나는 공간으로 새롭게 인식되고 있다. 그러나 아직도 실내공간에 대한 관리는 관리자가 획득한 제한된 정보에 근거해서

내린 의사 결정에 의존하고 있으므로 건물 실내공간을 3차원으로 모델링하여 관련된 정보들을 통합적으로 연계함으로써 시스템을 구성하여 체계적으로 관리 할 필요가 있다(오정우 등, 2007).

실내공간을 모델링하여 지리정보와 함께 웹으로 서비스함으로써 건물 내 실내 환경의 시각화 및 유동인구의 이동경로 분석, 상권분석 등에 효율적으로 적용할 수 있으며 특히, 재해 시에 최적의 대피경로 결정과 같이

1) 정회원 · 세종대학교 지구정보공학과, 석사과정(E-mail: jangyoon@sju.ac.kr)

2) 교신저자 · 정회원 · 세종대학교 지구정보공학과, 부교수(E-mail: jhyom@sejong.ac.kr)

복잡한 건물내부에 대한 정확한 정보와 분석이 필요할 시에 적극 활용될 수 있다.

따라서 데이터 측면에서 지상라이다 및 경사사진 등의 공간자료 취득 센서로부터 얻어진 정보를 활용하여 3차원 실내모델을 모델링(정성혁 등, 2008; Fruch 등, 2005)하거나 건축설계 분야의 CAD 도면으로부터 필요한 정보를 추출하여 실내모델을 복원(강정아, 2005; 류근원 등, 2006; 김지선, 2007)하는 연구가 진행되었으며, 다양한 3차원 도시 공간정보를 표현하고 웹 서비스가 가능한 표준 데이터 모델에 대한 연구(Kolbe 등, 2005; Benner 등, 2005)와 서로 다른 분야의 3차원 데이터 모델을 표준 데이터 모델을 기반으로 통합하기 위한 연구(Dollner 등, 2007; Ewald 등, 2005)가 활발히 진행되고 있다.

서비스 측면에서는 표준 데이터 모델을 공간데이터베이스를 활용하여 저장 및 관리하기 위한 연구(장재우 등, 2007; 정호영 등, 2003)와 GIS 표준 웹 서비스 방식을 기반으로 3차원 실내모델을 웹을 통하여 서비스하기 위한 연구(Wan 등, 2007; Haist 등, 2005; de Vries 등, 2004)가 활발히 진행되고 있다.

그러나 실내공간을 포함하는 3차원 실내모델은 표현하고자하는 모델의 형태 및 시각화 방식에 따라 매우 다양하고 복잡한 구조를 가질 수가 있으므로 웹 서비스를 통하여 사용자에게 정보를 제공하기 위해서 데이터 용량 관리 및 서비스 시간 단축과 같은 많은 부담을 포함하게 된다.

1.2 연구 목적 및 방법

이 연구에서는 GIS 표준 웹 서비스로 전달되는 3차원 실내모델의 효율적인 시각화를 위한 모델링 및 3차원 시각화 방안을 제시하기 위하여 그림 1과 같이 3차원 도시 공간정보의 표준 데이터 모델을 대상으로 개발된 데이터 처리 모듈인 gmITopostgis 모듈을 이용하여 실내구조를 표현하는 요소를 분석한 후 구성요소 단위로 분할하였으며, 공간데이터베이스를 이용하여 분할된 구성요소를 저장 및 관리하도록 하였다. 또한 GIS 표준 웹 서비스를 수용하는 웹 서버를 활용하여 웹 서비스하고 전문화된 그래픽 렌더링 엔진을 활용하여 개발된 3차원 시각화 모듈인 ogreViewer 모듈을 이용하여 웹으로 전달되는 실내모델을 동적으로 재구성하고 효율적으로 3차원 시각화 할 수 있도록 하였다.

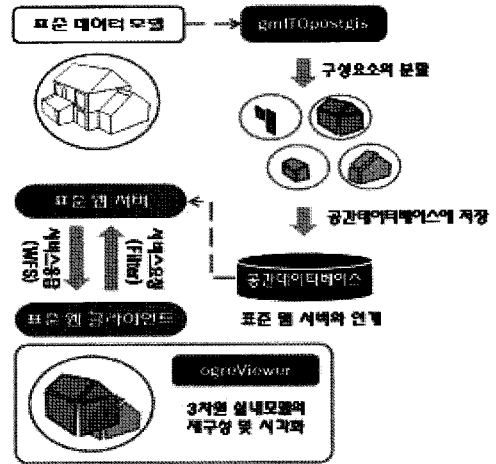


그림 1. 연구 방법

이 연구의 연구 범위는 표 1과 같으며, 연구를 위해 사용된 3차원 실내모델은 서울시 13개구의 총 4,878개 CityGML(City Geography Markup Language) 아파트 모델을 대상으로 하였다(CityGML, 2008). CityGML 아파트 모델은 CAD 형식의 3차원 도면으로부터 CityGML 형식으로 변환되었으며 Door, Floor, Wall, Window의 요소를 포함하여 1개의 아파트당 1개의 파일단위로 구성되어 있다.

CAD 형식의 원 데이터는 DWG 형식으로써 AutoCAD 프로그램에 개발된 모듈을 추가하여 서울시 아파트 설계도 책자를 기준으로 직접 각각의 아파트에 한 개 층을 디자인하고 이를 복수층으로 반복적으로 복사하는 방식으로 생성되고, CityGML 형식으로 변환된다.

표1. 연구 범위

구분	내용
연구범위	서울시 13개구의 아파트 데이터
데이터형식	CityGML 파일 - 4 종류의 구성요소를 가짐 Door, FloorSurface, WallSurface, Window
개발환경	JAVA(Eclipse 개발툴)
시스템환경	P4(3.0GHz), 2GB RAM, Windows XP
사용된 프로그램 및 API	OGRE4J - 전문화된 3차원 그래픽 렌더링 API(OGRE4J, 2008) GeoTools - 지리정보의 분석 및 처리에 활용되는 API(GeoTools, 2008) PostGIS - 공간데이터베이스(PostGIS, 2008) GeoServer - GIS 표준 웹 서버 (GeoServer, 2008) uDig - 표준 웹 클라이언트(uDig, 2008)

2. 3차원 실내모델 및 표준 웹 서비스

2.1 3차원 실내모델의 활용

최근 인터넷 기술이 발전함에 따라 웹을 통하여 다양한 형태의 공간정보가 서비스되면서 다른 분야의 이질적인 데이터 간에 상호운용성 확보를 위한 표준의 필요성이 제기되고 있다. 이로 인해, 협업이 중요한 건축설계 분야에서는 건축설계 교환표준 모델인 IFC(Industry Foundation Classes)을 활용함으로써 3차원 실내모델에 대한 계획, 설계, 시공, 유지관리의 각각의 처리 단계에서 IFC를 기반으로 일관성 있는 작업이 가능하도록 하고 있다(임재인 등, 2008).

GIS 분야에서는 점차 사용자의 관심과 수요가 증가하고 있는 웹 서비스를 통한 3차원 공간정보의 전달 및 시각화를 위하여 3차원 공간정보 표준 모델인 CityGML을 활용하여 이질적인 공간정보 간에 상호운용성을 확보하고 있다. 또한 3차원 실내모델의 웹서비스를 위하여 CityGML을 기반으로 건축설계 분야의 IFC를 수용하여 정밀한 3차원 실내모델을 얻고자하는 연구가 진행되고 있다(고일두, 2008).

2.2 CityGML 모델의 개요

CityGML은 도시 및 지역에 관한 모델에서 주제가 되는 지리정보요소에 대한 객체와 객체들 사이의 관계를 3차원 기하, 3차원 위상, 의미 및 표현 등의 속성들로 정의하여, 도시모형, 도시자료의 취합, 시설물관리, 그리고 주제검색과 같은 여러 응용분야에서 복잡한 분석업무를 수행할 수 있는 포괄적이고 일반적인 가상의 3D 도시모델을 구성하는데 그 목적이 있다.

건축설계 분야의 IFC에 비하여 CityGML은 단지 건물모델 뿐만 아니라 다양한 지리정보의 매우 광범위한 객체에 대한 경우를 수용할 수 있는 3차원 공간정보의 표준 명세에 중점을 두고 있으며, 그림 2와 같이 객체를 효율적으로 표현하기 위한 LoD(Level of Detail) 개념을 적용하였다.

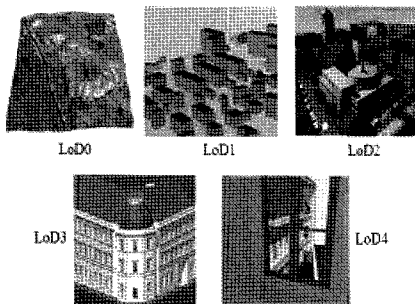


그림 2. CityGML의 LoD

건물모델의 경우 구조적으로 가장 기본적인 박스 형태인 LoD 1에서부터 건물 내부의 실내공간 인터리어까지 표현하는 LoD 4로 구분되는 4단계의 LoD를 지원하도록 구성함으로써 다양한 축척에서 3D 모델의 적용이 가능하도록 하였다.

2.3 GIS 표준 웹 서비스

인터넷에 연결된 다수의 컴퓨터들 사이에서 서비스에 대한 일괄적인 의사소통을 위해 공통의 규칙, 명령어, 요청 방식, 응답 방식 등이 표준화 되어 있어야 한다. OGC(Open Geospatial Consortium)는 2001년 10월에 설립된 국제적인 산업체 컨소시엄으로 약 366여개 회사, 정부, 기관, 대학이 참여하고 있으며 지리공간데이터의 상호운용성을 위한 표준화 개발을 위하여 구성되었다.

OGC의 표준 웹 서비스 형식에는 WMS(Web Map Service), WFS(Web Feature Service), WCS(Web Coverage Service)가 대표적이며, 구조적으로 동일한 형태를 취하지만 사용 목적에 따라 특화된 결과물을 서비스로 제공한다.

특히, WFS는 사용자의 요청 조건을 만족하는 공간정보를 Feature 형식으로 구성하여 XML 기반의 GML 문서로 응답하기 위한 인터페이스를 정의하고 있다. Feature는 공간 속성뿐만 아니라 관계된 비공간 속성도 가지고 있는 현실 세계의 객체를 추상화한 개념이다. WFS를 활용하여 공간정보를 각각의 구성요소 별로 서비스 받을 수 있으며, 객체에 대한 공간정보와 속성정보를 하나의 Feature로 구성하여 표현함으로써 효율적으로 데이터를 처리하거나 각 요소단위의 공간 분석을 할 수 있다.

3. 3차원 실내 모델링 S/W 및 시각화 S/W 개발

3.1 실내모델 및 공간데이터베이스의 구조

이 연구에서는 3차원 실내모델의 각 구성요소를 모델링하기 위하여 CityGML로 작성되어 있는 실내구조를 포함하는 3차원 아파트 모델을 실험데이터로써 사용하였다.

실험에 사용된 CityGML 모델은 Door, Window, WallSurface, FloorSurface의 4가지 구성요소를 가지는 XML(eXtensible Markup Language) 기반의 문서로써, 구성요소의 기하학적인 위치좌표가 실제 지상의 지리

좌표계인 "EPSG:2097"을 기준으로 작성 되어있다. 따라서 객체를 구성하는 모든 좌표가 실제 지상의 위치를 나타냄으로 이 연구에서는 공간데이터베이스 활용하여 모든 객체를 저장 및 관리하기위해서 다양한 지리좌표를 수용하고 공간분석이 가능한 PostGIS 공간데이터베이스를 활용하였다.

또한, 3차원 실내모델을 효율적으로 GIS 표준 웹 서비스 하기 위하여, 그림 3의 (a)와 같이 모델을 구성하고 있는 창, 문, 바닥, 벽 등과 같은 구성요소들을 각각의 객체 단위로 모델링하여 세분화시킴으로써 다양한 어플리케이션에서 효율적으로 활용이 될 수 있도록 하였으며 (b)와 같이 각각의 구성요소를 공간데이터베이스의 데이터테이블에 저장하여 체계적인 관리가 용이하도록 하였다.

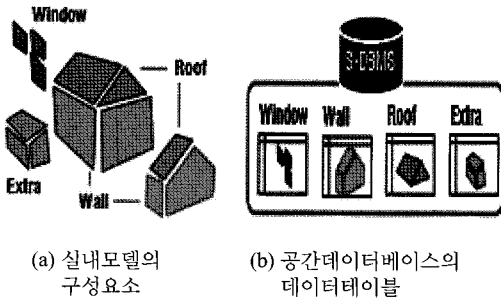


그림 3. 실내모델 및 공간데이터베이스의 구조

3.2 3차원 실내 모델링 S/W 모듈

JAVA 프로그래밍언어와 Eclipse RCP(Rich Client Platform) 플랫폼을 활용하여, CityGML 모델의 구성요소를 분할하고 객체 모델링하여 공간데이터베이스에 저장하는 과정을 자동으로 처리할 수 있는 gmlTOpostgis 모듈을 개발하였다.

gmlTOpostgis 모듈은 RCP 기반으로 개발되어졌기 때문에 동일한 기반의 어플리케이션과 유기적으로 통합될 수 있으므로, 그림 4와 같이 오픈소스 기반의 웹 클라이언트 프로그램으로써 GIS 표준 웹 서비스를 수용하는 uDig (User-Friendly Desktop Internet GIS) 프로그램에 플러그인 형태로 추가하여 3차원 시각화 모듈과 함께 실험 및 분석에 활용할 수 있도록 구성하였다.

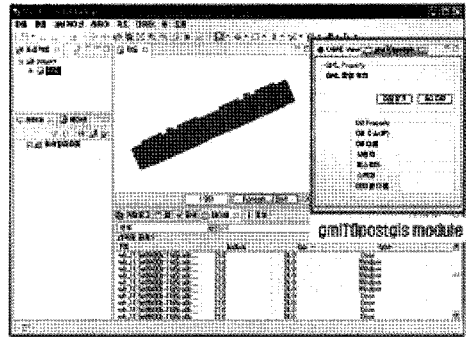


그림 4. uDig 프로그램에 추가된 gmlTOpostgis 모듈

gmlTOpostgis 모듈은 JAVA 환경에서 활용될 수 있는 다양한 API(Application Programming Interface)를 사용하여 개발되었는데, API는 운영체제 및 응용프로그램 사이의 통신에 사용되는 언어나 메시지 형식으로써, 프로그램 내에서 특정 기능의 실행을 위해 연결된 함수를 호출하는 역할을 수행한다.

그림 5는 3차원 실내모델의 모델링 과정으로, gmlTOpostgis 모듈은 객체지향적인 특징을 가지고 문서를 파싱하여 분석할 수 있는 JDOM (Java-based Document Object Model) API(Application Programming Interface)를 활용하여, XML 기반의 텍스트 형식으로 이루어진 (a)와 같은 CityGML 모델의 구성요소를 분석하여 (b)와 같이 Door, Window, Wallsurface, FloorSurface의 4개 구성요소 그룹으로 판별함으로써 각각을 세분화한다.

세분화된 구성요소는 다수의 객체들을 포함하고 있으며, 모든 객체들은 텍스트 형식으로 표현된 위치좌표를 포함하고 있으므로 이를 이용하여 (c)와 같이 3차원 시각화에 적합하도록 MultiPolygon 형태를 갖는 3차원 객체를 생성한다.

최종적으로, 데이터베이스의 접속과 연결유지를 관리하는 JDBC(Java database connectivity) API와 데이터베이스의 데이터 조작을 위한 질의 및 데이터 관리 기능을 제공하는 SQL(Structured Query Language) API를 활용하여 (d)와 같이 공간데이터베이스인 PostGIS에 CityGML 모델별로 스키마를 생성하고 구성요소의 그룹별로 데이터 테이블을 생성하여 각각의 테이블에 구성요소에 포함된 객체들을 시각화에 필요한 속성정보와 함께 저장한다.

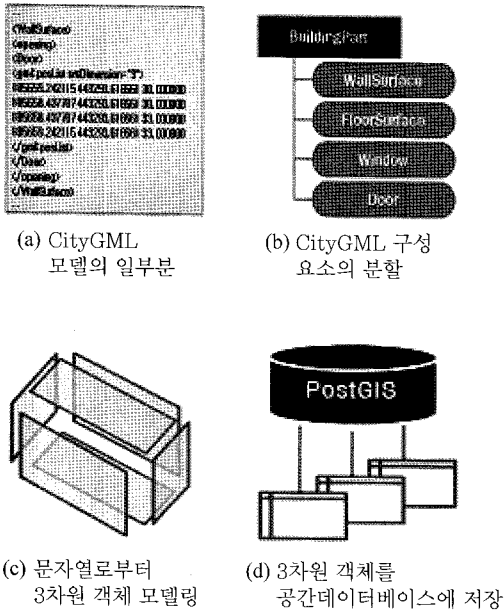


그림 5. gmlToPostgis 모듈의 3차원 실내모델 모델링 과정

3.3 GIS 표준 웹 서비스의 적용

GIS 표준 웹 서비스에 적용을 위한 3차원 실내모델의 효율적인 시각화를 위한 방안을 제시하기 위하여, 공간 데이터베이스에 저장되어있는 3차원 실내모델의 각 구성요소들을 OGC 표준의 웹 서비스를 제공하는 오픈소스 기반의 GIS 표준 웹 서버인 GeoServer와 연결하여 WFS 방식으로 사용자에게 서비스 할 수 있도록 하였다. GeoServer는 JAVA 프로그래밍 환경에서 개발된 오픈소스 API로써 다양한 공간정보를 다루는 GeoTools를 기반으로 하기 때문에 그림 6과 같이 DataStore라는 인터페이스를 활용하여 다양한 형태의 공간정보로부터 GIS 표준 웹 서비스에 필요한 객체들을 추출할 수 있는 구조를 가지고 있다(정장윤 등, 2008). 또한 FeatureType이라는 인터페이스를 이용하여 DataStore에 등록된 공간정보를 대상으로 GIS 데이터간의 통합을 위한 지리좌표계와 시각화에 필요한 SLD(Style Layer Descriptor)와 같은 속성들을 정의하여 다양한 형태로 등록된 공간정보를 표현 할 수 있도록 하고 있다.

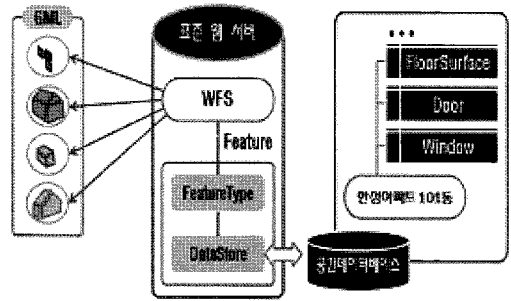


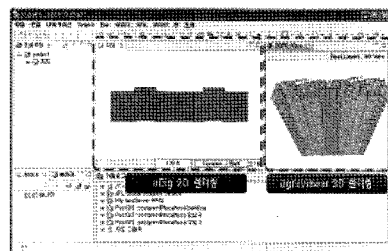
그림 6. 공간데이터베이스를 GIS 표준 웹 서비스와 연계

3.4 3차원 실내모델의 시각화 S/W 모듈

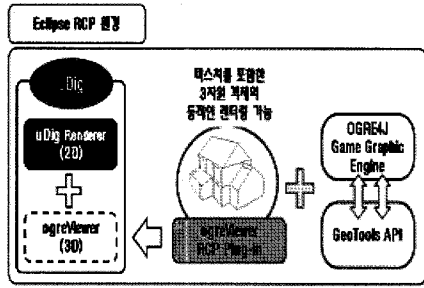
GIS 표준 웹 서비스를 통하여 전달되는 3차원 실내모델의 구성요소를 동적으로 재구성하고 3차원으로 시각화하기 위하여, 그림 7의 (a)와 같이 Eclipse RCP를 기반으로 GIS 표준 웹 서비스를 수용하여 2차원으로 시각화하고 다양한 공간분석 기능을 제공하는 오픈소스 기반의 uDig 프로그램에 3차원 시각화 모듈인 ogreViewer를 개발하여 추가하였다.

ogreViewer는 그림 7의 (b)와 같이 Scene을 구성하기 위해 특화된 컴퓨터 그래픽분야의 JAVA 기반의 그래픽 렌더링 엔진으로 그 구조가 성숙되고 안정적이며 신뢰성이 높고 플랫폼에 독립적으로 확장성이 좋은 OGRE4J와 GeoTools API를 활용하여 Eclipse RCP 환경에서 개발되었다. GeoTools API는 GIS 표준 웹 서비스로 전달되는 3차원 실내모델의 각 구성요소를 Feature 형태로 받아들여, Feature에 포함된 공간정보와 속성정보 각각 분리하여 OGRE4J 엔진에 전달하는 역할을 수행한다.

그리고 OGRE4J 엔진은 GeoTools로부터 전달된 Feature의 속성정보를 분석하여 각각의 Feature가 3차원 실내모델의 어느 구성요소인지를 판별하고 그에 따라 3차원 시각화를 위한 Mesh 구성방법을 다르게 적용하여 효율적인 3차원 시각화가 되도록 한다.



(a) uDig 프로그램에 추가된 ogreViewer 모듈



(b) ogreViewer 모듈의 구조

그림 7. ogreViewer 모듈의 적용

ogreViewer는 공간분석 API를 활용하여 GIS 표준 웹 서비스로 전달되는 XML 형태의 공간정보를 실시간으로 읽어 들여 파싱함으로써 공간정보와 속성정보를 하나의 객체로 표현하는 Feature 형태로 변환하고, 변환된 Feature의 공간정보로부터 위치좌표를 추출하여 하나의 배열로 구성한다.

또한, 그래픽 렌더링 엔진을 이용하여 공간분석 API가 배열로 구성해놓은 위치좌표와 Feature의 속성정보를 분석하여 Feature가 3차원 실내모델의 어떤 구성요소 인지를 판단하고 구성요소의 특징에 따라 동적으로 위치좌표를 재구성하여 ManualObject 형태로 생성하였다. 생성된 ManualObject는 그래픽 렌더링 엔진의 SceneManager를 통해 Resource로 등록을 하게 되고, MaterialManager의 스타일 규칙에 적용하여 3차원으로 ManualObject를 시각화 한다.

그래픽 렌더링 엔진은 컴퓨터 그래픽 분야 및 게임, 3D 어플리케이션 분야의 렌더링에 주로 사용이 되고 있기 때문에 분야의 특성상 시각적으로 매우 우수한 성능의 렌더링을 지속해야 한다. 따라서 기본적으로 3차원의 모델들을 별도의 도구를 사용하여 Mesh로 구성하고 로컬의 바이너리 파일 형태로 보관함으로써, 이와 같은 Mesh 파일들을 곧바로 로컬에서 읽어 들여 렌더링 하는 구조를 가지고 있다.

그러나 이 연구에서는 그림 8과 같이 3차원 실내모델의 웹을 통한 효율적인 전달을 통하여 분산 환경에서 3차원 공간정보를 원활하게 공유하고 활용 할 수 있는 방안의 모색을 목표로 하고 있으므로 그래픽 렌더링 엔진이 웹을 통해 전달되는 Feature들을 읽어 들일 수 있도록 공간분석 API의 Feature API와 그래픽 렌더링 엔진의 MeshManager API를 함께 사용하여 동적으로 ManualObject를 생성하도록 하였다.

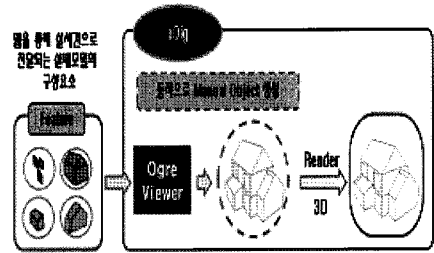


그림 8. ManualObject의 동적 생성

4. 개발된 S/W 모듈의 실험 및 분석

실험 및 분석을 위하여 GIS 분야의 3차원 도시공간정보의 표준 데이터 모델인 CityGML을 대상으로, CityGML 모델에 포함된 각각의 기하학적인 세부 요소들을 분할하여 창, 문, 바닥, 벽으로 이루어진 객체 단위로 재 모델링하여 세분화시키고, 각각의 구성요소들을 3차원 공간정보를 관리할 수 있는 공간데이터베이스에 저장하여 체계적인 관리와 활용이 용이하도록 하였다.

또한, 구축된 공간데이터베이스를 GIS 표준 웹 서비스를 제공하는 웹 서버와 연계하여 WMS 및 WFS 방식으로 사용자에게 3차원 실내모델의 구성요소를 서비스 할 수 있도록 하였으며, 컴퓨터 그래픽 분야의 전문화된 그래픽 렌더링 엔진과 공간정보를 분석 및 처리할 수 있는 API를 활용하여 웹 서비스를 통해 전달되는 3차원 실내모델의 구성요소들을 동적으로 재구성하여 효율적으로 3차원 시각화 할 수 있도록 하였다.

이 연구의 목적 수행을 위해 적용된 실험의 타당성과 적합성을 분석하기 위하여 다음의 항목을 기준으로 실험의 과정과 결과를 비교 하였다.

- 실험 데이터의 모델링 및 공간데이터베이스 구축
- 데이터 처리 및 3차원 시각화 시간 분석

4.1 실험을 위한 공간데이터베이스 구축

이 연구에서 개발된 gmlTOpostgis 모듈을 이용하여 실험 데이터인 CityGML 모델을 파싱하여 각각의 구성요소를 분할하고 객체화하여 공간데이터베이스에 저장한 결과는 표 2와 같다.

실험에 사용된 CityGML 모델은 서울시의 구 단위의 행정구역 중에서 13개구에 해당하는 총 4,878개의 아파트 데이터를 기준으로 하였으며, CityGML 모델 하나 당 하나의 데이터 스키마로 구성되어 있다.

또한 그림 9는 uDig를 이용하여 공간데이터베이스에 저장된 모든 아파트 데이터를 GIS 데이터인 서울시 행정구역 데이터와 중첩한 결과로서 실험데이터가 서울시의 각 행정구역에 적절하게 위치하여 중첩되고 있음을 확인하였으며, gmITOpstgis 모듈이 원활하게 텍스트 기반의 CityGML 모델을 분석하고 구성요소들을 재구성하여 객체 단위로 형식의 데이터를 효과적으로 객체화하여 공간데이터베이스에 저장하고 있음을 확인하였다.

표 2. gmITOpstgis 모듈을 이용하여 실험 데이터를 공간데이터베이스에 저장한 결과

구 분	CityGML		PostGIS	비교
	파일수	용량(MB)	스키마수	
강남구	1,025	4,090	998	-27
강북구	182	567	165	-17
강서구	327	1,920	300	-27
광진구	174	831	164	-10
구로구	390	1,450	390	0
노원구	1,110	3,400	1,110	0
동작구	252	984	252	0
서대문구	228	841	228	0
서초구	535	1,820	535	0
용산구	224	845	224	0
종로구	30	137	30	0
중구	112	451	112	0
중랑구	289	1,010	289	0
합계	4,878	18,346	4,797	-81
	100%		98%	2%

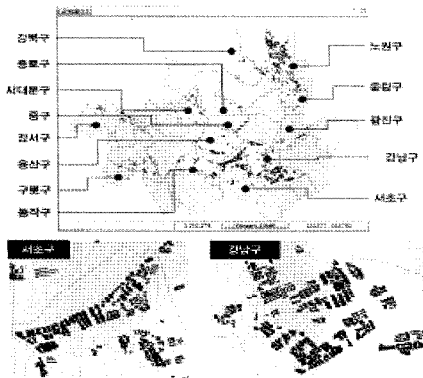


그림 9. 공간데이터베이스에 저장된 실험데이터

표 2의 결과에서 gmITOpstgis 모듈을 이용하여 성공적으로 공간데이터베이스에 저장한 결과는 총 4,797개로써 약 98%의 수행능력을 나타내었다. 그러나 강남구, 강북구, 강서구, 광진구의 4개의 행정구역에서 각각 27, 17, 27, 10개의 CityGML 모델이 공간데이터베이스로의 저장에 실패한 것으로 나타났다.

이는 해당 행정구역의 CityGML 모델은 다른 행정구역의 모델에 비해 아파트 벽체의 구조를 두께가 표현되도록 구성되어 있으며, 오류가 발생한 CityGML 모델에서 위치좌표가 누락되거나 좌표들 사이에 특수 문자가 삽입되어 있는 요소들을 확인할 수 있었다. 이는 실험데이터 자체의 문제로써, CityGML 모델의 작성시점에서 서로 다른 구성요소의 위치좌표가 잘못 참조되었거나 불완전한 XML 요소가 삽입되었기 때문으로 판단된다.

gmITOpstgis 모듈은 CityGML 모델을 처리할 때 공간데이터베이스에 모든 모델의 최소경계구역을 Polygon 형태로 각각 저장하였다. 이를 활용하여 공간데이터베이스에 저장되어 있는 CityGML 모델의 지리적인 위치를 그림 10과 같이 기존에 활용되고 있는 GIS 데이터인 서울시 행정구역, 도로, 건물 등의 데이터와 중첩하여 시각화함으로써 개발된 S/W 모듈이 기존의 오픈소스 프로그램에 추가적인 기능으로써 성공적으로 확장된 것을 확인하였다.

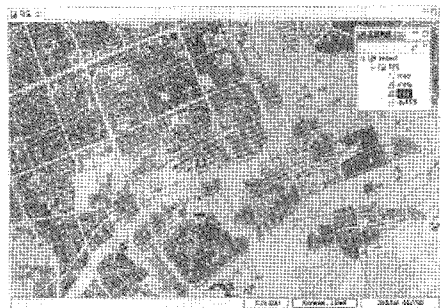


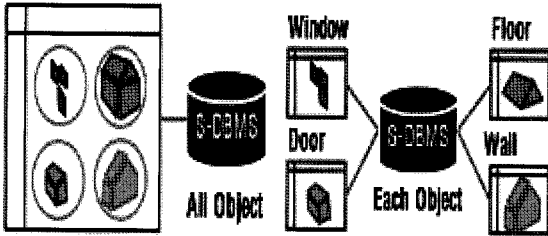
그림 10. 공간데이터베이스에 저장된 CityGML 모델과 GIS 데이터의 중첩

4.2 3차원 시각화의 시간 분석

이 연구는 GIS 표준 웹 서비스로 전달되는 3차원 실내모델의 효율적인 시각화를 위하여 건물 구성요소를 객체단위로 구분하여 모델링하고 서비스하여 3차원으로 시각화 하는 방안을 제시하고자 한다. 따라서 실험 및 분석을 위하여 13개의 실험 데이터를 선별하고 2개

의 비교 그룹을 만들어 서비스 과정 및 3차원 시각화에 서 소요되는 시간을 분석하였다.

비교 그룹은 그림 11과 같이, 공간데이터베이스의 데이터 테이블을 기준으로 3차원 실내모델의 모든 구성요소를 하나의 테이블에 입력한 Single table 그룹 (a)와 각각의 구성요소를 객체 단위로 구분하여 각각 다른 테이블에 입력한 Multi table 그룹 (b)로 나누었다.



(a) Single table 그룹 (b) Multi table 그룹
그림 11. 분석을 위한 두 데이터 그룹

또한, 두 그룹을 대상으로 3차원 시각화에 소요되는 시간을 분석하기 위하여 이 연구에서 개발한 ogreViewer가 공간데이터베이스와 표준 웹 서버에 각각 데이터를 요청하여 전달받고, 3차원 실내모델을 재구성하여 최종적으로 3차원 렌더링을 하는데 까지 소요된 시간을 그림 12와 같이 3 단계 구간으로 구분하여 각 구간 별 시간을 분석하고 문제점을 분석하여 성능향상을 위한 방안을 제시하였다.

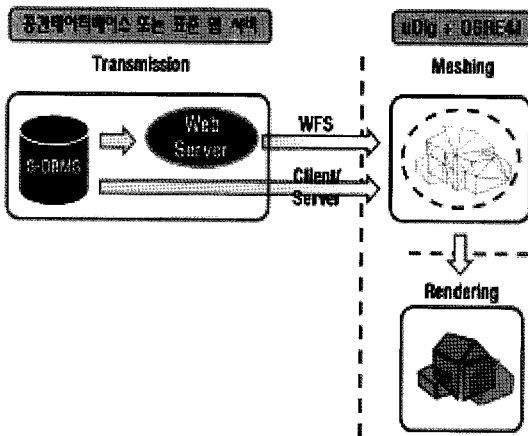
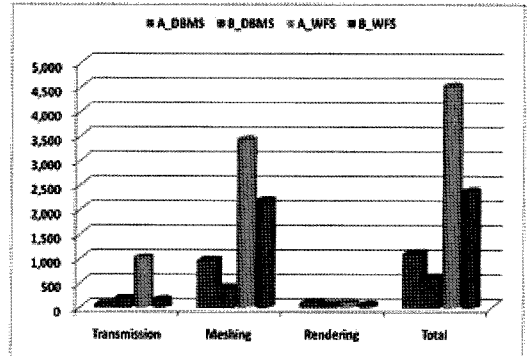


그림 12. 시간 분석을 위한 3 단계 구간

Transmission 단계는 공간데이터베이스에 직접 접속하는 C/S(Client/Server) 방식이나 GIS 표준 웹 서비스를 통한 WFS 방식으로 실내모델의 데이터를 ogreViewer 까지 전달하는 시간을 측정된 것이며, Meshing 단계는 ogreViewer가 전달된 3차원 실내모델을 3차원 시각화에 적합하도록 객체를 재구성하는 시간이다. 그리고 Rendering 단계는 ogreViewer가 구성된 객체를 출력 화면에 그리는 시간을 측정된 것이다.

위의 두 실험 그룹을 대상으로 공간데이터베이스와 WFS의 경우에 3차원 시각화에 소요된 시간을 분석하여 그래프로 나타내면 그림 13과 같다.



(unit:millisecond)

		Transmission	Meshing	Rendering	Total
D B M S	Single table group	59	956	92	1,107
	Multi table group	164	394	44	603
	Multi/Single	(+178%)	(-59%)	(-52%)	(-46%)
W F S	Single table group	1,001	3,412	97	4,510
	Multi table group	147	2,170	50	2,367
	Multi/Single	(-85%)	(-36%)	(-48%)	(-48%)

그림 13. 3차원 시각화에 소요된 시간 분석결과

그림 13의 분석 결과에서 3차원 시각화에 소요된 전체 시간은 공간데이터베이스에 직접 접속한 경우, 3차원 실내모델을 구성요소 단위로 객체화하여 구성한 Multi table 그룹이 0.6초로 그렇지 않은 Single table 그룹 보다 약 46% 감소 된 것을 확인할 수 있다.

또한 WFS의 경우에도 Multi table 그룹이 2.3초로 그렇지 않은 4.5초의 Single table 그룹 보다 약 48% 감소된 것을 확인할 수 있다. 각각의 구간별 소요시간에서도 Multi table 그룹의 경우가 Single table 그룹의 경우보다 대체적으로 그 시간이 짧게 소요되는 것을 확인할 수 있다.

특히, DBMS의 경우 Multi table 그룹이 Single table 그룹에 비하여 전체적으로 시간이 단축되었으나, Transmission 구간에서는 약 178% 증가한 것을 확인할 수 있다. 이로써 공간데이터베이스의 경우 한 번의 접속으로 실내모델의 구성요소를 전부 가져오는 것이 여러 차례에 걸쳐 접속과 해제를 반복하면서 각각의 구성요소를 가져오는 것보다 좋은 성능을 유지 할 수 있다고 판단된다.

그러나 활용적인 측면에서는 데이터의 전달을 위한 Transmission 구간에서 소요되는 시간보다는 클라이언트의 Meshing 구간이나 Rendering 구간에서의 처리시간이 시스템 전반의 처리 시간을 좌우하기 때문에 전체 구간에서 46%의 시간을 단축시킨 Multi table 그룹의 경우가 더욱 효율적이라고 판단된다.

한편, WFS의 경우는 DBMS의 경우와 반대로 Multi table 그룹이 Single table 그룹에 비하여 Transmission 구간에서 소요되는 시간을 1초에서 0.1초로 약 10분의 1 수준으로 크게 단축된 것을 확인할 수 있다.

이는 표준 웹 서버가 3차원 실내모델을 WFS 형식으로 구성하여 사용자에게 전달할 때, 한 번에 모든 구성요소가 포함된 대용량의 데이터를 처리하여 XML 형태로 구성하는 것보다 각각 세분화되어 모델링된 구성요소를 차례대로 처리하여 XML 형태로 구성하는 것이 더욱 효율적이기 때문이라 판단된다.

따라서 GIS 표준 웹 서비스 적용을 위해서는 제시한 바와 같이 3차원 실내모델을 구성하는 각 요소들을 객체 단위로 분할하여 각 구성요소 별로 모델링하는 것이 더욱 효율적이며, 웹 서비스 과정에서 방대한 데이터를 한 번에 처리하여 전송하면서 발생할 수 있는 처리 시간, 네트워크 및 메모리의 부하 등의 문제를 방지할 수 있다는 것을 확인할 수 있다.

또한, 3차원 실내모델을 각 구성요소 단위로 관리하기 때문에 사용자가 원하는 구성요소만을 선택하여 각각 서비스 받을 수 있으므로 필요하지 않은 정보까지 처리하면서 소요되는 시간을 단축시킬 수 있다. 그리고 분산 환경에서 서로 다른 서버로부터 3차원 실내모델의

구성요소를 선별하여 서비스 받을 수 있으며 데이터 관리 시에도 분할된 구성요소만을 별도로 수정 및 편집함으로써 작업 시에 발생할 수 있는 오류를 최소화 할 수 있다.

이 연구에서 실험데이터로 사용한 CityGML 모델은 WallSurface, Window, Door, FloorSurface의 구성요소만을 포함하고 있으므로, 그림 14와 같이 ogreViewer가 활용적인 측면에서 각각의 어플리케이션에 필요한 건물 구성요소를 선별적으로 구성하고 3차원으로 시각화하는 효과를 나타내는데 한계가 있었다.

만약, 환기구, 엘리베이터, 계단, 전기 배선, 수도 배관 등과 같은 매우 상세한 3차원 실내모델의 구성요소를 공간데이터베이스를 활용하여 모델링하게 된다면, 다양한 어플리케이션에서 이를 이용하여 효율적으로 시스템을 구성하고 3차원 시각화 및 각각의 분야에 적합한 공간 분석을 적용할 수 있을 것이다.

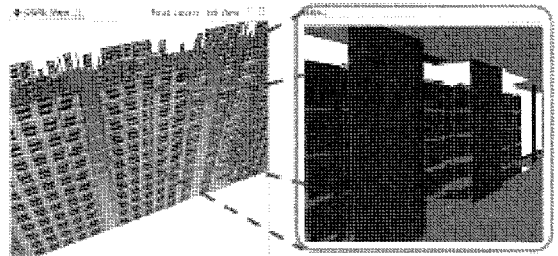


그림 14. ogreViewer의 3차원 시각화 결과

5. 결론

3차원 실내모델은 현실생활과 매우 밀접한 관계에 있으므로, 다양한 분야에서의 민간 서비스 또는 공간분석 등에 그 활용성이 매우 크다.

이 연구는 GIS 표준 웹 서비스에 적용하기 위하여 3차원 실내모델을 구성요소 단위로 모델링함으로써 공간데이터베이스에 저장 및 관리하고 전문화된 그래픽 렌더링 엔진을 활용하여 웹을 통해 전달되는 3차원 실내모델의 구성요소를 3차원으로 시각화 하는 시스템을 개발하였다.

- 개발된 시스템은 GIS 오픈소스 프로그램 기반의 공개된 API와 프로그램을 활용하여 파일 단위로 관리 되는 3차원 실내모델을 분석하고 객체 모델링하여 공간

데이터베이스의 데이터 테이블 형태로 저장하는 과정을 자동화함으로써 체계적인 관리가 될 수 있도록 하였다.

- 구성요소 단위로 분할함으로써 시각화에 소요되는 데이터 처리시간을 약 50% 단축하였다.
- 웹으로 전달되는 3차원 실내모델을 동적으로 재구성하여 3차원 시각화함으로써 다양한 분야의 어플리케이션에 효율적으로 3차원 실내모델이 활용될 수 있음을 보여주었다.

감사의 글

이 연구는 서울시 산학연 협력사업(10540)의 지원으로 수행되었다.

참고문헌

장정아 (2006), CAD 도면을 이용한 건축물 내부공간의 3차원 GIS 네트워크 모델링, 석사학위 논문, 세종대학교 대학원.

고일두, 최중현, 김이두, 정연석, 이재민 (2008), BIM로부터 가상도시 구축용 건축물정보의 추출, 한국GIS학회, 한국GIS학회지, 제16권, 제2호, pp.249-261.

김지선 (2007), CAD 도면을 활용한 3차원 건축물 모델링의 Georeferencing 정확도 분석, 석사학위 논문, 세종대학교 대학원.

류근원, 전철민, 박인혜, 김혜영 (2006), 내부공간에서의 경로탐색을 위한 3D-GIS 모델링, 한국GIS학회, 한국GIS학회 2006년도 GIS/RS 공동추계학술대회, pp.187-192.

오정우, 이윤선, 김병수, 김희을, 김재준, 김경환 (2007), 실시간 실내 공간관리를 위한 네트워크 모델, 한국건설관리학회, 한국건설관리학회 2007년도 정기학술발표대회 논문집, pp. 840-843.

임재인, 김재우, 권혁도, 윤수원, 권순옥, 진상운 (2008), IFC를 중심으로 한 상용 3D CAD의 호환성테스트, 한국건설관리학회, 한국건설관리학회논문집, 제9권, 제3호, pp.85-94.

장재우, 왕태용, 이현조 (2007), 효율적인 GML 문서 저장을 위한 저장 스키마의 설계 및 성능평가, 한국공간정보시스템학회, 한국공간정보시스템학회 논문지,

제9권, 제1호, pp.35-53.

정성혁, 이재기 (2008), 디지털 영상자료를 이용한 3D GIS의 사실적 모델링 및 가시화, 한국측량학회, 한국측량학회지, 제26권, 제1호, pp.73-83.

정장윤, 염재홍 (2008), Open Source를 활용한 Spatial DB에서 GML 문서 변환에 관한 사례분석, 한국측량학회, 2008 한국측량학회 추계학술발표회, pp.297-301.

정호영, 이민우, 전우제, 박수홍 (2003), GML 응용스키마를 이용한 공간데이터베이스 스키마 모델링, 한국GIS학회, 한국GIS학회 2003년 추계학술대회, pp.30-39.

Benner, J., Geiger, A. and Leinemann, K. (2005), Flexible generation of semantic 3D building models, Presentations of 1st International Workshop on Next Generation 3D City Models, Bonn, Germany, June 2005.

CityGML (2008), Exchange and Storage of Virtual 3D City Models, <http://www.citygml.org/>.

de Vries, M. and Zlatanova, S. (2004), Interoperability on the web: the case of 3D geo-data, IADIS International Conference on e-Society, pp.667-674.

Döllner, J. and Hagedorn, B. (2007), Integrating urban GIS, CAD, and BIM data by service-based virtual 3D city-models, 26th Urban Data Management Symposium (Stuttgart, Germany, October, 2007), UDMS 2007.

Ewald, K. and Coors, V. (2005), Appraisal of standards for 3D city models, Proceedings of the Ninth International Conference on Information Visualisation, pp.157-162.

Frueh, C., Jain, S. and Zakhor, A. (2005), Data Processing Algorithms for Generating Textured 3D Building Facade Meshes from Laser Scans and Camera Images, Springer Netherlands, International Journal of Computer Vision, pp.159-184.

GeoServer (2008), A Open Source Software Server Written in Java that Allows Users to Share and Edit Geospatial Data, <http://geoserver.org/>.

GeoTools (2008), The Open Source Java GIS Toolkit, <http://geotools.codehaus.org/>.

Haist, J. and Coors, V. (2005), The W3DS-interface of

- cityserver3D, Kolbe, G.: Next Generation 3D City Models. Workshop Papers: Participant's Edition. Bonn, pp.63-67.
- Kolbe, T. H., Gröger, G. and Plümer, L. (2005), CityGML-interoperable access to 3D city models, Springer Berlin Heidelberg, Geo-information for Disaster Management, pp.883-899.
- OGRE4J (2008), Java Native Interfaces for OGRE, <http://ogre4j.sourceforge.net/>.
- PostGIS (2008), PostGIS Adds Support for Geographic Objects to the PostgreSQL Object-relational Database, <http://postgis.refractor.net/>.
- uDig (2008), User-friendly Desktop Internet GIS, <http://udig.refractor.net/>.
- Wan, Y. and Bian, F. (2007), A extended web feature service based web 3D GIS architecture, Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, WiCom, pp.5947-5950.
-

(접수일 2009.01.15, 심사일 2009.02.09, 심사완료일 2009.02.12)