

규칙기반 모델링을 이용한 Mapbase 컴포넌트 3차원 확장

김성수, 김광수, 이성호, 최승걸, 김경호, 이종훈, 양영규
한국전자통신연구원
공간.영상정보기술센터

The Three-Dimensional Extension for Mapbase Components using the Rule-Based Modeling

Sung-Soo Kim, Kwang-Soo Kim, Seong-Ho Lee, Seong-Keol Choe,
Kyong-Ho Kim, Jong-Hun Lee, Young-Kyu Yang
Spatial and Visual Information Technology Center
Electronics and Telecommunications Research Institute
sskim@camis.kaist.ac.kr {enoch, sholee, skchoe, kkh, jong, ykyang}@etri.re.kr

요 약

3차원 GIS 소프트웨어를 개발하기 위한 기술로는 공간데이터처리 및 공간분석기술, 컴퓨터그래픽스 및 가상현실 기술에 이르기까지 다양한 연구가 요구된다. 지리정보 가시화(visualization)에 관한 연구는 여러 GIS 응용분야에서 주요한 부분이 된다. 현재 2차원 기 구축된 데이터를 이용하여 3차원으로 가시화 및 분석을 수행할 수 있다는 것은 데이터와 소프트웨어 재사용 및 비용측면에서 중요한 의미를 가진다.

본 논문에서는 한국전자통신연구원에서 개발한 Mapbase 컴포넌트에서 빌딩 레이어 3차원 모델링 방법과 시설물의 다양한 상세도 세제가 가능한 LOD(level-of-detail) 모델러와 3차원 장면을 효율적으로 관리하기 위한 장면 그래프(scene graph) 컴포넌트 설계 기술을 소개한다. 2차원 데이터와 최소한의 3차원 부가정보(빌딩높이, 도로폭등)를 이용하여 규칙기반 모델링(Rule-Based Modeling)을 통해 3차원으로 모델링 해 낼 수 있는 3차원 장면 모델러 컴포넌트 설계 방법을 제안한다. 장면 모델러 컴포넌트 분석을 위해 처리하는 입력 데이터, 수작업 3차원 모델링 여부, 소프트웨어 재사용성, 상호운용성, 구축 비용 등을 기준으로 분석하였다.

1. 서론

2차원 맵에 기반한 2차원 지리정보시스템은 클라이언트/서버 응용프로그램에서부터 웹 서비스에 이르기까지 많은 분야에서 확산되어 서비스되어지고 있다. 하지만, 현재 3차원 GIS 소프트웨어는 실 데이터 부족, 시스템 요구분석 및 개발 사례 부족 등의 이유로 실제 활용화 단계 들어서지 못하고 있다.

3차원 GIS에서의 장점은 실제 2차원 평면 지도상에서 이루어지기가 힘든 공간분석, 예를 들어, 지형 분석, 가시권 분석, geodesic shortest path 계산 등의 연산을 제공할 수 있다는 것이다. 하지만, 이러한 3차

원 데이터를 정확하게 구축하려면 많은 시간과 비용이 요구된다는 것은 명백한 사실이다. 따라서, 기존의 기 구축되어진 2차원 GIS 데이터를 최대한 활용 또는 적은 비용으로 데이터를 가공하여 사용하는 것이 최선의 방안이라 할 수 있다.

본 논문에서는 이러한 2차원 GIS 데이터를 기반으로 건물 및 도로를 3차원 모델링 할 수 있는 장면 모델러 컴포넌트(scene modeler component) 설계 방법을 제시한다.

현재 3차원 GIS 분야에서 ISO나 OGC등의 국제 표준기공에서 제시하고 있는 상호 운용성을 지원하기 위해 표준을 제시하려는 단계에 있다[2]. 3차원 지리정

보시시스템을 위한 기하모델(geometry model)에 관한 표준화 연구도 요구되는 실정이다.

본 논문에서는 2차원 개방형 GIS 컴포넌트인 Mapbase 컴포넌트에서 건물에 대한 3차원 확장 기법을 제시하고 3차원 장면 렌더링 시각 모델의 상세도(level-of-detail) 레벨에 따라 3차원 모델을 모델링 할 수 있는 장면 모델러(Scene Modeler) 컴포넌트의 설계, 분석결과를 제시한다.

2. 관련연구

최근 컴포넌트 지향 프로그래밍(Component-Oriented Programming)은 소프트웨어 공학 분야에서 많은 관심을 받고 있는 분야이다. 컴포넌트 지향 프로그래밍의 궁극적인 목적은 재사용 가능한 컴포넌트들을 응용프로그램 개발 시에 재사용하는 데 있다[3, 4].

Bachmann[1]은 구조 기반의 설계(ABD, Architecture Based Design) 방법을 제안하였다[1]. 이 방법론은 기능분해(decomposition of function), 비즈니스 요구와 품질의 실현, 소프트웨어 템플릿(template) 사용을 기초로 한 ABD 기법을 소개했다.

Murer[6]는 소프트웨어 개발 프로세스를 소프트웨어 공학적인 기술적인 측면에서만 국한되어 고려하지 않고 기관이나 사회적인 측면과 마케팅측면에서 소프트웨어 개발 환경의 연관성에 관한 연구 결과를 제시하였다.

컴포넌트 구조에서 재사용을 위한 기본적인 메커니즘으로는 컴포넌트 조립(assembly)이다. Outhred[7]는 대표적인 컴포넌트 기반 프레임워크인 Microsoft의 COM(component object model)을 사용한 컴포넌트의 변형과 조립시의 프로그래밍 어려움을 지적하였다.

3D GIS에 대해 명확하게 정의되어 있지 않은 현 시점에서 각 응용목표에 따라 특성을 갖는 시스템들이 개발되어지고 있다[10]. 대표적인 3D GIS 소프트웨어의 특성은 공간정보시스템 구축, 공간분석기능 그리고 가시화(visualization) 질적향상 등이 대표적이다. 그림 1.과 같이 3D GIS의 기반 기술들은 데이터베이스기술, Legacy GIS 시스템 기술, 컴퓨터 그래픽스, 가상현실, 모바일 응용기술 그리고 더 나아가 wearable computing 기술이 있다.

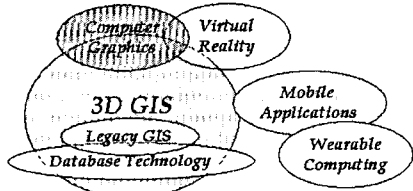
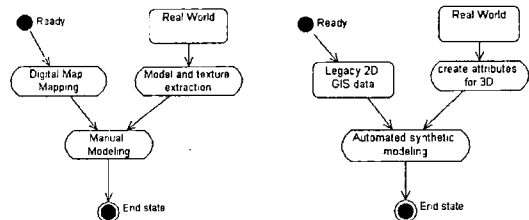


그림 1.3 차원 GIS 소프트웨어 기반 기술

3D GIS 소프트웨어와 연관된 시스템 구축 방법으로는 2차원 수치지도에 기반하여 3차원 시설물들을 수작업으로 모델러가 시설물 각각을 3차원 모델링하는 입체지도 제작기법(가상도시 구축)과 2차원 수치지도와 최소한의 3차원 속성정보 또는 원격탐사를 통해 얻어진 건물높이 정보를 활용하여 자동화된 모델링을

할 수 있는 자동화된 모델링(automated modeling) 방법이 있다.

본 논문에서는 자동화된 모델링 방법에 기반한 합성모델링(synthetic modeling) 기법을 제안하고, 사용자의 요구에 따라 시설물들의 상세도(level-of-detail)를 제어해 나가며 가시화 해 주는 컴포넌트를 설계한다. 그림 2.은 이 두 가지 접근 방법에 대한 개괄적인 활동 다이어그램(activity diagram)을 보여주고 있다.



(a) 입체 지도제작 접근방법 (b) 본 논문의 접근방법
그림 2. 입체지도제작법과 제안하는 방법

3. 3D GIS 소프트웨어 컴포넌트 설계

3.1. 설계 철학(Design Philosophies)

본 논문에서 제안하는 Mapbase 컴포넌트와 장면 모델러 컴포넌트의 설계 시 고려한 주요한 부분은 다음과 같다.

상호운용성(interoperability) 현재 GIS 상용화 제품에서 사용되는 데이터포맷 및 데이터베이스가 상이함으로 인한 문제들을 표준화된 데이터 제공자를 설계 구현함으로써 해결할 수 있다.

표준화(standardization) OpenGIS 명세서에는 2차원 공간 객체모델만을 Geometry, Point, Curve, LineString, Polygon 등의 단일 공간객체와 단일 객체의 컬렉션 형태인 MultiPoint, MultiLineString, MultiPolygon으로 나타내고, 이들 공간 객체사이의 공간 연산(spatial operation)들을 제시하고 있다[2]. 본 연구에서는 3차원 공간 객체모델을 OGC의 2차원 모델을 확장하여 표준화 측면을 고려하였다.

재사용성(reusability) 3D GIS 응용을 위한 필수적인 요소들을 선별하여 컴포넌트화 함으로써 소프트웨어 재사용성 증대를 기할 수가 있다.

적용성(adaptability) 3D GIS 이외의 응용, 예를 들어, CAD/CAM 분야 및 그래픽스 응용프로그램에서도 컴포넌트 적용이 용이하도록 장면 모델러 컴포넌트 인터페이스를 설계하였다.

수행성능(performance) Open GIS Consortium[2]에서 제시하는 WKB(well-known binary) 형태의 기하정보를 전달함으로써 데이터 저장공간을 줄일 수 있으며, 대용량의 공간데이터를 3차원으로 효율적이고 빠르게

가시화 해 주기 위하여 상세도(LOD) 제어 기법을 적용하였다.

3.2. Mapbase 컴포넌트(Mapbase Components)

Mapbase 컴포넌트는 한국전자통신연구원에서 개발한 OGIS 데이터 소비자로서, 크게 데이터 제공자와의 연결을 담당하는 컴포넌트와 가시화를 위한 ActiveX 컨트롤 형태의 컴포넌트로 구성된다[12].

그림 3은 Mapbase 컴포넌트와 응용 프로그램과의 연관관계를 보이고 있다[11].

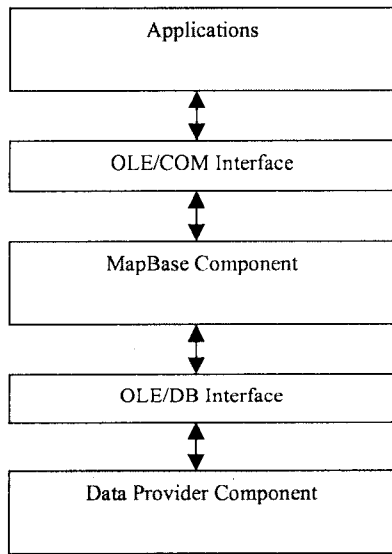


그림 3. Mapbase 컴포넌트를 이용한 시스템 구성

Mapbase 컴포넌트는 OpenGIS 컴소시움에서 제시하고 있는 심플 피쳐 스펙(simple features specification)을 따르고 있기 때문에 OGIS 데이터 제공자를 통해서 서로 다른 GIS 서버와 동시에 연결하여 데이터에 접근할 수 있다는 장점이 있다. 따라서, Mapbase 컴포넌트는 특정 GIS 서버, 데이터 소스에 관계없이 동일한 데이터 접근방법으로 데이터를 공유할 수 있다. 현재 Mapbase 컴포넌트에서 포함하고 있는 ActiveX Control에서는 2차원 가시화 기능만 제공하고 있다. 따라서, 본 논문에서는 Mapbase의 효과적인 데이터 접근방법과 OGC 심플 피쳐 스펙을 준수하면서 3차원 가시화를 지원할 수 있는 컴포넌트 확장기법을 제시한다.

3.3. 설계 요소(Design Elements)

현재 3차원 GIS 소프트웨어 개발을 위한 컴포넌트의 전체적인 구성요소로는 데이터제공자 컴포넌트, 데이터 그래프 컴포넌트, LOD 모델러 컴포넌트, 장면 그래프 컴포넌트 그리고 ActiveX 컨트롤 형태인 월드뷰어 컴포넌트가 있다.

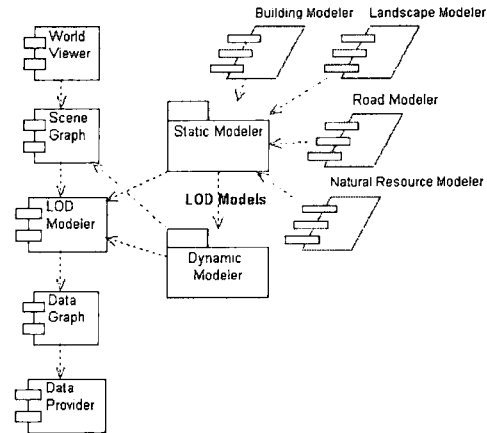


그림 4. 전체 컴포넌트 간의 연관관계 및 구성도

Mapbase 컴포넌트의 전반적인 구조는 데이터 제공자 컴포넌트, GeoDAO 컴포넌트, OGC에서 제시하고 있는 2차원 지오메트리(geometry) 표준을 준수한 OGIS geometry 컴포넌트, MapDraw 컴포넌트로 구성되어 있다.

그림 4는 3D GIS 소프트웨어 컴포넌트 시스템의 전체 구조를 다이어그램으로 나타낸 것이다. 정적 모델러는 빌딩 모델러, 도로 모델러, 경관 모델러, 자연 자원 모델러 패키지를 가지고 있다. 여기서, 장면 모델러 컴포넌트란 LOD 모델러와 장면 그래프(scene graph) 컴포넌트를 합쳐서 통칭한 것이다.

3.4. 장면 모델러 컴포넌트(Scene Modeler Component)

장면 모델러 컴포넌트는 크게 주어진 데이터로부터 3차원 가시화 전처리 단계로서 장면 그래프를 생성하는 장면그래프(scene graph) 패키지와 각 시설물들(예, 빌딩, 도로등)을 사용자 또는 클라이언트 프로그램에서 요구하는 상세도에 해당되는 3차원 객체 모델링을 수행하는 LOD 모델러(LOD modeler) 패키지로 구성된다.

본 논문에서 주어진 입력 데이터는 2차원 데이터 모델에서 3차원 부가 정보들(빌딩높이, 층수, 도로폭 등)이다. LOD 모델러 패키지의 주요한 역할은 2차원 기하정보와 3차원 부가정보(attribute)를 이용하여 다양한 상세도의 3차원 모델링을 수행한다.

정적인 LOD 모델링을 위해서 참조되는 중요한 두가지는 규칙 기반 모델링 엔진(modeling rule engine)과 모델 라이브러리(model library)다. 예를 들어, 빌딩의 경우 2차원 단면(profile)에 대한 기하정보와 빌딩의 종류 또는 층수의 속성을 입력받아 기구축되어진 규칙 기반 모델링 엔진과 모델 라이브러리를 이용하여 3차원 모델을 생성해 준다.

그림 5는 상세도 레벨에 따라 합성된(synthetic) 모델 생성의 예를 보여주고 있다.

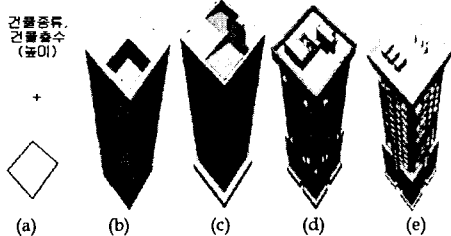


그림 5. Synthetic modeling 개념(그림출처[13])
: (a) 입력데이터, (b) $\tau(\text{LOD level})=1$, (c) $\tau=3$, (d) $\tau=5$, (e) $\tau=10$

장면 모델러 컴포넌트는 요구한 상세도레벨에 따른 규칙에 기반한 모델링을 수행하는 정적모델러(static modeler) 패키지와 장면에 렌더링을 수행한 뒤 사용자 상호작용에 의한 동적인 3 차원 장면을 관리하는 동적 모델러(dynamic modeler) 패키지로 구성된다.

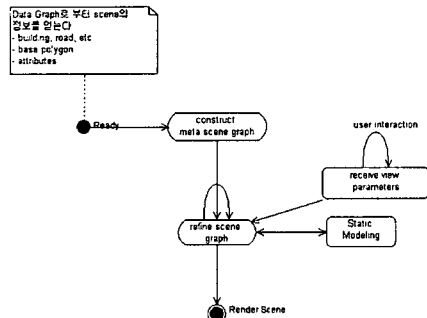


그림 6. 동적 모델러 패키지의 활동 다이어그램

메타 장면 그래프(meta scene graph)는 데이터그래프로부터 얻은 정보만으로 구성된 3 차원 장면그래프로 정의할 수 있다. 동적 모델러는 초기 데이터 그래프 컴포넌트로부터 전체 scene 에 대한 정보를 전달 받아서 먼저 메타 장면 그래프를 구성한 후 사용자의 뷰 파라미터 등에 따라 각 객체들의 LOD 상태를 결정하고 정적 모델러에게 해당 LOD 모델을 요청하여 LOD 렌더링이 가능한 장면 그래프(scene graph)로 정제(refinement) 단계를 수행하여 렌더링하게 된다(그림 6).

3.5. 규칙 기반 모델링 (Rule-Based Modeling)

본 논문에서 제안하는 새로운 개념인 규칙 기반 모델링(Rule-Based Modeling)은 2 차원의 단면 기하정보와 추가적인 3 차원 속성을 이용하여 3 차원 모델을 생성하는 기법을 말한다.

규칙 기반 모델링을 위한 시스템 세부 구성요소로는 모델링 시에 시설물 속성을 참조하여 기하정보를 생성할 수 있도록 준비된 규칙 기반 모델링 엔진(rule-based modeling engine)과 모델 생성에 필요한 전처리된 모델들이 저장되어 있는 모델 라이브러리(model library)이다[14].

규칙 기반 모델링 엔진은 객체를 GIS 에서 분류한 피쳐(feature)에 따라 해당 3 차원 시설물 객체를 모델링할 수 있도록 기하 정보 구성요소 생성 및 구성규칙들을 미리 정의 해 놓은 논리엔진(reasoning engine)이다 (그림 7).

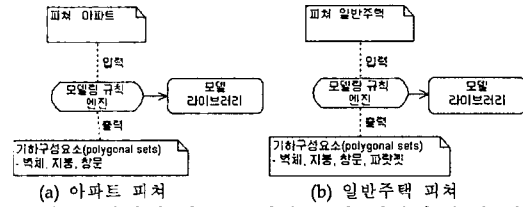


그림 7. 피쳐에 따른 모델링 규칙 엔진의 수행 예

모델 라이브러리는 피쳐에 따른 시설물 부분 기하요소(예, 창문, 지붕, 파라펫)와 시설물의 외형(appearance)를 나타내는 요소(예, 창문 텍스처, 지형 텍스처등)들을 미리 구축해 놓은 것을 말한다. 모델 라이브러리에서 제공되는 데이터는 실제의 원본 시설물의 기하요소 및 속성과는 정확하게 일치하지 않지만 유사한 모델을 생성할 수 있다. 또한, 규칙 기반 모델링 엔진에는 사용자가 원하는 규칙을 편집할 수 있는 규칙 파라미터 데이터베이스(RPD, rule parameter database)를 포함하고 있다(표 1).

LOD level	Rule parameter database	
	모델링 구성요소들	모델라이브러리참조
LOD 1	Simple extrusion	None
LOD 2	Extrusion body, 지붕	지붕 텍스처
LOD 3	Extrusion body, 지붕, 창문, 파라펫	창문 텍스처
LOD n	Extrusion body, 지붕, 창문, 파라펫,	지붕 상세 텍스처, 창문 상세 텍스처, ...

표 1. LOD 레벨에 따른 RPD 의 한 예 (일반주택피쳐의 경우)

그림 5 의 예제와 같이 주어진 입력 (a)에 대하여 2 차원 단면 기하정보와 3 차원 부가정보(건물층수 또는 높이)를 이용하여 (b)와 같은 단순한 건물을 extrusion 하여 생성할 수 있다. 그리고, 규칙기반 모델링 엔진에서 건물 종류에 따른 모델링규칙을 얻은 후에 모델 라이브러리를 통해 상세한 모델 생성을 위한 추가적인 데이터를 가져와서 3 차원 모델링을 수행하게 된다. 수식 (1)은 합성환(synthetic) 모델의 생성을 수식화 해 놓은 것이다. 여기서, $S_{x,y,z}$ 는 합성된 모델의 기하정보를 의미하며, P_{xy} 는 2 차원 단면 프로파일 그리고 $R_{x,y,z}(\tau)$ 는 특정 상세도 레벨 τ 에서의 규칙기반 모델링으로 얻어진 기하정보이다.

$$S_{x,y,z} = P_{xy} + R_{x,y,z}(\tau) \quad (1)$$

여기서, 규칙기반 모델링을 수행하는 패키지는 정적 모델러 패키지이다. 정적 모델러 패키지는 패키지 외부 클라이언트로부터 전달 받은 2 차원 단면 기하정보와 LOD 인자들을 이

용하여 LOD 레벨만큼 반복 모델링 작업을 수행한 후 LOD 모델을 생성해 준다(그림 8).

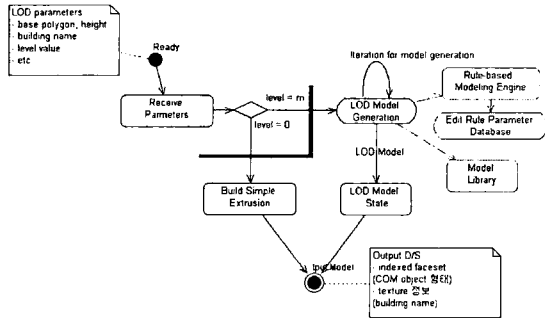


그림 8. 정적 모델러 패키지의 활동 다이어그램

3.6. 레이어기반 3차원 확장을 위한 설계

Mapbase 컴포넌트에서 사용자에게 데이터를 2차원으로 가시화해주는 기존의 컴포넌트는 MapDraw 라는 ActiveX 컨트롤 형태의 컴포넌트다.

그림 9는 Mapbase 에서 맵 레이어에 관한 클래스 다이어그램을 보여주고 있다. 여기서, 기존의 2차원 레이어 가시화를 위해 사용되는 클래스는 CMapDraw 라는 클래스이며 각 레이어에 대한 2차원 맵 드로잉 (drawing)을 메모리 DC (device context)에 저장하고 있다가 드로잉을 수행하게 된다.

이러한 맵 레이어들을 컬렉션(collection) 형태로 유지하는 것이 바로 CLayers 라는 클래스이다. 이러한 클래스들은 ATL 을 이용하여 구현한 ATL/COM 객체들이 된다. 이와 같이 3차원에서도 각 레이어에 해당되는 3차원 scene 을 렌더링하는 CMapDraw3D 라는 클래스를 구현하여 2차원 드로잉과 같은 형식으로 CMapLayer 에서 관리하는 구조로 설계하였다.

또한, 렌더링을 위한 처리속도 개선을 위하여 각 레이어들에 대해 OpenGL 의 디스플레이 리스트(display list)를 사용하였다.

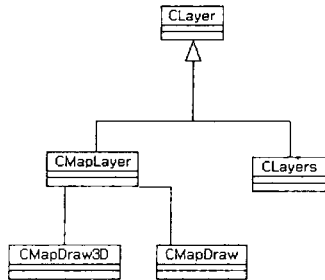


그림 9. MapLayer 에 관한 클래스 상속도

여기서 2차원과의 가장 큰 차이점은 3차원 속성을 구별하여 3차원 속성(빌딩속성)에 대해 폴리곤 익스투루션(extrusion)으로 모델링한다는 점이며, 나머지 드로잉 프리미티브들에 대해서는 2차원과 동일하게 처리하였다.

4. 컴포넌트 분석비교 및 구현결과

본 논문에서 제시한 합성 모델링 기법을 이용하는 장면 모델러 컴포넌트 분석을 위한 기준으로서는 처리하는 입력 데이터, 수작업 3차원 모델링 여부, 소프트웨어 재사용성, 상호 운용성, 구축 비용 및 장/단점을 분석하였다.

컴포넌트 비교를 위해서는 이전에 언급한 입체지도 제작기법 방법과 본 논문에서 제시하는 synthetic modeling 기법간의 비교 결과를 표 2에서 제시하고 있다.

비교기준	입체지도제작기법	Synthetic modeling
데이터	2D 수치지도 + 수작업에 의한 3차원 CAD 데이터 (polygonal set)	2D 수치지도 + 최소한의 3차원 속성정보
수작업 3D 모델링	요구됨	필요하지 않음 (소프트웨어적으로 처리)
상호운용성	제공안함 (데이터포맷에 의존적)	제공함
재사용성	재사용이 어려움	재사용이 용이
비용	초기 3D 모델링 데이터 구축 비용이 크다.	응용소프트웨어 개발에 필요한 비용만 소요
장점	수작업에 의한 3차원 모델링의 품질(quality)가 우수하며, 현실감 있는 모델링을 제공한다.	Legacy GIS 시스템에서 사용되는 데이터에 최소한의 부가정보만으로 자동적인 3차원 모델링이 가능하다. 별도의 전처리 수작업 모델링 작업을 요구하지 않으므로 비용이 절감. 대용량 데이터에 대한 3차원 실시간 가시화가 가능하다.
단점	2D 수치지도와 별도의 데이터 구축(수작업 모델링)에 소요되는 비용이 크다. 수작업으로 구축된 3차원 모델링 데이터량이 방대하다.	실세계의 모델의 속성들(shape, apperance, texture 등)을 정확하게 반영하기가 힘들다. 현실감을 위한 추가적인 소프트웨어 모델링 추가를 요구

표 2. 입체지도 제작법과 synthetic modeling 비교

구현된 Mapbase 3차원 확장에 있어 가시화 부분에는 OpenGL 라이브러리를 사용하였다. 그림 10은 동일한 지역의 2차원 뷰와 3차원 뷰를 비교하여 보여주고 있다.

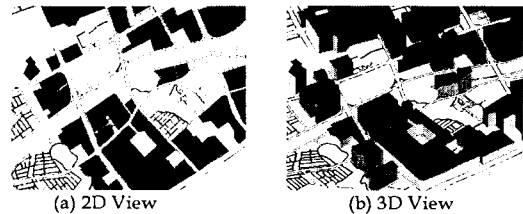


그림 10. 2차원 뷰와 3차원 뷰

그림 11 은 서울 강남구, 서초구, 송파구 일대의 빌딩, 도로 데이터등을 2 차원과 3 차원으로 가시화 결과를 보여주고 있다.



(a) 2 차원 맵 가시화 결과



(b) 규칙기반 모델링 결과 (LOD level = 1)
그림 11. 규칙기반 모델링 결과

5. 결론 및 향후과제

본 논문에서는 Mapbase 컴포넌트에서 사용하는 2 차원 GIS 데이터와 최소한의 3 차원 속성을 기반으로 건물 및 도로를 3 차원 모델링 할 수 있는 장면 모델러 컴포넌트(scene modeler component) 설계 방법을 제시하였다.

또한 3 차원 장면 렌더링 시 각 모델의 상세도 (level-of-detail) 레벨에 따라 3 차원 모델을 규칙 기반 모델링을 할 수 있는 장면 모델러(scene modeler) 컴포넌트의 설계, 분석결과를 제시하였다.

장면 모델러 컴포넌트는 재사용성, 자동화된 모델링, 상호운용성, 데이터 구축 비용 및 수행성능 면에서 입체지도 제작기법보다 우수함을 밝혔다.

향후 연구과제로는 현재 Mapbase 의 2 차원 부분에서 제공되는 편집기능을 2 차원과 3 차원간에 연계하여 수행 및 저장될 수 있도록 시스템을 확장해야 할 것이다. 또한 사용자 측면에서 실제 빌딩의 색상이나 모델링이 얼마나 영향을 미치는 지에 대한 인지적인 면에서 실험 및 분석이 수행 되어야 할 것이며, 향후 연구과제로는 본 논문에서 제안한 컴포넌트 시스템을 소방관제 시스템, 자동차 네비게이션 시스템 응용프로그램 개발이 이루어지고 응용에 특화된 기술을 추가 하여야 할 것이며 가상현실 기술을 적용하여 더 현실감 있는 몰입형 환경을 구축해야 할 것이다.

참고문헌

- [1] F. Bachmann, L. Bass, G. Chastek, P. Donohoe, F. Peruzzi, The Architecture Based Design Method, *SEI Technical Report* (CMU/SEI-2000-TR-001), Jan. 2000.
- [2] Open GIS Consortium, OpenGIS Simple Feature Specification for OLE/COM, OGC, Revision 1.1, 1999.
- [3] I. Jacobson, G. Booch, J. Rumbaugh, The Unified Software Development Process, p215-266, *Addison Wesley*, 1999.
- [4] Martin Fowler, UML Distilled, p121-142, *Addison Wesley*, 1997.
- [5] Jan Bosch, Adapting Object-Oriented Components, In *Proceedings of Second International Workshop on Component-Oriented Programming (WCOP'97)*, p13-21, 1997.
- [6] Tobias Murer, The Challenge of the Global Software Process, In *Proceedings of Second International Workshop on Component-Oriented Programming (WCOP'97)*, p69-76, 1997.
- [7] Geoff Outhred, John Potter, A Model for Component Composition with Sharing, In *Proceedings of WCOP'98*, 1998.
- [8] Bert Robben *et al*, Components for Non-Functional Requirements, In *Proceedings of WCOP'98*, 1998.
- [9] Scott Tilley, A Reserve-Engineering Environment Framework, *SEI Technical Report* (CMU/SEI-1998-TR-005), April 1998.
- [10] Jurgen Dollner, Klaus Hinrichs, An Object-Oriented Approach for Integrating 3D Visualization Systems and GIS, *Computer & Geosciences*, Vol. 26, p67-76, 2000.
- [11] Kwang-Soo Kim, Do-Hyun Kim, Haeock Choi, Jong-Hun Lee, A Study on Construction of Distributed System using Open Component-based GIS, *Proceedings of International Symposium on Remote Sensing*, 2000.
- [12] 조대수, 김광수, 이종훈, Mapbase 컴포넌트에서 공간 데이터를 위한 버퍼 관리 전략, *한국정보처리학회 추계 학술발표논문집*, 제 8 권 2 호, 2001.
- [13] Carlos Andujar Gran, Octree-based Simplification of Polyhedral Solids, *Ph.D Thesis Univ. of Politecnica de Catalunya*, 1999.
- [14] Kyong-Ho Kim, Seung-Keol Choe, Jong-Hun Lee, Young-Kyu Yang, Synthetic Modeling Approach for Virtual GIS, In *Proceedings of the 5th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics*, 2001.