

# 3D 가상도시 구축을 위한 건물모델 구축 연구

## A Study of the Building Model for a construction of 3D Virtual City

김성수\* · 임일식\*\* · 김병국\*\*\*

Sung-Su Kim, Il-Sik Lim, Byung-Guk Kim

\*인하대학교 지리정보공학과 석사과정(geokss@hanmail.net)

\*\*인하대학교 지리정보공학과 석사과정(islim-bb@hanmail.net)

\*\*\*인하대학교 지리정보공학과 부교수(byungkim@inha.ac.kr)

Abstract : GIS기술은 실세계의 분석에서부터 3D 가상도시의 구축까지 매우 빠르게 발전하고 있다. 3D 가상도시는 GIS 기술, 컴퓨터그래픽스 기술, 가상현실 기술, 데이터베이스 기술에 의해 컴퓨터 속에 구현이 되는 도시를 말한다. 본 연구에서는 1/1,000 수치지도를 이용하여 3D건물모델을 형성 하였고, 건물모델을 형성할 때는 삼각형 메쉬를 형성하고 최적의 메쉬를 형성하기 위하여 Divide and Conquer 알고리즘을 사용하였다. 메쉬가 형성된 수치지도의 건물모델에 대하여 기존의 기하파이프라인을 개선함으로써 건물모델을 빠르게 렌더링할 수 있도록 하였다. 건물측면에 대하여는 디지털 카메라를 이용하여 측면에 대한 이미지를 취득하고 2D ProjectiveTransformation을 적용하여 이미지를 조정하였다.

### 1. 서론

최근의 3D GIS의 발전은 가상현실(Virtual Reality)기술, 컴퓨터 그래픽스 기술, 컴퓨터 H/W의 발전에 기인한다. 3D GIS의 가장 큰 장점은 기존의 2D와 비교하여 높은 현실감을 줄 수 있고 공간 분석의 효과를 높이는데 있다. 3D GIS에서는 실세계를 컴퓨터 상에 정확하고 현실감 있게 보여주는 부분은 가상현실 기술을 사용하고, 공간분석과 공간 자료의 처리 부분은 GIS가 맡게 된다. 3D GIS는 1980년대부터 발전하여 최근에는 3D 가상도시를 구축하는데 까지 발전하였다. 3D 가상도시를 구축하는 데에는 여러 가지 기반 기술과 자료가 필요하지만 일단 구축이 되면 여러 방

면에 걸쳐 응용 할 수 있다. 3D 가상도시의 이용은 응급사건 서비스, 도시계획, 무선통신, 건축, 도시 시설물 관리, 관광 및 오락, 환경, 교육 등과 같은 다양한 분야에 적용이 되고 있다. 이러한 배경에서 외국의 경우에는 3D 가상도시의 구축에 대해 다양한 자료원(Data Source)과 구축 기술에 관한 연구가 활발하다. 그러나 현재 우리나라의 여건은 3D 가상도시에 대한 이해도와 필요성에 대한 논의가 매우 희박하며 구축에 관한 연구도 미흡한 실정이다. 국내에 3D 가상도시와 관련한 논문도 VRML을 이용하는 방법을 제시하는 몇 개의 논문을 제외한다면 전무한 상태이다. 본 연구에서는 기 구축된 1/1,000 수치지도를 이용하여 3D 가상도시에 기반을 이루고 있는 건

물모형을 형성하였다. 현실에 가까운 건물모형을 위하여 건물의 실제사진을 이용하였고 최적의 삼각메쉬를 생성하고 OpenGL에 기반한 기하파이프라인을 개선하였다.

## 2. 3D 모델링

3D 모델이란 현실 세계에 존재하는 물체들 같이 3개의 차원(X, Y, Z)의 그 형상을 정의할 수 있는 것을 의미한다. 이러한 3D 모델을 컴퓨터 상에서 표현한다는 것은 기존의 2D적 표현방법과는 다른 많은 것이 요구되어 진다. 특히 1개의 차원의 증가로 인하여 컴퓨터가 계산해야하는 계산량은 기하급수적으로 증대하며, 정의하는 자료 구조의 복잡성과 양도 증가하게 된다. 3D 모델을 공간상에서 표현하기 위해서는 여러 형상간의 관계를 정의할 수 있는 환경 즉 좌표계를 필요로 하며, 좌표계는 전체 형상 표현의 기준이 되는 WCS(World Coordinate System, 절대좌표계)와 개개 형상 표현의 기준이 되는 LCS(Local Coordinate System, 지역좌표계)로 크게 나뉜다.

3D 모델을 컴퓨터 상으로 표현하기 위한 자료를 만드는 것을 모델링이라고 한다. 즉 대상을 모형화시켜 구체화하는 것을 말한다. 여기에는 이러한 모형을 컴퓨터를 이용하여 디지털 데이터의 형태로 구체화시켜 컴퓨터 스크린 상에 표현하는 것을 포함하고 있다. 3D 모델링에서는 3D 모델을 컴퓨터 상에서 바로 표현할 수 있으며, 이러한 표현을 위해서 여러 가지 모델링 방법이 고안되었다. 최근에는 육면체, 원, 구, 삼각뿔 등의 기본 Primitive를 이용한 CSG(Constructive Solid Geometry Representation)구조를 이용한 솔리드 모델링이 많이 사용되고 있다. 3D 모델을 표현하는 방법에는 Wireframe 표현 방법, Surface 표현 방법, Solid 표현 방법이 있다. 이 세 가지 방법에는 각각의 장·단점이

존재한다. 따라서 3D 모델을 사용하는 목적에 따라 적절한 방법을 사용하여야 한다. 이는 3D 모델의 렌더링 속도와 관계가 깊기 때문이다.

## 3. 혼합(Hybrid)방법을 이용한 건물 모델 형성

### 3.1 건물 측면 이미지의 유용성

<그림 1>을 보면 지형의 경우에는 인공 위성 영상(항공사진)과 DEM을 이용하여 현실감을 줄 수 있지만 건물모형은 전혀 현실감을 주지 못하는 것을 볼 수 있다.

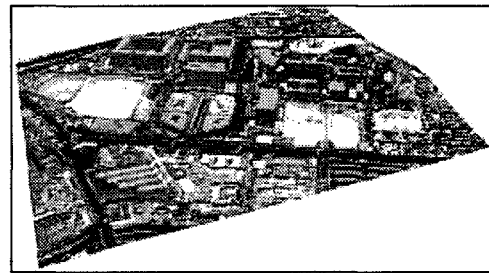


그림 1 건물모형에 대하여 측면이미지를 고려하지 않은 경우

현재 3D 가상도시는 주로 <그림 1>과 같은 형태로 모델을 만드는데 대부분은 건물모형에 대해서는 측면에 대하여 이미지를 적용하지 않고 있다. 이는 이미지적용을 지원해 주는 3D GIS 전용 S/W가 흔하지 않고 특별한 포토샵(PhotoShop)과 같은 영상처리 전문 S/W를 이용하여 건물 측면에 대한 이미지를 따로 처리해야 하기 때문이다. 그러나 3D 가상도시를 이용하는 사용자의 입장에서 본다면 건물 측면의 이미지는 객체 기반으로 지형·지물을 인식하는데 있어 아주 효과적이며 구축되는 3D 가상도시의 현실성을 극대화시킬 수 있는 요소이다. 건물 측면마다 이미

지가 적용이 된다면 이 지역을 모르는 사용자라 할 지라도 쉽게 공간 정보를 획득할 수 있을 것이다. 특히 사용자가 가상도시를 주행(Navigation)할 경우 건물 측면 이미지는 가상도시를 이용하는 사용자에게 더욱 더 중요한 정보가 된다.

### 3.2 건물 측면 이미지를 적용한 3D 건물 모델 형성 방법

3D 건물 모델을 형성하는 방법은 크게 기하기반(Geometry-based) 방법과 이미지기반(Image-Based)방법으로 나뉜다.

각각의 방법은 장·단점을 가지며 3D 건물을 생성하고자 하는 목적에 따라 유용하게 사용된다.

기하기반(Geometry-based) 방법은 건물의 실측값을 취득하고 모델러(CAD, 3ds max)를 이용하여 3D모델을 형성하는 방법이다. 건물의 실측값을 취득하기 위해서는 여러 가지 측량의 방법을 적용한다. 건물의 측면에 대한 처리는 대부분 모델러에서 제공하는 단순한 텍스처 맵을 적용한다. 이 방법은 실측의 방법을 필요로 하기 때문에 그 처리 과정에 있어 비용·시간이 많이 소요된다.

이미지기반(Image-based) 방법은 중복 촬영된 2D의 이미지를 지상사진측량의 이론을 적용하여 3D모델을 형성하는 방법이다. 이 방법은 건물의 3D 모델과 텍스처 이미지를 동시에 취득할 수 있는 장점을 가지고 있으나 하나의 건물을 생성하기 위해서는 많은 양의 이미지가 필요하게 된다. 이러한 이미지를 가지고 모델을 형성하기 위해 복잡한 계산의 과정이 필요하게 된다. 또한 정밀한 건물 모델을 형성하기 위해서는 측량도 실시해야 한다. 이 방법은 높은 현실감을 줄 수 있는 반면 건물의 중복 근접사진을 기반으로 하기 때문에 도시의 한 블록을 3D로 재현하기 위해서는

엄청난 양의 사진이 필요하게 된다.

위에서 살펴 본 바와 같이 두 가지 방법에는 서로 장·단점이 존재하고 있다. 따라서 본 연구에서는 두 방법을 혼합하는 방식을 적용하였다. 혼합 방법을 적용한 응용 프로그램은 Visual C++ 6.0과 OpenGL을 이용하여 구현하였다.

혼합(Hybrid) 방법에서는 기하기반(Geometry-based)방법을 적용하여 3D 건물 모델을 형성하였고 공간 객체(건물)에 대한 높은 현실감과 인식성을 주기 위해 이미지기반(Image-based)방법에서의 이미지 처리 및 Warping을 적용하였다. 3D 건물 모델을 형성하는 데에는 국가지리정보구축사업을 통하여 만들어진 1/1,000 수치지도를 사용하였다. 혼합(Hybrid) 방법의 처리 과정은 <그림 2>와 같다.

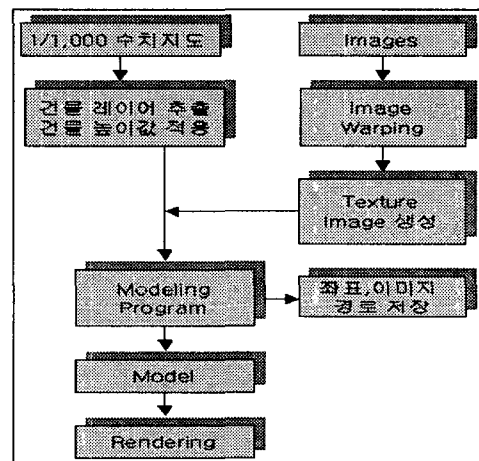


그림 2 혼합 방법

1/1,000 수치지도를 이용하여 건물 레이어를 추출하고 높이값을 부여 하였다. 이렇게 생성된 건물 레이어는 건물 밀면의 최 외각 좌표값(X, Y좌표값)을 가지고 있을 뿐만 아니라 높이값(Z값)을 같이 저장하고 있는 구조를 가지기 때문에 손쉽게 3D 건물 모델을 형성할 수 있다. 건물측면에 대하여는 디지털 카

메라를 이용하여 측면에 대한 이미지를 취득하고 2D Projective Transformation 을 적용하여 이미지를 조정하였다. 이렇게 함으로서 도시의 많은 건물들을 실측하는 과정 없이 기하기반(Geometry based)의 방법을 적용하여 3D 건물 모델을 형성시키고 이 방법의 단점인 현실성의 부족을 이미지 기반(Image based)의 방법을 적용하여 보완하였다. 또한 이미지 기반의 방법에서 여러 장의 중복된 사진을 이용하였던 점을 개선하여 건물의 각 면(Facet)의 이미지만을 취득하므로 필요한 이미지의 양이 굉장히 줄어들게 되었다.

### 3.3 건물 면의 분할

수치지도를 이용하여 건물모델을 형성하면 <그림 3>과 같이 복잡한 건물이 생성이 된다. 이러한 건물을 생성할 때 <그림 4>와 같이 한번에 건물 면을 형성하게 되면 복잡한 면을 형성하는데 많은 시간이 걸리고 메모리를 많이 점유하게 된다. 따라서 이렇게 복잡한 면을 삼각형이나 사각형의 메쉬(Mesh)를 이용하여 형성하게 된다.

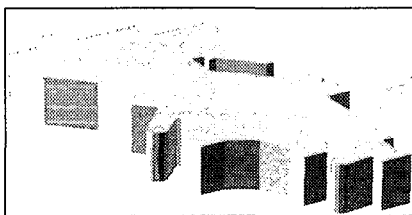


그림 3 복잡 건물

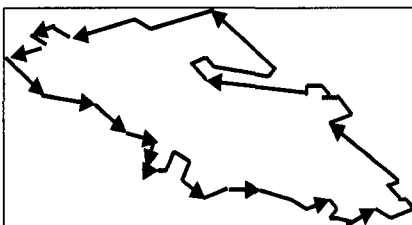


그림 4 건물 면의 형성

본 연구에서는 복잡한 건물에 대한 모델형성의 방법으로 건물면을 삼각형의 메쉬(Mesh)를 이용하는 방법을 적용하였다. 삼각형은 빠르게 형성될 수 있으며 메모리도 적게 점유한다. 하나의 삼각형을 형성하는 것이 아니라 삼각망을 형성해야 하므로 본 연구에서는 Divide and Conquer 델로니 삼각망(Delaunay triangulation)형성 알고리즘을 사용하였다. 이 알고리즘은 현재 삼각망을 형성하는 알고리즘 중에서 가장 빠른 방법으로 알려져 있다. Divide and Conquer알고리즘은 <그림 5>와 같이 나타낼 수 있다.

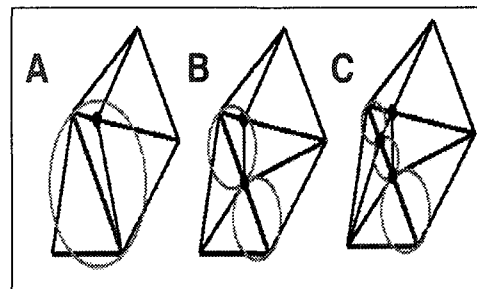


그림 5 Divide and Conquer 알고리즘

<그림 5>의 A그림을 보면 삼각형이 아닌 부분에 하나의 선분이 형성되어 삼각형을 형성하게 된다. 이렇게 삼각망을 형성하게 되면 복잡한 건물을 표현하는데 효율적인 방법이 될 뿐만 아니라 모델을 저장하는 구조를 간단히 할 수 있다.

<그림 6>은 인하대학교의 건물 모델을 대상으로 알고리즘을 적용한 그림이다.

### 3.4 개선 기하파이프라인(Advanced Geometry Pipeline)

현실세계에 존재하는 객체들을 3D로 컴퓨터 모니터에 표현하기 위해서는 객체를 만들어 내는 모델링(Modeling)의 과정을 거쳐서

이들을 순차적으로 변환(Transformation)한 후, 최종 단계에서 모니터 화면에 그려(Rendering)내야 한다. 이 과정 중에서 특히 변환의 과정은 매우 중요한데 이 과정을 얼마나 빠르게 처리할 수 있는가에 따라서 프로그램의 성능이 좌우된다. 현실세계의 객체를 표현하는 데에는 객체의 좌표계인 LCS(Local Coordinate System), 객체간의 위치를 정렬해주는 WCS(World Coordinate System), 화면상에서 보이는 CCS(Camera Coordinate System)로 크게 나뉜다.

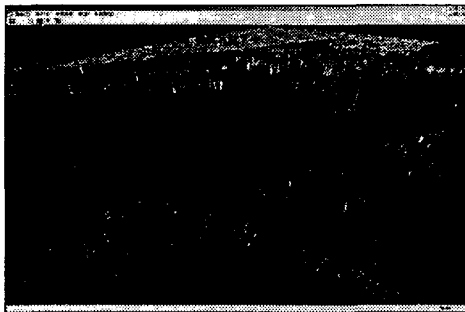


그림 6 실험지역 건물모델에 대한 알고리즘 적용

그리고 어떠한 객체의 좌표가 <그림 7>과 같이 일련의 좌표변환이 마치 파이프라인 속에서 연속해서 한번에 일어나는 것을 기하파이프라인(Geometry Pipeline)이라 한다.

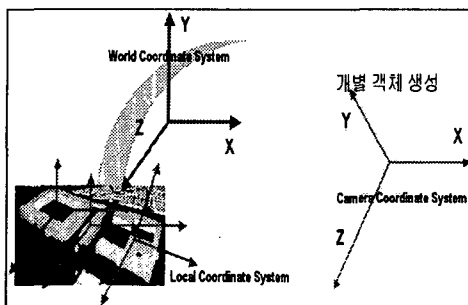


그림 7 기하파이프라인(Geometry Pipeline)

<그림 7>을 보면 개별 객체가 생성이 되는 순간은 파이프라인의 끝 단계인 카메라좌표계의 단계이다. 그러나 이 방법은 개별 객체를 형성할 때마다 파이프라인을 순환하기 때문에 많은 수의 객체를 형성할 때는 수행시간이 매우 오래 걸리는 단점을 가지고 있다.

만일 DXF 파일형태로 저장되어 있는 수치지도에서 건물객체를 형성한다고 하면 수많은 건물 객체를 형성하는 시간 엄청나게 소요될 것이다. 따라서 수치지도를 사용하여 건물 모델을 형성하는 경우에 기하파이프라인의 성능을 높여 줄 수 있는 건물모델의 저장구조를 고안하여야 한다. 본 연구에서는 <그림 8>과 같이 기존기하파이프라인을 보완한 개선 기하파이프라인(Advanced Geometry Pipeline)을 적용하였다.

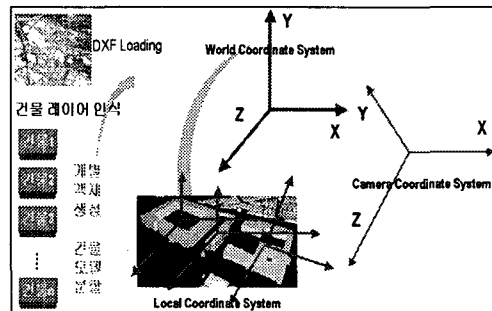


그림 8 개선 기하파이프라인(Advanced Geometry Pipeline)

<그림 8>을 보면 카메라 좌표계에서 개별 객체(건물)가 생성이 되던 것을 개선하여 수치지도를 읽는 대로 바로 생성이 되도록 하였다.

그리고 생성된 건물객체는 바로 분할이 일어나게 하였다. 이렇게 함으로서 기하파이프라인의 속도를 높일 수 있었다. 프로그램 구현은 자체 포맷을 정의하여 적용하였다.

#### 4. 결 론

1/1,000 수치지도를 기반으로 건물모형을 형성하고 디지털 카메라를 이용하여 그 건물에 대한 측면이미지를 촬영한 다음 완성한 건물 모델에 개선 기하파라미터를 적용하였다. 이를 렌더링함으로써 메모리와 CPU를 적게 점유하는 빠른 렌더링이 가능하였으며 보다 현실감 있는 건물모형을 형성할 수 있었다. 다음 <그림 9>은 본 연구에서 완성한 건물 모델이다.

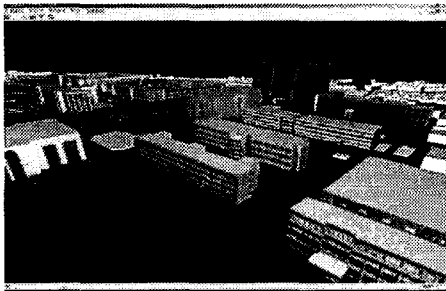


그림 9 완성건물 모델

건물의 지붕구조를 표현하는 방법을 적용함으로써 향후 보다 완벽한 건물을 생성하는 방법이 연구되어야 할 것이다.

#### 감사의 글

본 연구는 대학 IT연구센터 육성·지원 사업의 연구결과로 수행되었음.

#### 참고문헌

- [1] Arzu Coltekin, Henrik Haggren, VRML AS A TOOL FOR WEB-BASED,3D, PHOTO-REALISTIC GIS, ASPRS, 2000
- [2] ROLAND BILLEN, Siyka Zlatanova, 3D SPATIAL RELATIONSHIPS MODEL: A USEFUL CONCEPT FOR 3D CADASTRE
- [3] 서필화, "가상현실 환경 구현을 위한 데이터베이스를 이용한 통합 저작 도구 개발", 석사학위논문, 충남대학교, 2001
- [4] 백승화, "Web 환경에서의 가상 건축물 구현과 응용에 관한 연구", 석사학위논문, 부산대학교, 2000
- [5] 조정운, "인터넷상에서 3차원 가상도시 공간정보구축", 석사학위논문, 경상대학교, 2002
- [6] Richard S. Wright, 인포북, "OpenGL Super Bible", 2000
- [7] Edward Angel, 영한출판사, "OpenGL을 이용한 컴퓨터 그래픽스", 1999
- [8] 임인성, 그린, "OpenGL을 통한 3차원 그래픽스 프로그래밍", 2001