

3차원 공간 모형 데이터의 구축과 활용

3D Spatial Data Model Design and Application

이준석¹⁾

Lee, Jun Seok

Abstract

3D Spatial Data, namely 3D Urban CG model express the building, road, river in virtual world and accumulate, manage the data in the GIS system. It is important infrastructure which expected in many usages. Recently 3D CG urban model needs much manual effort, time and costs to build them. In this paper, we introduce the integration of GIS, CG and automatic production of the 「3D Spatial Data Infrastructure」. This system make filtering, divide the polygon, generate the outlines of the GIS building map, design the graphic and property information and finally make automatic 3D CG models.

Keywords : 3D Spatial Data, GIS, Spatial Data Infrastructure, Urban CG model

요 지

3차원 공간 모형, 즉 3차원 CG 도시 모델은 건물이나 도로, 강 등의 사회 환경을 가상공간으로 표현하고 GIS(지리 정보 시스템)등의 정보 시스템에서 데이터를 축적·관리하여 광범위한 분야에서 다양한 활용이 기대되는 중요한 정보기반이다. 현재는 이러한 3차원 CG 도시 모델 구축을 위한 데이터 취득이나 모델 작성에는 많은 수작업이 필요하고 막대한 시간과 노력이 걸린다. 본 논문에서는 「3차원 공간 데이터 기반」을 GIS와 CG로 통합화하고 자동 생성한 정보 시스템에 관하여 소개한다. 이 시스템에서는 GIS가 관리·축적한 수치지도상의 건물 경계선 다각형에 대하여 필터링, 다각형분할, 윤곽선의 생성 등의 처리를 하고 CG 시스템이 이것의 데이터를 받아서 지형의 도형 정보와 속성 정보를 설계하여 건물이나 도로 등의 3차원 CG 모델을 자동 생성한다.

핵심용어 : 3차원 공간데이터, GIS, 공간 데이터 기반, 도시 CG 모델

1. 서 론

1.1 연구목적

3차원 공간 모형, 즉 범용의 CAD나 CG 데이터 형식으로 이루어진 3차원 CG 도시 모델은 건물이나 도로, 강 등의 지형으로 구성된 사회 환경을 컴퓨터상의 가상공간에 표시하고 GIS 등의 정보 시스템에 의하여 지형 정보가 축적·관리되는 것으로 광범위한 분야에서 다양한 활용이 기대되는 중요한 데이터기반이다. 최근에는 건물의 고층화나 지하화가 진행됨에 따라 3차원으로 도시가 점점 확산되는 추세이다. 3차원 공간 모형을 컴퓨터상에 재구축하고 도시계획이나 경관 설계, 토목, 건축, 교통 공학,

교육, 방재 등의 학문분야의 활용이 요구되고 있다. 공공사업의 정보공개, 주거지 조성의 시민 참가, 게임이나 문화 분야, 통신사업에 있어서 3차원 네트워크 분석 및 가시화, 부동산 매매의 데이터베이스를 위한 3차원 인터페이스 등의 비즈니스 이용이 기대된다. 예를 들어 주민이 직접 참여하는 주거지 조성은 주민·토지소유자와 행정, 전문가가 각자 목표한 3차원 이미지를 공유하고 개선안이나 대체안을 검토함으로써 보다 좋은 마을을 조성할 수 있다. 관계자들이 원하는 3차원 이미지를 만들기 위한 도구로서 CG에 의한 3차원 모델을 작성하는 것이 효율적이다. 그러나 현재는 도시의 3차원 CG 모델 구축을 위한 데이터 취득이나 모델 작성, 3차원 CG 소프트웨어 등을

1) 정회원 · (주)지오메틱코리아 연구소 선임연구원(E-mail:jaslee@pusan.ac.kr)

사용하기 위해서 수많은 수작업이 필요하고 막대한 시간과 노력이 소요된다. 예를 들어 주택 지붕의 간단한 모델을 만드는 데에도 30분이 소요되며 수천 개의 건물로 구성된 단지를 재현하면 수천 시간이 필요하다. 기존의 3차원 CG제작에서 시간이 오래 걸리는 단점을 보완하고 2차원 수치지도나 스케닝한 지도를 3차원으로 자동으 올리는 방법과 알고리즘에 관한 연구가 필요하다. 본 논문은 3차원 공간 데이터를 GIS와 CG로 통합하여 자동 생성한 정보 시스템에 관한 것이다. 3차원 도시 모델 자동생성 모형을 도입하여 사회 환경, 주민, 토지소유자 등의 관계자의 이해와 협력으로 방재성의 향상, 활기 있는 도심 시가지, 양호한 주거 환경, 경관을 위해 계획적인 도시 기반 시설의 정비를 진행하고 도시재생을 목표로 한다.

1.2 기존의 3차원 공간모형

3차원 도시 모델, 즉 가상도시란 컴퓨터상에서 만들어지는 가공의 도시이고 현실의 도시를 닮은 허구의 세계이다. 그동안 게임이나 엔터테인먼트 등의 가상 세계에는 실제 정보가 입력되지 않았다. 그러나 원격 탐사 기술의 발전에 의하여 현실 세계의 데이터 취득을 고정밀도로 쉽게 할 수 있고 또, 컴퓨터 그래픽스의 눈부신 발전에 의하여 현실에 가까운 화상을 생성하는 것이 가능하게 되었다. 이에 따라 가상 도시는 확실한 정보를 공급하는 Infrastructure가 되어 가상도시나 가상 Reality의 사이버스페이스는 컴퓨터와 그 네트워크를 이용하는 사람들의 새로운 활동 공간이 되고 있다(ETRI, 1997). 현재 3차원 도시 모델을 활용하는 방법으로서 마을 조성이나 철거지의 재개발에 있어서 주민, 토지소유자나 행정 등 관계자간에 서로 원하는 이미지를 협의, 공유하는데 사용될 수 있다. 서로 간에 구체적인 모델을 제시하고 공간 이미지를 검토하는 절차는 관계자간의 대안 이미지의 공유화가 중요하다. 현재 관계자간의 이미지 형성을 위해 아래와 같은 모델이 프레젠테이션용으로 사용되고 있다.

먼저 CG Montage Photo는 사진 속에 CG 객체를 끼워 넣어 사진과 동일한 조명을 CG 객체에 비춘 것으로 CG와 실사를 합성한다. 사진은 어디까지나 2차원 이미지 데이터이기 때문에 시점을 바꾸는 것이 불가능하다. 또, 확대하면 화면의 픽셀이 확대되어 표시된다. Montage Photo는 그림 1에 나타나듯이 사진 속에 건축물을 끼워 넣고 그 건축물의 대안을 평가하고 건축물이 주변의 경관에 어

울리는지를 검토하는 경우가 많다. CG로 제작하고 있는 부분에 관해서는 변경이 가능하다.

CG나 CAD에 의한 수작업으로 제작하는 실사 도시 모델은 현재 도심 주요부의 현황과 대안을 위하여 3차원 도시 모델을 만들고 경관 시뮬레이션, 경관 유도, 마을 조성에 이용하는 등 많은 시도가 이루어지고 있다. 정책 도구를 위한 도시 모델은 용적률, 건폐율이나 건물 간격 등 수치화된 기준과 건축주가 작성한 평면도나 입면도를 사용한다. 벽면 의장 등 정성적인 기준에 관해서는 투시도, 몽타주, 모형, 건물 단면의 3차원 CG 모델이 사용된다. 그러나 이것으로부터 얻는 정보만으로는 건축주가 작성한 모델 이외의 지형을 3차원 이미지로 표현할 수 없기 때문에 신설 건물과 주변의 가로수 등과의 조화를 검토할 수 없고 일부의 건물밖에 3차원 모델을 만들지 못하고 주변 전체의 3차원 이미지가 없으면 경관이나 일조권 계획의 문제점 등을 추출할 수 없다.

퍼스널 컴퓨터에서 제작한 수작업에 의한 도시모델은 그림 2에 나타내었다. 경관 시뮬레이션에서 사용한 모델

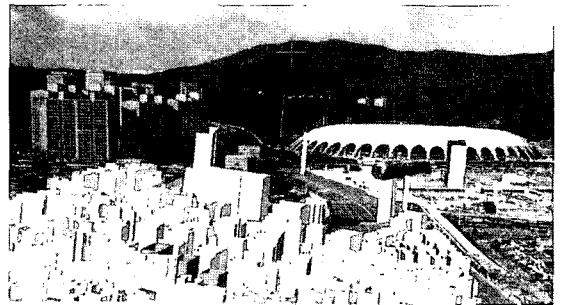


그림 1. 부산 사직동 경기장 부근의 사례



그림 2. 건물에 입면 일러스트를 매핑하여 만든 3차원 도시 모델

링은 도로 구조물과 옥탑을 포함한 건물 형상으로 한정하고 외관에 입면 일러스트를 매핑하여 사실감을 높이고 있다. 거리 전체의 3차원 도시 모델 제작은 건물의 3차원 형상을 3차원 CG 소프트웨어나 CAD 소프트웨어를 이용하여 모델링하고 건물, 지붕의 각면을 사진 촬영하여 사진 보정을 하고 그림자를 만드는 방대한 작업이 필요하다.

GIS의 3차원 확장 기능은 도시의 광범위한 모든 형태를 시판중인 GIS에 3차원 기능을 추가하여 제작하는 3차원 모델이다. 수치 지도의 건물 다각형을 계산 데이터에 따라 압출(extrude)하고 건물의 모든 형태를 다각 기동형태로 표현할 수 있다. 단순하게 건물의 용적을 표시하거나 멀리서의 조감도의 경우에는 이러한 모델도 충분하다고 생각된다. 또, 지표면을 표현하는 모델링을 하기 위해서는 그리드와 TIN(Triangulated Irregular Network)의 2종류의 모델이 있다. 그리드는 일정 간격으로 배열된 점의 MESH를 사용하여 표면을 모델링한다. MESH의 표면 값은 MESH 점에서 가까운 거리에 따라 가중치를 설정하고 부근의 MESH점 값의 평균을 계산하여 추정할 수 있다. TIN은 연속되어 겹치지 않는 삼각형의 면을 사용하여 표면을 모델링한다. TIN의 해상도는 표면이 복잡한 영역에서는 상세히 나타내고 표면이 단순한 영역에서는 해상도를 내려 표면의 복잡도에 따라 변경할 수 있다. 도로나 하천 등의 폴리 라인계의 지형은 TIN으로 모델링하여 정확하게 표현할 수 있다. 이와 같이 지표면의 요철, 산이나 언덕 등을 TIN으로 모델링하고 표고에 따라 색 분류하여 건물 다각형을 압출하여 처리하고 제작한 3차

원 도시 모델의 예를 그림 3에 나타내었다.

이상과 같이 3개의 프레젠테이션용 3차원 도시 모델이 존재하며 각각 특징에 따라 최적인 모델을 선택하여 제작하는 것이 바람직하다. 본 연구로 개발을 진행한 3차원 도시 모델은 위에서 실사 도시 모델의 사실성과 GIS 베이스의 도시 대략 모든 형태 모델의 자동생성의 장점을 사용하여 연구·개발했다. 이러한 프레젠테이션 모델의 본질적인 차이나 장점·단점은 표 1로 정리했다.

GIS나 CAD시스템과 통합하여 인터랙티브하게 3차원 가상 도시 공간을 비행, 걷기 시뮬레이션 등이 가능한 가장 진보된 통합화 환경 시스템 중의 하나는 UCLA의 도시 시뮬레이션 시스템(UCLA Urban Simulation System Team, 2002)이 있다. UCLA의 도시 시뮬레이션 팀은 건축, 나무, 도시계획, 마을 조성, 방재, 위기관리나 교육에 있어서 실시간으로 처리하는 비주얼 시뮬레이션의 광범위한 응용연구를 하고 그 성과를 올리고 있다. 이 팀은 주로, 로스앤젤레스 지역의 실시간으로 처리한 3차원 도

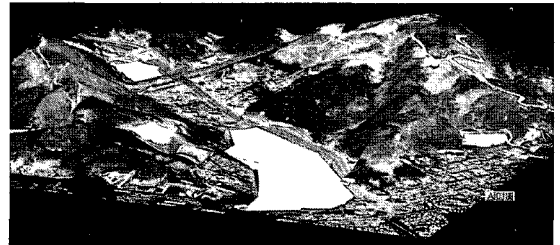


그림 3. 부산시를 조감한 3차원 도시 모델(TIN모델로 작성)

표 1. 2차원 도시 모델의 분류

	사실성	조작성	제작시간 비용	편집의 용이성
CG Montage Photo	실사와 CG를 합쳐 제작하고 현실감 있는 화상 가능	방향을 바꾸려면 그 방향의 사진필요. 상공 사진 입수 곤란, 시점의 이동, 일반적으로 확대, 팬 등의 조작은 불가능	제작 시간이 적다. 사진과 CG를 합성하기 위한 조명 효과, 음화 등의 화상 가공 처리 필요	화상의 앵글을 바꾸지 않고 CG 모델만 편집. 앵글을 바꾸는 경우 필요한 작업량이 많다.
매뉴얼 방식의 정밀 제작 도시 모델	현실에 근접하는 자세한 3차원 형상을 모델링하고 실사 이미지를 매핑하여 사실성이 크다.	모델의 정보량이 많지 않다면 시점의 이동, 확대, 팬 등의 조작은 쉽고 투영법의 변경도 가능	통상 모델 제작에 방대한 시간과 비용 필요. 3차원 형상의 모델, 텍스처 매핑 작업등이 필요	편집·변경의 내용에 따라 다름. 텍스처, 색의 변경은 쉽고 복잡한 형상의 변경은 일반적으로 작업량이 많다.
GIS의 3차원 표시 기능을 사용한 도시모델	디테일의 마무리가 필요 없는 조감도 레벨에서는 현실에 가깝지만 건물레벨로는 세밀함이 없어 현실감이 떨어짐	모델의 정보량이 많지 않다면 시점의 이동, 확대, 팬 등의 조작은 쉽다.	3차원화를 위한 속성 정보가 축적되고 데이터베이스로 된 전자지도가 있으면 모델 제작 시간은 오래 걸리지 않는다. 수치지도가 없는 경우는 시간과 노력이 필요.	색의 변경은 쉽다. 복잡한 형상의 변경은 2차원 GIS 데이터를 편집하기 때문에 작업량은 위의 모델보다 적다.

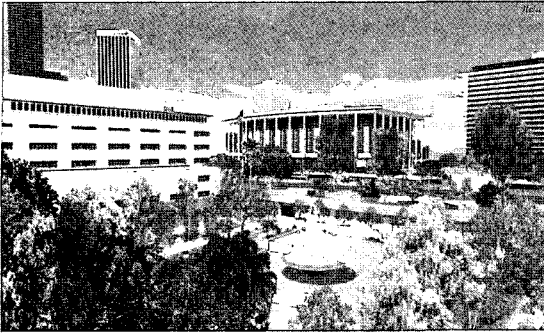


그림 4. UCLA 도시 시뮬레이션 팀이 제작한 LA도시

시 모델의 제작을 하고 있다. 이 모델은 항공사진의 얼마간 보정을 한 정사영상과 지형의 3차원 형상 모델을 결합하고 고밀도의 사실성이 있는 3차원 도시 모델을 실현하고 있다(그림 4). 모델은 벽의 낙서나 윈도우의 사인까지 얻을 수 있는 정도로 정확하다. 장래에 이 시스템은 클라이언트 서버 시스템에서 로스앤젤레스 전체의 가상 도시 모델을 끊이지 않는 쌍방향 내비게이션 시스템을 목표로 하고 있다. 모델의 파일 사이즈는 수 테라바이트에 이르고 한다.

1.3 연구방법

본 연구는 2차원의 수치지도나 스캐닝한 지도를 3차원으로 모델링 할 때 기존의 어렵고 힘든 3차원 모델링 작업을 효율적으로 하기위해 쉽고 빠른 3차원 모델링화 알고리즘에 대한 연구와 이를 실제 구현하는 3차원 도시 모델 자동 생성 방법에 관한 연구이다. 이를 위하여 Autocad Raster Design을 이용한 건물 외곽선 추출과 Lisp언어를 이용한 외곽선 filtering, 3차원 자동화 모델링을 하였으며 좀 더 세밀한 텍스처와 애니메이션 작업을 위해서는 3DS Max를 이용하였다. 사용자의 편의를 위하여 Autocad 상에서 실행되는 GUI 메뉴를 만들었으며 이를 이용하여 비전문가도 쉽게 3차원과 작업을 할 수 있게 하였다. 연구 대상지역은 부산시 연제구의 아시아드 도로를 대상으로 하였다.

2. 적용예

2.1 3차원 도시 모델 자동 생성의 흐름

본 연구는 건물이나 도로, 그 밖의 지형의 대략 모든 형태 모델을 2차원 지도 데이터를 기초로 퍼스널 컴퓨터에

서 3차원 도시 모델의 자동생성을 목적으로 하고 있다. 그림 5에 나타낸 이 시스템에서는 수치 지도상의 건물 경계선 다각형이나 도로 중심선과 속성 데이터(3차원 형상의 건물 높이나 타입 등)를 GIS 모듈이 가공·출력하고 CG 모듈이 이것을 설계 사양 데이터로서 3차원 CG 소프트웨어로 제어하고 건물이나 도로 등의 대략 모든 형태 모델을 생성한다.

이 시스템은 수치지도상의 오브젝트가 갖는 도형 정보와 속성 정보에 근거하여 3차원 도시 모델을 자동 생성한다. 건물의 대략적인 형상 모델을 생성하는 경우 CG 모듈은 GIS 모듈로부터 필터링 처리 등이 된 오브젝트의 도형 정보와 높이, 지붕의 색, 건물의 타입의 속성 정보를 입력하고 이것들에 근거하여 건물 모델을 생성한다. 수치 지도상의 지형정보는 주로 폴리곤이며 항공사진의 정사 사진 상에서 얻을 수 있는 외곽선으로 이루어져 있다. 이러한 외곽선은 원격 탐사 기술이나 사진 측량 기술로 얻는 방대한 측량점 데이터이고 기술의 진보나 공간 데이터

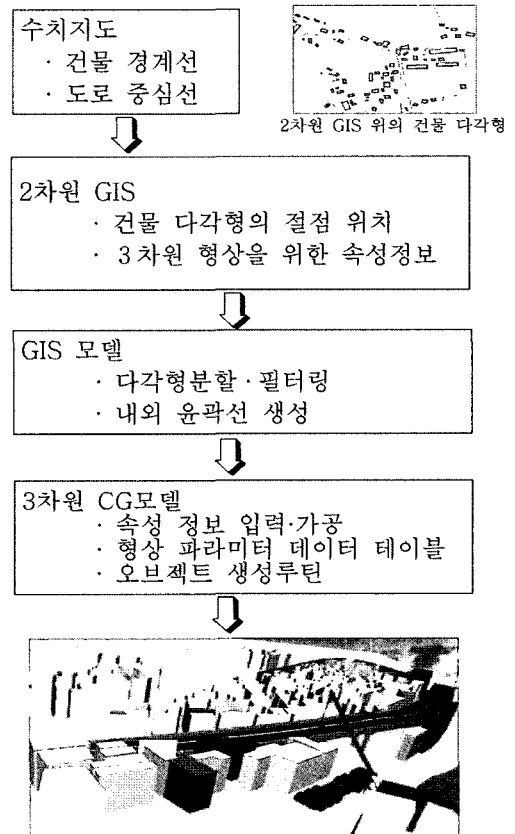


그림 5. 3차원 도시모델 자동생성 시스템의 흐름도

기반의 정비 덕분에 쉽게 얻을 수 있다. 그러나 공간 데이터 기반의 방대한 외곽선, 예를 들어 수치지도상의 건물 경계선 다각형(이하, 건물 다각형)이 외곽선으로 인식이 되지 않을 수 있고 어떤 지형인지를 인식하여 레이어로 나누는 등 구조화할 필요가 있다. 한편 수치지도상의 외곽선은 도형 정보, 위상 기하학, 속성 정보에 따라 다각형이나 폴리 라인 또는 도넛 형이나 군집형으로 구조화되고 어떤 오브젝트인지는 대략적인 레이어로 분류되어 있다. 이 시스템은 구조화되고 인식된 후의 오브젝트 도형 정보·속성 정보를 이용한 3차원 도시 모델 자동 생성 시스템이다. GIS 모듈에서는 수치지도 외곽선 즉, 건물 다각형의 도형 정보에 대하여 필터링, 다각형분할, 윤곽선 생성 등의 가공 처리를 한다. CG 모듈은 이렇게 처리한 후처리 공정으로 가공한 도형 정보와 속성 정보를 입력하여 3차원 도시 모델을 자동 생성한다. 이 시스템에서 자동 생성한 기초 데이터로 사용하고 있는 것은 다각형이나 폴리 라인의 2차원 도형 정보와 속성 정보이기 때문에 그 2차원 형상으로부터 3차원 지형의 형상을 추정해야 한다. 건물을 생성하는 경우 2차원의 건물 경계선인 다각형과 이것에 관련한 건물 높이나 건물 타입 등의 속성 정보를 사용하여 건물의 지붕의 방향이나 위치 등의 3차원 형상을 추정하고 모델을 자동 생성한다. 이 프로세스는 건물을 다양한 각도로 사진 촬영하여 얻는 스테레오 화상을 사용하여 추정된 3차원 형상 정보를 사용하지 않았다. 건물 하나하나를 다양한 각도로 사진 촬영하여 3차원 형상을 추정하는 수작업을 하지 않고 2차원 건물 다각형으로부터 가장 개연성이 있는 3차원 건물 형상을 추정한다. 본 연구는 2차원 다각형과 그 속성 정보로부터 가장 바람직한 3차원 형상 모델을 생성하고 형상을 수정하는 작업을 가능한 한 적게 할 수 있는 알고리즘을 제안한다. 노력과 모델의 정밀성이 이율배반의 관계에 있지만 도시계획에 있어 이용되는 3차원 도시 모델은 용적률이나 건폐율, 사선 제한으로 대략적인 형상 모델로 충분하다. 이 시스템은 대체 안 제작을 위한 시간이 짧고 대체 안에 대한 변경이나 요구에 대응하여 모델을 효율적으로 자동 생성한다. 예를 들어 3차원 CG 도시 모델을 사용하여 거리조성의 장래 이미지나 대체안의 이미지를 볼 수 있을 경우에는 간편이나 창의 형태나 색, 벽 모양 등의 디테일을 필요로 하지 않는 대략 형태 모델로 충분하다고 생각된다. 이러한 대략 전체 모델을 제작할 때에 이 시스템은 효율적이다.

2.2 GIS 모듈과 CG모듈의 개요

오브젝트는 GIS의 분야와 CG의 분야에서는 다르게 정의되고 있다. GIS는 수치지도상의 건물 다각형 등을 키로 도형 정보와 속성 정보를 관련짓는 데이터베이스이며 오브젝트는 레코드와 같은 뜻이다. 한편 CG 오브젝트는 공간에서 상태와 행동을 모델링하는 추상화 실체라고 정의되고 있다. GIS와 CG 모두 다 도형 요소를 갖고 있지만 기하학 적인 관점에서는 다르게 분류된다. GIS는 오브젝트를 형상으로 분류할 때 3개의 카테고리 밖에 없다. 즉, 포인트, 라인, 다각형인 반면 CG 오브젝트는 수많은 카테고리(기본도형, Graphics Primitives)가 존재한다. 예를 들어 박스, 원추, 원주, 정사면체, 프리즘, 구, 토러스 등이다. 건물 다각형은 CG로는 카테고리가 다른 사각형, 사다리꼴, 원, 6각형 등 다양한 형태를 취하지만 GIS는 이들이 전부 폴리곤으로 일괄적으로 취급되고 있다. 폴리곤이 사각형인지 원인지 등 어떠한 기본 도형으로 구성되어 있는 것인지 인식하는 것이 중요하다. GIS는 원은 360개의 외곽선의 모임인 데이터를 갖는다. 이것을 원이라고 인식하고 중심 좌표와 반경으로 표현하면 상당한 정보량의 삭감이 가능하다.

이 시스템에 있어서 GIS 모듈의 주된 기능은 먼저, GIS로 축적·관리한 오브젝트의 도형 정보와 속성 정보를 3차원 CG 모듈에 출력한다. 그 다음에 건물 다각형이 모든 각도가 직각이고 절점수도 한정된 수라면 건물 다각형을 사각형이나 L자형 6각형으로 분할하고 그 외곽선의 좌표를 출력한다. 그리고 건물의 벽이나 유리를 작성하기 위해 주어진 다각형에 대하여 내측과 외측의 윤곽선을 생성하고 각도가 거의 180도인 의미가 없는 단축 절점을 제거하는 필터링 기능, 원형 다각형에 대하여 원의 중심과 반경, 또는 타원의 중심, 장축과 단축을 추정하는 기능이 있다. 스캐닝한 건물의 윤곽선 추출은 Autodesk Raster Design을 이용하여 추출하였으며 점점 Filtering은 Lisp언어를 이용하였다. 지붕의 모양과 건물 색깔, 높이와 같은 기본적인 데이터는 Autodesk Map을 이용하여 각 건물의 폴리곤 당 레코드로 입력하였다. 건물의 외곽선 추출과 CG 모듈을 연결하는 과정에서 추출결과와 확인과 오류수정을 위하여 자동으로 연결되지 않고 Lisp로 만든 메뉴로 선택하게 하였다.

CG모듈은 GIS모듈에서 추출한 건물, 도로 등의 지물 폴리곤 데이터 셋을 이용하여 Autocad의 Lisp언어를 이용하여 3차원 Primitive 도형과 지붕을 생성한다. 이 때 3

차원화를 위하여 Extrude와 3D Boolean 명령 등이 사용된다. Autocad의 렌더링 질은 많이 떨어지지만 기본적으로 3차원도를 보는 데는 지장이 없으며 더욱 자세한 렌더링을 하려면 3D Max와 같은 전문적인 소프트웨어로 다시 데이터를 Export하면 된다.

2.3 다각형 절점의 필터링 기능

이 시스템은 다각형의 모든 변의 길이, 절점의 각도를 계산하고 최장 변을 찾고 그 길이와 방향을 사용하여 건

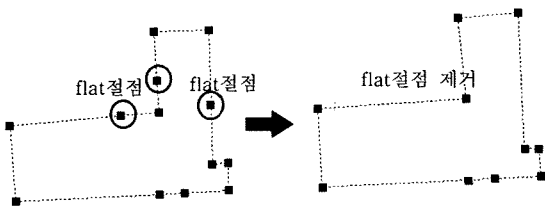


그림 6. 단순 flat 절점의 필터링

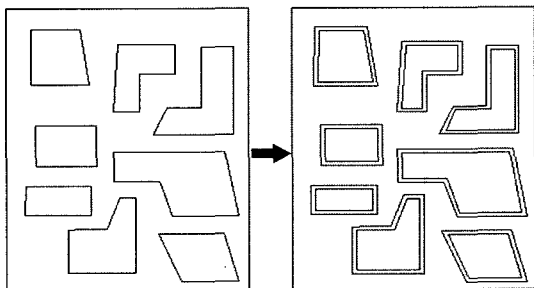


그림 7. 원래의 건물 다각형에 대한 내외 윤곽선을 생성

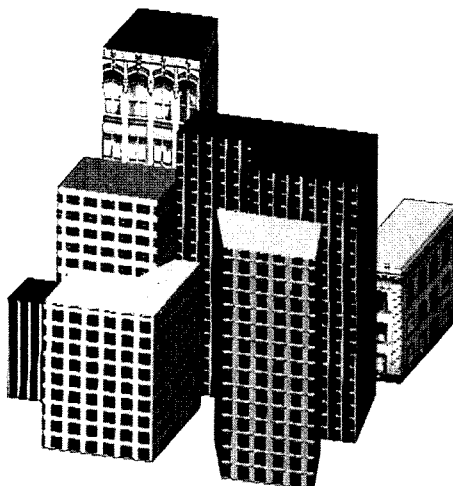


그림 8. 윤곽선을 추출하여 자동 생성한 건물군

물이나 지붕의 길이와 방향을 정한다. 이 때 변위의 각도가 거의 180도인 절점(이후 Flat 절점이라고 부른다, 그림 6 참조)이 있다면 최장 변을 구할 수 없고 현실적인 건물과 지붕을 생성할 수 없다. 이 때문에 이와 같은 Flat 절점을 제거하지 않으면 안 된다. 단, Flat 절점이 연속한 경우는 원이나 타원의 일부로 하여 인식하고 원주 프리미티브로 할당한다.

벽과 창 제작을 위하여 건물 폴리곤에 대하여 다각형의 내측 윤곽선과 외측 윤곽선을 생성한다. 벽은 외측 윤곽선과 건물 다각형의 사이를 압출하여 생성한다. 창문부분은 건물 다각형과 내측 윤곽선의 사이를 압출하여 생성한다. 내측 윤곽선과 외측 윤곽선은 절점으로부터 일정한 거리의 정각을 2등분 한 선상의 점을 연결하여 형성한다. 그림 7은 일반적인 스캐닝한 지도의 외곽선 추출화면이고 이것은 Autocad Raster Design을 사용하였으며 외곽선을 추출하고 필터링과 3차원화 하는 것 까지 Autocad LISP 언어로 만들어서 모듈화 하였다.

2.4 지붕이 있는 건물 모델의 자동 생성 알고리즘

이 시스템에서는 CG 모듈이 각도가 거의 직각인 건물 다각형에 대하여 직방체나 프리즘 등의 프리미티브 도형을 할당하고 지붕이나 건물을 생성한다. 여기에서 L자로 구부러지는 최소 절점 수 6점 다각형에 건물과 지붕을 배치한 알고리즘을 기본으로 했다.

대부분의 건물 폴리곤에서 변의 각도는 거의 90도이고 절점의 수도 제한되어 있다. 이러한 빌딩 폴리곤은 4각형의 조합으로 표현될 수 있다. 3차원 CG 건물 모델에서 박스, 프리즘 등의 조합으로 건물이 표현된다. 이러한 폴리곤을

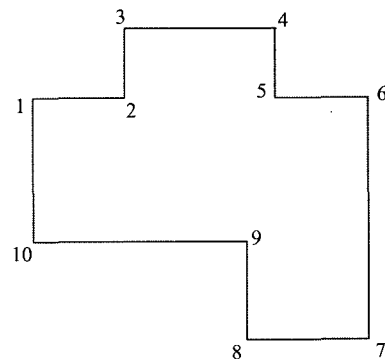


그림 9. 방향 변화에 의한 건물 폴리곤의 표현(RLRRRLRRRLR)

시계방향으로 따라가면 어떠한 변이든지 90도 방향으로 오른쪽 또는 왼쪽으로 꺾인다. 그래서 이러한 빌딩 폴리곤은 그림 9처럼 방향 변화의 셋으로 표현될 수 있다. 이러한 세그먼트 셋의 변화는 그림 9에서 나타내었다. 절점의 번호는 시계방향이다. 이 다각형은 LLRRLRRRLR과 같이 나타낼 수 있다. R과 L은 마디가 꺾이는 방향을 나타낸다.

6점 다각형을 2개의 사각형(다각형의 최장변을 1변으로 한 사각형과 그 나머지 사각형)으로 분할하고 그 사각형상에 직방체 프리미티브(Box1과 Box2)를 할당한다. 직

방체에 지붕(Roof1과 Roof2)을 할당하여 건물을 생성한다. 건물 다각형의 기본 단위로 된 L자형의 6절점 다각형의 건물과 지붕의 배당 알고리즘을 그림 10, 그림 11에 표시하였고 적용례는 그림 12에 나타내었다. 그림 10에서 $W_box1 \geq W_box2$ 일 경우에는 Roof1이 메인이 되고 Roof2는 sub가 된다. $W_box1 < W_box2$ 일 경우에는 Roof1이 서브가 되고 Roof2는 메인이 된다.

8점 이상의 절점으로 이루어지는 다각형에 관해서는 다각형을 등분하지 않고 L자형의 6점 다각형으로 분해하는 할당 알고리즘을 적용한다. 이 알고리즘은 다각형을 변이 구부러지는 방향의 데이터셋으로 표현하고 가지 부분이 오른쪽으로 구부러짐(R)과 왼쪽으로 구부러짐(L)으로 간주하여 구부러지는 절점에서 반 시계방향의 분할선 또는 시계방향의 분할선으로 가지를 분할시키는 방법을 생각했

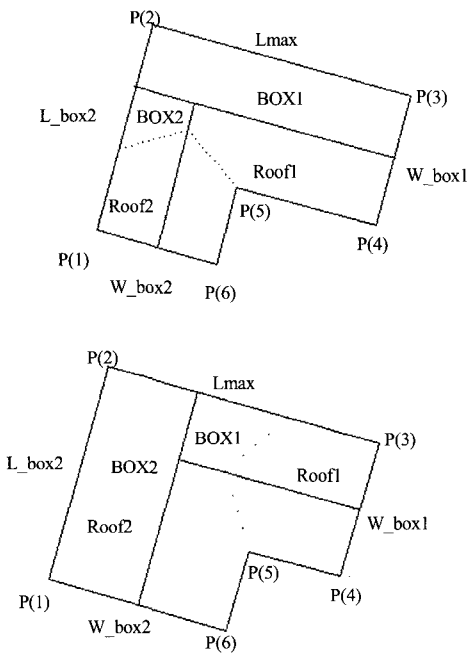


그림 10. $W_box1,2$ 와 Roof1,2의 관계

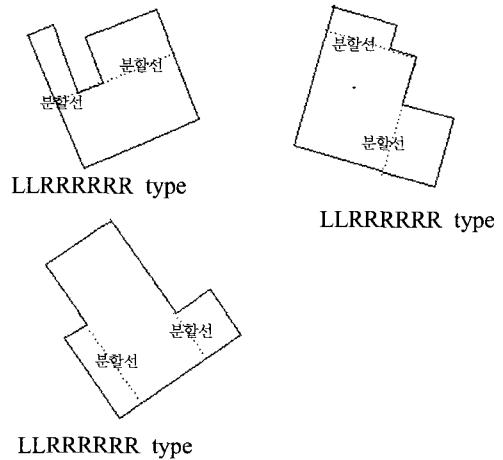


그림 12. 8절점의 3가지 형태의 건물폴리곤

6점 다각형의 건물 할당 알고리즘

- (1) 6변 가운데에서 최장변(Lmax)을 찾고 그것을 Box1의 길이와 방향으로 한다.
- (2) Lmax에 인접한 변에서 긴 쪽의 길이와 방향을 2번째의 직방체(Box2)의 길이(L_box2)와 방향이라 한다.
- (3) Lmax에 인접한 변에서 짧은 쪽의 변을 Box1의 폭(W_box1)이라 한다.
- (4) L_box2의 인접한 변에서 Lmax 반대측의 변을 Box2의 폭(W_box2)이라 한다.
- (5) Box2의 길이는 최종적으로 $(L_{box2} - W_{box1})$
- (6) $W_box1 \geq W_box2$ 인 경우는
 BOX2의 지붕(Roof2)길이는 $L_box2 - 0.5 * W_box1$
 Roof1은 메인 지붕, Roof2는 서브 지붕이 된다.(그림 10 위쪽 그림)
 $W_box1 < W_box2$ 인 경우는
 BOX1의 지붕(Roof1)길이는 $Lmax - 0.5 * W_box2$
 Roof1은 서브 지붕, Roof2는 메인 지붕이 된다.(그림 10 아래쪽 그림)

그림 11. 6점 다각형의 건물, 지붕 할당 알고리즘

3. 결 론

사회 기반 환경의 3차원 공간 데이터 기반의 구축과 활용에 관한 연구로 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 본 연구에서는 수치지도상의 도시의 지형지물과 그 속성 데이터를 관리하는 GIS와 가상공간에 3차원 CG 오브젝트를 생성할 수 있는 CG 소프트웨어를 통합화하고 이것을 컨트롤하고 도시의 구성물을 자동 생성하는 시스템을 제안하였다.

둘째, 절점 filtering과 건물 자동 생성 알고리즘으로 2차원 이미지를 3차원 CG로 빠르고 쉽게 만들 수 있었다.

셋째, 3차원 도시 모델은 종래의 2차원 지도와는 달리 현실적인 3차원의 세계를 표현한 것이고 새로운 단지 조성시에 전문지식이 없어도 쉽게 3차원도를 만들 수 있는 툴을 제공하였다.

참고문헌

- 강인준, 노유진, 이준석 (1997), 지형공간정보시스템을 이용한 인터넷 실시간 도로교통정보 구축, 한국측지학회지, 제15권, 제 2호, pp. 263-268.
- 김인환 (2003), 도로설계를 위한 3차원 모델링과 GIS, 석사학위 논문, 부산대학교, pp. 34-35.
- 김인현, 이동우 (1999), Arc/Info데이터를 이용한 인터넷상에서 지하시설물 3차원 시각화 및 관리 시스템 개발, '99 Esri 9th Conference, pp. 105-107.
- 유복모 (1999), 현대수치사진측량학, 문운당, pp. 215-248.
- 이사로, 최위진 (1999), 지리정보시스템을 이용한 산사태 분석 기법 개발 및 적용연구, '99' Esri 9th Conference, pp. 46-48
- 한국전자통신연구원 (1997), 자료처리 및 3차원 지형분석 S/W 개발 보고서, 한국전자통신연구원, 시스템공학연구소, pp. 153.
- Martien Molenaar (1998), An introduction to the theory of spatial object modelling, Taylor&Francis Ltd, Gunpowder Square, London, pp. 2-3.
- Monika Sester (2000), Knowledge acquisition for the automatic interpretation of spatial data, *INT. J. Geographical Information Science*, Vol. 14, No. 1, 1-24, pp. 34-35.
- Richard K.Brail, Richard E.Klosterman (2001), Planning support system, *Esri Press*, pp. 123-126.
- UCLA Urban Simulation System Team (2002), UCLA, LA, <http://www.ust.ucla.edu/ustweb/ust.html>
- Will Schroeder, Ken Martin, Bill Lorensen (1998), Visualization toolkit 2nd edition an object-oriented approach to 3D graphics, *Prentice Hall PTR Upper Saddle River, NJ07458*, pp. 619.
- 長尾真 (1983), 패턴情報処理, 電子情報通信学会大学シリーズ, コロナ社, pp. 88-92.
- 広瀬通孝 (1998), 사이버스페이스論文特集, 電子情報通信学会誌, Vol. J81-D-2, No. 5, 電子情報通信学会, pp. 783-784.

다. 4종류의 형상 패턴을 갖는 8점 다각형에 관하여 가지를 분할한 알고리즘을 생각하여 이 시스템에서 적용했다.

8절점 이상인 폴리곤에 대해서는 중심선과 추가된 가지로 분리했다. 반복되는 R 전후에 있는 L은 가지로 나가는 것임을 알 수 있다. 예를 들어 *RRL*의 패턴은 가지임을 알 수 있다. L 절점으로부터 분할선은 그을 수 있다. 그리고 *LRR* 패턴도 가지임을 알 수 있다. 이러한 폴리곤이 분할되어 L자형과 다른 사각형으로 분할될 수 있고 이 후에 위에서 소개한 L자형에 대한 알고리즘을 쓸 수 있다. 8절점 다각형은 RL 표현식에 의하여 4종류의 형태를 가질 수 있다. 그림 12와 같이 이러한 3종류의 패턴은 반복되지 않는다. 이러한 타입에서는 RR뒤에 나오는 L을 검색하여 이 절점으로부터 분할 선을 긋는다. 이렇게 그려진 선으로 중심부분과 가지로 나뉜다.

자동 생성한 도시의 조감도를 그림 14에 나타내었다. 이와 같은 자동생성 3차원 도시 모델은 현실감 있는 3차원 세계를 표현할 수 있었고 마을 단지 조성 등에 있어서 전문지식이 없어도 주민이나 일반 시민에 대하여 알기 쉬운 3차원도를 제시할 수 있는 툴을 만들 수 있었다.

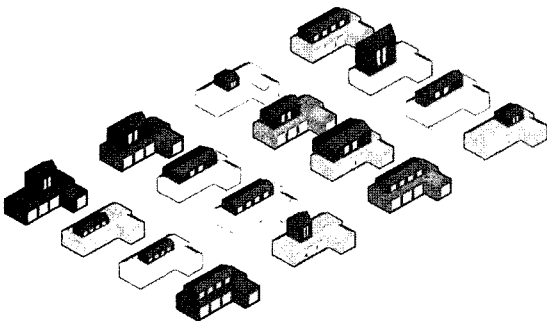


그림 13. 동일한 6점 다각형에 대하여 다른 파라미터 셋을 사용하여 자동 생성한 건물 군



그림 14. 자동 생성된 부산 아시아드 도로

(접수일 2005. 3. 23, 심사일 2005. 4. 4, 심사완료일 2005. 6. 20)