

## 청계천의 3차원모델 및 가상현실컨텐츠 제작

### Constructing 3D Models and Virtual Reality Contents of CheongGyeCheon

이임평<sup>1)</sup> · 최윤수<sup>2)</sup> · 권문성<sup>3)</sup> · 최경아<sup>4)</sup>

Lee, Impyeong · Choi, Yunsoo · Kwon, Moonseong · Choi, Kyoungah

<sup>1)</sup> 서울시립대학교 도시과학대학 지적정보학과 교수(E-mail:iplee@uos.ac.kr)

<sup>2)</sup> 서울시립대학교 도시과학대학 지적정보학과 교수(E-mail:choiys@uos.ac.kr)

<sup>3)</sup> (주)JEK 이사(E-mail: idkwon@jek.co.kr)

<sup>4)</sup> 서울시립대학교 대학원 지적정보학과 석사과정(E-mail:shale@uos.ac.kr)

#### Abstract

With the development of Geospatial Technology (GT), many countries and industries have been expanding their investment in constructing a cyber territory. As the critical components of this cyber territory, three-dimensional models and virtual reality contents based on these models of urban areas in particular have been considered. These models and contents can be intensively used for a city to decide the policies efficiently and to attract the interests of peoples while planning and performing large projects. In this study, we have thus constructed the 3D models and virtual reality contents of the large areas along the CheongGye stream to visualize the environment of these areas before and after the CheongGyeCheon restoration project being completed. Furthermore, we propose efficient methods to construct and visualize these large models, such as tile mapping and multiple LOD application.

## 1. 서론

공간정보기술(Geospatial Technology, GT)의 발전에 힘입어 현실공간과 사이버공간을 융합한 “사이버 국토”를 구축하여 국토의 체계적인 관리, 공공기관의 행정업무, 기업의 경제활동 및 국민의 일상생활에 효율성 및 편리성을 제고하려는 노력들이 진행되고 있다(김영표 등, 2002). 특히, 고밀도의 수직화된 도시공간에 대한 3차원 모델과 이를 기반으로 하는 가상현실 컨텐츠 또는 시스템은 사이버국토의 구현을 위한 중요한 요소로써 간주되고 있다. 이를 위해 도시의 3차원 모델을 구성하고 가상현실을 통해 활용하는 다양한 연구들이 수행되고 있다(유환희, 2002; Lerma, 2004; Araby, 2004; 이준석, 2005; 장문현, 2005; Sidiropoulosa, 2006).

대도시에서 추진하는 대형 사업의 계획 및 수행에 있어서 도시의 3차원 가상현실모델은 전문가들의 정책 결정과 도시구성원의 호응 및 참여를 유도하기 위해 효율적으로 활용된다. 서울시에서 중점적으로 추진한 청계천 사업은 2003년 7월부터 2005년 9월까지 약 3,800여 억원의 사업비를 투자하여 청계천로, 삼일로와 그 주변의 5.84 km의 길이에 이르는 지역을 복원하여 “지속가능한 도시 패러다임으로의 변화”, “생태환경의 회복”, “청계고가와 복개의 위험요인 예방”, “역사문화 공간의 회복”, “지역 간 균형 발전” 등의 목표를 달성하기 위해 수행된 대형 사업이다(서울특별시청, 2006). 이에 본 연구는 청계천을 따라 약 40 km<sup>2</sup>에 해당하는 지역의 복원 전과 후의 정밀한 3차원 모델을 구축하고 이를 기반으로 가상현실 컨텐츠를 제작하였다. 이를 통해 넓은 도시 지역의 고해상도 모델을 구축 및 가시화할 때 발생하는 다양한 문제점을 도출하고, 이를 해결하기 위한 효율적인 방법을 제시하는 것을 목표로 하였다.

## 2. 청계천 3차원모델 및 가상현실컨텐츠의 제작과정

### 2.1 공간적 범위

그림 1은 가상현실모델 및 콘텐츠 제작의 대상범위를 나타낸다. 청계천을 따라 청계광장에서 고산자교에 이르는 약 5.3 Km의 길이와 약 40 km<sup>2</sup> 면적에 해당하는 영역이다. 전체 범위를 청계천을 가로지르는 다리를 기준으로 22개의 영역으로 구분하여 개별적으로 모델을 생성한 후에 통합하였다.

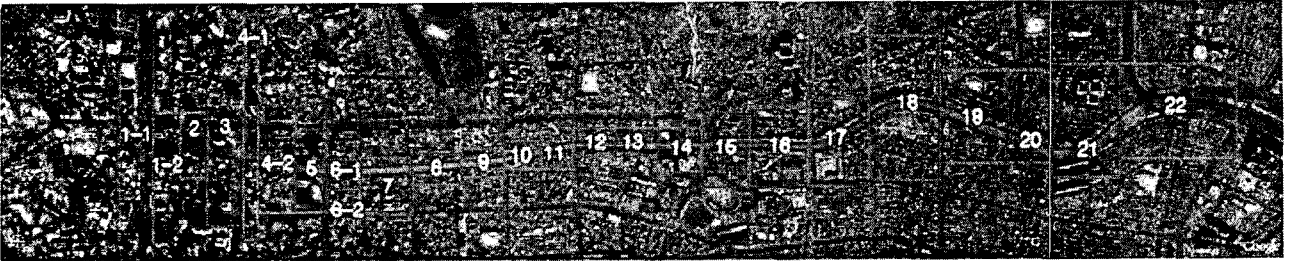


그림 1. 청계천 모델의 제작 범위

### 2.2 제작과정

3차원모델 및 가상현실컨텐츠를 제작하는 과정은 그림 2에 나타난 것처럼 전체 9개의 과정으로 구성된다.

#### ① 계획수립

시물레이션의 목적, 대상, 용도 및 환경과 사용될 데이터와 요구사항을 파악한다. 이를 바탕으로 시물레이션의 구성에 대한 개요와 정의를 수립하고, 화면 구성 및 세부메뉴구성을 설계한다. 최종적으로 작업의 우선순위를 정의하고 이에 따른 개발 계획서를 도출한다.

#### ② 데이터 취득

모델에 필요한 원시센서데이터를 취득한다. 지표면과 건물의 외형모델을 추출하기 위한 항공사진, 건물 외벽의 texture를 추출하기 위한 근접 지상사진, 제작된 모델을 육안검수하기 위한 대상지역을 캠코더로 촬영한 동영상 등을 취득 또는 확보한다.

#### ③ 3차원 도화

충분한 중복이 부여된 입체항공사진에 대한 내부표정과 외부표정을 수행한 후, 3차원 입체 가시화 화면에서 건물 등의 다양한 구성물에 대한 정밀한 3차원 다면체모델을 도화를 통해 추출한다.

#### ④ 텍스처 매핑

3차원 도화를 통해 추출된 다면체 모델을 구성하는 모든 면에 근접지상사진으로부터 추출한 texture를 매핑하는 작업을 수행한다.

#### ⑤ 실물 비교 및 수정

모델링 및 맵핑작업이 끝난 개별적인 모델을 대상지역에서 근접하여 취득한 사진 및 동영상과 비교하여 잘못된 부분을 수정하여 최대한 실물에 가까운 모델을 생성한다.

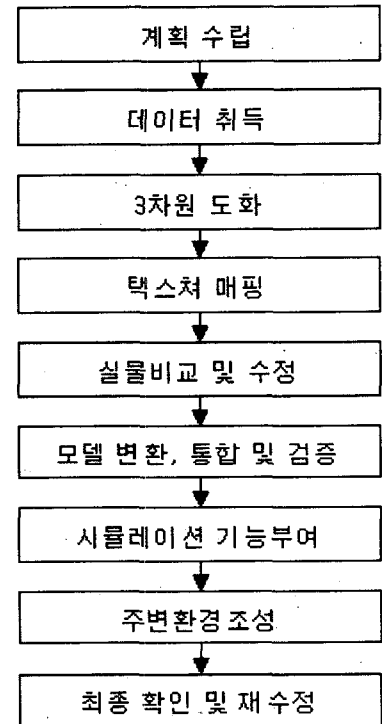


그림 2. 작업흐름도

⑥ 모델 변환, 통합 및 검증

최종적으로 수정되어 완성된 개별 모델(3D Max 형식)들을 가상현실 콘텐츠 저작도구인 EON Studio에서 작업할 수 있도록 EON Raptor를 이용하여 EON 파일로 변환하고 하나의 모델로 통합한다. 변환 및 통합과정에서 모델이 왜곡된 부분들을 검증하여 수정한다.

⑦ 시뮬레이션 기능부여

가상현실콘텐츠에 필요한 기능을 정의한대로 EON Studio에서 적합한 Node와 Prototype을 이용하여 Routes Window에서 Programming하여 적용한다.

⑧ 주변환경 조성

다면체 모델로 정의된 이외의 영역에 대한 환경을 조성한다. 예를 들어, 나무, 하늘, 하천에서의 물의 흐름, 교통 및 사람의 이동 등을 포함시킨다.

⑨ 최종 확인 및 재수정

메뉴 및 모든 기능이 구현되면 각각의 기능을 실행해 보면서 오류를 파악하여 수정하여 최종적인 콘텐츠를 완성한다.

### 2.3 완성된 모델 및 기능

2.2절에서 기술한 제작과정을 통해 최종적으로 완성된 모델의 구성은 표 1과 같다. 전체적으로 30개의 다리, 3천여개의 건물 등의 정교한 모델을 포함하여 약 309 MBytes의 크기의 파일이 생성되었다. 그림 3은 최종적으로 생성된 청계천 모델의 청계광장 부근을 보여준다. 그림에서 보듯이 건물, 다리, 바닥 등의 정교한 기하적인 모델과 texture가 현실감있게 생성되었다.

표 1. 청계천 모델의 구성

다리	건물	바닥	나무	가로등	난간	맵핑처리	맵핑소스
30개	3,039개	234개	788개	257개	32개	20개	554개

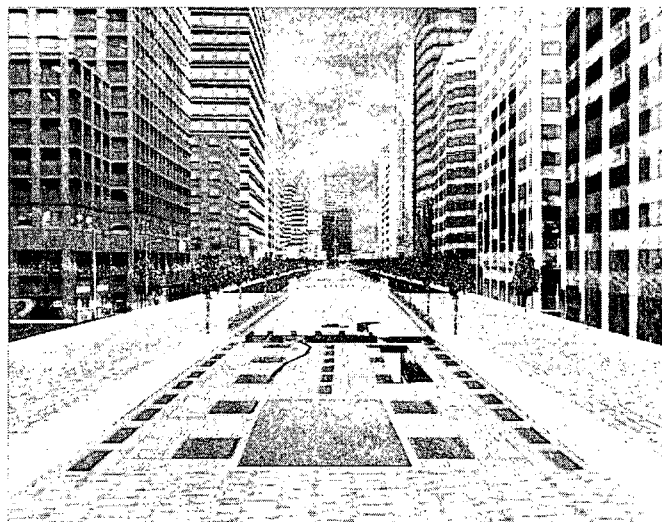


그림 3. 청계천 모델 (청계 광장 부근)

생성된 모델을 입력하여 표 2에서 요약한 것과 같은 시뮬레이션 기능을 구현하여 최종적인 가상현실 콘텐츠를 완성하였다. 완성된 콘텐츠는 약 140 MBytes의 크기를 갖는다.

표 2. 청계천 콘텐츠의 기능

항목	기능의 설명
자유 navigation mode	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Walk mode: 시작 지점부터 자유롭게 walk navigation 실행 (stay above기능을 통해 바닥인식)</li> <li>● Fly mode: 해당 지역 상공에서 비행하듯이 navigation.</li> </ul>
건물 및 다리에 대한 설명	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 건물 및 다리 앞에 있는 안내판을 클릭하면 2D Text화면을 표시하여 해당 건물에 대한 설명을 표현한다.</li> </ul>
지정된 건물(다리)로 이동	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 버튼을 클릭하면 팝업 메뉴로 건물 및 다리의 목록을 표시하고, 선택하면 지정된 지점으로 이동한다.</li> </ul>
도시계획	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 현재 조성되어 있는 건물을 없애고 해당 위치에 공원, 공공기관, 학교 등으로 바꿔서 간단하게 도시계획을 적용해 볼 수 있게 한다.</li> <li>● 기능을 실행하면 적용이 가능한 위치와 건물목록을 제공하여 해당 건물을 선택하고 바꾸고자 하는 시설물을 선택하면 해당 시설물이 새로 나타나게 된다.</li> </ul>
복원 전후의 모습 비교	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 청계천 복원 전 및 후의 모습을 비교할 수 있도록, 버튼을 클릭할 때마다 복원 전과 후의 모습이 번갈아 보여진다.</li> </ul>
미니맵을 이용한 위치표시	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 화면 한쪽에 2차원 미니맵을 표시하여 현재의 위치를 나타내며, 미니맵은 ON/OFF가 가능하다.</li> </ul>

### 3. 효율적 모델 구축 및 가시화를 위한 방법

#### 3.1 Tile Mapping을 통한 Texture의 감축

모델 및 콘텐츠의 파일의 크기는 원활한 실시간 렌더링 작업을 위해서는 최소로 유지되면서도 활용 (applications)에서 요구되는 현실감의 정도를 유지해야 한다. 이를 위해서 모델을 구성하는 사물에 입혀진 texture가 크기 측면에서 최적화 되어야 한다. Texture를 최적화하기 위한 방법으로 Tile Mapping이라는 방법을 이용하였다. Tile mapping이란 빌딩의 외벽처럼 반복되는 texture가 있는 경우 전체를 하나의 texture로 표현하지 않고, 작은 단위(tile)의 texture로 반복적으로 표현하는 방법이다. 이를 통해 보다 향상된 품질의 texture를 보다 작은 파일 크기로 생성할 수 있다.

Tile mapping을 구현하기 위해서는 다면체 모델의 각 면의 texture를 분석하여 반복되는 texture를 갖는 영역을 별도의 면으로 분리해야 한다. 예를 들어, 그림 4처럼 복잡한 면으로 구성된 다면체 모델을 texture의 반복 여부에 따른 별도의 면을 갖는 모델로 변환하였다. 변환된 다면체 모델에 반복되는 texture를 갖는 영역에 대해서는 texture tile을 생성하여 입혔다. 그림 5는 다면체의 각 면에 전체에 texture를 입힌 모델과 tile mapping으로 texture를 입힌 모델을 비교하여 보여준다. Texture file의 용량이 대폭 감축되었음에도 불구하고, texture의 품질이 훨씬 개선되었음을 볼 수 있다.

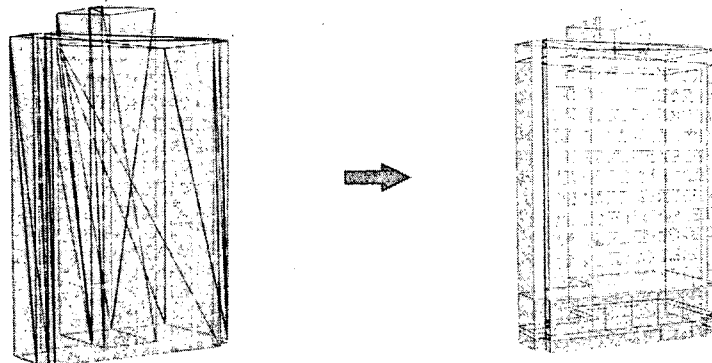


그림 4. Tile Mapping을 위한 다면체 모델의 변환

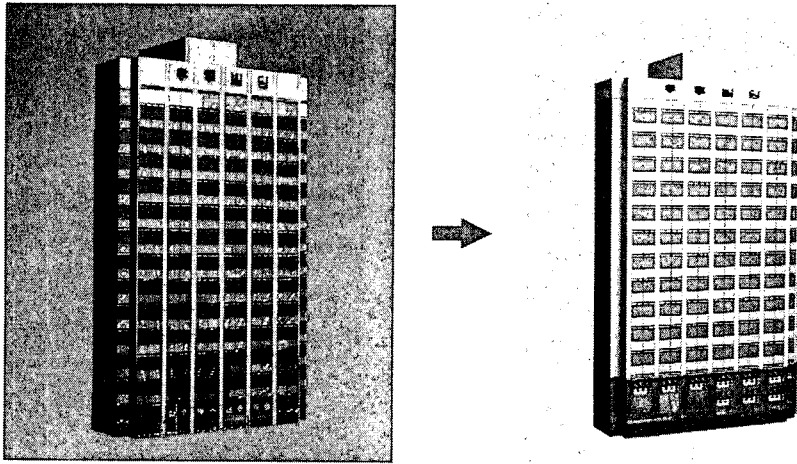


그림 5. 기존의 방법 및 Tile Mapping을 통해 생성한 건물의 모델

### 3.2 다단계 LOD를 갖는 모델 생성을 통한 가시화 효율성 제고

제작된 3차원 모델을 시뮬레이션을 통해 가시화할 때 모델로부터 실시간으로 입체영상을 생성하는 “렌더링”에 소요되는 시간을 최대한 단축해야 보다 연속성있는 자연스러운 가시화가 가능하게 된다. 특히, 청계천 모델과 같은 넓은 지역의 고해상도 모델의 경우에는 데이터의 크기가 아주 크기 때문에 렌더링 시간의 단축은 필수적이다. 렌더링 시간의 단축은 렌더링할 때 고려되는 범위를 결정하는 clipping 거리를 짧게 설정하여서 개체의 수를 감소시킴으로써 성취될 수도 있다. 그러나, 청계천 모델의 경우는 청계천을 따라 직선방향으로 길게 열려있기 때문에 clipping 거리를 짧게 가져가면 원근지역이 제대로 표현되지 않는다는 단점이 있다. 이로 인해, clipping 거리를 청계천의 전체 길이를 포함할 수 있도록 6 Km 정도로 길게 설정해야했다. 이처럼 과도한 clipping 거리로 인해 렌더링의 시간이 길어지게 되는 것에 대한 보완책으로 다단계 LOD(Level of Details) 방법을 적용하였다.

LOD는 각 개체마다 생성된 모델의 상세함을 나타낸다. 각 개체마다 최고 단계의 LOD를 갖는 다면체 모델을 생성하고, 생성된 모델의 상세함을 감축하여 중간 및 최저 단계의 LOD를 갖는 모델을 생성하였다. 상세함의 감축은 크게 1) 다면체 모델의 면의 개수를 감축하여 기하학적 구조를 단순화하고, 2) 다면체 모델의 각각의 면에 정의된 texture의 정교함을 낮추는 방법을 통해 가능하다. 다면체 모델의 단순화 및 정리는 3.1절에서 소개한 tile mapping을 위한 변환과정을 통해 이미 어느 정도 수행되었기 때문에 LOD의 감축을 위해 추가적인 단순화의 여지가 많지 않았다. 이에 두 번째 방법인 texture의 단순화를 통해 LOD의 감축을 수행하였다. 특히, tile mapping을 통해 반복되는 texture의 패턴을 정의하였기 때문에 정의된 패턴의 해상도를 개별적으로 감축함을 통해 쉽게 성취되었다. 그림 6은 각각의 개체마다 생성된 3단계 LOD를 갖는 모델의 예를 보여준다.

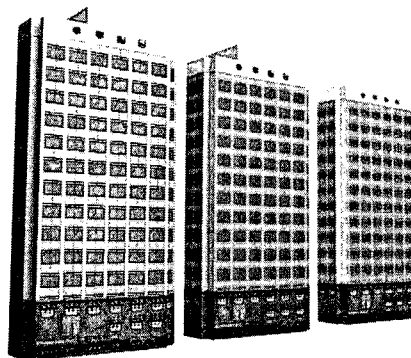


그림 6. 3단계 LOD를 갖는 개체의 모델

3단계 LOD를 갖는 모델을 이용하여 렌더링을 할 때, clipping 거리내의 지역을 거리에 따라 4개의 구역으로 나누어 가장 가까운 구역부터 차례로 최고, 중간, 최저 단계의 모델을 렌더링에 사용하였고, 가장 먼 구역의 개체들은 렌더링에 포함하지 않았다. Navigation을 통해 먼 구역의 개체에 점차로 가까워지게 되면, 기존에 가장 먼 구역에 위치했던 개체가 보다 가까운 구역으로 들어와 렌더링에 고려되게 된다. 이로 인해 원래 존재하지 않았던 개체가 갑자기 생성되게 되며, 이러한 현상은 사용자에게 쉽게 인지되어 불연속적이고 부자연스러운 느낌을 갖게 한다. 이를 보완하기 위해서 안개(fog)를 설정한다. 안개를 설정하게 되면 가장 먼 구역은 안개로 인해 뿌옇게 보이기 때문에 가까워짐에 따라 물체가 갑자기 나타나는 현상이 잘 인지되지 않도록하는 효과가 있다.

#### 4. 결론

본 연구는 청계천 복원 전과 후의 3차원 모델과 가상현실 콘텐츠를 제작하고, 이를 통해 넓은 도시 지역의 고해상도 모델을 효율적으로 구축 및 가시화하기 위한 방법을 제시하였다. 제작된 3차원 모델과 가상현실 콘텐츠는 청계천 복원 사업의 결과를 효과적으로 보여주는 수단으로 많은 호응을 얻었고, 제시된 구축 및 가시화의 효율성을 제고하기 위한 tile mapping 방법과 다단계 LOD 적용 방법을 적용함을 통해 정교한 3차원 모델로부터 렌더링을 수행하는 GPU의 부하를 크게 줄여 보다 높은 품질의 실시간 연속적인 가시화가 가능하였다.

#### 참고문헌

- 김영표, 한선희, (2002), 사이버국토 구축 전략에 관한 연구, 한국GIS학회지, 제10권, 제1호, pp. 1-14.
- 서울특별시청, (2006), 청계천 홈페이지, <http://cheonggye.seoul.go.kr/>.
- 유환희, 조정운, 이학균, (2002), Web 3D를 이용한 3차원 가상도시공간정보 구축, 한국측량학회지, 제20권, 제2호, pp. 119-126.
- 이임평, 최윤수, 염재홍, 권재현, 이동천, 유병민, 김성준, 박지혜, 양효진, 오의중, 이상준, 최진욱, 유근홍, 김지선 (2005), 다차원공간정보구축에관한연구, 국토지리정보원.
- 이준석, (2005), 3차원 공간 모형 데이터의 구축과 활용, 한국측량학회지, 제23권, 제2호, pp. 109-116.
- 장문현 (2005), Web GIS 기반의 3차원 도시경관 시뮬레이션시스템 설계 및 구현, 한국GIS학회지, 제13권, 제1호, pp. 103-117.
- Araby, M. E. and Okeil, A. Y. (2004), Utilizing a VR model for adding visual qualities to the downtown area of Al Ain City, UAE, *Cities*, Vol. 21, No. 2, pp. 149-158.
- Lerma, J. L., Vidal, J. and Portales, C. (2004), Three-dimensional city model visualization for real-time guided museum tours, *The Photogrammetric Record*, Vol. 19, No. 108, pp. 360-374.
- Sidiropoulos, G., and Vasilakos, A. (2006), Ultra-real or symbolic visualization? The case of the city through time, *Computers & Graphics*, Vol. 30, pp. 299-310.