

GIS와 실영상을 이용한 지리 모델링 시스템

안현식*

A Geographic Modeling System Using GIS and Real Images

Hyun-Sik Ahn*

요 약

지금까지 3차원 지리 공간 구성을 위해서는 2D 지리 데이터로부터 수작업으로 건물의 프레임을 만들고 단면 영상을 붙여서 건물을 모델링하였다. 본 논문에서는 지도 데이터의 표준으로 사용되고 있는 수치지도와 임의의 위치에서 입력된 건물의 영상을 이용하여 3D 지리공간을 자동으로 구성하는 지리 모델링 시스템을 제안한다. 먼저 OpenGL을 이용하여 가상공간에 지형을 TIN과 DEM 방법으로 형상화한다. 건물을 모델링하기 위해 임의의 위치에서 카메라로 입력한 건물 영상으로부터 건물의 단면 영상을 추출하고, 검출된 수직선으로부터 카메라의 위치를 자동으로 추정하고, 건물의 높이를 계산하고, 얻어진 단면영상과 texture 맵핑을 하여 실제 공간에 가까운 3D 지리공간을 자동적으로 구성한다. 제안한 방법을 실제 지역에 적용하여 제안한 지리 모델링 시스템의 효율성을 보인다.

주요어 : GIS, 가상현실, 텍스처 맵핑, 3차원 그래픽, TIN, 위치추정

ABSTRACT : For 3D modelling artificial objects with computers, we have to draw frames and paint the facet images on each side. In this paper, a geographic modelling system building automatically 3D geographic spaces using GIS data and real images of buildings is proposed. First, the 3D model of terrain is constructed by using TIN and DEM algorithms. The images of buildings are acquired with a camera and its position is estimated using vertical lines of the image and the GIS data. The height of the building is computed with the image and the position of the camera, which used for making up the frames of buildings. The 3D model of the building is obtained by detecting the facet iamges of the building and

* 동명정보대학교 로봇시스템공학과교수(hsahn@tmc.tit.ac.kr)

texture mapping them on the 3D frame. The proposed geographical modeling system is applied to real area and shows its effectiveness.

Keywords : GIS, virtual reality, texture mapping, 3D graphics, TIN, position estimation

1. 서 론

GIS 기술의 개발 추세와 함께 2차원 지리정보를 다루는 기존의 GIS에서 실제 공간과 유사한 3차원 가상 공간을 구현하려는 노력이 활발히 진행 중이다. 3차원 지리 정보 공간체계는 도시 현황 파악, 도시계획, 상하수도·통신시설관리, 경관 분석등 활용 범위가 광범위하다. 전세계적으로 GIS와 관련된 연구를 하고 있는 수많은 기업체와 연구소에서는 독특한 데이터 포맷과 형식을 가진 지리정보 데이터를 구축하고, 구축된 정보를 3D 공간으로 변환하기 위한 어플리케이션들을 개발하고 있다. Rick Germs 등은 multi-view 가상 공간 인터페이스를 제안하면서 3차원 model view로부터 추가적인 실제 장면 정보를 이용하여 가상의 3D 공간을 구성하였다(Rick Germs et al., 1999). D. V. Pullar 등은 도시 계획을 하기 위해 PolyTRIM이라는 유틸리티를 이용하여 2차원 GIS 데이터로부터 3차원 형상화 하였다(David V.Pullar et al., 2001). 국내에서는 3차원 지형공간 정보 구축과 도로 주행 시뮬레이션에 대한 연구와 수치지도를 이용한 3차원 도로노선결정에 관한 연구 등이 이루어지고 있다(최현 외,2001; 김태훈 외, 2000). 그러나 지금까지의 3D 가상 지리

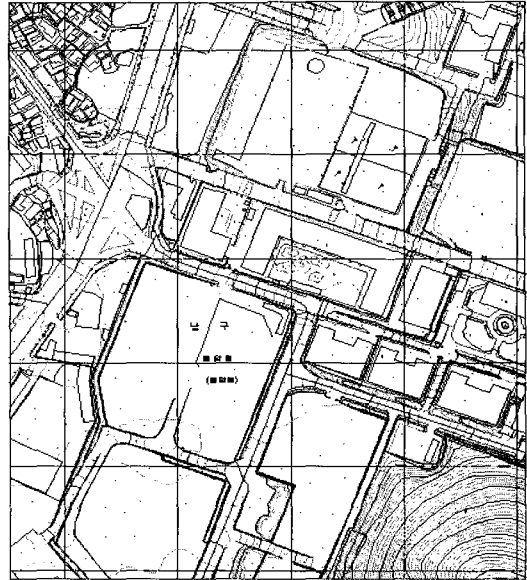
공간 구성을 위해서는 2D 지리 데이터로부터 직접 수작업으로 3차원 공간을 구성하여야 하므로 인력과 시간이 많이 소모되는 단점이 있었다.

본 논문에서는 지도 데이터의 표준으로 사용되고 있는 수치지도와 임의의 위치에서 입력된 건물의 영상을 이용하여 3D 지리공간을 자동으로 구성하는 지리 모델링 시스템을 제안한다. 먼저 국내에서 지도 데이터의 표준으로 사용되고 있는 DXF(Drawing eXchange Format) 포맷의 수치지도로부터 객체의 수치 데이터 값을 얻은 다음, OpenGL을 이용하여 지형영역을 TIN(Triangular Irregular Network)과 DEM(Digital Elevation Modeling)으로 표현한다. 건물 표현을 위해서 건물지역의 실영상으로부터 건물의 단면 영상을 얻고 카메라의 위치 추정과 건물 높이 추정을 이용하여 건물의 프레임을 형성한 후 단면 영상을 texture mapping하여 실제 공간에 가까운 3D 지리공간을 구성한다.

본 논문의 구성은 먼저 DXF 포맷에 수치지도에 대해 언급하고, 지형공간 구성 방법에 대해 언급한다. 다음은 건물 모델링을 위한 건물의 단면 추출, 카메라 위치 추정, 건물 높이 추정과 texture mapping 알고리즘을 자세히 소개하며, 실제 지역에 본 시스템을 적용한 결과를 보여주고 결론을 맺는다.

2. 수치지도

수치지도는 GIS의 구축을 위하여 컴퓨터에 입력된 모든 지리정보는 적절한 출력력을 통하여 지도와 동일한 형태 및 특성을 가질 수 있도록 컴퓨터를 이용하여 생성한다(김계현, 1998). 제작된 수치 지도는 DXF의 확장자를 가지며 Header, Table, Block, Entity 4부분으로 구성되어 있으며, Auto CAD와도 데이터의 호환이 가능하며 제작비용이 저렴하고 제작 속도가 빠르다는 장점이 있다. 현재 DXF포맷 형식의 수치지도를 이용하여 지리정보체계를 구현하는 노력이 활발히 진행 중이며, 시판되고 있는 지리정보 시스템의 포맷은 이러한 형식을 지원하고 있다. 지리정보를 저장하는 방식에는 정방형의 영역내의 모든 grid에 값을 부여하는 격자 구조형과, 객체단위로 실제 좌표를 저장하는 벡터 구조형이 있는데 DXF 데이터는 벡터 구조형이다. DXF 포맷은 물체들을 선, 점, 원 등으로 표현하며 위치정보는 (x, y, z) 좌표로 구성이 되어 있으나 등고선 정보 이외에는 z 좌표가 포함되어 있지 않다. 본 논문에서는 연구 대상지역의 구조물과 지형 모델링을 위해 DXF포맷 형식의 1:1,000 수치지도로부터 가상공간에 3차원 지리정보를 구현하고, 물체들의 높이와 형상을 texture mapping 방식을 적용하여 실제 장면과 유사한 3차원 가상공간을 구현하고자 한다.



[그림1] 대상지역의 2D 지도 (1:1000, 부산광역시 도업번호359131361)

3. 3D 지리 공간 구성 시스템

3.1 지형 공간 구성

본 논문에서는 대상 지역을 3차원으로 시각화하기 위하여 수치지도로부터 등고선들의 각 점들을 추출하고 이를 DEM과 TIN으로 표현한다. DEM은 공간을 일정한 격자에 대한 고도를 구하고 각 의미점 간에 삼각형을 형성하는 방식이다. DEM은 일정한 간격에서의 고도정보를 구할 수 있으나 고도정보의 변동이 없어도 일정한 격자로 고도값이 배치되므로 데이터량이 많아지는 문제점이 있다. 반면에 TIN은 변화가 큰 부분은 해상도를 높이고 그렇지 않은 경우는 낮게함으로서 보다 적은

데이터 량으로 상대적으로 높은 해상도를 얻을 수 있는 장점이 있다. DEM은 식(1)과 같이 사분면 가중 평균(wighted mean by quadrant) 방식을 이용하고 사분면 가중 평균은 분면당 2개씩 총 8개의 가장 이웃한 등고선 점의 좌표값과 거리에 반비례하는 가중치를 이용하여 계산한다.

$$f(x, y) = \frac{\sum_1^8 w(x, y)z(x, y)}{\sum_1^8 w(x, y)} \quad \text{식(1)}$$

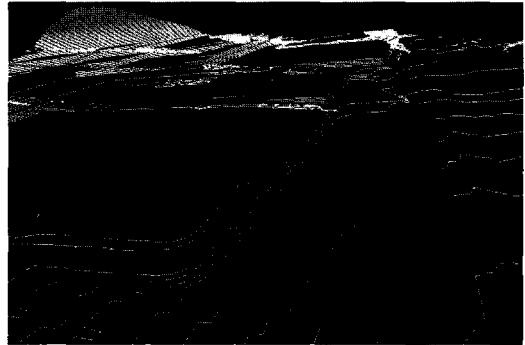
여기서 $w(x, y)$ 는 가중치이며 $z(x, y)$ 는 등고선 점의 높이를 의미한다.

TIN을 이용한 표현을 위해서 등고선 정보로부터 X,Y,Z의 값을 가지는 좌표점을 생성하고, 기존의 TIN(Triangular Irregular Networks) 알고리즘을 이용하여 지형공간을 구성한다. 이를 위해 먼저 등고선 각 점들에 대해 radial sweep 알고리즘을 통한 불규칙 삼각망 구성한다. 이 알고리즘은 다음과 같은 순으로 삼각형을 구성한다.

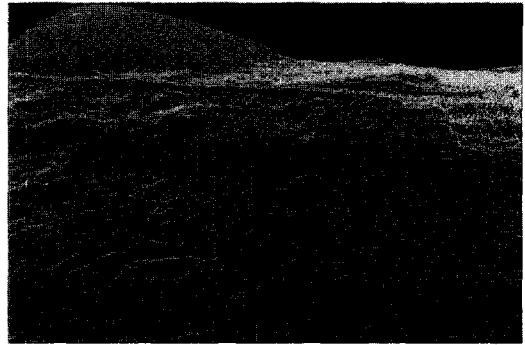
- 입력점중에서 먼저 중심점(centroid)를 구한다.
- 중심점에서 방향과 거리 순으로 sorting 하고,
- 중심점에서 소트된 점들 순으로 초기 삼각형 구성
- 외각의 굴곡들로 삼각형 구성
- 삼각형 모양 보정한다.

본 논문에서 구현한 지리 모델링 시스템은 OpenGL에서 제공하는 함수를 이용

하여 회전·확대·축소·이동 기능을 제공하여 원하는 3차원 지형공간을 보다 쉽고 자세하게 관측할 수 있도록 하였고, 와이어·솔리드 프레임 기능을 추가하였다.



(a)



(b)

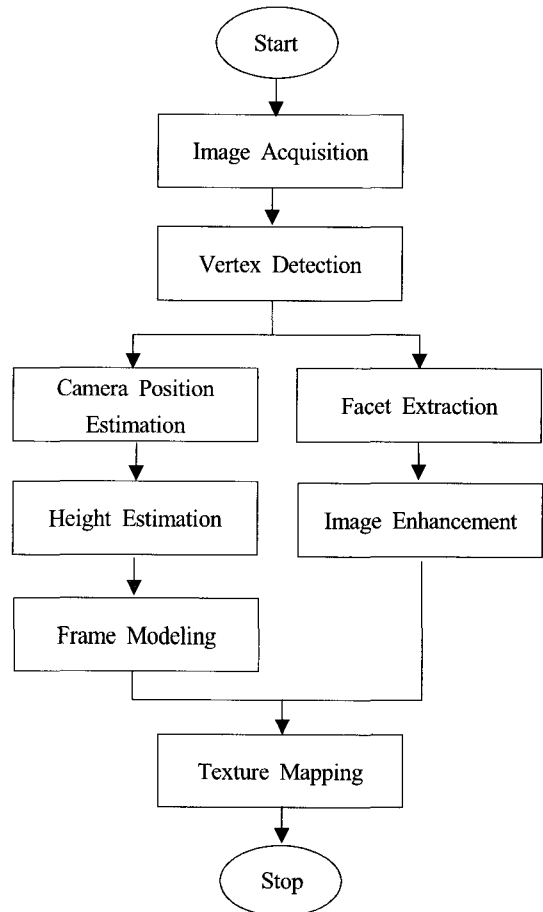


(c)

[그림 2] 등고선 지형을 DEM과 TIN으로 표현한 결과 (a) 등고선, (b) DEM, (c) TIN

3.2 Texture mapping을 이용한 건물 모델링

실제공간과 유사한 3차원 지리 공간을 구현하기 위해서는 물체들의 정확한 높이와 외형이 고려되어야 한다. 본 논문에서는 GIS의 현재의 위치에 대한 정확한 정보를 입력된 건물 영상으로부터 자동적으로 3D 가상공간에 건물의 높이와 건물의 외관을 구성하는 texture 맵핑 알고리즘을 제안한다. [그림 3]은 그 과정을 흐름도로 표현한 것이다. 먼저 영상 입력을 위해 개략적으로 알고 있는 임의의 위치에서 건물의 영상을 입력하고, 입력된 영상으로부터 건물의 단면을 구성하는 4개의 정점을 구한다. 영상내에 존재하는 수직인 3개 이상의 선분을 이용하여 영상입력에 사용된 카메라의 위치를 추정한다. 카메라의 위치가 얻어지면 카메라의 초점 거리와 수치지도 정보를 이용하여 건물의 높이를 추정하고 이를 이용하여 건물을 3D로 모델링을 한다. 한편 4개의 정점으로부터 건물의 단면을 추출해 내고 이를 perspective warping 변환을 실시하여 직사각형의 단면 영상을 만든다. 얻어진 영상에 존재하는 노이즈를 제거하기 위한 단면에 영상개선을 한 후 3D 모델상에 맵핑한다. 그 과정을 상세히 설명하면 다음과 같다.



[그림 3] 건물 모델링 과정

3.2.1 영상입력과 단면의 정점 추출

먼저 영상을 입력하는 카메라의 개략적 위치와 방위각 정보를 저장한 후 건물의 영상을 입력한다. 얻어진 건물 영상으로부터 한 단면의 texture를 얻기 위해서는 먼저 건물 자체의 특징들이 검출되어야 한다.

건물의 특징은 보통 4개의 선분이나 4개의 정점으로 표현될 수 있다. 본 논문에서는 건물을 구성하는 4개의 정점 정보를 추출하기 위한 알고리즘을 제안한다.

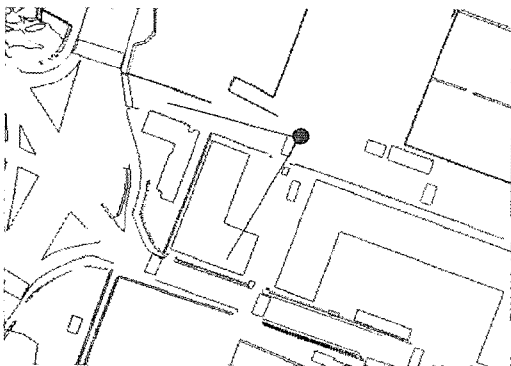
- 먼저 입력된 영상 중에 포함된 노이즈 성분을 제거하기 위하여 median filtering을 실시한다.
- 노이즈가 일부 제거된 영상으로부터 Sobel 연산자를 사용하여 경계를 검출한다.
- 얻어진 에지 영상에 대해 허프(Hough) 변환을 적용한다. 허프 변환 알고리즘은 영상내의 모든 경계화소의 위치(x, y)에 대해 식(2)와 같이 (ρ, θ) 영역으로 변환하고, 변환 후 누적된 값이 일정이상 큰 값을 가지는 local maxima의 (ρ, θ) 를 역변환 하여 원 영상의 직선을 얻는다.

$$x \cos \theta + y \sin \theta = \rho \quad \text{식(2)}$$

이때 경계화소를 구하는 단계에서 문턱화 과정을 거침으로서 주요한 직선 경계가 상실되는 결과를 초래하게 되

므로 본 논문에서는 에지의 크기 정보를 가중치 $w(x,y)$ 로 두고 이를 (ρ, θ) 공간에 누적시킬때 가중치에 비례하는 값으로 누적시킨다. 이와 같은 과정을 거침으로서 혹시 나타날 수 있는 에지의 미세한 성분도 일부 보완이 가능하게 된다.

- 허프 변환에 의해 얻어진 선분 영상으로부터 하늘과 접하는 건물의 선분을 정의한 후 이로부터 건물의 각 단면의 정점을 찾아야 한다. 이를 위해 얻어진 선분들을 영상의 상위에서 아래로 검색하여 건물의 꼭대기에 해당하는 선분들을 찾는다. 이 선분을 상위 선분으로 정의하고 서로 다른 기울기를 가지고 서로 교차될 경우 이를 건물의 정점으로 정의한다. 직육면체 형태의 건물의 경우 하나의 단면은 4개의 정점으로 이루어지는데 교차되는 정점을 이용하여 상위 2개의 정점 위치를 추정한다. 일반적으로 건물의 아래 부분은 설치물과 나무와 같은 자연물과 겹쳐서 영상 내에서 정확히 정의 내리기

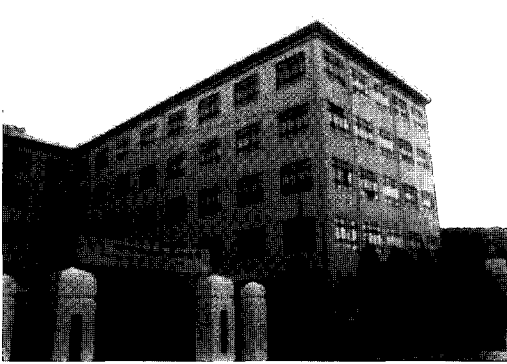


(a)

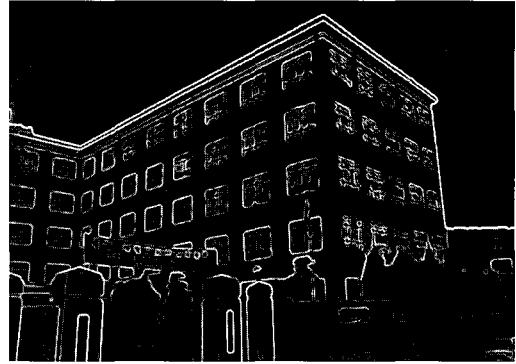


(b)

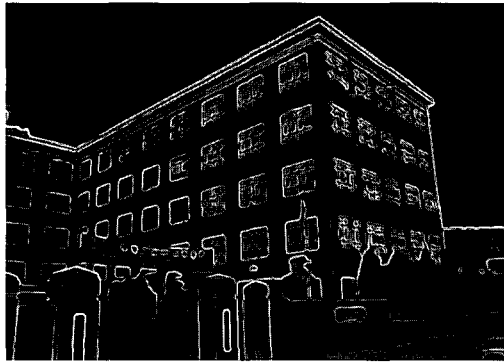
[그림 4] 카메라의 개략적 위치와 입력된 영상



(a)



(b)



(c)

[그림 5] 경계 검출과 선검출 결과

- (a) 노이즈 제거 영상, (b) 경계 검출 영상
 (c) 허프 변환에 의해 검출된 직선 영상

가 어렵다. 이를 위해 카메라의 본 논문에서는 두개의 정점과 교차하여 수직성분을 가지는 선분을 찾는다. 이 선분과 영상내의 카메라의 수평 위치에 해당하는 선분과 만나는 교차점에 의해 나머지 두개의 정점을 찾는다.

3.2.2 카메라 위치 추정

영상을 입력한 카메라의 개략적 위치만

을 알고 있을 경우 건물의 높이를 카메라로 입력된 영상으로부터 추정하기 위해서는 영상 입력시의 카메라의 위치를 알고 있어야 한다. 카메라의 위치가 오차가 클 경우는 높이값에 대한 신뢰도가 떨어지게 된다. GPS(global positioning system)의 경우도 오차가 크게 날 때와 별도의 위치 추정하는 방법이 없을 경우 개략적 위치만을 가지고 상대적으로 정확한 자기 위치를 구한다. 이를 위해 입력된 영상속에

포함된 건물의 수직선의 의 수평 특징점 (x_1, x_2, \dots, x_n) 과 수치지도상의 건물의 모서리 정보를 이용하여 카메라의 위치와 방향 (a, b, θ) 을 추정하는 방법을 이용한다 (강창훈 · 안현식, 2003).

카메라의 위치를 추정하기 위해서 영상 내의 3개 이상의 수직 선분의 영상내의 정보를 이용한다. 수직선분과 먼저 영상 내에서 소실점을 지나는 수평선과 교차하는 수평 특징점 (x_1, x_2, \dots, x_n) 을 3개 이상 검출한다. [그림 5]는 영상내의 특징점과 건물의 수직선 특징과의 변환 관계를 보여주고 있다.

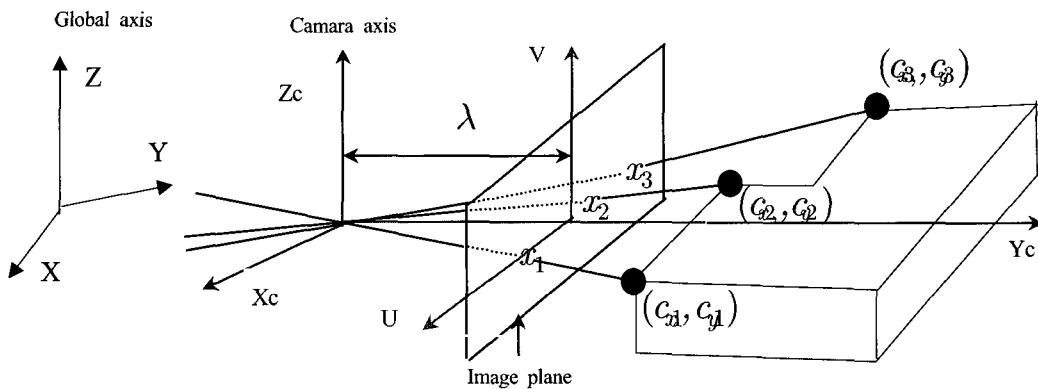
전체 좌표계의 수직 특징에 대한 카메

라 좌표계로의 좌표 변환은 변환 행렬의 역행렬인 T^{-1} 를 적용한다.

$$\begin{bmatrix} Gx_i \\ Gy_i \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = T^{-1} \begin{bmatrix} Cx_i \\ Cy_i \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad i=1, 2, \dots, n \quad \text{식(3)}$$

여기서 특징점은 수평축에 위치하므로 Gz_i, Cz_i 는 0으로 둔다. 변환 행렬 T는 이동과 회전행렬로서 다음과 같다.

$$T = T_{\text{trnas}} T_{z\theta} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & a \\ 0 & 1 & 0 & b \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 & 0 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{식(4)}$$



- (X, Y, Z) : 전체 좌표계 (수치지도좌표계)
- $(Gx_i, Gy_i) \quad i=1, 2, \dots, n$: 전체 좌표계의 수직선 특징점
- (Xc, Yc, Zc) : 카메라 좌표계
- $(Cx_i, Cy_i) \quad i=1, 2, \dots, n$: 카메라 좌표계의 수직선 특징점
- (x_1, x_2, \dots, x_n) : 영상 평면의 특징점
- λ : 카메라 초점 거리
- (a, b, θ) : 카메라의 이동과 회전
- n : 특징점의 개수

[그림 6] 원근 변환과 카메라의 위치

여기서 Gx_i, Gy_i 는 GIS 상의 건물의 모서리 정보로 주어지며 추정되어야 할 파라미터는 (a, b, θ) 이다. 카메라 좌표계로부터 영상 좌표계로의 원근 변환 식은 다음과 같다.

$$Cx_i = \frac{x_i}{\lambda} Cy_i, i = 1, 2, \dots, n \quad \text{식(5)}$$

위의 (4)와 (5)로부터 (a, b, θ) 를 변수로 하는 비선형 연립 방정식이 유도된다. 여기서 특징의 수가 3개 이상이면 Newton 방법을 이용해 비선형 연립방정식의 해를 구할 수 있다. 벡터함수 F 는 n 개의 상이한 성분 함수 f_n 을 가지며 이들 각각은 변수중 하나가 변하면 따라서 변한다. 일반 연립 방정식은 함수 F 를 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$F(a, b, \theta) = (f_1(a, b, \theta), f_2(a, b, \theta), \dots, f_n(a, b, \theta))^t \quad \text{식(6)}$$

변수 (a, b, θ) 을 벡터 P 로 표현하면 비선형 연립 방정식은 $F(a, b, \theta) = 0$ 로 표현할 수 있다. Jacobi 행렬 $J(a, b, \theta)$ 는

$$J(a, b, \theta) = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1(a, b, \theta)}{\partial a} & \frac{\partial f_1(a, b, \theta)}{\partial b} & \frac{\partial f_1(a, b, \theta)}{\partial \theta} \\ \frac{\partial f_2(a, b, \theta)}{\partial a} & \frac{\partial f_2(a, b, \theta)}{\partial b} & \frac{\partial f_2(a, b, \theta)}{\partial \theta} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{\partial f_n(a, b, \theta)}{\partial a} & \frac{\partial f_n(a, b, \theta)}{\partial b} & \frac{\partial f_n(a, b, \theta)}{\partial \theta} \end{bmatrix} \quad \text{식(7)}$$

벡터 방정식 $F(a, b, \theta) = 0$ 으로 표현한 비선형 연립 방정식의 해 P 를 찾기 위한 Newton 방법은, 초기 근사 값 $P^{(0)}$ 이 주어지면 식(8)이 된다.

$$P^{(k)} = P^{(k-1)} - [JP^{(k-1)}]^{-1} F(P^{(k-1)}), k \geq 1 \quad \text{식(8)}$$

여기서 구해진 해 P 는 기준 좌표에 대한 카메라의 위치와 방향 (a, b, θ) 을 의미한다.

3.2.3 건물 높이 추정

카메라의 위치가 구해지면 건물의 높이를 카메라로 입력된 영상으로부터 추정한다. 카메라 위치 추정 단계로부터 얻어진 수평선과 건물 단면의 정점까지의 거리 (z) 와 카메라의 초점거리(λ)와 수치지도상에서 건물의 모서리 점과 카메라 사이의 거리(l)로부터 건물의 높이를 계산한다. 건물 높이 h 는 건물과 카메라 사이의 거리 l 과 카메라의 초점거리와 영상내의 건물의 높이 z 와 일정한 비례관계를 이루며 식 (9)에 의해 얻어진다.

$$h = \frac{z}{\lambda} l \quad \text{식(9)}$$

3.2.4 단면영상 추출

건물 단면의 4개의 모서리 좌표가 이루는 단면은 일반적으로 사변형의 형태로 나타난다. 이를 3D 모델상에 투사하기 위해서는 직 사각형 형태로 만들어 주어야 한다. 본 논문에서는 얻어진 건물의 단면 영상으로부터 직사각형으로 변환하기 위해 perspective warping 변환을 실시한다(G. W. Wolberg, 1990). 여러 가지 변환 방법 중 perspective warping 변환은 거리에 따라 단위 단면이 일정하게 감소 확대 되는 특성을 지니고 있으므로 건물의 단면 표현에 적합하다. 네모서리가 x_1, x_2, x_3, x_4

일 때, 입력영상의 한 화소 (x, y) 를 변환한 영상 (u, v) 간의 perspective warping 변환을 위한 함수식과 각각의 성분들은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} u &= \frac{Ax + By + C}{Gx + Hy + I}, \\ v &= \frac{Dx + Ey + F}{Gx + Hy + I} \end{aligned} \quad \text{식(10)}$$

$$\begin{aligned} \Delta x_1 &= x_1 - x_2, \Delta x_2 = x_3 - x_2, \\ \Delta x_3 &= x_0 - x_1 + x_2 - x_3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta y_1 &= y_1 - y_2, \Delta y_2 = y_3 - y_2, \\ \Delta y_3 &= y_0 - y_1 + y_2 - y_3 \end{aligned}$$

$$a_{11} = x_1 - x_0 + a_{13}x_1$$

$$a_{12} = y_1 - y_0 + a_{13}y_1$$

$$a_{13} = \frac{(\Delta x_3 \Delta y_2 - \Delta x_2 \Delta y_3)}{(\Delta x_1 \Delta y_2 - \Delta y_2 \Delta x_1)}$$

$$a_{21} = x_3 - x_0 + a_{23}x_3$$

$$a_{22} = y_3 - y_0 + a_{23}y_3$$

$$a_{23} = \frac{(\Delta x_1 \Delta y_3 - \Delta x_1 \Delta y_3)}{(\Delta x_1 \Delta y_2 - \Delta y_1 \Delta x_2)}$$

$$a_{31} = x_0, a_{32} = y_0$$

$$a_{33} = 1$$

$$A = a_{22} - a_{32}a_{23}, B = a_{31}a_{23} - a_{21},$$

$$C = a_{21}a_{32} - a_{31}a_{22}$$

$$D = a_{32}a_{13} - a_{12}, E = a_{11} - a_{31}a_{13},$$

$$F = a_{31}a_{12} - a_{11}a_{32}$$

$$G = a_{12}a_{23} - a_{22}a_{13},$$

$$H = a_{21}a_{13} - a_{11}a_{23},$$

$$I = a_{11}a_{22} - a_{21}a_{12}$$

3.2.5 단면 영상 개선

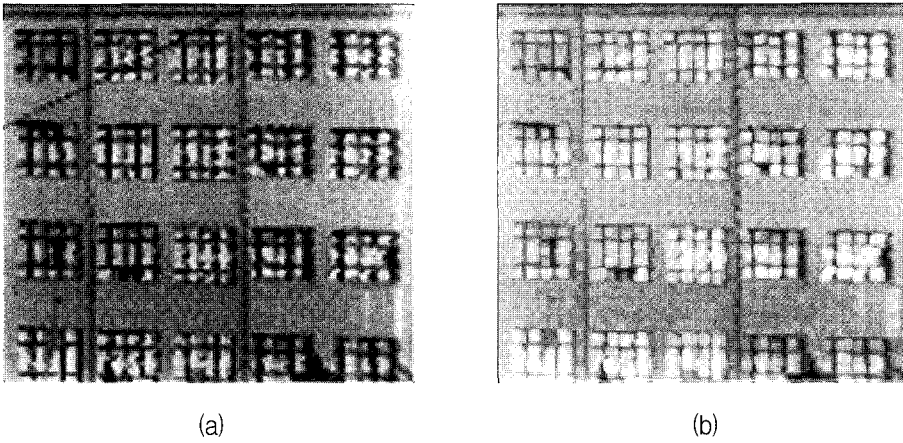
입력된 영상은 노이즈와 불필요한 장애물에 의해 영상내에 건물 단면과 관계없는 영역이 존재할 수 있다. 본 논문에서는 이를 제거하기 위하여 모폴로지(morphological) 기법을 이용하여 처리하였다. 식(11)과 같이 열림(opening) 처리를 이용하면 침식(erosion) 과정에서 미세한 노이즈를 제거하게 되며 팽창(dilation) 과정에서 원영상의 기본 형태를 그대로 둘수 있게 되므로 건물의 노이즈 제거라는 목적에 적합하다고 할 수 있다.

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B \quad \text{식(11)}$$

여기서 A는 원 영상이며 B는 구조요소(structuring element)이다. 구조요소는 [그림 7]과 같이 정사각형 형태를 취하게 함으로서 원영상의 수평 수직의 특성을 보존하면서 노이즈를 제거하게 하였다. 구조화 요소가 이루는 마스크의 각 값 (a_1, a_2, \dots, a_9)은 일정한 값으로 한다.

a_1	a_2	a_3
a_4	a_5	a_6
a_7	a_8	a_9

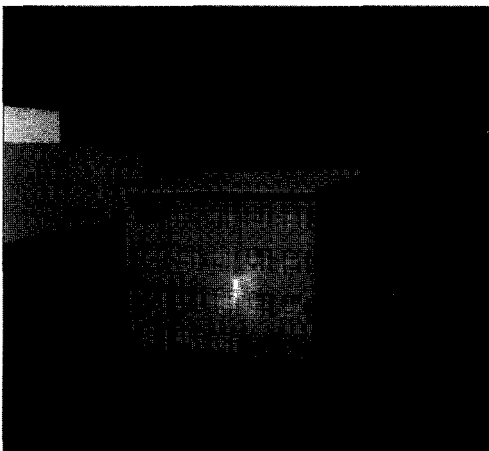
[그림 7] 노이즈 제거를 위한 구조원소



[그림 8] 단면 영상 검출과 개선 결과
(a) 단면 영상. (b) 영상 개선 결과

3.2.6 Texture mapping

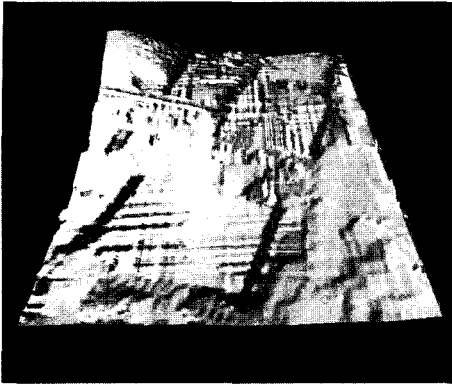
노이즈가 제거된 단면의 영상을 얻게 되면 이를 OpenGL 상의 건물 프레임 모델에 맵핑한다. 이로서 임의의 위치에서 입력된 건물의 영상은 3D 지리 공간상에 보다 실제적으로 표현할 수 있다.



[그림 9] Texture 맵핑 결과

4. 구현 및 실험

본 논문에서는 제안한 지리 모델링 시스템을 1:1000 부산광역시 도엽번호 359131361인 부산시 남구 용당동을 대상 지역으로 하여 실험하였다. 호스트 컴퓨터는 PentiumIII의 PC로 하였으며 VisualC++ 기반의 OpenGL library를 이용하였다. 먼저 등고선 데이터로부터 사분면 가중 평균을 이용한 DEM과 TIN으로 모델링한 변환한 결과는 [그림 10]과 같은데 (a)는 DEM이며 (b)는 TIN 결과이다. [그림 11]은 각 건물의 영상을 입력하고 카메라의 위치와 건물의 높이를 추정 후 건물 모델의 프레임임을 형성하고, 건물의 단면을 추출한 후 건물 모델에 대해 texture mapping한 결과이다. 실험한 결과 건물의 모양이 실제 공간에 가깝게 변환되었으며, 회전·확대·이동을 하는 렌더링 과정이 실시간으로



(a)



(b)

[그림 10] 지형을 표현한 3D 지리 공간
(a) DEM, (b) TIN



[그림 11] 건물에 대해 texture 맵핑을 실시한 3D 지리 공간

이루어지고 사용자가 실제 환경과 비슷한 인지효과를 얻을 수 있었다.

5. 결 론

본 논문에서는 GIS 데이터의 표준으로

사용되고 있는 수치지도와 임의의 위치에서 입력된 건물의 영상을 이용하여 3D 지리공간을 자동으로 구성하는 지리 모델링 시스템을 제안하였다. DXF 포맷의 수치지도로부터 건물 객체의 수치 데이터 값을 얻은 다음, OpenGL을 이용하여 지형 영역을 TIN과 DEM으로 표현하였다. 수치

지도 상에는 한 도시공간의 수치지도에 존재하는 건물의 높이 데이터는 없으므로, 실제공간과 보다 유사한 지리 공간을 구성하기 위하여 건물의 실영상으로부터 건물의 단면 영상을 얻고 카메라의 위치와 건물 높이를 추정하여 건물의 프레임을 형성한 후, 단면 영상을 texture mapping 하여 실제 공간에 가까운 3D 지리공간을 구성하였다. 제안한 지리 모델링 시스템을 실제 지역에 적용한 결과 지금까지 수작업에 의존하던 모델링 작업을 자동적으로 처리할 수 있음을 보였다.

앞으로 보다 다양한 환경에 대한 온라인 지리 공간 구성 분야 및 효율적 GIS 데이터 베이스 구성 등에 대한 연구가 이루어져야한다. 제안한 시스템은 도시 현황 파악, 도시계획, 경관분석 무인 이동차 등의 서비스에 응용할 수 있을 것이다.

참고문헌

- 강창훈·안현식, 2003, “수직선 특징을 이용한 이동 로봇의 자기위치 추정”, 제어·자동화·시스템공학논문지, VOL. 9, NO. 11, pp. 922-927.
- 김계현, 1998, GIS 개론, 대영사.
- 김태훈·강인준·이준석·홍순현, 2000, “수치지도를 이용한 3차원 도로노선결정”, 2000 학술발표회 논문집, 대한토목학회, pp.201-207.
- 박기석, 1995, GIS 지리정보시스템, 동서출판.
- 최현·강인준·이병걸, 2001, “3차원 지형공간 정보체계를 이용한 도로 설계 시뮬레이션”, 대한토목학회논문집, Vol. 21, No. 2-D, pp.201-207.
- Hawkins, 2001, Astle, OpenGL Game Programming, 정보문화사.
- David V.Pullar·Margo E.Tidey, 2001, “Coupling 3D visualisation to qualitative assessment of built environment designs”, Landscape And Urban Planning, Vol. 55, pp.29-40.
- G. W. Wolberg, 1990, Digital Image Warping, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, Calif.
- Rick Germs·Gert Van Maren·Edward Verbree, 1999, Frederik W.Jansen, “Virtual Reality & 3D GIS: A multi-view VR interface for 3D GIS,” Computers & Graphics. Vol. 23, pp.497-506.
- Richard S. Wright, JR. Michael Sweet, 1997, OpenGL Super Bible, Wait Group Press.
- 국립지리원, <http://www.ngi.go.kr/>