

명암비와 3차원 좌표를 이용한 3차원 기하도형 생성

신성식^{0†}, 권오봉[†], 송주환^{††}

[†]전북대학교 컴퓨터정보학과

^{††}전주대학교 교양학부

gshinnom@gmail.com^{0†}, obgwun@chonbuk.ac.kr[†], jwsong@jj.ac.kr^{††}

Reconstruction of 3D Geometry Using Contrast Ratio and 3D Point

Sungsik Shin^{0†}, Oubong Gwun[†], Juwhan Song^{††}

[†]Dept. of Computer Information, Chonbuk National University

^{††}School of Liberal Arts Jeonju University

요 약

그래픽 시스템은 대부분 3D로 바뀌어 가고 있으며, 점차 그 비중이 더해 가고 있다. 하지만 3D 기하도형을 직접 제작하는 일은 많은 시간과 노력을 필요로 하기 때문에 현재, 2D 이미지의 정보를 추출하여 3D 기하도형을 생성하는 연구가 활발히 이루어 지고 있다. 본 논문에서 2D 이미지의 명암비 정보와 사용자가 입력하는 3D 포인트 정보를 이용하여 3D 기하도형을 생성하는 방법에 대하여 제시한다.

1. 서 론

불과 수 년 전까지만 해도 게임과 그래픽산업등에서 사용되어지는 그래픽요소는 2D 그래픽이 주를 이루어 왔지만 보다 현실적이고 세미한 표현과 다양한 요구에 따라 3D 그래픽이 일반화 되었다.

3D 그래픽은 2D 그래픽에 비하여 보다 많은 정보를 포함하고 표현하며 효율적이지만 그만큼 2D 그래픽보다 제작하는 방법이 어렵고 많은 시간을 소요하게 된다. 보다 편리하게 3D 그래픽을 생성하기 위한 도구들이 많이 나오고 있지만 실제 제작 시간의 단축은 미비하다.

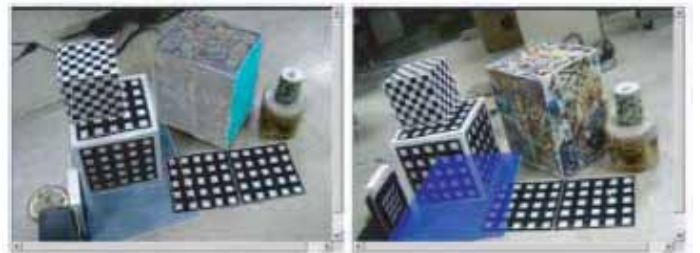
이러한 점을 보완하기 위해 현재 2D 이미지, 사진을 이용하여 3D 그래픽을 생성하는 연구가 활발히 이루어 지고 있고, 여러가지 방법들이 제시 되어 왔다. 하지만 사용자의 입력부분이 많아 효율성이 떨어진다.

본 논문에서는 이러한 점을 보완 사용자가 입력하는 정보를 최소화하고 3D 기하도형을 생성하는데 필요한 정보를 추출, 3D 기하도형을 생성하는 방법에 대하여 제시한다.

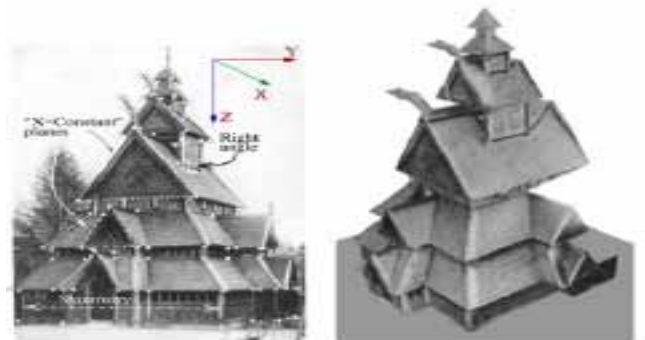
2. 관련연구

2D 이미지가 가진 정보를 이용하여 3D 기하도형을 생성하는 방법은 크게 모델기반과 제약기반 두 가지가 있다. 모델기반 방법[8,11,13]은 CAD 시스템과 같이 어떠한 정의된 모델을 기반으로 하여 속성등을 변경해 3D 기하도형을 생성하는 방법이다. 제약기반 방법은

모델기반 방법과는 다르게 특별한 한계가 존재하지 않는다. 제약기반 방법에는 기하도형 속성을 자동으로 찾는 방법[5,9,10,18]과 사용자로부터 정보 입력을 받는 방법[1,2,7,15,17]이 있다. 또, 3D 포인트[2,3]를 사용하기도 한다. 하지만, 대부분의 경우 평면, 직선, 각도 평행정보를 이용한다.[2,4,6,12,14,15,16,17]



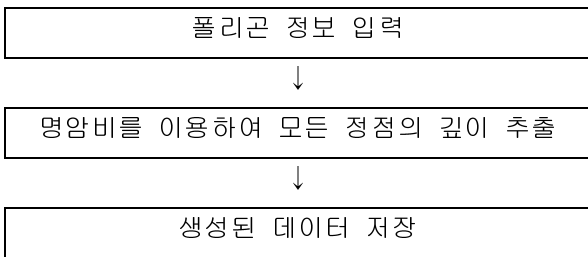
<그림 1. 모델기반 방법>



<그림 2. 제약기반 방법>

3. 본 론

본 논문에서는 기존에 연구되었던 3D 기하도형 생성 방법보다 사용자가 직접 입력해야 하는 부분을 최소화하고 정확한 결과를 추출하는 방법을 제안한다. 이 방법은 2D 이미지의 명암의 차이를 이용하여 3D 기하도형의 표면을 이루는 각각의 평면에 대한 기울기(nomarl)를 구하고, 이를 이용하여 평면을 생성한다. 이를 처리하는 과정은 [그림 3]에 나타낸다.



<그림 3. 전체 처리 과정>

3.1. 전제조건

기존에 연구되었던 3D 기하도형 생성 방법보다 사용자의 입력 부분을 줄이고 정확도를 높이기 위하여 본 논문에서는 몇 가지 전제조건을 고려한다.

첫째, 3D 포인트로 생성된 면은 모두 평면으로 간주한다. 면이 곡면으로 생성될 경우 곡면에 따른 보다 많은 사용자의 입력이 필요하므로 모든 면을 평면으로 간주한다.

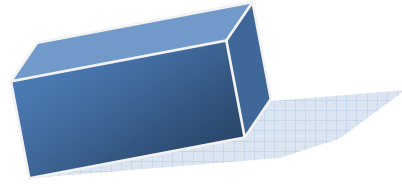
둘째, 모든 면은 같은 재질로 이루어져 있으며 별도의 무늬가 존재하지 않는다. 명암비를 이용하여 처리계산할 때 복잡한 연산을 배제하기 위하여 별도의 무늬가 존재하지 않은 순수 기하도형 속성과 빛의 명암비만으로 이루어진 면으로 한정한다.

셋째, 카메라 시점에 대한 연산은 고려하지 않는다. 기존 논문들의 방법과 다르게 본 논문은 2D 이미지를 바라보는 시점 그대로 카메라시점으로 지정하여 별도의 연산을 처리하지 않는다.

넷째, 빛의 방향은 정면으로 고정한다. 빛의 방향에 따라 명암비 비율이 달라질 수 있기 때문에 카메라 시점과 동일한 방향으로 간주한다.

위 전제조건들은 보다 간단한 연산을 위한 것이며 추후 모든 고려사항을 제거하고 사용자의 입력부분을 생략하도록 처리할 예정이다.

기하도형을 생성할 2D 이미지는 위에서 제시한 전제조건을 만족하는 이미지를 선택한다.



<그림 4. 계산된 샘플 이미지>

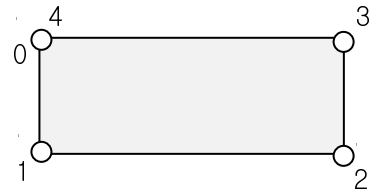
3.2. 사용자 입력 (폴리곤 정보 입력)

3D 기하도형을 생성하기 위하여 사용자는 최소한의 데이터를 입력한다. 사용자는 3D 포인트와 명암비에 따라서 적용시킬 z값의 비율을 입력한다. 다음은 3D 포인트 입력방법이다.

첫째, 3D 포인트는 시계 반대방향으로 순서대로 입력한다. 하나의 면을 생성하도록 입력하며 모든 면에 대하여 동일한 처리를 한다.

둘째, 시작 포인트와 끝 포인트는 동일한 영역을 입력한다. 시작 포인트와 끝 포인트를 통하여 하나의 면을 생성하게 된다. 마지막 끝 포인트는 별도로 저장하지 않는다.

위의 과정 중에 다른 면을 생성할 시 사용했던 포인트와 같은 포인트를 사용할 시에 별도로 저장하지 않고 이미 생성된 포인트를 사용한다.



<그림 5. 포인트 입력순서>

명암비에 따른 z값 비율은 0에서 1사이의 실수 값을 입력하며 기본 값은 0.5로 설정한다. 이 값에 의하여 실제 생성될 기하도형의 최종 결과가 결정된다.

3.3. 명암비를 이용한 z값 추출

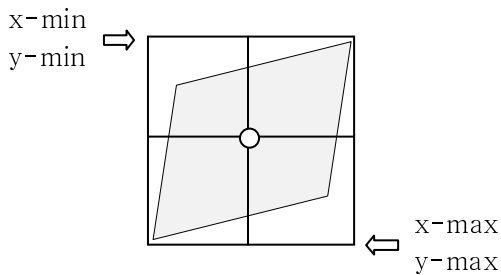
입력된 폴리곤 정보는 2차원 좌표로 (x, y)형태를 가지게 된다. 우리는 3차원 좌표를 생성하기 위하여 입력된 폴리곤 정보를 (x, y, 0)의 3차원 형태로 저장하고 사용한다. 다음은 z값을 구하는 과정을 설명한다.

포인트에 z값 정보를 삽입하기 위하여 이미지상의 명암비를 이용하여 계산한다. 모든 면에 대하여 연산이 이루어져야 하며, z값을 추출하기 위한 방법은 총 5가지 단계로 이루어진다.

- ① 각 x, y의 최소값과 최대값을 찾아 사각 영역을 추출한다.

- ②각 영역에서 이미지가 포함된 영역의 명암비 값을 구한다.
- ③사각 영역의 정점에 각 영역에서 구한 명암비 정보를 두어 그 차이에 따른 회전을 한다.
- ④회전 한 면에 해당하는 포인트의 x, y위치에 따른 z값 정보를 삽입 한다.
- ⑤각 면에 대하여 중복된 포인트 정보를 가지고 있으면 보간하여 최종 기하도형을 생성 한다.

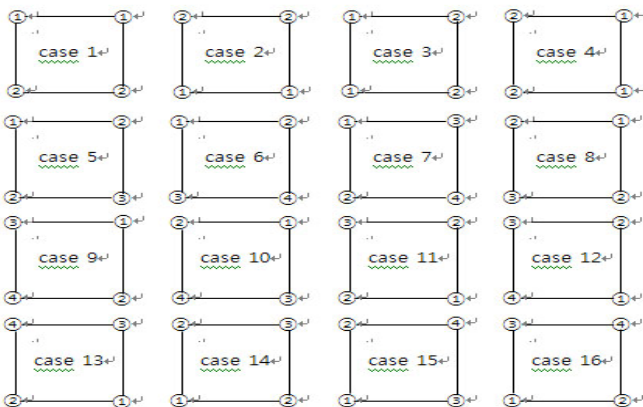
①단계에서 한 면을 이루는 모든 포인트의 x, y값 중에 최소, 최대값을 추출하여 하나의 사각 영역을 생성한 후, 중심 값을 찾아 4개의 영역으로 분리 한다.



<그림 6. 사각영역 추출 및 분리>

②단계에서는 ①단계에서 분리된 각 영역에서 이미지가 포함된 비율에 따라 명암비 값을 구한다. 연산시 배경을 제외한 이미지 영역만을 통하여 계산하며 이미지 영역의 크기가 서로 다른 경우 비율을 계산하여 동일 면적당 명암비 값을 구한다. 연산되어진 명암비 값에 마지막으로 사용자가 입력한 명암비 반영 비율을 곱하여 최종 값을 추출 한다.

③단계에서 구해진 최종 명암비 값을 각 사각영역의 각 모서리에 대입하고 그 값의 차이에 의해 Z축으로 각 모서리를 이동 회전 한다. 회전하는 경우의 수는 면을 기준으로 하기 때문에 총 6가지 패턴이 있으며 모든 케이스를 나열하면 17가지 방법이 있다.



* 정점의 숫자가 작을수록 앞 쪽에 위치
<그림 7. 모든 정점이 같을 때를 제외한 모든 경우>

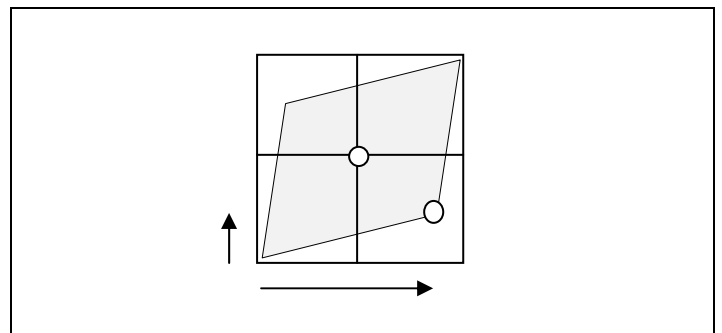
모든 정점의 명암이 모두 다르고, 4개의 정점의 명암을 높은 값부터 낮은 값의 순서로 정렬했을 때 최대 값을 갖는 정점을 v1, 그 다음 값을 갖는 정점을 v2, 다음은 v3, v4의 순서로 정의하면 다음과 같은 공식이 성립된다.

$$I(v1)-I(v4) = (I(v1)-I(v2)) + (I(v2)-I(v3)) + (I(v3)-I(v4))$$

<수식 1. 정점의 관계 수식>

여기서 I(v)는 정점 v의 명암을 의미한다. 최저 값과 최고 값의 차는 각 정점과 하위 정점의 차이 값을 모두 더한 값과 같다.

④단계에서 하나의 면을 이루는 모든 포인트에 z값 정보를 계산하게 된다. 앞에서 구해진 사각영역의 값들과 포인트와의 거리정보를 통하여 보간 z값을 최종 추출하게 된다.



<그림 8. z값 계산 방법>

마지막 ⑤단계에서 중복되는 포인트들은 보간하여 수치를 계산 한다. 면을 이루는 포인트 중에 이미 연산되어진 포인트가 있으면, 이미 계산되어진 값과 새로 계산 되어진 값의 차이 수치를 같은 면을 이루는 포인트에 연산 한다.

단, 2개 이상의 연산 된 포인트가 있을 경우 인덱스가 빠른 포인트를 가지고 한 번의 연산 만을 실행 한다.

최종 저장 되어 있는 포인트의 정보와 면의 정보를 조합하여 2D 이미지상의 카메라 좌표 시점으로 3D 기하도형을 생성 한다.

3.4 데이터 저장

데이터는 3D 포인트와 면의 정보를 저장한다. 각 포인트는 포인트의 인덱스정보와 x, y, z정보를 가지고 있으며 x, y의 정보가 같은 위치의 포인트는 존재하지 않는다. 먼저 생성된 포인트가 빠른 인덱스 번호를 갖고 처음 생성 시 2D 좌표에 따라 x, y의 값이 결정된다. z값은 기본으로 0으로 설정하고 앞 단계에서 명암비를 가지고 계산하여 나온 값을 가지고 설정하게 된다.

```
Point 0 : index - 0, value - (x0, y0, z0)
Point 1 : index - 1, value - (x1, y1, z1)
Point 2 : index - 2, value - (x2, y2, z2)
...
Point n : index - n, value - (xn, yn, zn)
```

<그림 9. 포인트 정보>

각 면 또한 인덱스 정보를 가지며 n개의 포인트 인덱스 정보를 가지게 된다. 포인트 인덱스 정보는 사용자가 입력한 순서에 하나의 면을 이루도록 정의 된다.

```
Plane 0 : index - 0, value - pi0,pi2,...,pin
Plane 1 : index - 1, value - pi0,pi2,...,pin
Plane 2 : index - 2, value - pi0,pi2,...,pin
...
Plane n : index - n, value - pi0,pi2,...,pin
```

<그림 10. 면의 정보>

다음과 같은 데이터를 토대로 하여 다음과 같은 형식을 가지는 OFF[19]파일 형태로 저장한다.

```
OFF
127 226 0
0.103285 0.208926 0.0687469
...
0.213001 0.176768 0.689216
3 97 98 99
...
3 98 101 102
```

<그림 11. OFF파일 포맷>

4. 결 론

사용자의 3D 그래픽 요구에 대응하기 위하여 빠른 제작 방법에 대한 연구가 계속해서 이루어지고 있다. 하지만 2D 그래픽에서 3D 그래픽을 생성하기 위한 정보추출을 위하여 사용자의 입력이 불가피 하며 사용자 입력 부분을 최소화 하도록 해야 한다. 본 논문에서 제시한 방법은 사용자 입력을 최소화 하였지만 사용자 입력 부분을 최소화 하기 위하여 카메라 시점 고정, 빛의 위치 고정등 여러 가지 고려사항이 추가 되었다. 향후 연구로는 이러한 고려사항에 대하여 해결하고 사용자의 입력을 없애도록 노력한다. 또한, 보다 복잡한

3D 그래픽을 생성할 수 있도록 보다 체계화 된 데이터 연산방법을 연구할 예정이다.

5. 참고문헌

[1]A. Bartoli, P. Sturm, Constrained structure and motion from multiple uncalibrated views of a piecewise scene, *Int. J. Comput. Vis.* 52 (1) (2003) 45-64.

[2]D. Bondyfalat, S. Bougnoux, Imposing Euclidean constraint during self-calibration processes, in: *3D Structure from Multiple Images of Large-scale Environments*, ECCV Workshop, Freiburg, Germany, 1998, pp. 224-235.

[3]D. Bondyfalat, B. Mourrain, T. Papadopoulo, An application of automatic theorem proving in computer vision, in: *Automated Deduction in Geometry*, 1998, pp. 207-231.

[4]B. Boufama, R. Mohr, F. Veillon, Euclidean constraints for uncalibrated reconstruction, in: *Intl. Conf. on Computer Vision*, Berlin, Germany, 1993, pp. 446-470

[5]H. Cantzler, R. Fisher, M. Devy, Improving architectural 3D reconstruction by plane and edge constraining, in: *British Machine Vision Conf.*, 2002, pp. 43-52

[6]A. Criminisi, Accurate visual metrology from single and multiple uncalibrated images, PhD thesism University of Oxford, 1999.

[7]A. Criminisi, I. Reid, A. Zisserman, Single view metrology, In: *Intl. Conf. Computer Vision*, Corfu, Greece, pp. 434-441.

[8]P. Debevec, C. Taylor, J. Malik, Modeling and Rendering Architecture from Photographs: A hybrid geometry- and image-based approach, Technical Report CSD/96-893, University of California at Berkeley, 1996.

[9] A. Dick, S. Ruffle, R. Cipolla, Automatic 3D modelling of architecture, in: *British Machine Vision Conf.*, 2000, pp. 372-381.

[10]A. Dick, P. Torr, S. Ruffle, R. Cipolla, Combining single-view reconstruction and multiview stereo for architectural scenes, in: *Intl. Conf. On Computer Vision 2001*, 2001, pp. 268-274

[11]D. Jelinek, C.J. Taylor, Reconstruction of linearly parameterized models from single images with a camera of unknown focal length, *IEEE Trans. Pattern Recognit. Mach. Intell.* 23 (7)(2001) 767-774.

[12]D. Liebowitz, A. Criminisi, A. Zisserman, Creating architectural models from images, in: *EuroGraph-*

- ics, 1999, pp. 39–50.
- [13]D.G Lowe, Fitting parameterized three-dimensional models to images, IEEE Trans. Pattern Recognit. Mach. Intell. 14 (5)(1991) 441–450.
- [14]D. Robertson, R.Cipolla, An Interactive system for constraint-based modeling, in: British Machine Vision Conf., 2000, pp. 536–545.
- [15]H. Shum, M. Han, R. Szeliski, Interactive construction of 3D models from panoramic mosaics, in: IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, 1998, pp. 427–433.
- [16]G. Sparr, Euclidean and affine structure/motion for uncalibrated cameras from affine shape and subsidiary information, in: 3D Structure from Multiple Images of Large-scale Environments, ECCV Workshop, Freiburg, Germany, 1998, pp.187–207.
- [17]P.F. Sturm, S.J. Maybank, A method for interactive 3D reconstruction of piecewise planar objects from single views, in: British Machine Vision Conf., 1999, pp. 265–274.
- [18]M. Zucchelli, J. Santos-Victor, H. Christensen, Multiple plane segmentation using optical flow, in: British Machine Vision Conf., 2002, pp. 313–322.
- [19]P. Shilane, P. Min, M. Kazhdan, T. Funkhouser, "The Princeton Shape Benchmark", Proceedings-Shape Modeling International SMI 2004, pp. 167–178, 2004