

기하학적 제약을 이용한 영상기반 모델링 기법

김동환*, 서상현*, 윤경현**

*중앙대학교 첨단영상전문대학원 영상공학과

*중앙대학교 첨단영상전문대학원 영상공학과

**중앙대학교 공과대학 컴퓨터공학과 교수

{cgkdh, ddipdduk, khyoon}@cglab.cse.cau.ac.kr

Image Based Modeling Method Use to Geometric Constraint

Dong-Hwan Kim, Sang-Hyun Seo, Kyung-Hyun Yoon

Dept. of Image Engineering

Graduate School of Advanced Imaging Science, Multimedia, and Film

Chung-Ang University

요약

본 논문에서는 영상기반 모델링에서 3차원의 기하학적 제약을 이용한 모델링을 다루고 있다. 기존에 이러한 연구가 많이 진행되어져 왔으나, 여기에서는 새로운 방법에 의한 모델링을 시도하였다. 이러한 접근 방법은 이해하기가 쉽고, 편리하며, 간단한 모델링에 적용이 용이하다. 또한, 영상평면 정보와 3차원의 정보를 가지고 있기 때문에 기존의 3차원 복원 이론과 혼합하여 적용할 수 있다.

영상기반 모델링(IBM, Image Based Modeling)의 핵심은 2차원 영상에서 사라진 깊이 정보를 어떻게 찾는가에 있다. 기존에는 3차원 복원을 위하여 투영된 영상평면의 점을 이용하거나, 이미지 상에서의 소실 점을 찾거나, 2차원의 벡터와 3차원의 공간 좌표의 특정한 평면에 놓여있는 벡터와의 관계를 이용하여 깊이 정보를 복원하였다. 이러한 접근 방법은 사용자가 선택한 2차원 좌표로부터 3차원 좌표를 구하는 것이다.

본 논문에서는 기존의 방법과 다르게 3차원 원시 기하모델의 제약을 이용하여 사용자가 3차원 원시 기하모델을 2차원 영상에 투영하고, 그 정보를 이용하여 영상의 3차원 정보를 찾아 나가는 방법을 소개한다. 또한, 선형적인 최적화 기능을 넣어 근사 모델을 구하였다.

1. 서론

영상기반 모델링과 렌더링(IBM, Image Based Modeling and Rendering) 분야는 실시간의 제약을 갖는 기존의 컴퓨터 그래픽스 시스템의 대안으로 많은 연구가 진행되어져 왔다. 이러한 연구는 컴퓨터그래픽스에서 3차원 원시기하모델을 사용하는데 반하여 2차원 이미지를 이용하며, 3차원을 복원하기 위해 스테레오나 사영기하학과 같은 기존의 영상 처리에서 사용하던 수학적인 이론을 배경으로 연구가 진행되어져 왔다.

영상기반 모델링의 핵심은 2차원 영상에서 사라진 한 차원의 정보를 어떻게 찾는가에 있으며, 3차원으로의 복원을 위하여 2차원의 매칭 점을 이용하거나, 이미지 상에서의 소실 점을 찾거나, 2차원의 벡터와 3차원 월드 좌표(World Coordinate)의 특정한 평면에 놓여있는 벡터와의 관계를 이용하여 잃었던 차위를 회복하였다. 이러한 접근 방법은 사용자가 선택한 2차원 좌표로부터 깊이 값을 포함한 3차원 좌표를 구하는 것이다.

본 논문에서는 기존의 방법과 다르게 사용자가 미리 정의

한 3차원 원시기하모델(Primitive)을 2차원에 투영한 후 정의된 원시기하모델의 제약 사항을 이용하여 3차원 정보를 찾아내는 방법을 소개한다. 이러한 모델링 방법에 선형적인 방법을 적용하고, 간단한 최적화 기능을 넣어 근사 모델을 구하였다. 본 논문의 접근 방법은 2차원의 벡터와 3차원 벡터의 관계를 이용하는 방법과 유사하나 개념과 수식에서 그의 적용에 많은 차이가 있다. 본 논문에서 소개하고 있는 접근 방법은 이해하기가 쉬우며, 간단한 모델링에 적용이 용이하고, 컴퓨터그래픽스 시스템이나 가상환경 시스템에 적용이 용의하다. 또한, 2차원과 3차원의 정보를 가지고 있기 때문에 기존의 3차원 복원의 이론과 혼합하여 적용할 수 있다.

2. 관련연구

기존의 영상기반 모델링과 렌더링의 연구 중 Taylor는 1995년 움직이는 카메라로부터 얻어지는 영상 데이터를 사용하여 직선으로 구성된 장면의 3차원 구조를 복원하는 방법을 소개했다.[1] Malik은 같은 곳을 바라보는 다른 위치

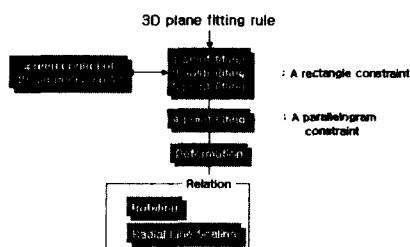
에 두 개의 영상 이미지로 그것의 사실성을 나타내기 위한 대략적인 기하모델을 결정하는 방법을 발표했다. Debevec은 이들의 논문과 본인의 임의의 위치에 대한 렌더링을 위하여 가중치를 이용하여 바라보는 위치에 의존적인 혼합시스템 접근 구조를 1996년에 발표하였다.[2] 이러한 모델링은 기하모델에 국한된 것이나 곡선에 대해서도 편리한 방법에 의해 근사 모델링이 가능할 수 있다. 또한, Horry는 소실점을 이용하여 한 장의 영상으로 동영상을 수행하는 방법을 소개하고 있다.[3] David Liebowitz는 한 장 이상의 제한된 이미지로부터 3차원을 복원하는 방법을 소개하고 있다. 이 방법은 사영기하학의 이론을 배경으로 하고, 기하학적 관계의 제약을 이용하였다.[4]

3. 기하학적 제약을 이용한 영상기반 모델링 기법

기하학적인 제약을 이용한 영상기반 모델링 기술의 기본은 점을 이용하는 것이다. 점이나 선의 기하학적 제약을 이용하여 기하를 모델링 하는 방법은 소개된 바 있다. 여기에서는 평면을 기본 단위로 한 기하학적인 제약을 이용하였다. 하지만 삼각형이나 기타 도형에 대해서도 제약을 이용하여 유사한 방법으로 적용이 가능하다. 이렇게 도형을 기본 단위로 적용하는 방법은 확장성에서는 점이나 선을 이용하는 방법보다 뛰어질 수 있으나 단순한 모델링에 편리하게 적용 가능하다. 단순 도형을 이용한 모델링에 정밀성을 더하기 위해 각 평면에 대한 모델에 기반 한 스테레오(Model Based Stereo)와 같은 방법을 추가할 수 있다.[2]

3.1 시스템 구성

화면 좌표계에서 마우스를 이용하여 3차원의 물체를 움직이는 것은 그래픽스나 가상환경 같은 시스템에 유용하다.



[그림 1] 시스템 흐름도

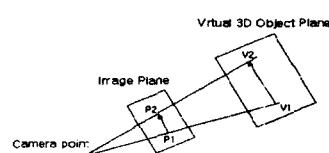
공간상의 평행 사변형은 3의 자유도를 갖는다. 이것은 3개의 제약이 존재하면 공간상에 존재하는 유일한 평행 사변형을 만들 수 있다는 것과 같다. 공간상의 3차원 기하 모델은 2차원 스크린 좌표계 상에서 깊이 값을 복원하기 위해서는 닮은꼴의 모델링이 필요하다. 모델링이 된 이후에 하나의 실제 길이를 넣어 비례에 의해 각각의 길이 값을 얻을 수 있다.

공간상에 존재하는 평행 사변형을 2차원 상에서 [그림 1]과 같은 시스템 순서도와 같은 방법을 적용하게되면 공간

상의 평면을 고정할 수 있다.

[그림 1]과 같은 시스템 흐름은 공간상의 평면을 화면 좌표계에서 마우스를 이용하여 한 점씩 고정시키는 과정을 보여주고 있다. 이렇게 고정시키게 되면, 평면의 방향은 카메라에서 찍은 방향과 일치하게 되나 깊이 정보가 틀리게 된다. 그래서 각 평면의 법선 벡터에 의한 정규화를 수행하고, 각각의 프리미티브간의 관계를 이용하여 3차원 구조를 만들어가게 된다.

3.2 3차원 가상 평면을 이용한 영상 평면상의 점 이동



[그림 2] 영상 좌표계에서 월드 좌표계 변환

$$p1 - p2: v2 - v1 = p3 - p1: v3 - v1 \text{ [식 1]}$$

[그림 2]는 영상 좌표계에서 월드 좌표계간에 평행한 가상의 평면을 이용하는 방법을 보이고 있다. 한 점을 화면에서 제어하는 것은 영상 평면과 평행한 가상의 3차원 평면상에서 이동한다고 가정하면, [수식 1]과 같이 간단한 비례식을 이용하여 해결할 수 있다.

3.3 평면 고정의 규칙

맵핑하고자 하는 이미지를 이용하여 제약조건을 하나씩 주려 가면서 평행사변형의 모델과 이미지상의 직사각형을 일치시킬 수 있다. 이와 같은 방법은 앞서 설명한 것과 같이 마우스를 이용하여 공간상의 기하모델을 화면상의 영상과 일치시키는 작업에 의한 모델링이다.

다음은 우리가 정한 제약을 주려 가는 방법과 평행사변형의 오차를 줄이기 위한 보정의 과정을 보이고 있다.

3.3.1 첫 번째 점의 고정 : [식 1]에 의해 각 점을 이동시킨다.



[그림 3] 한 점의 고정

OpenGL 상에서 3차원의 점은 스크린에 맷하게 되고 마우스를 이용하여 스크린상의 한 점을 이동하게 되면, 나머지의 점도 같은 식에 의해서 이동 변환하게 된다.[6]

[그림 3] 직사각형의 성질은 유지된다.

3.3.2 두 번째 점의 고정 : 움직이는 점은 [식 1]에 의해 움직이며, 움직이는 점의 대각에 위치한 점이 제약을 만족하도록 설정한다.



[그림 4] 두 번째 점의 고정

두 번째 점의 이동은 먼저 고정된 점을 기준으로 하여 회전 이동과 같은 방법으로 변환 이동한다.

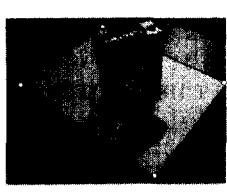
[그림 4] 직사각형의 성질은 유지된다.



[그림 5] 세 번째 점의 고정

세 번째 점의 이동은 두 점을 고정시킨 후 세 번째 점의 x,y,z 를 변수로 하여 변환 이동한다.

[그림 5] 직사각형의 성질은 유지된다.

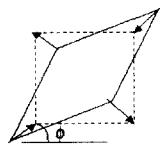


[그림 6] 네 번째 점의 고정

세 점이 고정된 상태에서 네 번째 점의 고정은 각 점의 깊이 값을 변수로 하여 평행사변형에 일치시킨다. 화면상에서는 각 점이 고정된 상태로 보이나 실제 상에서의 각 점은 깊이 값이 변하게 된다.

[그림 6] 평행사변형의 성질만 유지된다.

3.3.5 직사각형으로의 변형

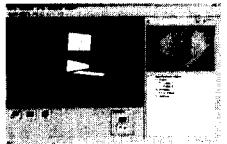


[그림 7] 직사각형 복원

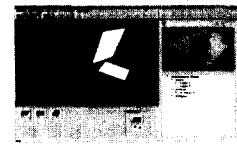
3.3.4에서 소개한 대로 3차원 직사각형에 네 점을 고정했을 경우, 평행사변형에 일치하게 되는데 근접한 점을 일치시키게 되면 직사각형과 비슷하게 된다.

화면상의 점을 이동하여 최소의 에러를 갖는 직사각형을 만들어야 한다. [그림 7]와 같이 대각선의 중심을 일치시키는 선형적인 방법에 의해 직사각형을 만들었다.[5]

3.4 관계설정



[그림 8] 관계설정 이전의 모델링



[그림 9] 관계설정 이후의 모델링

모델이 상기한 방법에 의해 매핑이 되면 각각의 평면은 카메라에서 바라보는 영상의 평면과 매칭되는 유일한 평면임에 틀림이 없다.

그러나 여러 경우의 오류가 존재한다. 예를 들어 화면상에서 영상을 보고 찍은 점에 근거하기 때문에 각도의 오차가 발생하게 된다. [그림 8]은 관계 설정 이전의 모델링이다.

또한, 한 점을 고정시킬 때 어떠한 관계에 근거하지 않으므로 초점을 지나가는 선(Radial Line)상의 깊이 정보가 실제의 모델과 다르게 된다. 우리는 이러한 에러를 보정하기 위해 평면 벡터의 평균에 의한 회전과 초점을 지나가는 선을 확대하여 수행하였다.

평면 벡터의 평균에 의한 회전은 각 원시 기하 모델의 지역 좌표 계를 평균값에 의해 일치시킴으로써 보이는 각의 오차를 보정할 수 있게 된다. 평면 벡터의 평균에 의한 회전을 수행하게 되면 각은 보정이 되나 깊이 값이 일치하지 않는다. 깊이 값의 보정은 기본적인 평면의 깊이 값에 각각의 기하모델을 일치시키는 과정에 의해 모델링을 수행하게 된다. [그림 9]는 관계설정 이후의 모델링 결과이다.

4. 결과 및 향후 과제

본문에서 소개한 기하학적 제약을 이용한 방법은 이해하기가 쉽고, 편리하며, 간단한 모델링에 용의하다. 앞으로의 진행은 평면을 고정시키는 과정에 카메라의 초점 길이를 넣어 변형(Deformation)과정을 수행하지 않고 직사각형에 일치할 수 있게 할 것이다. 다양한 관계설정은 기하모델의 정밀성을 더하게 될 것이다. 또한, 기하 모델의 비 선형적인 방법에 최적화 기능을 넣어 모델링의 정밀성을 더할 것이다.

5. 참고문헌

- [1] Camillo J.Taylor and David J.Kriegman. "Structure and motion from line segments in multiple images." IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., 17(11), November 1995.
- [2] Paul E. Debevec, Camillo J. Taylor, Jitendra Malik, "Modeling and Rendering Architecture from Photographs: A hybrid geometry-and image-based approach", In SIGGRAPH '96, 1996.
- [3] Y. Horry, K. Anjyo, and K. Arai. "Tour into the picture": Using a spidery mesh interface to make animation from a single image. In SIGGRAPH '97, 1997
- [4] David Liebowitz, Antonio Criminisi and Andrew Zisserman, "Creating Architectural Models from Images", In EUROGRAPHICS, 1999
- [5] Olivier Faugeras. Three-Dimensional Computer Vision. MIT Press, 1993
- [6] James D. Foley, Andries van Dam, Feiner, Hughes. "Computer Graphics", ADDISON WESLEY press 1997.