

소실점을 이용한 구형 영상기반 가상환경 내 물체의 3차원 운동

김치환⁰ 김대원 정순기
경북대학교 컴퓨터 공학과 가상현실연구실
(chkim, dwkim)@vr.knu.ac.kr, skjung@knu.ac.kr

3D Motion Of Objects In A Spherical Image-based Virtual Environment Using Vanishing Points

Chi Hwan Kim⁰ Dae Won Kim and Soon Ki Jung
Dept. of Computer Engineering, Kyungpook National University

요 약

본 논문은 구형 영상기반 가상환경에서 하나의 시점 영상 내에 포함되어 있는 임의의 물체를 모델링하여 3차원 운동이 가능한 시스템을 소개한다. 본 논문에서는 카메라 보정을 하지 않고, 물체에 대한 최소한의 기하학적 정보만을 이용하여 물체를 모델링하고, 모델링된 물체의 영상 기반 운동(image-based motion)의 가능성을 제시한다. 구현된 시스템은 구 환경에서의 하나의 시점 영상을 사영평면으로 간주하고 사용자에게 의해 입력된 선과 점으로 투영된 3차원 물체의 2차원 모양을 모델링한다. 그리고 소실점을 이용해서 모델링된 입방체의 3차원 운동을 다룬다.

1. 서 론

영상기반 렌더링의 대표적인 연구로서 참조 영상으로부터 새로운 시점에서의 영상을 생성하는 기법이 있다. 그러나 이 기법은 생성된 영상이 한 장면으로 제한되어 있고 3차원 정보가 2차원으로 기록되기 때문에 정보의 손실이 발생하는 단점을 가진다. 영상 내의 물체를 변환시키기 위해서는 영상에서 3차원 정보를 추출하여 이용하는 방법과 사영 기하(projective geometry) 이론을 이용하는 방법이 있다. 그 중에서 사영 기하 이론을 본 논문에서 사용하고 있으며 이 이론은 암시적으로 실공간에서 평행관계에 있는 직선들이 영상 내에서 만나는 소실점 및 소실선, 물체의 각 점들과의 관계를 통해서 얻어진 직관적인 3차원 정보를 이용하여 렌더링을 한다.

본 논문에서는 이러한 사영 기하 이론을 한 장의 영상에 적용하는 것이 아니라, 구형 영상 기반 가상환경에 적용한다. 구 파노라마 영상을 이용해서 구축된 가상환경 시스템은 전통적인 기하학 기반 가상환경의 실시간 렌더링이 가능하며 실제계의 환경으로부터 직접 영상을 얻기 때문에 간단한 계산만으로 현실감 있는 가상환경을 제공할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 구형 영상기반 가상환경에서 한 시점의 영상을 사영 기하 이론을 바탕으로 해서 영상 내 물체에 대한 3차원 정보를 추출하여 물체의 3차원 운동을 다루고 있는 시스템을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 논문과 관련된 연구를 살펴보고 3장에서는 구 환경과 구면 상에서의 소실점과 소실선 간의 관계를 살펴본다. 4장에서는 소실점과 소실선의 형성과 해석을 통해서 적용되는 물체의 모델링에 대하여 살펴본다. 아울러 한 시점의 영상 내에서 입방체로 정의되는 물체에 대한 이동 및 회전 변환 기법에 대해서 설명한다.

이 논문은 1999년도 한국학술진흥재단의 연구비에 의하여 지원되었음(KRF-99-041-E00294)

5장에서는 실험결과를, 6장에서는 결론 및 향후과제를 기술한다.

2. 관련연구

최근에 한 장의 영상에 나타나는 원근 정보를 이용해서 영상 내 물체의 이동 변환이 가능하도록 하는 연구가 진행되어오고 있다. 이러한 기법들은 사영 기하 이론을 바탕으로 영상 내에서 인지되는 물체의 2차원 모양과 실공간의 3차원 관계를 유추해 내는 것이 특징이다.

Horry[1] 등은 소실점을 이용하여 한 장의 영상에 나타나는 직관적인 원근 정보만을 이용해서 내부 사각형으로 된 3차원 공간을 만들고 시점을 중심으로 이동이 가능하도록 하는 “그림 속으로의 여행(Tour Into the Picture)” 시스템을 개발하였다. 그러나 장면 속에 소실점을 포함하는 뒷벽 평면을 정의함으로써 무한의 개념이 배제되었고 소실점이 하나인 경우에 대해서만 고려했기 때문에 이 방법은 소실점이 2개 이상인 영상에서는 적용할 수 없다는 단점이 있다.

Heuvel[2]은 한 영상에 존재하는 소실점을 추출하기 위해서 영상평면과 가우시안 구와의 관계를 설명하고 있다. 실공간 상에 있는 평행한 직선들은 영상의 한 점에서 만난다는 정보를 이용하여 구 상에서 두 개의 대원(great circle)을 이룬다는 것과 두 대원의 교차점이 직선들의 소실점이 되는 것을 밝혔다.

Kang[3]은 소실점의 집합인 소실선의 아래 부분은 무한히 뻗어 있는 지평면으로, 윗 부분은 지면 위의 공간으로 하여 3차원 공간을 구성하고, 영상을 전경 모델과 배경 모델로 미리 모델링한 후, 시점이 움직일 때마다 모델링된 물체를 렌더링하는 기법을 제안하였다. 이 기법은 렌더링 시 구성된 모델들의

연산은 3차원 상에서 이루어진다.

본 논문에서는 구형 영상 기반 가상환경에서 한 시점의 영상으로부터 얻을 수 있는 소실점과 소실선의 정보만을 이용하여 2차원 상에서 물체를 자유롭게 3차원 이동 및 회전 변환을 할 수 있도록 한다.

3. 구형 모델에서의 소실선

본 논문에서 사용되는 구 파노라믹 영상에서 한 점의 좌표값에 대한 구형 가상환경의 3차원 좌표(x,y,z)는 식(1)로부터 얻어진다. 식(1)에서 α 는 수평회전각을 β 는 수직회전각을 나타내며 r 은 반구경을 의미한다.

$$\begin{aligned} x &= r \cos(\beta) \sin(\alpha) \\ y &= r \sin(\beta) \\ z &= r \cos(\beta) \cos(\alpha) \end{aligned} \quad \text{식(1)}$$

영상 내에서 동일 직선 상에 있는 두 점들 식 (1)로부터 구 환경상의 3차원 점을 얻고 이 점들을 서로 연결하면 대원을 이룬다.

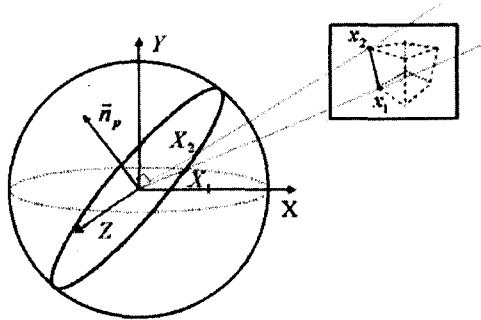


그림 1. 구 상의 대원

그림 1은 구 상의 두 점이 대원을 이루고 있음을 나타내며, \vec{n}_p 는 대원을 포함하는 평면의 법선 벡터이다. 이때, 구 영상에서의 평행한 두 직선은 구 상에서 두 개의 대원으로 나타나고, 두 개의 대원이 서로 만나는 교차점이 영상에서의 평행한 직선에 대한 소실점이 된다. 그리고 평행한 직선들이 구 환경상의 지평면과 평행하면 직선들의 소실점은 구 환경상의 적도에 해당하는 대원 상에 있게 되고, 하나의 시점 영상에서 지평면에 수직인 직선들은 구 환경 상에서 북극점과 남극점을 소실점으로 갖는다.

4. 한 시점의 영상 내 물체 3차원 이동

본 장에서는 하나의 시점 영상으로부터 물체의 3차원 이동의 기본 변환에 대해서 기술한다.

이를 위해서 영상 내의 물체에 대한 지역 좌표계를 설정하는데, 실공간 상에서 물체의 서로 직교하는 모서리의 무한대 점인 소실점을 이용함으로써 가능하다.

4.1 입방체 모델링

본 논문에서는 입방체를 모델링하기 위하여 영상으로부터 얻을 수 있는 최소한의 정보를 이용한다. 즉, 영상에서 구한 소실점들과 입방체의 꼭지점을 이루는 4개의 점 p_0 및 p_1 , p_2 , p_3 을 이용하면 그림 2에서 보인바와 같이 2차원 영상에서 입방체를 쉽게 모델링할 수 있다.

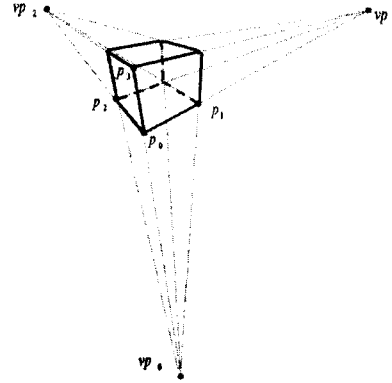


그림 2. 입방체 모델링

이렇게 영상에서 소실점과 입방체의 네 개의 점으로 입방체를 모델링하게 되면 모델링된 물체를 배경과 분리하여 배경 위에서 이동 및 회전 변환이 가능하다.

4.2 3차원 기본 변환(3D Primitive Transform)

본 절에서는 소실점을 이용해서 영상으로부터 모델링된 각 물체들의 3차원 운동을 위한 이동 및 회전 변환을 정의한다.

4.2.1 이동 변환(Translation Transform)

영상에서 물체의 이동 변환은 물체의 기준점에서 각 축에 해당하는 소실점을 이용한다. 만약 3개의 소실점이 있을 경우, 각각의 소실점과 물체의 기준점을 잇는 축을 따라 이동 변환이 가능하다. 이는 물체가 각 축에 따라 이동을 해도 그 물체의 소실점의 위치는 변화하지 않기 때문이다. 이러한 이동 변환 T 라고 하면 물체의 각 점들은 식 (2)와 같이 크기와 방향을 가지면서 이동 변환한다.

$$T \approx d (sp - vp_{axis}) \quad \text{식 (2)}$$

여기서 d 는 이동변환의 크기에 관계되는 값이고, sp 는 이동 변환 시 기준이 되는 물체의 한 점이며, vp_{axis} 는 이동 방향에 해당하는 소실점이다.

4.2.2 회전 변환(Rotation Transform)

회전 변환은 하나의 소실점과 입방체의 중심을 잇는 축을 중

심으로 이루어지기 때문에, 소실점이 회전중심에 존재하지 않는 경우에는 소실선을 따라 이동한다. 따라서 회전중심에 있는 소실점을 제외한 나머지 두 소실점은 구 환경상의 적도인 대원을 따라 이동하게 된다.

회전변환 시 소실점의 이동 관계를 영상에서 표현하면 그림 3과 같다.

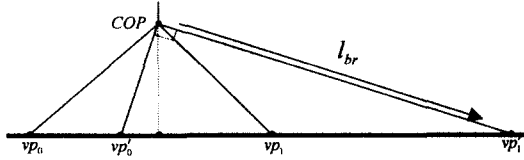


그림 3. 회전변환 시 영상 내에서의 소실점 이동

그림 3에서 보인 바와 같이, 물체의 회전 변환 시 소실점이 vp_0 에서 vp_1 로 바뀔 때, vp_1 는 vp_0 와 COP를 잇는 직교하는 직선 l_{br} 이 소실선과 만나는 점이다.

본 논문에서 제안하는 소실점을 구하는 방법은 카메라 보정이 필요 없고 점들의 3차원 좌표를 구하지 않아도 된다. 단지 모든 좌표는 2차원 상에서 계산되고 이 값들을 이용하여 렌더링할 수 있다. 구해진 소실점들과 기준점이 있으면 Pappus' theorem[4,5]을 이용하여 회전 후 입방체인 물체를 형성할 수 있다.

두 개의 소실점만 가지는 입방체의 경우 존재하지 않는 하나의 소실점은 영상 평면상에서 무한대에 있다. 하지만 무한대에 있는 소실점으로 향하는 직선들은 실공간에서와 마찬가지로 평행하다. 따라서 물체가 무한대에 있는 소실점을 회전축으로 하여 회전 변환될 때 입방체의 하단 평면과 상단 평면의 각 꼭지점들 간의 관계는 회전축에 평행한 직선 상에 존재한다는 성질을 이용하면 가능해진다. 그리고 한 개의 소실점만 존재하는 입방체의 경우에는 단지 z축에 대한 회전변환(rolling)만이 가능하다.

5. 실험결과

본 논문에서 제안한 시스템은 Pentium-III 700MHz의 CPU와 256MB 메모리를 가진 PC에서 Visual C++ 6.0으로 구현하였다. 그림 4의 초기 영상에서 구형 가상환경에서 항해하면서 원하는 입방체를 모델링하여 원하는 변환이 수행됨을 그림 5에서 확인할 수 있다.

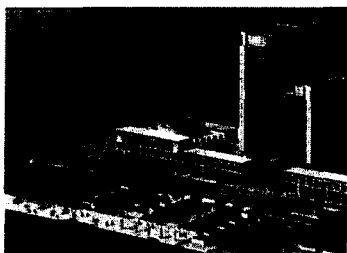
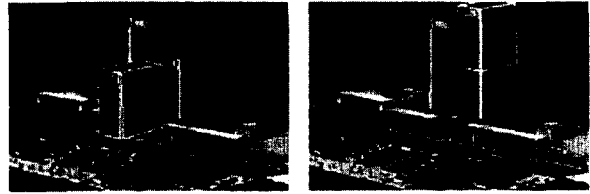
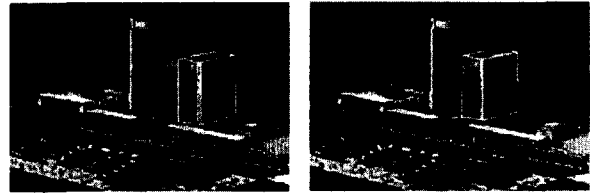


그림 4. 초기 영상



(a) X 방향 이동변환

(b) Y 방향 이동변환



(c) Z 방향 이동변환

(d) Y축 회전변환

그림 5. 물체의 3차원 운동

6. 결론 및 향후 과제

본 논문은 구형 영상기반 가상환경을 항해하면서 하나의 시점 영상에서 원하는 물체에 대한 소실점과 입방체를 모델링한 후 영상 내 물체를 3차원 운동이 가능한 시스템을 개발하였다. 제시한 기법은 사실감을 높이기 위해 실세계로부터 얻은 영상으로 가상환경을 구축하고, 영상기반 렌더링 기법으로 해결하기 힘든 물체의 3차원 운동을 가상환경에 적용하였다는데 의의가 있다. 향후과제로는 평면에 대해서도 모델링하고, 영상기반 가상환경에 합성 객체(synthetic object)를 삽입 및 합성 객체의 3차원 운동을 본 시스템에 적용할 것이다.

[참고 문헌]

- [1] Y. Horry, K.I. Anjyo, and K. Arai, "Tour into the picture: using a spidery mesh interface to make animation from a single image," Proceedings of SIGGRAPH '97, pp 225-232, 1997
- [2] F. A. van den Heuvel, "Vanishing point detection for architectural photogrammetry," International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXII part5, 1998, pp.652-659.
- [3] H. W. Kang, S. H. Pyo, K. Anjyo, S. Y. Shin, Tour Into the Picture using a Vanishing Line and its Extension to Panoramic Images, Eurographics 2001, Volume 20, No. 3, 2001.
- [4] Michael A. Penna and Richard R. Patterson, Projective geometry and its applications computer graphics, Prentice-Hall, 1986.
- [5] Patrick J. Ryan, Euclidean and non-euclidean geometry an analytical approach, Cambridge," BMVC 2000, Bristol, GB, pp. 11-14 September, 2000.