

소실점을 이용한 2차원 영상의 물체 변환

(3D Motion of Objects in an Image Using Vanishing Points)

김대원[†] 이동훈^{**} 정순기^{***}
(Dae Won Kim) (Dong Hoon Lee) (Soon Ki Jung)

요약 본 논문은 한 장의 영상 속에 포함되어 있는 물체들이 외관상의 3차원 운동이 가능하도록 하는 방법을 제시한다. 이전 연구들은 여러 장의 영상으로부터 영상 기반 모델링 기법들을 이용하여 3차원 모델을 생성하거나 소실점을 이용한 카메라 보정을 통하여 장면을 입방체로 모델링하여 3차원 모델을 생성하는 방식으로 접근하였다. 그러나 본 논문에서는 장면의 기하학적 정보나 카메라 보정 없이 장면 속 물체의 영상 기반 운동(image-based motion)의 가능성을 제시한다. 구현된 시스템은 영상을 시점에 관한 사영 평면으로 생각하고 사용자에게 의해 입력된 선과 점의 정보를 이용하여 사영된 3차원 물체의 2차원 모양을 모델링한다. 그리고 모델링된 물체는 3차원 운동을 하기 위한 지역 좌표계로서 소실점을 이용한다.
키워드 : 가상현실, 영상기반 모델링 및 렌더링, 사영기하, 소실점

Abstract This paper addresses a method of enabling objects in an image to have apparent 3D motion. Many researchers have solved this issue by reconstructing 3D model from several images using image-based modeling techniques, or building a cube-modeled scene from camera calibration using vanishing points. This paper, however, presents the possibility of image-based motion without exact 3D information of scene geometry and camera calibration. The proposed system considers the image plane as a projective plane with respect to a view point and models a 2D frame of a projected 3D object using only lines and points. And a modeled frame refers to its vanishing points as local coordinates when it is transformed.

Key words : Virtual Reality, Image based Modeling and Rendering, Projective Geometry, Vanishing Point

1. 서론

영상기반 모델링 및 렌더링(Image-based Modeling and Rendering, 이하 IBMR)은 컴퓨터 비전 기법을 사용하여 영상을 분석(영상 기반 모델링)하고 분석된 영상의 구조 정보를 이용하여 새로운 장면을 표현(영상 기반 렌더링)하는 기법이다. IBMR에서 획득된 영상의 정보는 주로 외부의 기하학적 구조로서 이는 획득된 영상 데이터와 결합하여 장면을 재구성하게 된다. 이때 기하학적 구조는 텍스처 데이터의 표현을 위한 광역적인 정보를 의미하며, 이러한 광역적 정보를 사용하여 영상 데이터를 와핑 등의 기법을 통해 적절히 변환하여 장면을

표현하게 된다.

전통적인 3차원 그래픽스에서 사실감 있는 장면의 표현을 위해서는 많은 시간적 노력과 기술이 필요하다는 어려움이 있다. 특히 복잡한 장면을 표현하기 위해서는 수많은 모델링의 시간적, 인력적 비용과 더불어 렌더링을 위해 필요한 시간적 제약성을 극복하기 위한 연산 능력을 요구한다. 결국 전통적인 그래픽스 기법을 사용한 사진과 같은 사실적인 장면 묘사는 실험적 환경을 넘어서는 응용 분야에는 적용하기 힘든 한계를 현재까지 지니고 있다. IBMR은 실제 영상을 이용하기 때문에 전통적인 그래픽스에서 구현하기 힘들었던 사실적이고 복잡한 장면 묘사의 어려움을 손쉽게 해결할 수 있으며 모델링과 렌더링의 시간적 제약과 연산 능력의 제약을 완화시킨다는 장점을 지닌다. 이러한 관점에서 기존 전통적인 3차원 그래픽스를 이용한 가상 환경의 구성의 대안으로 IBMR을 이용한 가상 환경의 구축은 보다 사실적인 환경을 제안된 자원으로 구축할 수 있다는 가능성을 지닌다.

· 본 논문은 2003년도 두뇌한국21 사업에 의하여 지원되었음

† 비회원 : (주)아이디스 제작
dwkim@idis.co.kr

** 비회원 : 경북대학교 컴퓨터공학과
dhlee@vr.knu.ac.kr

*** 중신회원 : 경북대학교 컴퓨터공학과 교수
skjung@knu.ac.kr

논문접수 : 2001년 8월 27일
심사완료 : 2003년 8월 20일

그러나 영상기반 가상 환경(Image-based Virtual Environment, 이하 IBVE)을 구축하기 위한 관점(특히 가상 환경 상에서의 상호작용의 관점)에서 현재까지 연구된 IBMR 기술의 적용가능성을 살펴보면 현재까지 개발된 IBMR 기술의 대부분은 가상 환경 구축에 필요한 상호작용 중 시점 상호작용[1]과 조명 상호작용[2]에 관한 연구가 대부분이다. 장면 속에 포함된 객체에 대한 적절한 조작과 영상 기반 기술을 활용한 자율 에이전트(autonomous agent)와 아바타의 생성 및 적절한 표현에 관한 연구는 전무한 실정이다. 따라서 참여자의 다양한 요구에 적절히 반응하는 영상 기반 가상 환경을 구성하기 위해서는 무엇보다 각각의 상호작용에 반응하는 IBMR 기술을 확보하고 가상 환경 구성을 위해 적절히 통합해야 한다.

본 논문은 IBVE을 구축하기 위한 노력의 일부로 위에서 제시한 문제점 중 장면 속에 포함된 객체에 대해 적절한 조작을 수행하기 위한 동기에서 연구가 시작되었으며, 이를 해결하기 위해 사영기하 이론을 이용하여 영상 속에 포함된 2차원의 정보만으로 영상 내 물체의 적절한 조작, 즉 실세계의 3차원 운동과 동일한 효과를 거두기 위한 새로운 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 2차원의 영상 내에 존재하는 소실점과 소실선을 이용한 관련 연구들을 살펴본다. 3장에서는 영상 내 물체의 소실점과 소실선의 추출과 이를 통한 기하 정보의 해석 및 입방체와 평면으로 정의되는 물체에 대한 이동 및 회전 기법에 대해서 제안한다. 4장에서는 제시한 방법을 사용해 구현하여 얻은 실험 결과를 보이며, 5장에서는 결론 및 향후과제를 제시한다.

2. 관련 연구

영상 속의 물체를 변환시키기 위한 가장 직관적인 방법은 영상으로부터 직접 3차원 정보를 추출하여 영상 내 존재하는 물체의 기하학적 정보를 복원하는 것이다. 3차원 정보를 이용하는 방법은 전통적인 CAD 시스템과 마찬가지로 물체의 기하학적 구조를 3차원으로 모델링하고, 영상 내 물체의 텍스처를 이용하여 렌더링함으로써 물체의 사실감을 부여하는 방법으로 전통적인 3차원 그래픽스의 파이프라인을 그대로 따른다. 이 때 3차원 정보를 추출하기 위한 명시적인 방법들은 전통적으로 컴퓨터 비전(computer vision)에서 다루어 왔던 기법들이며, 에피폴라 기하(epipolar geometry)와 같은 특성을 이용하여 2차원 영상으로부터 3차원 구조를 복원하려는 과정으로 볼 수 있다[3]. 최근에는 한 장의 영상에 나타나는 사영 기하 정보를 이용하여 관찰자의 시점에 대한 장면 표현 및 영상 속의 물체의 이동 변환에 대한 연구

가 진행되고 있다[4-9]. 이러한 방법은 사진과 같은 2차원 영상은 3차원 실공간에서 시점을 중심으로 투영되어 나타나기 때문에 사영 기하 이론을 바탕으로 2차원 영상 내에서 인지되는 물체의 2차원 모양과 실공간의 3차원 관계를 유추하는 것으로서 본 연구와 유사한 접근방법을 취하고 있다. 대표적인 관련 연구는 다음과 같다.

Horry[10]는 소실점을 이용하여 한 장의 영상에 나타나는 직관적인 원근 정보만을 이용해 내부 사각형으로 된 3차원 공간을 만들고 시점을 중심으로 이동이 가능하도록 하는 “그림 속으로의 여행”(Tour Into the Picture) 시스템을 개발하였다. 하지만 장면 속에 소실점을 포함하는 뒷벽 평면을 정의함으로써 무한의 개념이 배제되고 소실점이 하나인 경우에 대해서만 고려했기 때문에 이 방법은 2개 이상의 소실점이 있는 영상의 경우에는 적용하기 힘들다는 단점이 있다. 표순형[9]은 한 장의 영상을 3차원으로 해석하기 위하여 무한의 개념인 소실점의 집합으로 구성된 소실선을 이용하였다. 따라서 소실선의 아래 부분은 무한히 뻗어 있는 지평면으로 하고, 소실선의 윗 부분은 지면 위의 공간으로 하여 3차원 공간을 구성하였다. 그리고 영상을 전경(foreground)과 배경(background)으로 미리 모델링한 다음 시점이 운동을 할 때 모델링된 물체들은 3차원상에서 교차 연산의 수행으로 시점에 따른 렌더링을 할 수 있다. Horry와 표순형의 논문은 사영 기하 정보를 이용하여 장면 속에 내재된 3차원의 기하학 정보를 분석하고, 이를 이용하여 관측자의 시점 변환에 따른 항해를 가능케 하였다. 본 논문에서는 사영 기하 정보를 사용하였다는 점에서는 앞에서 제시한 관련 연구와 접근방법이 유사하나, 관측자의 시점 변환에 따른 장면의 변화가 아닌, 2차원 영상 내의 물체의 3차원 운동이라는 점에서 근본적으로 다른 연구의 내용이다.

Tolba[7, 8]는 2차원의 영상을 시점을 중심으로 구성된 단위구(unit sphere or gaussian sphere)에 역투영한 사영 2차원 공간으로 해석하고, 이를 이용하여 관측자의 시점 이동에 대한 장면 변환을 정의하였다. 또한 사각형과 같은 기본적인 평면 도형(planar object)의 이동·회전과 같은 장면 속 물체의 변환을 정의하였다. Tolba의 연구 내용은 본 연구에서 다루는 문제와 동일한 문제이다. 차이점은 Tolba는 입력 영상을 2차원의 영상으로 보지 않고, 단위구를 사용하여 사영 2차원 정보로 변환하였다는 점이다. 이 경우 물체의 조작을 위한 이동, 회전 변환에 대해서는 본 논문에서 제시한 방법과 유사한 결과를 얻을 수 있다. 하지만, 사용자의 시점이 단위구의 중심으로 고정되어 있으므로 단지 관측자의 시점 이동이 회전 변환에 국한된다는 단점을 지닌다. 본 논문에서는 관측자의 시점 이동에 관한 장면 변환에 관

한 사항을 기술하고 있지 않으나, 입력 영상을 2차원의 영상 자체로 할 경우 중첩된 깊이 영상(layered depth image)에 관한 기술을 통해 운동 시차(motion parallax)의 지원이 가능하며, 본 논문에서 제시하는 물체의 변환에 대한 역변환을 운동 시차의 크기로 사용함으로써 시점 이동을 구현할 수 있는 장점을 지니고 있다. 이러한 접근 방법은 IBVE를 구축하기 위한 장면 표현의 방법으로 볼 때 Tolba의 연구의 제약을 극복할 수 있는 하나의 대안이다.

3. 그림 속 물체의 3차원 운동

본 장에서는 2차원 영상 평면에 내재된 3차원 정보를 획득하기 위한 절차로 소실점을 이용한 영상 내 물체의 표현 방법과 이를 사용하여 영상 내 물체의 자유로운 3차원 운동을 위한 기본 변환(primitive transformation)에 대하여 기술한다.

3.1 소실점을 이용한 영상 내 물체 표현

본 논문에서는 실공간 상에서 서로 직교하는 3방향의 무한대에 있는 점에 해당하는 영상의 소실점을 영상 평면상에서의 물체의 지역 좌표계로 사용한다. 그러나 그림 1에서와 같이 비록 실공간 상에서 서로 직교하는 3개의 소실점은 보는 방향에 따라 1개, 2개 그리고 3개가 나타날 수 있으므로 본 논문에서는 물체를 모델링하고 변환하는데 있어서 3가지 경우에 대해서 각각 고려한다.

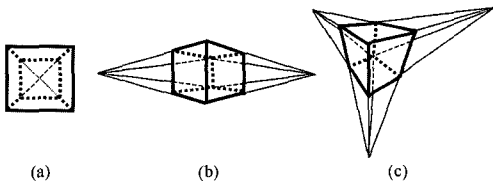


그림 1 원근 투영된 입방체의 소실점 개수

3.1.1 소실점을 이용한 입방체 표현

현실 세계에 존재하는 많은 물체는 인간에 의해 만들어진 인공물이 대다수를 차지한다. 이러한 인공물은 평행한 직선들의 집합과, 직선과 직선이 만나는 꼭지점의 집합으로서 입방체의 형태를 지니고 있다. 실공간 상에서의 입방체는 그림 2와 같이 서로 직교하는 3쌍의 직선을 가지고 있고, 이를 이용하여 각각의 소실점 vp_0 , vp_1 , vp_2 를 구할 수 있으며, 꼭지점이 되는 4개의 점 p_0, p_1, p_2 그리고 p_3 와 구해진 3개의 소실점을 통해 입방체를 표현할 수 있다.

3.1.2 소실점을 이용한 평면 표현

장면 속에서는 입방체인 물체 이외에 평면인 물체를 정의할 필요가 있다. 왜냐하면 관찰자의 시점에서 상당

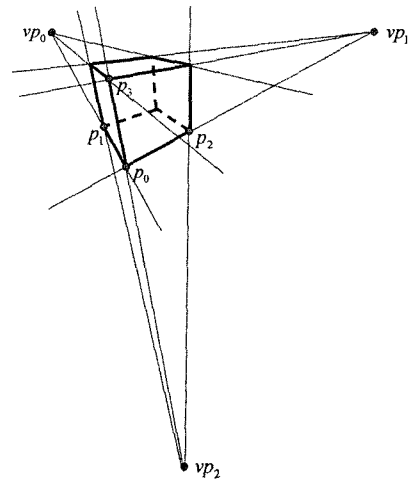


그림 2 입방체의 표현

히 먼 거리에 있는 물체나 입방체로 표현하기 힘든 물체는 평면으로 정의함으로써 사실적인 물체 조작성이 가능하기 때문이다. 이를 위하여 그림 3과 같이 장면 속에서 평면인 물체는 참조되는 입방체를 정의함으로써 나타낼 수 있다. 입방체의 3개의 소실점들은 투영중심(COP, Center of Projection)을 기준으로 서로 90°의 각도를 이루기 때문에 입방체의 대각면은 두 소실점 사이에서 45°의 각도를 이룬다[6,11]. 이 사실을 이용하여 평면인 물체를 대각면으로 하는 참조 입방체의 소실점을 구할 수 있다. 새로운 입방체의 나머지 소실점인 vp_2 는 종속되는 지역 좌표계의 vp_2 를 참조하며, 평면을 각종 변환하기 위해서는 그림 3과 같이 평면의 좌표계가 종속되는 입방체의 3개의 소실점과 평면 물체의 4개의 꼭지점을 이용하여 평면 물체를 대각면으로 하는 새로운 입방체를 구할 수 있다. 이러한 참조 입방체의 소실점 vp_{lo_0} , vp_{lo_1} 그리고 vp_2 는 평면을 정의하기 위한 지역 좌표계를 나타낸다. 이 때 vp_0 와 vp_1 은 지역 좌표계에 대하여 평면을 대각면으로 하는 입방체의 새로운 소실점이며 vp_2 는 공유된다.

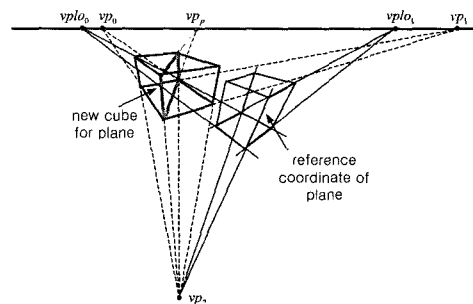


그림 3 지역 좌표계에서의 평면의 정의

3.2 3차원 기본 변환(Primitive Transform)

입력 영상으로부터 모델링된 각 물체들이 자유로운 3차원 운동을 하기 위해서는 기본 변환을 정의하여야 한다. 본 절에서는 소실점을 이용하여 2차원 영상 위에서 수행되는 기본 변환을 기술한다.

3.2.1 이동 변환(translation transform)

2차원 영상에서 이동 변환을 하기 위하여 물체를 중심으로 직교하는 X, Y, Z 방향축의 지역 좌표계의 각 축을 따라 무한대에 있는 점을 영상 평면에 투영한 소실점으로 이용한다. 3개의 소실점이 나타나는 경우에서 하나의 소실점과 물체의 중심을 잇는 축을 따라서 이동 변환한다는 것은 실공간 상에서 지역 좌표계의 각 축을 따라 이동하는 것과 같기 때문에 3개의 소실점의 위치는 변화하지 않는다. 따라서 소실점과 소실선의 관계만으로 이동 후의 물체의 모양을 알아낼 수 있다. 이러한 이동 변환을 T 라고 할 때 물체의 각 점들은 식 (1)과 같이 크기와 방향을 가지고 변화한다.

$$T \approx s(mp - vp_{axis}) \tag{1}$$

여기서 s 는 이동 변환의 크기에 관계되는 값이고, mp 는 이동할 때 기준이 되는 입방체인 물체의 점이며, vp_{axis} 는 이동 방향에 해당하는 소실점이다. 이 때 $(mp - vp_{axis})$ 는 소실점에서 이동 변환되는 방향벡터가 된다. 이동 방향벡터를 알고 있으므로 기준점과 이동 변환의 크기만 알면 일정한 방향의 이동 변환이 가능하다. 임의의 방향으로의 이동 변환은 세 방향의 조합으로 나타낼 수 있다. 이러한 관계식은 영상 평면상의 물체를 3차원으로 역투영하여 변환하지 않고 오직 영상 평면상에서의 변환을 보여준다. 따라서 렌더링 시 2차원에서 3차원으로 역투영하는 과정과 다시 3차원에서 2차원으로 투영하는 과정을 생략할 수 있다. 그림 4는 이동 방향이 소실점 vp_1 일 때 사용자 입력으로 a 를 a' 으로 이동시키는 경우의 예이다. 이동 변환 후의 입방체의 모양은 3개의 소실점과 a 를 a' 그리고 b 를 이용하면 구할 수 있으며, 이 때, 점 b 는 항상 vp_1 과 vp_2 가 이루는 소실선 상에 위치하게 된다. 이러한 이동 변환은 나머지 2개의 소실점을 이동 변환의 중심으로 했을 때 똑같이 적용될 수 있다.

영상 평면에 소실점이 2개 나타나는 경우는 물체를 바라볼 때 나머지 하나의 소실점은 영상 평면상에서 무한대에 있는 경우이다. 하지만 영상 평면에서 무한대에 있는 소실점의 방향으로 향하는 직선은 실공간에서와 같이 평행한 성질을 유지하므로 이러한 성질을 이용하면 소실점이 2개가 나타나는 경우에도 3방향의 이동 변환이 가능하게 된다. 그러나, 1개의 소실점이 나타나는 경우에는 영상 평면상에서 무한대에 있지 않은 1개의

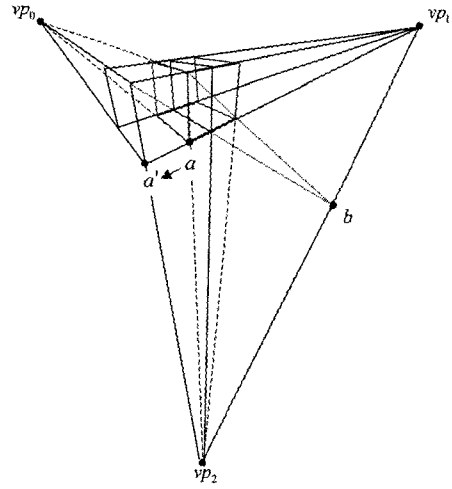


그림 4 이동 변환

소실점에 대해서만 이동 변환이 가능하다.

3.2.2 회전 변환(rotation transform)

회전 변환은 이동 변환에서 설명한 좌표계를 그대로 이용하며, 하나의 소실점과 입방체의 중심점을 잇는 축을 중심으로 변환하기 때문에 회전 중심이 아닌 소실점은 소실선을 따라 이동한다. 그림 5는 실공간 상에서의 COP와 2개의 소실점과의 관계를 나타내고 있다. pp (principle point)는 3개의 소실점을 잇는 삼각형의 수심이고 sp(standard point)는 회전축이 되는 소실점으로부터 소실선에 수선을 내린 직선의 교점이다. f 는 COP의 초점 거리(focal length)이고 h 는 COP와 sp 사이의 거리가 된다.

h 를 계산하기 위하여 실공간 상에서 COP, vp_0 그리고 vp_1 이 이루는 평면에서 간단한 도형의 면적 계산법을 적용한다. 이렇게 하면, 초점 거리를 알 필요가 없기 때문에 카메라 보정이 필요 없다. 이는 변환 대상이 되는 물체는 3차원 좌표의 고려 없이 2차원 상에서 계산

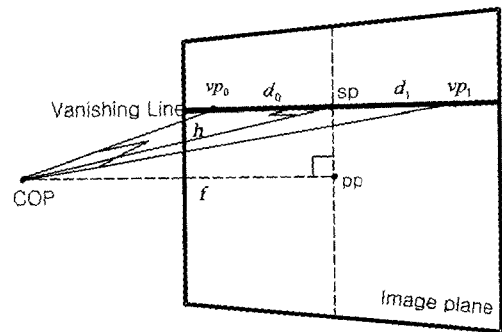


그림 5 COP와 2개의 소실점과의 관계

되고, 그 값을 이용하여 물체의 변환이 가능함을 의미한다. d_0 는 vp_0 와 sp 를 잇는 선분의 길이이고, d_1 은 vp_1 과 sp 를 잇는 선분의 길이이다. 따라서 2차원 영상에서 식 (2)를 이용하여 단지 d_0 와 d_1 의 길이만으로 h 를 구할 수 있다. 이렇게 구해진 h 를 이용하여 회전 변환의 중심이 되는 소실점 vp_2 와 sp 를 잇는 직선 상의 점 COP를 구할 수 있다.

$$\therefore h = \sqrt{d_0 d_1} \quad (2)$$

그림 6에서와 같이 vp_0 를 vp_0' 로 이동시켜 회전 변환을 하고자 할 때 vp_1' 를 구하기 위하여 vp_0' 와 COP를 잇는 직선과 직교하는 직선 l_{br} 을 구한다[6,11]. 따라서 직선 l_{br} 이 소실선과 만나는 점이 vp_1' 이다.

그림 7은 회전 변환 후의 입방체의 모양을 구하기 위하여 Pappus' theorem[12,13]의 응용을 실제로 입방체인 물체에 적용하는 것을 나타낸다. 먼저 회전 변환 후의 두 개의 소실점인 vp_1 와 vp_1' 를 구하고 나면, 회전 중심 O 에서 vp_1 를 잇는 직선과 vp_1' 를 잇는 직선 사이에서 Pappus' theorem을 응용하여 적용할 수 있다. 입방체 하단 평면에서 교점 ip_1 과 ip_2 를 구하기 위하여 O 와 vp_1 를 잇는 직선 상에 A_2, B_2 그리고 C_2 의 위치를 임의로 정한다. 그리고 O 와 vp_1' 를 잇는 직선 상에 A_1, B_1 그리고 C_1 을 O 와 vp_1 를 잇는 직선 상에 위치한 세 점과 같은 비율로 위치시킨다. 이를 통해

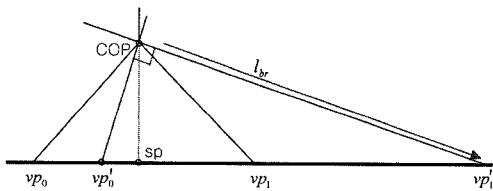


그림 6 회전 변환에서 2개의 소실점의 변화

Pappus' theorem을 응용하여 계산한 세 점의 공선을 이용하여 교점 ip_1 과 ip_2 을 구할 수 있다. 위의 과정은 회전 변환 후의 두 개의 소실점인 vp_0 와 vp_0' 에도 그대로 적용하여 나머지 2개의 교점을 구할 수 있다. 따라서 변환 전·후의 소실점 vp_0, vp_0', vp_1 그리고 vp_1' 와 입방체 하단 평면에서의 교점 ip_1, ip_2, ip_3 그리고 ip_4 를 구할 수 있기 때문에 이동 변환 후의 입방체의 하단 평면을 구할 수 있다. 그리고 입방체 상단 평면은 하단 평면과 실 공간상에서 서로 평행하기 때문에 입방체의 네 점 중에서 cp_1 와 cp_2 를 잇는 직선과 cp_3 와 cp_4 를 잇는 직선은 vp_0 와 vp_1 를 잇는 소실선과 vp_d 에서 만난다. 따라서 점 vp_d 을 알면 위의 과정을 그대로 반복해서 입방체의 상단 평면을 구할 수 있다. 이를 이용하여 2차원 상에서 회전 변환 후의 입방체의 모양을 복원해 낼 수 있다. 임의의 방향으로의 회전 변환은 세 방향의 회전 변환의 조합으로 나타낼 수 있다.

2개의 소실점이 나타나는 경우에는 이동 변환에서와 마찬가지로 나머지 하나의 소실점은 영상 평면상에서 무한대에 있다. 하지만 무한대에 있는 소실점을 향하는 직선들은 실공간에서와 마찬가지로 평행한다. 따라서 물체가 무한대에 있는 소실점을 회전축으로 하여 회전 변환 될 때 입방체의 하단 평면과 상단 평면의 각 꼭지점들의 관계는 회전축에 평행한 직선상에 존재한다는 성질을 이용하면 가능해진다. 그러나 1개의 소실점이 나타나는 경우에는 단지 rolling 변환만 가능하다.

3.3 텍스처 맵핑(texture mapping)

개개의 모델링된 물체를 렌더링할 때 각 전경 모델에 해당하는 영상을 텍스처 맵핑한다. 이를 위하여 전체 영상에서 각 평면에 대응되는 픽셀들을 얻어서 텍스처를 생성한다. 본 논문에서는 교차율(cross ratio)을 이용하여 역방향의 텍스처 맵핑을 수행한다.

그림 8과 같이 입방체의 한 면 (A, B, C, D)가 이동 변

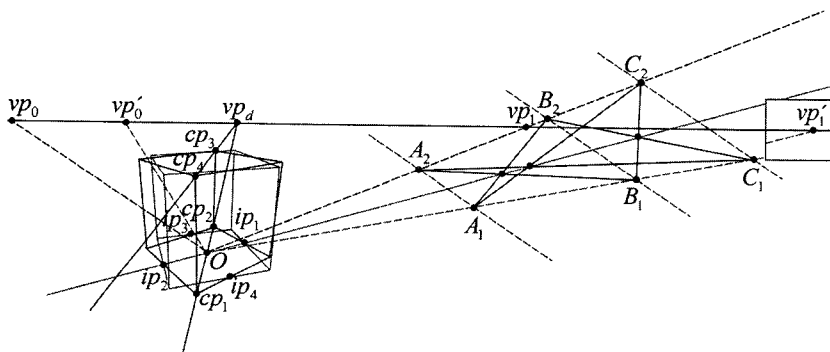


그림 7 입방체의 회전 변환

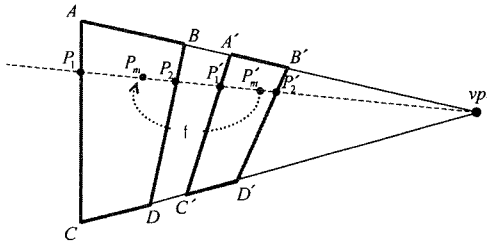


그림 8 이동 변환에 따른 텍스처 맵핑

환하여 (A', B', C', D')로 이동하였을 경우 변환 후의 내부점 P_m'에 대한 텍스처 값인 P_m은 다음과 같은 맵핑 함수로 정의할 수 있다. 이동 축의 소실점을 vp₁이라 할 때 P₁, P_m, P₂, vp₁에 의한 교차율은

$$Cr(P_1, P_m; P_2, vp_1) = \frac{|P_1 P_m| \cdot |vp_1 P_2|}{|vp_1 P_1| \cdot |P_m P_2|} \quad (3)$$

로 표현되며, 이는 이동 후의 교차율 Cr(P₁', P_m'; P₂', vp₁)과 같다. 이 사실로부터

$$Cr(P_1', P_m'; P_2', vp_1) = \frac{|P_1' P_m'| \cdot |vp_1 P_2'|}{|vp_1 P_1'| \cdot (|P_1' P_2'| - |P_1' P_m'|)} \quad (4)$$

$$= Cr(P_1, P_m; P_2, vp_1)$$

의 식이 구성되며 이를 |P₁' P_m'|에 대하여 정리하면

$$|P_1' P_m'| = \frac{Cr(P_1, P_m; P_2, vp_1) \cdot |vp_1 P_1'| \cdot |P_1' P_2'|}{|vp_1 P_2'| + |vp_1 P_1'| \cdot Cr(P_1, P_m; P_2, vp_1)} \quad (5)$$

의 식으로 표현된다. 즉 |P₁' P_m'|은 이미 알고 있는 P₁', P₂', vp₁ 및 Cr(P₁, P_m; P₂, vp₁)으로부터 구할 수 있으며, 이를 텍스처 맵핑 함수로 이용함으로써 이동 변환 후의 텍스처를 구할 수 있다. 그리고 회전 변환 후의 텍스처 맵핑 함수는 이동 변환에 따른 텍스처 맵핑 관계를 이용하여 구할 수 있다. 하지만 회전축에 해당하지 않는 소실점은 소실선을 따라 이동하게 되므로 회전축이 되는 소실점에 대한 교차율과 이동하는 소실점에 대한 교차율의 조합으로 회전 변환 텍스처 맵핑 함수를 구한다.

3.4 여러 물체(multiple object)의 결합

사용자가 전경 물체로 표시한 부분을 간단한 입방체 혹은 평면물체로 모델링한 후 물체들을 서로 묶어서 하나의 객체로 생각해야 할 필요가 있다. 하지만 실공간을 원근 투영한 영상에는 길이를 그대로 반영하지 못하므로 영상평면 상에서 정의되는 입방체간의 위치를 실공간에서의 위치관계처럼 적용할 수 없다. 그림 9는 여러 물체를 묶기(grouping) 과정을 수행하는 방법을 설명한다. C_m을 묶어진 물체의 중심 물체라고 하고 C_d가 C_m에 종속되는 물체라고 할 때, C_m의 위치에 따른 C_d의 상대적인 위치 관계는 소실점을 이용한다. C_d의 상대적인 위치를 결정하기 위하여 C_m의 제어점과 소실

점을 이용하여 참조점 ref를 정의한다. 이것은 C_m의 제어점인 mp₁과 vp₁을 잇는 직선과 C_d의 제어점인 np와 vp₂을 잇는 직선의 교점으로 구할 수 있다.

물체 C_m의 한 점 mp₂가 mp₂'로 이동 변환을 하였을 때 ref'를 구하기 위하여 br을 이용한다. mp₂과 ref를 잇는 직선과 mp₂'과 ref'를 잇는 직선은 실공간 상에서는 서로 평행하므로 사영 기하 이론에서는 vp₁과 vp₂를 잇는 소실선 상의 점 br에서 만나게 된다. 따라서 mp₂'와 br을 잇는 직선과 mp₁과 vp₁을 잇는 직선과 만나는 교점으로 ref'를 구할 수 있다. 따라서 C_d의 제어점인 np'를 구할 수 있고, 이러한 묶기 연산은 변환의 중심이 되는 물체와 그것에 종속되는 물체의 관계에서 서로간에 부착될 필요 없이 각 입방체의 제어점이 물체의 각 면의 연장면 상에 존재하면 가능하다.

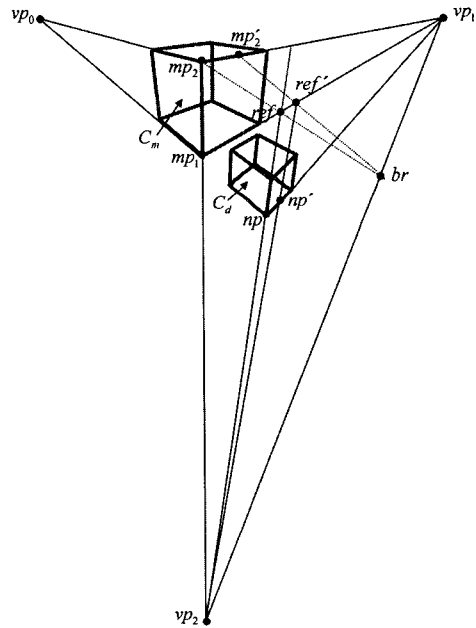


그림 9 여러 물체의 변환

4. 구현 및 실험

그림 10은 시스템 구성도를 나타낸다. 구현 환경은 Pentium-III 450Mhz의 CPU와 128MB의 메모리를 가진 PC에서 Visual C++ 6.0으로 구현하였다. 입력 영상과 점과 선의 사용자 입력 정보로부터 영상 속의 인지되는 물체를 모델링한다. 시스템은 전경 모델의 와이어 프레임 정보와 해당하는 텍스처 정보를 시스템에서 저장하고 있다. 따라서 물체가 운동할 때마다 와이어 프레

입과 텍스처를 선택적으로 혹은 같이 보여줄 수 있다. 그림 11은 영상으로부터 사용자가 선택 점의 정보를 이

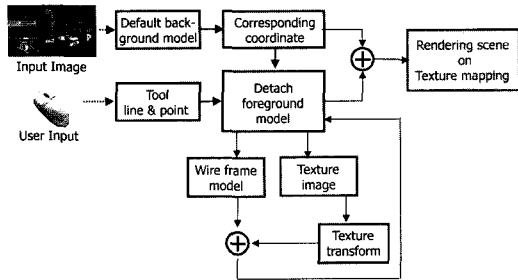


그림 10 시스템 Block Diagram

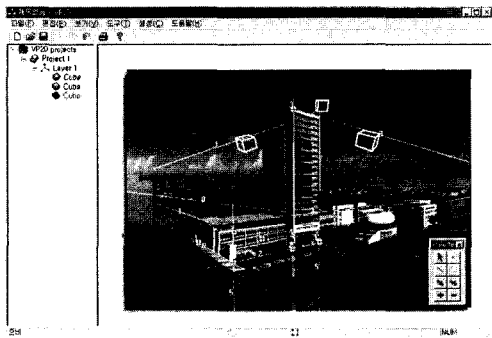


그림 11 영상으로부터 물체의 모델링

용하여 물체를 모델링하는 과정을, 그림 12는 모델링된 물체를 각종 변환한 결과를 나타낸다. 실험을 통해 본 논문에서 제안한 방법이 3차원 복원 없이 단지 2차원 상의 물체의 3차원 이동 및 회전 변환이 가능함을 시각적으로 확인할 수 있다.

5. 결론 및 향후과제

소실점을 이용한 영상기반 렌더링은 한 장의 영상에 나타나는 원근 정보만을 이용하여 관찰자의 시점을 중심으로 영상 속의 물체를 운동할 수 있도록 하는 기술이다. 이것은 사진과 같은 2차원 영상은 3차원 실공간에서 시점을 중심으로 투영되어 나타나기 때문에 사영 기하 이론을 이용하여 2차원 영상 내에서 인지되는 물체를 통하여 영상의 2차원과 실공간의 3차원 관계를 유추할 수 있다. 본 논문에서는 소실점과 소실선의 정보만을 이용하여 2차원 영상 속의 물체에 대한 운동 방법을 정의하였다.

본 논문에서 제안한 방법은 크게 두 가지의 해결해야 할 문제를 가지고 있다. 먼저 영상 속에 포함된 물체로서 입방체와 평면 물체의 두가지 경우만을 고려하였다. 3차원 형태를 인지할 수 있는 물체는 입방체로, 상대적으로 먼 거리에 있는 물체나 거리의 가로수 같은 물체는 평면으로 표현될 수 있다. 본 논문에서 제안한 방법은 기본적으로 장면에 포함된 물체를 통해 소실점을 확

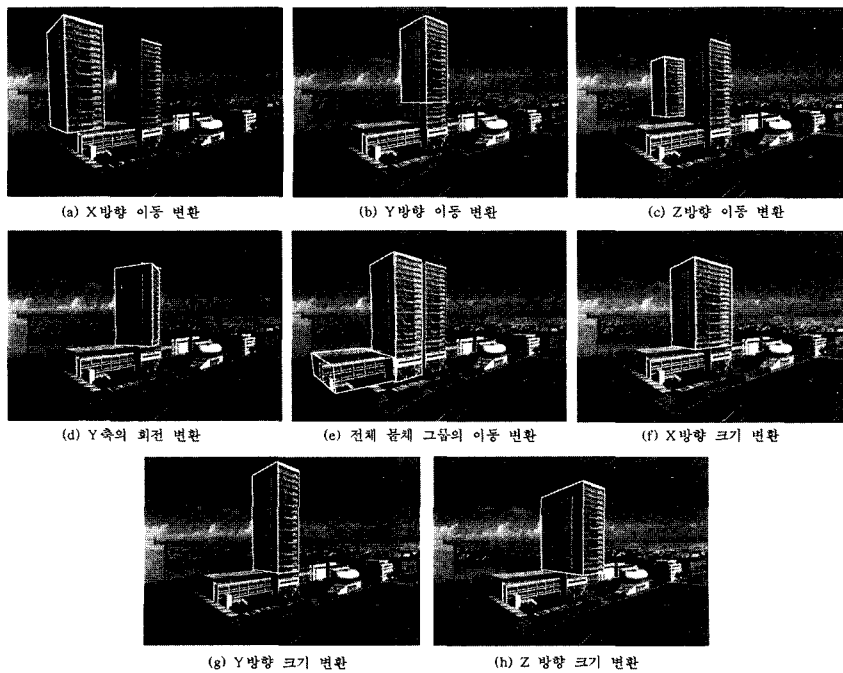


그림 12 단일 물체와 묶여진 물체에 대한 변환

득할 수 있는 경우에 대해 적용 가능하다. 3개 또는 2개의 소실점이 포함된 물체의 경우 자유로운 이동과 회전이 가능하지만, 1개의 소실점이 추출 가능한 경우에는 제한된 물체의 이동이 가능하다는 한계를 지니고 있다. 이는 입력 영상 내에서 복잡한 형태의 물체를 모델링할 경우에 문제가 될 수 있다. 이 경우 복잡한 형태의 물체를 구조적으로 분할하여 적당한 크기의 입방체로 나누어 모델링하거나 장면에 포함된 다른 물체의 기하학적 정보를 이용하여 상대적인 물체의 운동을 정의할 수 있으리라 본다. 이러한 문제점은 향후 과제로 현재 연구가 수행 중에 있다. 또 다른 문제점으로 영상 속에 포함된 물체의 운동은 고정된 시점에 제한된다. 그러나 3.4절에서 기술한 뮈기 연산의 확장을 통한 물체의 운동은 시점 운동에 대한 가능성을 제공한다. 이는 장면 전체를 하나의 그룹으로 생각하고 시점의 이동 및 회전 변환을 물체의 이동 및 회전 변환으로 생각한다면 가능하다.

사영기하 정보를 이용하여 2차원 영상에 포함된 물체에 대한 운동의 정의는 서론에서 밝힌 바와 같이 IBVE 구축을 위해 근간을 이루는 기술로 활용될 수 있다. 또한 가상 환경에 새로운 물체, 즉 새로운 기하 모델이나 자율 객체, 아바타의 삽입 시 본래 영상이 지닌 기하학적 관계에 위배되지 않도록 하기 위한 장면 삽입의 제약 조건으로 활용될 수 있으며, 더 나아가 증강 현실에서의 가상 물체 삽입 시 기하학적 제약 조건을 위한 기술로도 확장하여 활용 가능하다.

참 고 문 헌

- [1] McMillan Leonard, and Steven Gortler, "Image Based-Rendering: A New Interface Between Computer Vision and Computer Graphics," *Computer Graphics*, 33(4), 1999.
- [2] Paul E. Debevec, "Image-Based Modeling and Lighting," *Computer Graphics*, 33(4), 1999.
- [3] M. Pollefeys, R. Koch and L. V. Gool, "Self-calibration and metric reconstruction in spite of varying unknown internal camera parameters," *International Journal of Computer Vision*, 32(1), pp. 7-25, 1998.
- [4] R. Cipolla, T. Drummond and D. Robertson, "Camera calibration from vanishing points in images of architectural scenes," *Proceedings of British Machine Vision Conference '99*, pp. 382-391, 1999.
- [5] E. Guillou, D. Meneveau, E. Maisel and K. Bouatouch, "Using vanishing points for camera calibration and coarse 3D reconstruction from a single image," *The Visual Computer*, 16(7), 2000.
- [6] J. L. Mundy and A. Zisserman, *Geometric invariance in computer vision*, MIT Press, 1992.
- [7] Osama Tolba, Julie Dorsey and Leonard McMillan, "Sketching with projective 2D strokes," *Proceedings of the 12th Annual ACM Symposium on User Interface Software & Technology*, CHI Letters, 1(1), pp. 149-157, 1999.
- [8] Osama Tolba, Julie Dorsey and Leonard McMillan, "A projective drawing system," *Proceedings of 2001 ACM Symposium on Interactive 3D Graphics*, 2001.
- [9] 표순형, "소실선을 이용한 그림 속으로의 여행 기법", 석사 학위논문, 전산학과, 한국과학기술원, 1999.
- [10] Y. Horry, K.-I. Anjo, 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.
- [11] Richard Hartley and Andrew Zisserman, *Multiple view geometry in computer vision*, Cambridge University Press, pp. 199-209, 2000.
- [12] Michael A. Penna and Richard R. Patterson, *Projective geometry and its applications to computer graphics*, Prentice-Hall, 1986.
- [13] Patrick J. Ryan, *Euclidean and non-euclidean geometry an analytical approach*, Cambridge University Press, 1986.



김 대 원

1999년 영남대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사). 2001년 경북대학교 컴퓨터공학과 석사 졸업(공학석사). 2001년~현재 (주)아이디스 재직. 관심분야는 Computer Graphics, Computer Vision, Image Processing



이 동 훈

1999년 동서대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사). 2001년 경북대학교 컴퓨터공학과 석사 졸업(공학석사). 2003년 경북대학교 컴퓨터공학과 박사 수료. 관심분야는 Image-Based Modeling and Rendering, Computer Vision, Virtual Reality



정 순 기

1990년 경북대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사). 1992년 한국과학기술원 전산학과 졸업(이학석사). 1997년 한국과학기술원 전산학과 졸업(공학박사). 1997년~1998년 University of Maryland, Research Associate. 2001년~2002년 University of Southern California, Research Associate. 1998년~현재 경북대학교 컴퓨터공학과 조교수. 1999년~현재 (주)아이디스 기술고문. 관심분야는 Virtual Reality, Artificial Intelligence, Computer Vision, Image Processing, Computer Graphics