

## 가상세계 구축을 위한 이미지 기반 모델링 기술과 렌더링 기술

박 경 렬, 이 의 택

한국전자통신연구원 영상정보처리연구실

### 요 약

본 원고에서 우리는 컴퓨터 그래픽스를 이용하여 가상세계 구축에 필요한 3차원 모델들을 제작하거나 애니메이션을 만드는 방법들 중에서, 사진이나 그림으로부터 비교적 손쉽게 모델을 구축하는 기술들을 분석하고 앞으로의 발전 방향에 대하여 전망하고자 한다. 이러한 기술들은 최근 들어 그 기술개발이 이루어지고 있는 분야이며 미술가가 모델링 작업에서 직접적인 역할을 담당할 수 있는 길을 열어가고 있다는 점에서 커다란 의미가 있다고 하겠다. 이러한 방법들의 핵심기술은 어떠한 것들인지를 분석해보기로 한다.

### I. 서 론

컴퓨터 그래픽스를 이용한 영화, 만화영화, 시제품제작, CAD작업 등 일종의 가상세계를 구축하려는 모든 분야에서 가장 기본적이고도 우선적으로 이루어져야 할 작업은 제품에 사용될 3차원 모델을 제작하는 일이다. 가장 기본이 되는 작업이기 때문에 일차적으로 이루어져야 하는 작업이며 이 모델링 작업의 완성도에 따라서 전체 작품의 완성도가 결정되기 때문에 많은 노력을 투자하여 비교적 정밀하고도 완성도 높은 모델을 제작하여야 하는 것이다. 이러한 모델링 작업은 전통적으로 디자인 기술을 교육 받은 전문 디자이너들에 의해서

이루어져 온 일이며, 예술적 감각을 가진 사람이 종이에 그려준 그림을 모니터의 한쪽에 붙여놓고 이에 가까운 3차원 모델을 제작하기 위하여 수많은 시간을 마우스와 키보드 작업의 반복을 통해 하나의 모델을 제작하는 것이었다. 이러한 작업은 선이나 면들을 반복적으로 생성해 냄으로써 하나의 완성된 물체를 만들어 내는 것으로 무에서 유를 창조해내는 일과 별반 다를 바가 없는 작업이며 작업자의 숙련도와 개성에 따라서 어느 정도 비슷한 모델을 제작하는 것에 만족할 수 밖에 없었다. 왜냐하면 아무리 숙련되어 있는 디자이너라 할지라도 단지 선과 면들의 합성으로 완벽한 모델을 제작하기란 어려운 일이기 때문이다.

단순한 모델을 제작하는 일이라면 밑그림이 없어도 이러한 전통적인 제작방법에 의하여 3차원 모델을 제작하는 것이 더 바람직하겠으나, 이제는 어느 정도 비슷한 것만으로는 만족할 수가 없게 되었다. 그 동안, 일반 사용자들은 여러 경로를 통하여 수준 높은 그래픽스 작품들을 접할 기회가 많았고 이러한 일반 사용자들의 눈 높이는 보다 완벽에 가까운 제품을 기대하기에 이르렀기 때문이다. 따라서 기존의 방법과는 다른 새로운 기법의 모델링 방법이 필요하게 되었으며, 최근에 사진 혹은 그림으로부터 3차원 모델을 추출해 내는 기법들이 개발되고 있다.

3차원 모델을 제작해 내는 일은 일종의 창조의 영역에 속하는 일이고 이러한 일들은 예술가의 손에 의해 이루어 지는 것이 가장 바람직하다고 할 수 있으며 최근의 새로운 기법의 모델링 방법은 이러한 의미에서 예술가(미술가)의 창조력을 모

텔링 작업에 직접 이용할 수 있는 방법이라는 점에서 그 의미가 크다고 하겠다. 본 원고에서는 현재까지 개발되어있는 사진이나 그림을 이용한 모델 혹은 애니메이션 제작 기법들을 소개하기로 한다. 사진이나 그림으로부터 3차원 모델을 만들어 내는 기법 이외에도 실제 물체 혹은 모형으로부터 모델을 제작하는 방법들도 존재하며 이 또한 정밀하고도 완성도 높은 모델을 제작하는데 사용할 수 있는 방법들이다. 구체적으로는 3차원 디지털라이저 혹은 레이저 스캐너를 이용한 방법이지만 이미 비교적 널리 알려져 있는 방법들이기 때문에 이들에 대해서는 다루지 않기로 하겠다.

제2장에서는 사진을 이용하여 3차원 모델을 만드는 방법 중에서 이미 상용화되어 시판되고 있는 소프트웨어인 3D Builder를 중심으로 유사한 종류의 제품에 대해 분석해 볼 것이며, 제3장에서는 건물만을 모델링 하려는 특수한 목적으로 Berkeley 대학에서 개발한 Façade의 기술을 소개하고, 1997년 SIGGRAPH에서 처음 소개된 Tour Into the Picture (TIP)란 기술은 제4장에서 설명하겠으며 여러 장의 사진을 이용하여 파노라마를 만드는 기술에 대해서는 제5장에서 설명하기로 한다.

## II. 3D Builder와 PhotoModeler

사진을 이용하여 사진 안에 담긴 물체의 3차원 모델을 구축하는 방법은 항공사진으로부터 지리정보를 알아내는 Photogrammetry 기술과도 밀접한 관계가 있는 분야이다. 최근에 사실적인 3차원 모델의 필요성이 부각되면서 이러한 원리를 응용하여 한 장 혹은 여러 장의 사진으로부터 3차원 모델을 만들어 내려는 시도가 이루어지고 있다. 현재까지 이 분야에서 기술개발이 이루어진 사례는, 상용화되어 그 제품이 팔리고 있는 3D Builder<sup>[1]</sup> 와 PhotoModeler<sup>[2]</sup>가 있고, 아직 상용화 되지는 않았지만 Berkeley대학에서 개발한 Façade<sup>[4]</sup>란 제품이 있다. 그러나 Façade는 앞의 두 제품과는 그 특성이 매우 다르기 때문에 다음 장에서 따로 설

명하기로 하고 여기서는 3D Builder를 중심으로 설명하겠다. (그림 1은 3D Builder를 이용하여 모델을 만들어가는 과정을 보여주고 있다.)



(그림 1) 3D Builder로 작업하는 모습

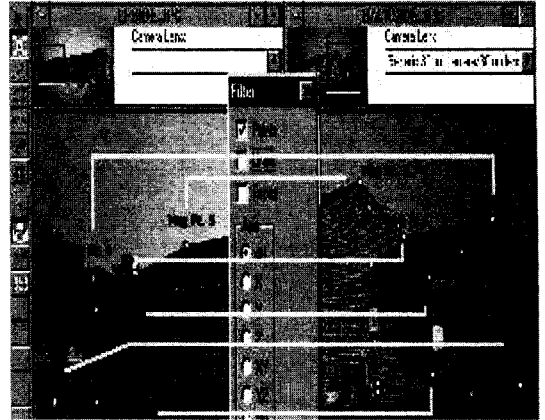
사진으로부터 모델을 제작하는 방법은 Computer Vision분야의 여러 가지 이론이 필요한 어려운 분야에 속하는 기술이다. 우선 필요한 기술들을 나열해 보면 다음과 같다. 첫째, 어떠한 종류의 카메라를 사용하는 카메라에는 렌즈가 있고 그 렌즈에는 다소간의 오차가 있으므로 사용하는 카메라를 보정해 주어야 하는 카메라 calibration문제가 따르게 마련이다. 그러나 이 카메라 calibration문제는 오래 전부터 연구가 되어온 분야이고 그 이론이 매우 발달하였기 때문에 모델제작을 위한 카메라 calibration에는 별 문제가 없는 것으로 간주해도 무방할 것이다.

둘째, 사진을 이용하여 3차원 모델을 제작하는데 필요한 아주 중요한 기술은 2차원의 사진으로부터 3차원의 거리정보를 얻어내어야만 하는 stereo의 문제이다. 사람이 시야에 들어오는 물체의 멀고 가까움을 측정할 수 있는 이유는 사람의 눈이 두개이기 때문이고 두 눈과 물체가 이루는 각도의 크고 작음으로 물체까지 거리의 멀고 가까움을 측정할 수 있는 것이다. 따라서 사진 안에 담겨진 특정한 점까지의 거리를 얻어내기 위하여는 반드시 두 장 이상의 사진이 필요하다. 그러나 사진 두 장만 있으면 문제가 해결되는 것은 아니고 한 장의 사진 내의 특정한 점이 다른 또 하나의 사진의 어느 점과 대응되는가를 알아야만 한다. 이

문제는 컴퓨터비전에서 가장 어려운 문제중의 한 가지로 알려진 문제이고 아직까지도 해결되지 않고 있는 문제이다. 따라서 사진으로부터 모델을 구축하고자 하는 방법에는 대안이 있어야 하는데 3D Builder나 Photo Modeler에서는 같은 장면을 담고 있는 서로 다른 사진의 대응하는 점을 사용자가 알려주는 방법으로 문제를 해결하고 있다.

다른 한가지 해결 방법은 사진 한 장으로도 보이는 부분만의 3차원 모델을 만들 수 있는 방법인데 사용자가 반드시 두 쌍 이상의 직교 좌표축을 입력해주어야 하는 것이다. 만일 모델을 만들고자 하는 대상 내에 이러한 좌표축이 존재하지 않으면 배경에 인위적인 평행선들을 그려넣은 후 사진을 찍어야만 한다. 프로그램은 이러한 좌표축 정보를 바탕으로 카메라의 위치를 계산하여 깊이 정보를 계산할 수 있다. 때문에 이 3D Builder나 PhotoModeler에는 사용자가 입력해 주어야 하는 정보가 매우 많다. 이러한 입력을 바탕으로 프로그램은 3차원 모델을 계산해내고 여기에 사진으로부터의 컬러 정보를 그대로 적용할 수 있기 때문에 매우 사실감이 느껴지는 모델을 만들 수 있다. 이렇게 사진을 이용하여 모델을 제작하는 방법은 사진으로 찍을 수 있는 어떠한 물체에 대해서도 모델을 만들 수 있으므로 모델링하는 대상에 제약이 없는 반면 디지털라이저나 레이저 스캐너를 이용한 방법보다는 정밀도가 다소 떨어지는 편이다.

3D Builder를 사용해서 3차원 모델을 만들어내는 단계는 크게 다섯 단계로 나뉘며 그 과정을 살펴봄으로써 3D Builder가 할 수 있는 일과 할 수 없는 일을 알아볼 수 있다<sup>[3]</sup>. 그 첫번째 단계는 모델을 제작하고자 하는 물체의 사진을 찍는 일이다. 3D Builder에서는 반드시 두 쌍의 직교 좌표축을 사용자가 입력해 주어야 하므로 모델을 만들고자 하는 대상 자체에 뚜렷한 모서리들이 있어서 이들이 직교 좌표축 역할을 할 수 있다면 다행이지만 그렇지 않다면 사진 내의 배경이라도 좌표축 역할을 할 수 있는 부분이 반드시 있어야 한다. 사진은 일반 카메라로 찍을 수도 있고 디지털 카메라를 이용할 수도 있다. 어떠한 형태로든 디지털화 하여 컴퓨터에 저장할 수 있기만 하면 된다.



〈그림 2〉 3D Builder에서 대응하는 점을 같은 점으로 입력하는 모습



〈그림 3〉 3차원 모델에 컬러정보를 더한 모습

두 번째 단계는 디지털 사진을 프로그램에 불러들이는 일이다. 프로그램에 사진을 불러들인 후에는 반드시 두 쌍 이상의 좌표축을 입력해주어야만 한다. 선이나 면을 표시할 수 있는 기능을 이용하여 가능한 한 많은 면들을 표시해 주고 면들을 구성하는 선들이 어느 좌표축과 평행한가를 지정해 준다. 또 한가지 유의할 점은 반드시 두 점 이상의 상대좌표를 입력해 주어야 한다는 점이다. 이렇게 해서 원하는 면들을 모두 표시했으면 한 장의 사진에서는 나타나지 않는 부분이 담긴 다른 사진을 프로그램에 불러들인다.

세 번째 단계에서는 두 번째 단계에서 했던 일

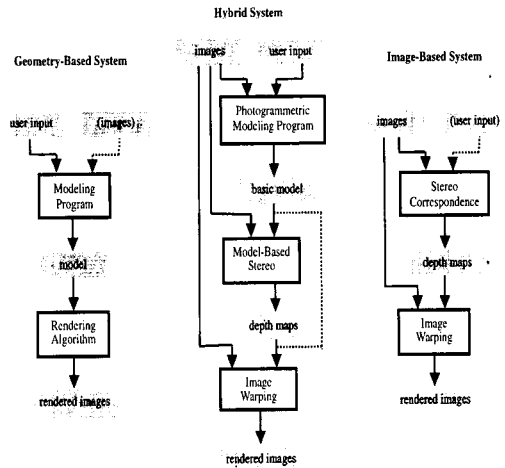
들을 반복하는 일 이외에 첫 번째 사진의 점과 두 번째 사진의 점 중에서 서로 일치하는 점들이 있으면 이를 같은 점으로 묶어준다. 이러한 작업을 하지 않는다면 두 장의 사진으로부터 만든 모델은 전혀 관련이 없는 동떨어진 모델이 될 것이다. 그림 2는 두 장의 사진에 포함된 같은 점들을 대응하는 점들로 연결시켜주는 모습을 보여주고 있다.

네 번째 단계로는 만들어진 모델에 사진으로부터 텍스처 맵을 할당하는 일이다. 이렇게 하면 추상적인 3차원 모델에 사진으로부터 얻은 칼라 정보가 할당이 된다. 그리고 마지막으로 제작된 3차원 모델을 다른 모델링 도구들에서 읽어 들일 수 있도록 원하는 형태의 파일 포맷으로 저장한다. 그림 3은 3D Builder를 이용하여 제작한 3차원 모델과 그 모델 위에 사진의 컬러 정보를 덧 붙인 모델을 보여주고 있다<sup>[1]</sup>.

이렇게 하면 우리가 원하는 3차원 모델이 만들어지고 원한다면 이를 SoftImage나 Power Animator같은 모델링 도구에서 불러들여 필요한 부분을 수정한다던가 렌더링을 해주면 3D Builder를 이용하여 사진 안에 담긴 물체의 3차원 모델을 완성한 것이다.

### III. Façade

전 장에서 소개한 3D Builder나 PhotoModeler와 유사한 기능을 가지고 있기는 하지만 특별히 건물들을 모델링 하고자 하는 목적으로 개발된 Façade라는 소프트웨어가 있다. 아직 상용화 되지는 않고 현재 베타버전을 테스트 중에 있는 Berkeley 대학에서 개발한 Façade는 1996년 SIGGRAPH에 그 이론을 설명하는 논문이 발표되었고, 1997년에는 이 소프트웨어를 이용하여 Berkeley대학 구내의 시계탑과 그 주변의 캠퍼스에 대한 Fly-through 애니메이션이 SIGGRAPH97의 Electronic Theater에 발표가 되어 많은 찬사를 받았다. 이 같은 찬사의 원인은 그 작품의 결과가 매우 뛰어나서 실제 사진과 구별할 수 없을 정도라는

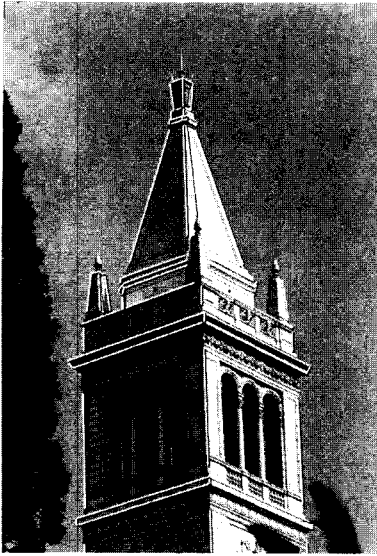


(그림 4) Façade시스템 개요

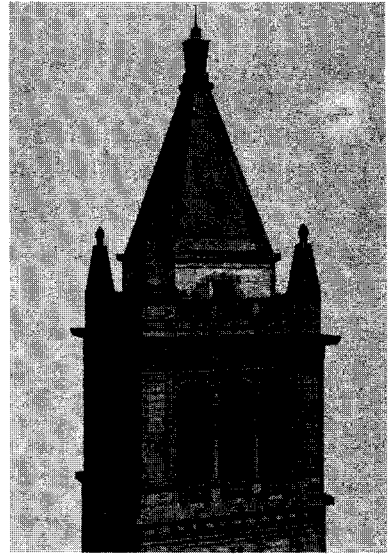
데 그 이유가 있다.

그림 4를 참고로 하면서 Façade시스템과 다른 시스템들을 비교해 보기로 하자. 우선 Geometry-Based System이라고 되어있는 부분은 기존의 모델링 시스템을 이용하여 디자이너가 선과 면을 생성하는 작업을 반복함으로써 모델을 만들어내는 방법이다. 여기에서 이미지의 역할은 그저 디자이너에게 참고가 되는 아이디어를 제공하는 역할을 할 뿐이다. Image-Based System이라고 이름 붙여진 부분은 이전 장에서 설명한 3D Builder나 PhotoModeler와 같이 사진을 이용하되 깊이정보의 산출을 위해서는 사용자의 입력이 필요하다는 것을 보여주고 있다. 우리가 이번 장에서 설명하고 있는 Facades는 위의 그림 4에서 Hybrid System으로 명명되어 있으며 그 이유는 기존의 Geometry-Based System과 Image-Based System에서 사용되는 방법의 장점만을 섞어 사용하고 있기 때문이다. 모델링 하고자 하는 사진이 주어지면 이를 Façade시스템에 불러들여 사용자가 사진 안에 포함된 기본적인 입체들을 찾아낸다. 예를 들면 직육면체, 원기둥, 원뿔, 구 등이 어느 곳에 위치하는 가를 입력해 주는 것이다 (그림 5 (a)). 이러한 작업을 거치면 사진 내의 물체에 대한 basic model이 만들어진다 (그림 5 (b)).

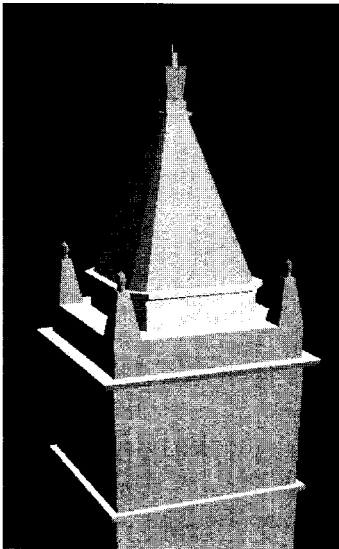
기본적인 모델을 생성하고 나면 같은 장면을 다



(a)



〈그림 6〉 완성된 3D 모델



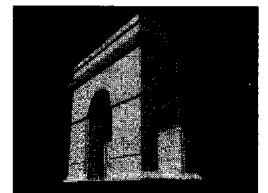
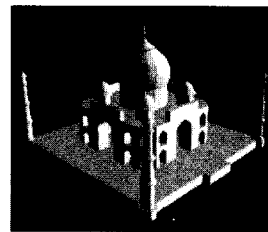
(b)

〈그림 5〉 (a) 사용자 입력과 (b) basic model

른 각도에서 찍은 사진을 이용하여 깊이 정보를 얻어내야 하는데, Façade의 경우에는 사용자로부터 오는 입력이 전혀 없이 이미 생성된 기본적인 모델과 이미지만을 이용하여 깊이 정보를 이끌어내는 Model-Based Stereo 알고리즘을 개발하였

다. 바로 이러한 점이 다른 소프트웨어에서는 찾을 수 없는 Façade만의 뛰어난 장점이다. 이런 작업을 마치고 나면 3차원 모델이 만들어진 것이고 그 모델 위에 사진에 담겨있는 컬러 정보를 덧 씌우면 모든 작업이 끝나게 된다. 그림 6은 그림 5 (b)의 모델 위에 사진에서 얻은 컬러를 더한 그림이다.

Berkeley대학의 방법은 건축물에 대한 모델밖에 제작할 수 없는 특수한 목적으로 만들어진 소프트웨어이지만 그 적용 범위를 점차 넓혀가고 있으며 그 모델링 결과가 실제 사진과 구분할 수 없을 정도로 매우 뛰어나다. Façade를 이용하여 Taj Mahal 궁전과 개선문을 모델링 한 결과가 그림 7에 나타나 있으며, 여기서 주목할 만한 것은 기본 입체 외에 다소 복잡한 곡면들도 모델링 되어있



〈그림 7〉 Façade를 이용한 모델링 결과들

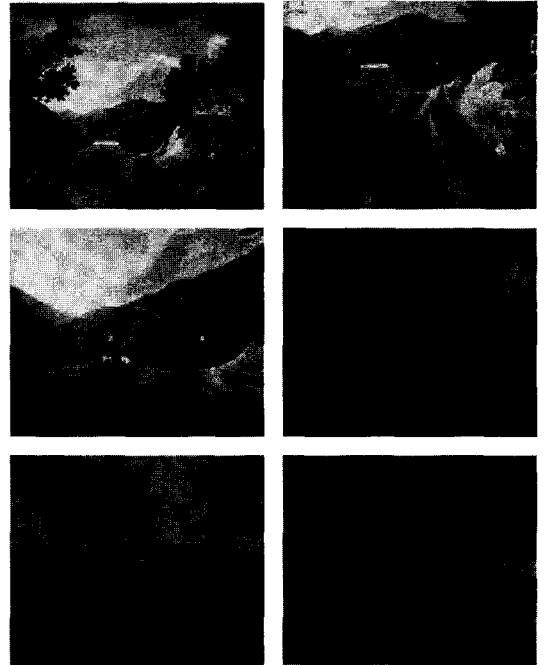
다는 것이다.

#### IV. Tour into the Picture (TIP)

직역을 하면 그림 속으로의 여행이라 번역되는 TIP는 1997년 SIGGRAPH에 처음 발표되었다 [6]. 글자 그대로 마치 그림 속에 들어가서 돌아다니는 것 같은 느낌을 주는 이 기술은 그림을 이용하여 3차원 모델을 만든다는 것과는 거리가 있고, 비교적 간단하게 매우 강렬한 인상을 주는 애니메이션을 만들 수 있는 기술이다.

그림 8에서 보는 바와 같이 그 작업은 그리 복잡하지 않다. 그림 혹은 사진을 스캐너로 읽어 들인 후 배경과 물체를 분리하는 작업을 하는 한편, 소실점 (vanishing point)를 찾아낸다. 이는 그림이나 사진에 나타난 원근을 이용하여 설정하면 된다. 그런 후에 배경과 물체를 각각 모델링 하는 데 결코 복잡하지 않게 매우 간단히 모델링 한다. 이렇게 각각 모델링 된 배경과 물체에 본래의 그림에서 분리해 내었던 배경그림과 물체 그림을 입히면 모든 것이 끝나는 것이다.

매우 간단한 방법으로 하나의 애니메이션이 만들어졌다. 작업과정에서 느낄 수 있듯이 애니메이션 결과는 정교한 것은 아니다. 그러나 이미 존재하는 어떤 종류의 사진이나 그림에 대해서도 이러한 애니메이션을 제작할 수 있으므로 그 시각적인 효과는 매우 뛰어나다. 아래에 몇몇 개의 결과를 소개한다. 그림 9는 그림 한 장으로 마치 그림 속



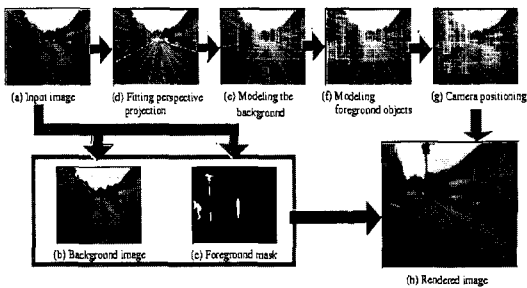
〈그림 9〉 사진 속으로의 여행 장면들

으로 들어간 것 같은 장면들을 연출하는 모습을 보여주고 있다.

#### V. Panorama

파노라마는 흔히 사진 기술에서 쓰이는 용어로서, 한 장의 필름에 담을 수 없는 넓은 지역의 사진을 순차적을 촬영한 필름을 연이어 붙임으로써 마치 한 장의 커다란 넓은 사진을 보는 효과를 거둘 수 있는 기술을 말한다. 그러나 이와 같이 카메라가 바라보는 방향을 순차적으로 변화 시켜가며 촬영을 할 때는 카메라의 이동에 조심스러워야 한다. 가능한 한 수평방향으로의 이동만 있어야 하며 수직방향의 이동이 있을 경우에는 이를 붙여서 길다란 사진을 만들기가 곤란한 것이다. 그러나 컴퓨터의 도움을 받아 디지털화 한 경우라면 문제가 다를 것이다.

이러한 사진의 기법을 디지털 영상에 적용하려던 초기에는 사진 촬영의 기술과 별반 다를 것이

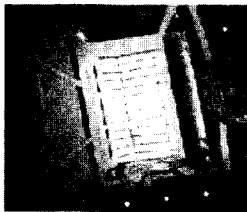


〈그림 8〉 Tour into the Picture의 작업 흐름도

없었다. 다시 말해, 카메라의 위치 이동이 수평방향으로만 이루어 져야 했다는 것이다. 그러나 최근에 발표된 기술들 ([7], [8])을 보면 이러한 문제점들을 극복하고 있다. 이는 카메라의 이동에 수평방향 뿐 아니라 수직방향의 움직임이 있어도 이를 계산해내서 이미지들을 이어 붙일 수 있다는 것이다. 물론 이를 위해서는 카메라의 이동을 복구해 낼 수 있는 계산과정에 대한 연구가 있어야만 한다. 이러한 수학적인 유도 과정은 [8]을 참고하기 바라고 여기에서는 그 결과만을 소개한다. 한 가지 언급하고 넘어가야 할 것은 앞의 세가지 방

법들은 사진 혹은 그림들을 이용하여 3차원 모델을 만들거나 3차원 애니메이션을 제작하는 기법들이었으나 이 파노라마 기술은 2차원 렌더링 기술이라는 것이다.

그림 10에 있는 사진들과 같은 사진을 이용하여 (천정을 촬영한 사진도 있음) 만든 파노라마가 그림 11에 보여지고 있다. 카메라가 수평으로 이동하면서 촬영한 장면들에서는 볼 수 없었던 천정의 사진이 아래의 파노라마에는 보여지고 있음을 알 수 있다.



### VI. 결 론

본 원고에서 우리는 최근에 급속한 발전을 이루고 있는 가상세계 구축을 위한 이미지 기반 모델링 및 렌더링 기법에 대한 최근의 기술에 대하여 소개하였다. 사진을 이용한 모델링 기법 중 3D Builder와 PhotoModeler는, 필요한 기술 중 가장 어려운 기술인 stereo문제를 사용자로부터 입력을 받는 방법으로 해결하고 있으므로 일일이 사용자가 대응하는 점을 입력해 주어야 하는 불편함이 있다. 그리고 현재까지는 고급의 모델을 제작하기에는 부족한 점이 많이 있지만 영화를 제작하는 정도의 정밀한 모델이 필요한 것이 아니라면 일반적인 가상세계를 구축하는 데는 간편하고 값싼 방법으로 비교적 사실적인 모델을 제작하는데 이용될 수 있을 것이다.

비록 건물을 모델링 하고자 하는 특별한 목적으로 제한되어 있기는 하지만, Berkeley에서 개발하고 현재 테스트 중에 있는 Façade는 복잡한 형태의 건물들에 포함되어 있는 다양한 입체를 모델링할 수 있도록 그 적용 범위가 넓어 지고 있다. 무엇보다도 그 모델링한 결과가 매우 뛰어나기 때문에 그 기술의 발전을 계속 지켜볼 필요가 있으며, 가상세계에서 건물들이 차지하는 비중이 매우 높기 때문에 그 활용 범위가 매우 넓을 것으로 기대된다. 특히, 가상의 모델 하우스를 제작하고자 하는 필요성이 높아지고 있는 점을 감안한다면 Fa



〈그림 10 파노라마를 만들기 위해서 사용된 사진들 중의 일부



〈그림 11〉 위 그림 10을 이용하여 만든 파노라마

cade가 이 분야에서 매우 효과적으로 이용될 수 있을 것이다.

그림 속으로 여행하는 착각을 들게 하는 TIP기법은 유명 미술가 들의 작품이나 동화 작품들 속으로 뛰어 들어가는 경험을 느끼게 할 수 있으므로, 어린이들을 상대로 하는 가상의 동화나라 등을 제작하는 데 효과적으로 사용될 수 있을 것이다. 파노라마 기법 또한 그 기술 개발이 활발히 진행 중이다. 위의 기술들 중에서 적용하고자 하는 목적에 따라서 사용해야 하는 기법들을 잘 선택한다면 매우 효과적으로 인상 깊은 제품을 제작하는 데 쓰일 수 있을 것이다.

### 참 고 문 헌

- [1] 3D Construction Company Home page, <http://www.3dconstruction.com/>
- [2] EOS Systems Inc Home page, <http://www.photomodeler.com/>
- [3] Bijan Tehrani, "3D Builder Tutorial", DV Magazine, March 1997.
- [4] P. E. Debevec, C. J. Taylor, J. Malik, Modeling and Rendering Architecture from Photographs, <http://www.cs.berkeley.edu/~debevec/Research/>
- [5] P. E. Debevec, C. J. Taylor, J. Malik, "Modeling and Rendering Architecture from Photographs: A hybrid geometry- and image-based approach", Computer Graphics Proceedings of SIGGRAPH 96, pp. 11 - 20, 1996.
- [6] Youichi Horry, Ken-ichi Anjyo, Kiyoshi Arai, "Tour into the Picture: Using a spidery Mesh Interface to Make Animation from a Single Image", Computer Graphics Proceedings of SIGGRAPH97, pp. 225 - 232, 1997.
- [7] D. N. Wood, A. Finkelstein, J. F. Hughes, C. E. Thayer, D. H. Salesin, "Multiperspective Panoramas for Cel Animation", Computer Graphics Proceedings of SIGGRAPH97, pp. 243 - 250, 1997.
- [8] R. Szeliski, H.-Y. Shum, "Creating Full View Panoramic Image Mosaics and Environment Maps", Computer Graphics Proceedings of SIGGRAPH97, pp. 251 - 258, 1997.

### 저 자 소 개



朴慶烈

1966年 5月 20日生, 1990年 2月 서울대학교 수학과 이학사, 1992年 2月 포항공과대학교 수학과 이학석사, 1997年 2月 포항공과대학교 수학과 이학박사, 1997年 2月~현재 한국전자통신연구원 선임연구원, 주관심 분야: Computer Graphics, Computer Vision, Geometric Design



李宜宅

1956年 1月 16日生, 1978年 2月 서울대 공대 공업교육학과 전자공학(학사), 1982年 2月 서울대 전자공학과(석사), 1996年 2月 KAIST 전기 및 전자(박사), 1980年~현재 한국전자통신연구원 책임연구원 주관심 분야: 디지털 스튜디오, 디지털 라이브러리, 3차원 애니메이션, 실감통신