

# 다중 분할 기반 환경 모델의 통합에 의한 3차원 환경 탐색

류승택<sup>†</sup>

## 요 약

단일 영상을 이용하여 구성된 3차원 환경 모델은 고정된 해상도로 인해 발생하는 흐려짐 현상과 가리움에 의해 환경맵에서 없는 정보가 나타날 시 발생하는 구성된 3차원 환경 모델의 늘어짐 현상이나 정보의 부족으로 인한 영상의 구멍이 발생한다. 본 논문에서는 이러한 문제점들을 해결하기 위해 다중 영상들을 이용한 일치 및 통합 방법을 제안한다. 본 연구에서는 세밀한 환경 모델링을 통한 시차 표현과 주변 환경의 자유로운 확장을 위해 대응선에 기반으로 하는 환경 모델 일치 및 통합 방법을 사용한다. 다중 영상에 의한 환경 모델링 방법은 렌더링에 적합한 해상도를 갖는 상세한 환경 모델을 생성할 수가 있어 시점이 자유로운 고화질의 탐색 영상 생성이 가능하다.

키워드 : 환경 모델링/매핑, 영상 기반 모델링, 3차원 재구성

## 3D Environmental Walkthrough Using The Integration of Multiple Segmentation Based Environment Models

Seung-Taek Ryoo<sup>†</sup>

### ABSTRACT

An environment model that is constructed using a single image has the problem of a blurring effect caused by the fixed resolution, and the stretching effect of the 3D model caused when information that does not exist on the image occurs due to the occlusion. This paper introduces the registration and integration method using multiple images to resolve the above problem. This method can represent parallax effect and expand the environment model to represent wide range of environment. The segmentation-based environment modeling method using multiple images can build a detail model with optimal resolution.

**Keywords:** Environment Modeling/Mapping, Image-Based Modeling, 3D Reconstruction

### 1. 서 론<sup>1)</sup>

인터넷의 발달과 컴퓨터의 성능 향상으로 인해 3차원 그래픽스 기술들이 널리 보급되어 지고 있으며 실세계 공간을 가상의 공간으로 3차원 모델

링하여 표현하려는 응용분야들이 점점 증대되고 있다. 3차원 가상 환경을 사실적으로 표현하고 실시간으로 렌더링하기 위해 많은 기술들이 연구되어 지고 있다[1]. 그중 가장 크게 두각을 나타내는 연구들 중에 하나가 영상 기반 모델링 방법이다. 영상 기반 모델링 방법이란 한 장이나 여러 장의 2차원 사진들의 조합으로부터 3차원 모델을 구성하는 방법을 말한다. 이 방법은 전처리 작업으로

<sup>†</sup> 정 회 원: 한신대학교 소프트웨어학과 조교수

\* 이 논문은 2004년도 한신대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음  
논문접수: 2004년 11월 8일, 심사완료: 2005년 1월 21일

환경을 표현하는 영상으로부터 기하 정보를 뽑아 내어 환경을 구성하므로 실시간 렌더링이 가능하다는 특징이 있다. 이러한 방법들에는 사진 계측(photogrammetric) 기반 모델링 방법, 매칭 알고리즘을 통해 구해진 디스패리티(disparity)를 이용한 모델링 방법, 소실점을 이용한 환경 모델링 방법 등이 있다[1]. 디스패리티를 이용한 방법은 자세한 3차원 모델을 구성할 수 있으나 영상에서 일치점을 찾기 위해 높은 비용을 들여야 하는 문제를 가지고 있다. 소실점 기반 방법은 개략적인 모델만을 구성하므로 상세한 환경 표현이 어렵다. 사진 계측 기반 모델링 방법은 환경맵에 적용시 영상의 변형으로 인해 영상에서의 물체와 프리미티브를 매칭하기 어렵다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 연구에서는 영상 분할에 기반을 둔 환경 모델링 방법[2]을 사용하였다.

본 논문의 목적은 환경을 표현하는 2차원 사진들의 조합으로부터 주변 환경을 사실감 있게 3차원 환경 모델을 구성하고 구성된 환경 모델을 자유롭게 둘러볼 수 있는 탐색 영상을 실시간으로 생성하는데 있다. 이를 위해 본 논문에서는 기존 방법인 분할 기반 환경 모델 방법을 통해 2차원 사진으로부터 환경 모델을 생성하고 구성된 환경 모델들을 통합하기 위해 대응선 기반 일치/통합 방법을 제안하였다. 이렇게 구성된 환경 모델은 세밀한 환경 모델링을 통한 시차 표현과 주변 환경의 자유로운 확장이 가능하다. 또한, 다중 영상을 바탕으로 생성된 환경 모델들을 통합하여 실제 영상을 환경 매핑 할 경우 시점에서 제일 가까운 사진 영상으로부터 샘플들을 얻어 매핑하므로 최선(optimal)의 영상 해상도를 갖는 상세한 환경 모델을 생성할 수 있어 시점이 자유로운 고화질의 탐색 영상 생성이 가능하다.

## 2. 관련 연구

본 논문에서는 환경을 표현하기 위해 3차원 물체의 모델링(Object Modeling)보다는 경관 모델링(Scene Modeling)에 중점을 둔 분할 기반 환경 모델링 방법을 사용하였다. 환경을 모델링하는 방법은 영상 특징의 종류에 따라, 사용한 영상의 개

수에 따라, 사용한 영상의 특성에 따라 나눌 수 있다.

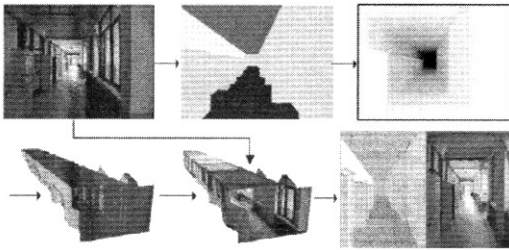
영상 특징은 점이나 선들과 같은 저 수준 영상 특징과 평면이나 블록들과 같은 고 수준 프리미티브로 나눌 수 있다. 저 수준 영상 특징들을 이용한 방법[3]들은 영상의 유사도가 큰 영상들로부터 자동으로 3차원 모델을 복원한다. 그러나, 점과 선들을 복원하기 위해서는 많은 수의 관계식을 필요로 하기 때문에 점과 선들의 영상 특징 매칭 알고리즘의 정확성에 매우 의존적이다. 또한, 동질 영역이 넓게 분포하거나 같은 패턴이 여러 번 반복되는 영상은 영상의 모호성으로 인해 3차원 재구성하기 어렵다. 다양한 종류의 프리미티브를 이용한 방법[4]들은 일련의 장면으로부터 사용자의 상호작용에 의해 3차원 모델을 재구성한다. 이 방법은 제공되는 프리미티브만을 이용하여 모델링이 가능하기 때문에 상세한 환경을 모델링할 수 없다는 단점을 가지고 있다.

이러한 두 방법의 문제를 해결하기 위해 고 수준과 저 수준의 중간 단계의 영상 특징인 평면을 이용한 연구[5-7]가 진행되고 있다. 평면을 이용한 방법들은 일반적으로 참조평면을 기반으로 3차원 환경 모델을 재구성한다. 이러한 방법으로는 환경에 대한 정보를 소실점과 소실선에 의해 재구성하는 방법, 상호작용에 의한 영상 편집 방법 등이 있다. 첫 번째 방법은 소실점을 이용하여 구해진 평면을 기반으로 환경을 모델링하기 때문에 상세한 환경 모델을 구성할 수 없다는 문제점을 가지고 있다. 두 번째 방법은 상세한 환경의 재구성이 가능하나 이를 위해 여러 가지 틀들을 이용한 사용자의 상호작용을 필요로 한다. [5-7]에서는 영상 특징들의 깊이값을 설정하기 위해 참조 평면을 이용하였다. [5]에서는 스퀘어 메쉬로 구성된 평면을 참조하여 스프라이트의 깊이값을 설정하였고 [6]에서는 참조 평면과 평행한 평면과 소실점의 관계에 따라 거리를 계산하였다. [7]에서는 바닥 평면 틀과 수직 틀을 사용하여 참조평면에서의 위치값을 설정할 수 있도록 하였다. 본 논문에서는 보다 상세한 모델을 구하기 위해 평면의 수직/수평을 이용하는 분할 기반 환경 모델링 방법을 사용하였다. 이 방법은 입력 영상을 환경 특성에 따라 바닥면, 천정(하늘), 주변 물체

들로 분할하고 분할된 바닥면이나 천정을 참조 평면으로 설정하고 주변 물체들의 깊이값을 계산함으로써 상세한 환경 모델을 얻을 수 있다.

본 논문에서는 2차원 사진의 영상 분할을 통해 생성된 영상 분할 환경 모델링 방법에서 고정된 해상도로 인해 발생하는 흐려짐 현상과 정보의 부족으로 인해 발생하는 영상의 구멍 및 텍스처 늘어짐 현상을 완화하기 위해 다중 영상 분할 기반 모델링 방법을 제안하였다. 제안된 방법의 특징에 대해서는 다음 장에서 차례로 알아보기로 하자.

### 3. 분할 기반 환경 모델링

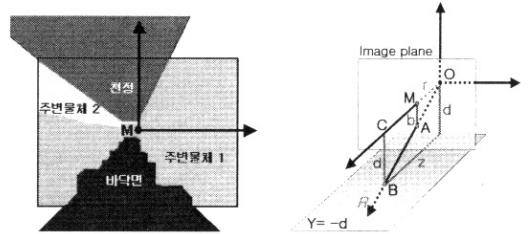


<그림 1> 분할 기반 환경 모델 생성 과정

분할 기반 환경 모델링은 영상 분할을 통해 참조 평면을 설정하고 이를 이용하여 깊이값을 계산하여 3차원 환경 모델을 구성하는 방법이다[2]. <그림 1>은 한 장의 사진으로부터 분할 기반 환경 모델을 구성하는 과정을 보여주고 있다. 먼저, 입력 영상을 환경의 특징에 따라 바닥면, 천정(하늘), 주변 물체들로 분할한다. 분할된 영상에 제한 조건을 사용하여 참조평면을 생성하고 이를 이용하여 깊이 영상을 획득한다. 분할 영상으로부터 깊이값을 계산하기 위해서 두 단계의 과정이 필요하다. 첫 번째 단계에서는 바닥면과 천정에 대한 깊이값을 계산하고 두 번째 단계에서는 첫 번째 단계에서 구해진 깊이값을 기반으로 주변 물체의 깊이값을 계산한다.

<그림 2>는 일반 영상을 사용하여 바닥면에 대한 깊이값을 계산하는 과정을 설명하고 있다. <그림 2-a>는 영상 좌표계에서 바라본 분할된

영상과 환경 모델을 나타내고 있으며 <그림 2-b>는 실세계 좌표계를 기준으로 바닥면으로 분할된 영역의 깊이값을 구하는 과정을 나타내고 있다.



a. 영상 좌표계                      b. 실세계 좌표계

<그림 2> 깊이값의 계산 (바닥면)

바닥면에 대한 깊이값을 추출하기 위해 바닥면과 광선 R의 교차점을 이용한다. 광선 R은 실세계 좌표의 원점(O)으로부터 출발하여 이미지 평면의 임의의 한 픽셀을 지나는 직선을 말한다. 바닥면으로 분할된 영역의 픽셀(A)의 깊이값은 광선 R(OA)과 바닥면이 만나는 교차점(B)의 Z 값을 구하면 된다. 이를 위해 <그림 2-b>와 같이 삼각형  $\triangle OAM$ 과 삼각형  $\triangle OBC$ 의 관계를 이용하면 다음과 같이 바닥면의 깊이값을 구할 수 있다.

$$z = r \times \frac{d}{b} \quad (\text{수식 1})$$

b는 영상의 중간점(M)으로부터 깊이값을 구할 픽셀(A)까지의 거리, d는 원점(O)으로부터 바닥면까지의 거리, r은 실세계 좌표계의 원점(O)로부터 이미지 평면까지의 거리, 즉 초점거리(focal length)를 말한다. 이 방법에서는 상대적인 깊이값(z)을 구하기 위해 바닥면까지의 거리(d)를 사용자 입력으로 설정하였다. 위의 과정을 반복하여 적용하여 바닥면이나 천정으로 분할된 영역의 깊이값을 계산할 수 있다.

주변 물체들은 바닥면이나 천정에 수직으로 구성된다고 가정하고 주변 물체의 깊이값을 구하기 위해서 주변 물체가 어느 평면에 인접한지를 판단하고 추출된 참조평면의 최대 깊이값을 설정한다. 이러한 과정을 반복하면 전체 영상의 깊이값을 계산할 수 있다.

다음으로, 입력 영상(x, y)과 획득된 깊이 영상

(z)을 이용하면 환경 샘플의 3차원 좌표값을 얻을 수 있다. 이러한 환경 샘플들을 격자 모델링하면 3차원 환경 모델을 구성할 수 있다. 마지막으로, 입력 영상을 구성된 환경 모델에 환경 매핑하여 원하는 탐색 영상을 생성한다. 이러한 영상 분할 기반 환경 모델링 방법은 환경의 특성에 따른 깊이값 추출 방법으로 손쉽게 환경 모델링이 가능하다는 특징이 있다.

#### 4. 다중 환경 모델

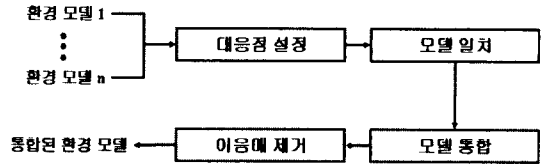
단일 영상에 의해 구성된 3차원 환경 모델은 영상의 단일 해상도에 의해 탐색 영상의 확대시 발생하는 흐림 현상과 가리움 현상에 의해 영상에서 없는 정보가 나타날 시 3차원 환경 모델의 빈부분이 나타나는 홀 현상이 발생한다. 또한, 이러한 빈 부분을 채우기 위해 주변 영상 샘플로 대체할 경우 3차원 모델의 텍스처가 늘어지는 현상이 발생한다<그림 3>.



a. 홀 발생(샘플부족) b. 텍스처 늘어짐(샘플중복)

<그림 3> 단일 영상 기반 환경 모델링의 문제점

이러한 문제를 제거하기 위해서는 다중 영상에 바탕을 둔 3차원 환경 모델의 구성이 필요하다[8, 9]. 한 장의 영상으로부터 환경 모델을 구성할 경우 전체 주변 환경 정보를 얻기가 힘들다. 주안점을 두고 표현하고자하는 환경 영역에 대해 여러 장의 영상을 사용하여 주변 환경 정보를 얻고 다중 환경 모델들을 일치 및 통합하게 되면 영상의 확대시 발생하는 흐림 현상이나 환경 샘플 부족에 의해 발생하는 홀 현상 및 텍스처 늘어짐 현상을 완화시킬 수 있다. 본 논문에서는 이를 위해 다중 영상을 이용한 대응선 기반 환경 모델 통합 및 환경 매핑 방법을 제안한다.



<그림 4> 다중 환경 모델의 통합 과정

<그림 4>는 다중 환경 모델을 통합하는 과정을 나타내고 있다. 획득된 다중 영상들을 기존 연구 방법인 분할 기반 환경 모델링 방법으로 각각 3차원 환경 모델들로 구성한다. 구성된 환경 모델은 제안된 방법에 따라 다음과 같은 세부 과정을 거친다. 먼저, 통합할 각 사진 영상으로부터 대응점을 설정하고 각각 로컬 좌표계를 중심으로 구성된 환경 모델을 설정된 대응점을 바탕으로 실세계 좌표계로 변환(이동, 회전, 크기변환)하여 각각의 3차원 환경 모델들을 일치(registration)시키도록 한다. 이렇게 획득된 환경 모델들에서 상세한 환경 모델을 획득하기 위해 대응선을 기반으로 하는 환경 모델 분할(subdivision) 방법에 의해 환경 모델을 통합한다. 마지막으로 통합된 환경맵에 나타나는 텍스처의 불일치 현상을 해결하기 위해 각 사진 영상으로부터 텍셀 값을 혼합하여 환경맵을 재생성하여 탐색 영상을 획득한다. 각 단계에 대한 자세한 방법에 대해서는 다음 절에서 자세히 다루도록 하겠다.

##### 4.1. 대응점 설정

입력되는 다중 영상은 같은 환경 공간을 시점이 서로 다른 곳에서 바라본 영상으로 구성된다. 이렇게 입력된 영상은 기존 방법에 의해 바닥면, 천정, 주변 물체들로 분할된다. 분할 영상에 의해 획득된 3차원 환경 모델들은 분할 기반 환경 모델 방법의 특성으로 따라 다음과 같은 특징이 있음을 알 수 있다.

각 환경 모델은 바닥면(천정)을 구성하는 평면을 서로 공유한다.

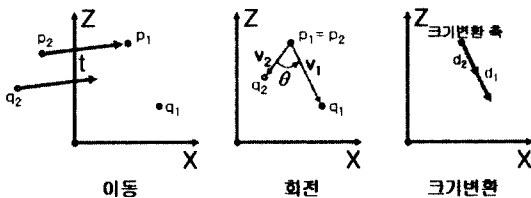
이러한 특징에 따라 구성된 환경 모델들은 바닥면과 천정을 이루는 평면을 서로 공유하며 공

유하는 평면은 Y축에 수직인 평면이므로 Y축에 대한 회전만을 고려하면 각 환경 모델들을 쉽게 일치시킬 수 있다. 이렇게 3차원 좌표계 일치를 2차원 좌표계 일치로 단순화시킬 수 있는 것은 Y축에 수직인 평면을 서로 공유한다고 가정하였기 때문이다. 환경 모델들이 바닥면이나 천정을 공유하지 않거나 Y축에 수직이지 않을 경우에는 3차원 좌표계 일치를 단순화하기 어렵다.

3차원 좌표축의 일치화를 위해서는 적어도 세 개의 대응점이 필요하나 본 논문에서는 2차원 좌표축으로 단순화된 환경 모델의 일치화를 위해 두 개의 대응점을 사용하였다. 또한, 각 대응점들을 사용자의 상호 작용에 의해 바닥면(천정)에서만 설정하도록 하였다. 왜냐하면 공유 평면에 설정된 대응점들의 높이값이 서로 같기 때문에 정확한 2차원 변환값을 얻을 수 있기 때문이다.

본 논문에서는 일치점의 자동 설정보다는 환경 모델 통합에 주안점을 두어 사용자 입력에 의해 일치점 설정하고 있다. 두 영상간의 일치점을 자동으로 찾기 위한 많은 방법[11]들이 개발되고 연구 중에 있으며 이를 이용한 환경 모델 통합 방법의 연구가 향후 연구로 필요하다.

4.2. 환경 모델의 일치



<그림 5> 좌표계 일치

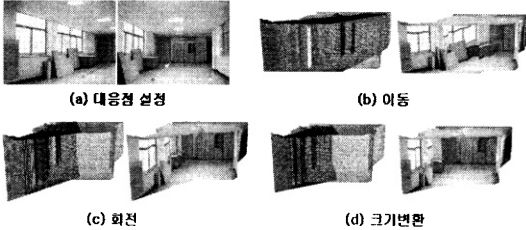
설정된 대응점들을 이용하여 환경 모델들을 일치하는 과정은 <그림 5>와 같다. 획득된 환경 모델  $E_a, E_b$ 가 있을 때 환경맵 상의 대응점들을 이용하여 구성한 3차원 대응점들을  $(p_1, p_2), (q_1, q_2)$ 이라 하고 두 개의 3차원 점에 의해 구성된 벡터를  $v_1, v_2$ 라고 하자. 먼저, 두 모델을 일치시키기 위해 환경 모델  $E_b$ 를 환경 모델  $E_a$ 로 이동시킨다. 본 논문에서는 첫 번째 대응점을 일치

시키도록 <그림 5-a>와 같이  $T(=p_1-p_2)$  만큼 환경 모델  $E_b$ 를 이동시킨다. 다음으로 두 번째 대응점에 의해 구성된 두 벡터  $v_1$ 과  $v_2$ 의 사이각  $\theta$ 을 구하여 환경 모델  $E_b$ 를 회전시킨다(<그림 5-b>). 사이각  $\theta$ 은  $v_1$ 과  $v_2$ 의 내적을 통해 구할 수 있으며 회전각을 적용시  $p_1$ 을 회전축으로 설정하여 환경 모델을 회전시킨다. 이렇게 변환된 환경 모델  $E_b$ 는 두 번째 대응점이 일치하지 않아 여전히 환경 모델의 크기에 대한 문제를 가지고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 <그림 5-c>와 같이 두벡터의 크기값  $d_1, d_2$ 를 구하여  $\frac{d_1}{d_2}$  만큼 환경 모델  $E_b$ 를 크기변환하여준다. 일관적인 크기 변환은 두 좌표축을 기준으로 크기변환이 적용되므로  $p_1$ 을 크기변환 축으로 하고 크기변환의 방향을 벡터  $v_1$ 의 방향으로 설정하여 크기 변환을 적용해야 한다. 위에서 설명한 과정을 수식으로 표현하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$E_2 = S\left(\frac{d_2}{d_1}\right)R_v(\theta)T(t)E_1 \quad (\text{수식 2})$$

<그림 6>은 두 개의 대응점을 이용하여 3차원 환경 모델들을 일치하는 과정을 보여주고 있다. <그림 6-a>는 환경 모델을 생성한 칼라 영상으로부터 두 개의 대응점을 설정하는 모습을 보여주고 있다. 화살표를 갖는 점선은 첫 번째 대응점과 두 번째 대응점에 의해 생성한 벡터  $l_a, l_b$ 를 나타낸다. <그림 6-b>는 <그림 6-a>의 좌측 영상에 의해 생성된 환경 모델  $E_a$ (진한 선구조 형상)을 <그림 6-a>의 우측 영상에 의해 생성된 환경 모델  $E_b$ (흐린 선구조 형상)으로 이동(146.05, 0, -32.33)한 모습을 보여주고 있다. <그림 6-c>는 환경 모델  $E_a$ 를 일치된 첫 번째 대응점을 기준으로 Y축으로 반시계방향으로  $\theta(40.37^\circ)$ 만큼 회전한 후의 환경 모델들을 나타낸다. <그림 6-d>는 회전 변환된 환경 모델  $E_a$ 를 첫 번째 대응점을 기준으로 벡터  $l_b$ 의 방향으로 크기변환(0.64)한

후에 일치된 두 환경 모델을 보여준다. 두 개의 대응점만을 가지고 모델의 이동, 회전과 크기변환 과정을 통해 환경 모델들이 서로 근사화하여 일치되는 것을 알 수 있다.

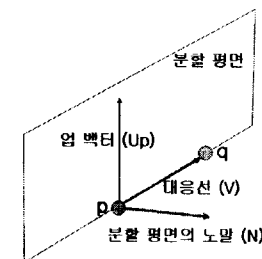


<그림 6> 대응점을 이용한 환경 모델의 일치

### 4.3. 환경 모델의 통합

기존의 다중 환경 모델 통합 방법은 두 3차원 환경 모델의 다각형의 비교분석을 통해 중복된 다각형을 제거하여 환경 모델을 통합한다[8, 9]. 그러나, 본 논문에서 제안한 방법은 대응점을 바탕으로 두 개의 환경 모델을 일치시켰으므로 두 대응점을 연결한 대응선에 가까운 다각형들은 정확히 일치하며 대응선에서 멀어질수록 일치하는 다각형들의 오차가 점점 커짐을 알 수 있다. 이러한 특징 때문에 다각형 비교분석을 통해 중복된 환경을 제거하기가 어렵다.

본 논문에서는 환경 모델간의 오차를 최소화하기 위해관계를 대응선 기반 환경 모델 통합 방법을 제안한다. 즉, 대응선을 기반으로 생성된 평면에 의해 환경 모델을 두 개의 하위 모델로 분할하고 환경 모델간의 오차를 줄이기 위해 분할된 하위 모델중 환경의 중복이 적은 하위 모델을 선택하고 각각 선택된 하위 모델들을 병합하여 하나의 통합된 환경 모델로 구성하였다.



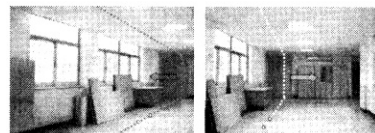
<그림 7> 분할 평면의 구성

<그림 7>은 대응선에 의해 분할 평면을 구성하는 과정을 나타내고 있다. 먼저, 대응선  $V$ 와 업벡터  $Up$ 의 외적에 의해 분할 평면의 노말  $N$ 을 구한다.  $Up$  벡터는 실세계 좌표 공간에서  $Y$ 축을 나타내므로 벡터  $(0, 1, 0)$ 을 의미한다. 분할된 하위 모델의 선택을 위해서 외적의 순서가 중요하다. 외적의 순서에 따라 분할된 하위 모델의 선택과정이 바뀌므로 중복이 적은 모델을 선택하도록 외적을 수행하여야 한다. 평면 위의 한 점인 대응점  $p$ 와 노말  $N$ 을 이용하여 다음과 같은 수식으로 평면의 방정식을 나타낼 수 있다.

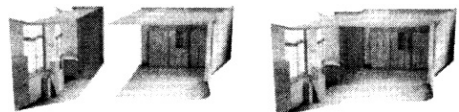
$$P = N_x x + N_y y + N_z z - N_x p_x - N_y p_y - N_z p_z = 0 \quad (\text{수식 3})$$

이 평면의 수식을 이용하여 분할 평면  $P \geq 0$ 인 환경 영역은 하위 모델로 선택하고  $P < 0$ 인 환경 영역은 환경 모델로부터 제거하여 각 환경 모델의 하위 모델들을 병합하면 하나의 통합된 환경 모델을 구성할 수 있다.

<그림 8>은 분할 평면에 의한 환경 모델의 분할 및 통합 과정을 보여주고 있다. <그림 8-a>는 대응선에 의해 생성된 분할 평면의 노말을 이용하여 분할할 영역을 선택하는 과정을 나타낸다. 각 점선은 분할 평면과 환경 모델이 서로 교차하는 교차점을 말하고 화살표의 방향은 각 분할 평면의 노말의 방향을 의미하며 이 방향에 따라 선택될 하위 모델을 결정한다. <그림 8-b>는 각 분할 평면에 의해 잘려진 환경 모델들을 보여주고 있으며 <그림 8-c>는 분할된 하위 모델을 병합하여 하나의 환경 모델을 구성한 모습을 나타내고 있다.



(a) 분할 평면에 의한 환경 모델 선택



(b) 하위 모델 선택 (c) 하위 모델 통합

<그림 8> 환경 모델의 분할 및 통합

#### 4.4. 통합된 환경 모델의 이음새 제거

두 개의 환경 모델을 통합하는 과정에서 생성된 모델은 연결부분에서 <그림 9-a>와 같이 입력된 사진 영상의 불일치로 인해 이음새가 나타나는 문제점을 가지고 있다. 이러한 이음새를 제거하기 위해서는 두 환경 모델에 환경 매핑되는 각 사진 영상에서 두 환경 모델이 겹치는 부분의 텍셀을 블렌딩하여 사용하여야 한다. 본 논문에서는 두 사진 영상에서 서로 대응되는 텍셀을 찾기 위해 환경맵 일치과정에서 설정한 대응선을 이용하였다. 먼저, 대응선  $l$ 을 대응점  $p, q$ 를 이용하여 다음과 같은 패러미터 식으로 계산한다.

$$l = p + (q - p)t \quad (\text{수식 4})$$

대응선을 구성하는  $t$  값을 0이하의 구간으로 감소시켜  $t$ 의 최소값을 구하고  $t$  값을 1이상의 구간으로 증가시켜  $t$ 의 최대값을 구한다. 바닥면이 아닌 영역이 나오면  $t$ 의 구간을 멈추거나 이미지 영역을 벗어나면  $t$ 의 구간을 멈춘다. 이렇게 구해진 대응선의  $t$ 구간을 이용하여 구한 대응점들(바닥면 위의 3차원 점들)의 값( $p_a, p_b$ )을 <수식 5>와 같이 계산한다.  $l_a, l_b$ 는 대응선을 말하고  $N_a, N_b$ 는 각 평면의 노말을 말하며  $m$ 은 블렌딩할 영역의 크기를 말한다.

$$p_a = l_a + i \times N_a, \quad p_b = l_b + i \times N_b, \quad -m \leq i \leq m \quad (\text{수식 5})$$

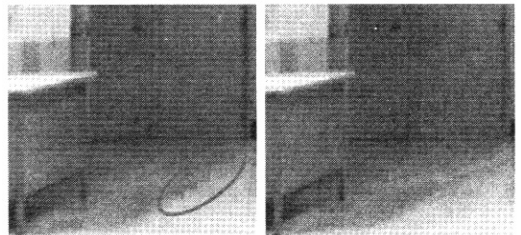
$p_a, p_b$ 에 해당하는 환경맵의 텍셀값  $C_a, C_b$ 를 다음과 같은 수식으로 블렌딩하여 텍스처의 불일치를 해소한다.

$$C = C_a \times r + C_b \times (1 - r) \quad (\text{수식 6})$$

$r$ 은 두 텍셀간의 혼합 비율을 나타낸다. 혼합 비율  $r$ 은 대응선과의 거리차에 따라 정해지며 <수식 5>의  $i$ 값에 의해 조절된다.

<그림 9-b>는 앞에서 설명한 방법에 의해 연결 부분에 있는 각 환경맵의 텍셀을 블렌딩하여 나타낸 모습이다. 두 모델간의 텍셀의 불일치가 거의 제거되었음을 알 수 있다.

일반적으로 환경 모델의 일치와 통합과정을 수행하는 데 많은 시간이 든다. 그러나, 이러한 과정은 3차원 환경 모델을 구성하는 전처리 단계에 수행되므로 실제 환경 영상을 생성하는 렌더링 시간에 영향을 주지 않으므로 실시간 탐색이 가능하다. 즉, 환경 탐색을 위해 준비하는 3차원 환경 모델을 구성하는 데에 많은 비용이 들더라도 구성된 환경 모델을 이용하여 렌더링하는 비용을 최소화할 수 있다면 실시간 렌더링이 가능하다.



(a) 통합모델의 이음새 (b) 텍스처 블렌딩  
<그림 9> 통합 모델의 이음새 제거

### 5. 구현결과

본 논문에서는 영상 기반 탐색 시스템의 실시간 렌더링을 위해 C 언어와 OpenGL을 이용하였고 구현환경으로는 팬티엄 III 700MHz PC와 Winfast GeForce DDR을 사용하였다. 또한, 일반 실사 영상 획득을 위해 Sony DCR-TRV20 디지털 캠코더를 사용하였다. 환경맵 획득을 위해 삼각대와 세미 어안렌즈를 이용하여 고정된 시점에서의 360도 실사영상들을 획득하였고 획득된 영상들을 파노라마 툴[10]과 영상 편집기를 사용하여 파노라마 영상으로 생성하였다. (일반 영상은 일반 카메라를 이용하여 획득된 영상을 말하며 환경맵은 우리 눈이 볼 수 있는 영역보다 더 큰 시역을 표현하는 매우 넓은 영상을 말한다.)

#### 5.1. 일반영상을 이용한 다중환경모델 통합

본 논문에서는 다양한 시점에서 생성된 환경 모델들을 통합 테스트를 위해 서로 다른 시점에서 주변 환경을 바라보는 영상들을 획득하여 사

용하였다.

<그림 10>은 시점이 서로 다르고 다양한 각도에서 획득된 세 개의 영상을 이용하여 환경 모델을 구성하는 과정을 나타내고 있다. 모델 1은 시선이 복도를 중앙으로, 모델 2는 좌측으로, 모델 3은 우측으로 바라보는 영상에 의해 구성된 환경 모델이다. 중앙 모델 1을 중심으로 좌측 모델 2와 우측 모델 3을 일치시킨다. 좌측 모델 2를 중앙 모델 1에 일치시키는 변환식으로 이동, 회전과 크기 변환을 사용하였고 같은 방법으로 우측 모델 3을 중앙 모델 1로 일치시키는 변환식을 계산하여 사용하였다. 이렇게 일치된 모델을 각 대응선에 의해 구해진 분할 평면에 의해 두 개의 하위 모델로 나누고 환경자료의 중복이 적은 하위 모델을 선택하여 통합한다. 분할된 하위 모델을 통합한 환경 모델은 분할면에서 이음새가 발생한다. 이러한 불일치 제거를 위해 각 모델에 매핑되는 칼라 영상을 대응선을 기반으로 각 칼라 영상의 픽셀들을 혼합하여 칼라 영상을 재구성하고 이를 환경 매핑하여 하나의 환경 모델을 구성한다.

5.2. 환경맵을 이용한 다중환경모델 통합

환경맵에 의해 구성된 환경 모델들을 일치시키고 통합시키는 방법은 일반 영상을 이용한 방법과 동일하다. 먼저, 환경맵을 바탕으로 분할 영상을 생성하고 깊이 영상을 계산한다. 이렇게 구해진 깊이 영상을 이용하여 각 환경 모델을 구성하고 두 환경 모델의 대응점을 이용하여 환경 모델을 일치시킨다. 일반 영상과 같이 대응점을 이용하여 구성된 대응선에 의해 물체를 분할하고 통합할 수 있으나 렌더링에 적합한 해상도를 갖는 상세한 모델을 얻기가 어렵다.

일반 영상과 달리 환경맵은 환경 전체를 나타내므로(완전시야를 가지므로) 어떻게 하위모델을 분할하고 하위 모델들 중 어느 것을 선택할지가 중요하다. 본 논문에서는 환경맵을 이용하여 환경 모델을 통합할 시 대응점에 의해 대응선을 구성하는 방법대신 각 환경맵의 시점에 의해 이분되는 직선을 대응선으로 선택하는 방법을 사용하였다. 또한, 분할된 두 개의 하위 모델중 시점이 포

함된 하위 모델을 선택한다. 결과적으로 여러 시점의 환경 모델들을 통합할 경우 보로노이 다각형을 기반으로 환경 모델이 분할되어 통합됨을 알 수 있다. 이 방법은 각각의 영상을 획득한 시점에서 보로노이 다각형 영역내의 환경 모델을 선택하고 시점에서 가장 가까운 영상 샘플들을 이용하여 환경 매핑하므로 렌더링에 적합한 해상도를 갖는 상세한 환경 모델을 획득할 수 있는 특징을 가진다.

<그림 11>은 실내 미술관을 나타내는 두 개의 환경맵을 이용하여 환경 모델을 구성하는 과정을 보여주고 있다. 노란색 모델은 모델 1을 의미하고 파란색 모델은 모델 2를 말한다. 모델 2를 모델 1로 일치시키는 변환식으로 이동, 회전과 크기 변환을 사용하였으며 각 환경맵을 획득한 시점을 이분하는 이분선에 의해 분할 평면을 구성하여 환경 모델을 통합하였다.

6. 환경 탐색 방법의 비교

<표 1> 환경 탐색 방법들의 특징 및 문제점

	장점	단점
환경 모델	· 완전 시야	· 시점 고정
분할 기반 모델링	· 제한된 영역의 시점이동 · 손쉬운 환경모델링 · 환경맵에 적용 용이	· 시점 이동 제한 · 환경 샘플 부족 현상 - 영상흐림(영상 확대) - 구멍발생(환경샘플부족) - 텍스처늘어짐(샘플중복)
제안된 방법	· 자유로운 시점 이동 (샘플 부족 현상 완화) · 최적의 해상도 (시점의존샘플링) · 상세한 환경모델링 (환경모델들의 통합)	· 제한 조건 사용 - 일반화과정필요

<표 1>은 환경맵, 분할기반 환경모델링과 다중 영상에 의한 환경모델들의 통합 방법의 장단점을 비교하여 보여주고 있다.

환경맵을 이용하여 환경을 탐색할 경우 360도 전방의 시야를 갖는 영상을 생성할 수는 있으나 시점이 고정되어 자유롭게 시점이 이동되는 탐색 영상을 생성하기 어렵다.

이러한 문제점(시점 고정)을 완화하기 위해 깊



이 영상을 이용하여 분할 기반 모델을 생성하였다. 이 방법은 한 장의 영상으로부터 손쉽게 환경 모델을 구성할 수 있으며 일반 영상이 아닌 환경 맵에도 적용이 용이하다. 그러나, 한 장의 영상으로부터 생성된 3차원 환경 모델은 탐색 영상의 확대할 경우 환경맵의 해상도에 따른 샘플링 문제로 인해 영상의 흐림 현상이 발생하고 보이지 않던 환경 모델의 부분이 화면에 나타날시 환경 샘플의 부족으로 인해 구멍이 발생하거나 부족한 환경 샘플을 주변 샘플로 대체할 경우 텍스처 늘 어짐 현상이 발생한다.

한 장의 영상으로부터 생성한 환경 모델의 환경 샘플 부족 현상을 완화하기 위해 본 논문에서는 다중 영상에 의한 환경모델들의 통합 방법을 제안하였다. 다중 영상을 바탕으로 생성된 환경 모델들을 통합하여 실제 영상을 환경 매핑 할 경우 시점에서 제일 가까운 사진 영상으로부터 샘플들을 얻어 매핑하므로 렌더링시 적합한 영상 해상도를 갖는 상세한 환경 모델을 생성할 수 있어 시점이 자유로운 고화질의 탐색 영상 생성이 가능하다. 또한, 새로운 환경 영상의 추가를 통한 환경 모델의 통합으로 환경의 탐색 영역을 확장할 수 있다는 특징을 가지고 있다.

## 7. 결론 및 향후연구

본 논문에서는 자유로운 시점 변경과 탐색 영역의 확장을 위해 대응선에 기반을 둔 환경 모델들의 일치 및 통합에 의한 환경 모델 생성 방법을 제안하였다. 본 논문에서는 제안된 방법을 이용하여 시점이 자유로운 현실감 있는 영상을 실시간으로 표현하는 환경 탐색 시스템을 개발하였다.

제안된 다중 영상을 이용한 환경 탐색 방법은 여러 가지 특징 및 제한점을 가지고 있어 다음과 같은 향후 연구가 필요하다. 환경맵을 단일 해상도로 적용할 시 환경내의 영상을 확대하거나 축소할 경우, 가까이 가거나 멀어질 경우 하나의 픽셀을 여러개의 텍셀로 표현하는 샘플링 문제나 여러개의 픽셀을 하나의 텍셀로 표현하는 흐림 현상등이 발생한다. 이러한 현상들을 제거하기 위해 다중 해상도를 갖는 환경맵을 이용하는 연구

가 필요하다. 또한, 분할 기반 환경 모델에 의해 구해진 3차원 환경 모델은 근사화에 의해 3차원 모델링이 되므로 정확하게 환경 모델들을 일치시키고 통합하기가 어렵다. 본 논문에서는 이러한 모델들을 일치시키고 통합하기 위해 대응점들을 이용하였다. 향후 연구로는 레인지 영상의 도움없이 영상만을 사용하여 보다 정밀하게 구성된 3차원 환경 모델을 획득하기 위한 새로운 방법에 대한 연구가 필요하며 이렇게 구성된 환경 모델을 자동으로 일치시키고 통합하는 방법에 대한 연구도 필요하다.

## 참고 문헌

- [1] C. Bregler, M. F. Cohen, P. Debevec, L. McMillan, F. X. Sillion, R. Szeliski, "Image-based Modeling, Rendering, and Lighting", Course39, SIGGRAPH 1999
- [2] SeungTaek Ryoo, "Segmentation Based Environment Modeling Using Single Image", ICIAR2004(LNCS 3211), pp. 98-105, Sep. 2004.
- [3] M. Pollefeys, "Self-calibration and metric 3D reconstruction from uncalibrated image sequences", Ph.D. Thesis, ESAT-PSI, 1999.
- [4] P. Debevec, C. J. Taylor, and J. Malik, "Modeling and Rendering Architecture from Photographs", SIGGRAPH '96, pp. 11-20, 1996
- [5] Y. Horry, K. Anjyo, K. Arai, "Tour Into the Picture: Using a Spidery Mesh Interface to Make Animation from a Single Image", SIGGRAPH '97, pp 225-232, 1997
- [6] A. Criminisi, I. Reid, A. Zisserman, "Single View Metrology", Int. J. of Computer Vision, v.40, n.2, pp. 123-148, 2000
- [7] Byong Mok Oh, Max Chen, Julie Dorsey, Fredo Durand, "Image-based modeling and photo editing", SIGGRAPH 2001: 433-442
- [8] G. Turk and M. Levoy. "Zippered polygon meshes from range images", In Computer Graphics Proceedings, ACM SIGGRAPH 94, pages 311-318, Jul. 1994.
- [9] B. Curless and M. Levoy, "A Volumetric Method for Build-ing Complex Models from Range Images", SIGGRAPH 96, pp 303-312, 1996.
- [10] Helmut Dersch, Panorama Tools, <http://www.fh-furtwangen.de/~dersch/>

[11] Lisa Gottesfeld Brown, A survey of image registration techniques, ACM Computing Surveys, Vol. 24, No. 4 (Dec. 1992), pp. 325-376



**류 승 택**

1996 중앙대학교 전자계산학과 (공학사)

1998 중앙대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)

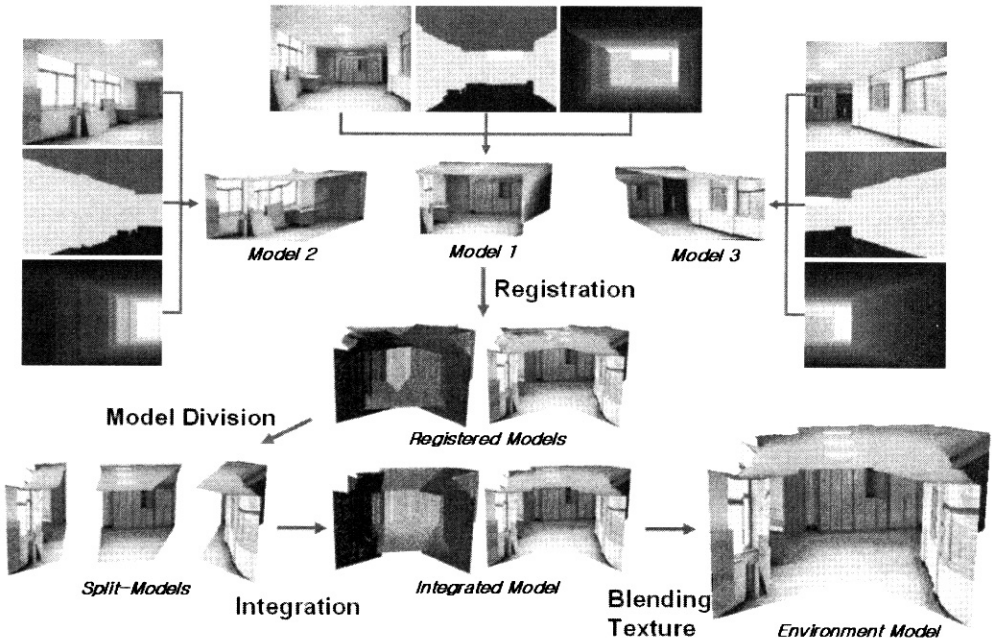
2002 중앙대학교 영상공학과 컴퓨터그래픽스전공 (영상공학박사)

2002 중앙대학교 정보통신연구원 연구전담 교수

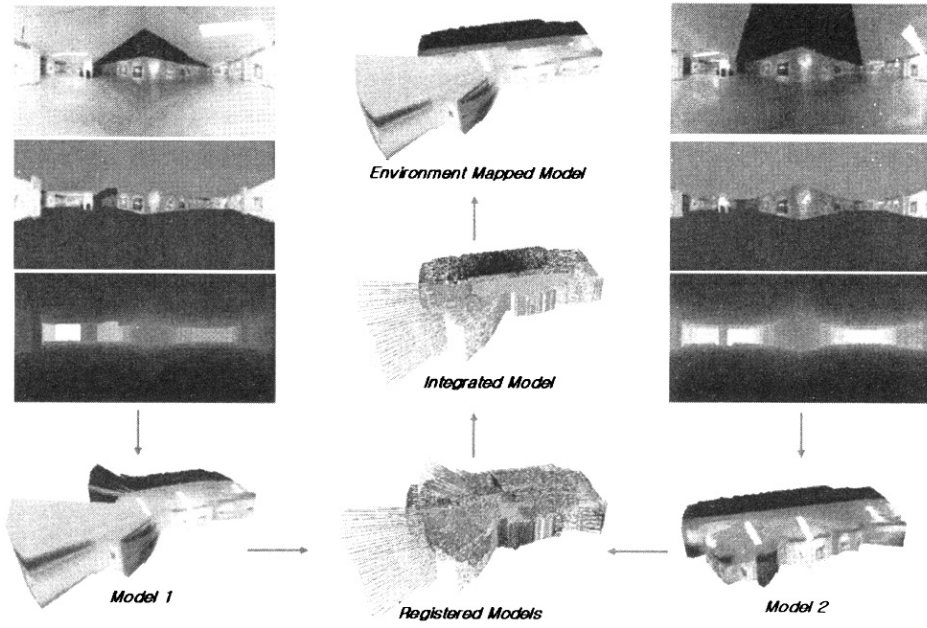
2004~현재 한신대학교 소프트웨어학과 조교수

관심분야 : 영상기반 렌더링, 실시간 렌더링, 비사실적 렌더링

E-mail : stryoo@hs.ac.kr



<그림 10> 다양한 시점에서 획득된 영상을 이용한 환경 모델들의 통합



<그림 11> 환경맵을 이용한 환경 모델들의 통합