

직각 교차 실린더 매핑과 영상 분할 기반 환경 모델링을 이용한 파노라마 네비게이션

(Panoramic Navigation using Orthogonal Cross Cylinder Mapping and Image-Segmentation Based Environment Modeling)

류 승 택 [†] 조 청 운 ^{**} 윤 경 현 ^{***}

(Seung Taek Ryoo) (Cheung Woon Jho) (Kyung Hyun Yoon)

요 약 최근에는 가상 공간을 현실감있는 영상으로 실시간 렌더링하기 위한 방법으로 모델 기반 표현 방법 대신 영상 기반 표현 방법을 사용하여 탐색 영상을 생성하는 연구가 활발히 진행중이다. 본 논문에서는 영상 기반 탐색 시스템을 구현하기 위해 새로운 방법인 직각 교차 실린더 매핑과 분할 기반 환경 모델링 방법을 제안한다. 직각 교차 실린더란 두 개의 실린더를 직교하여 교차된 부분만을 표현한 물체를 말한다. 직각 교차 실린더 매핑 방법은 일반적인 환경 맵에서 발생하는 왜곡 현상을 제거하고 환경 맵에서 하나의 픽셀이 차지하는 환경 영역이 거의 일정하다는 특징을 가진다. 이러한 직각 교차 실린더 매핑 방법은 고정된 시점에서 완전 시야를 갖는 영상을 얻어 낼 수 있으나 시점이 변경된 영상을 표현하기 어렵다. 이를 위해 환경을 구성하는 물체들을 기준으로 환경 맵을 분할하고 분할된 물체의 특성에 따라 깊이값을 설정하는 영상 분할을 통한 환경 모델링 방법을 사용한다. 이 방법은 환경 맵에 적용하기 용이하며 다중 환경맵을 사용시 자세한 환경 모델링이 가능하다.

키워드 : 샘플링, 환경 매핑, 영상기반 렌더링, 파노라마 네비게이션

Abstract Orthogonal Cross Cylinder mapping and segmentation based modeling methods have been implemented for constructing the image-based navigation system in this paper. The Orthogonal Cross Cylinder (OCC) is the object expressed by the intersection area that occurs when a cylinder is orthogonal with another. OCC mapping method eliminates the singularity effect caused in the environment maps and shows an almost even amount of area for the environment occupied by a single texel. A full-view image from a fixed point-of-view can be obtained with OCC mapping although it becomes difficult to express another image when the point-of-view has been changed. The OCC map is segmented according to the objects that form the environment and the depth value is set by the characteristics of the classified objects for the segmentation based modeling. This method can easily be implemented on an environment map and makes the environment modeling easier through extracting the depth value by the image segmentation. An environment navigation system with a full-view can be developed with these methods.

Key words : Sampling, Environment Mapping, Image Based Rendering, Panoramic Navigation

· 위 논문은 2002학년도 중앙대학교 학술 연구비 지원에 의한 것임.

[†] 비 회 원 : 중앙대학교 정보통신연구원 교수
blueancer@cglab.cse.cau.ac.kr

^{**} 비 회 원 : 중앙대학교 첨단영상 연구원 교수
blue@cglab.cse.cau.ac.kr

^{***} 종 신 회 원 : 중앙대학교 컴퓨터공학과 교수
khyoon@cau.ac.kr

논문접수 : 2002년 3월 2일

심사완료 : 2002년 12월 3일

1. 서 론

영상 기반 표현 기법의 발달로 가상 환경을 직접 모델링하여 구축하는 대신 실제 탐색할 지역의 이미지를 획득하고 그 영상들만을 이용하여 환경을 사실적으로 탐색할 수 있다. 일반적으로 영상 기반 네비게이션 시스템을 구현하기 위한 방법으로는 프리미티브 기반 영상 모델링 방법, 특징점을 이용한 영상 모델링 방법, 2차원

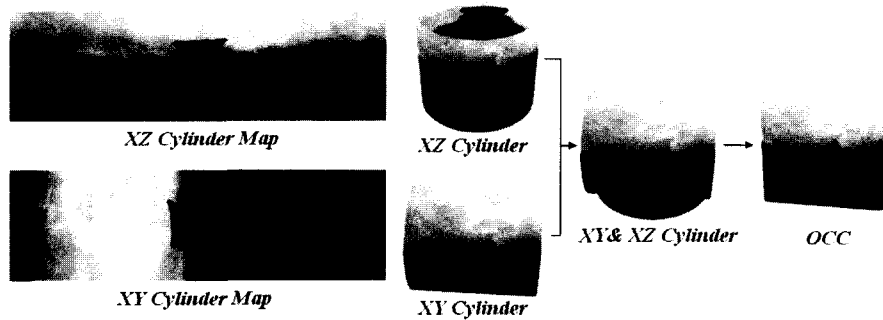


그림 1 직각 교차 실린더(Orthogonal Cross Cylinder)

영상 조합에 의한 렌더링 방법, 다중 실린더 기반 방법, 소실점을 이용한 방법등이 있다. 이러한 방법들은 환경 탐색시 완전 시야를 갖는 영상을 획득하기 어려우며 환경 맵에 적용하기 부적당하다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 주변 환경에서 완전 시야를 얻기 위해 새로운 환경 맵인 직각교차 실린더를 제안한다. 또한, 영상들만을 이용한 자유로운 환경 탐색을 위해 영상 분할을 통한 환경 모델링 방법을 제안한다.

직각 교차 실린더(OCC: Orthogonal Cross Cylinder)란 두 개의 실린더를 직교하여 교차된 부분만을 표현한 물체를 말한다. 앞으로는 사용의 편의상 직각 교차 실린더를 OCC로 표기하겠다. OCC 맵은 환경 맵에서 하나의 픽셀이 차지하는 환경 영역이 일정하다는 특징이 있으며 극점에서 발생하는 왜곡현상을 제거할 수 있다. 또한, 주변 환경들을 보다 정확하게 샘플링하여 효율적으로 저장할 수 있으며 다른 방법에 비해 값싼 일반 카메라를 이용하여 고해상도의 영상을 손쉽게 생성할 수 있다는 장점이 있다.

이러한 OCC 매핑 방법은 고정된 시점에서 완전 시야를 갖는 영상을 얻어 낼 수 있으나 시점이 변경된 영상을 표현하기 어렵다. 시점이 변경된 영상을 얻기 위해서는 환경 맵으로부터 깊이 값을 구하여 환경 모델을 구성해야한다. 이를 위해 환경을 구성하는 물체를 기준으로 환경 맵을 분할하고 분할된 물체의 특성에 따라 깊이값을 설정하는 영상 분할을 통한 환경 모델링 방법을 사용하였다. 이 방법은 환경 맵에 적용하기 용이하며 다중 환경맵을 사용시 세밀한 환경 모델링이 가능하다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저, 주변환경을 표현하기 위한 관련 연구인 환경 매핑 방법과 환경 맵을 구성하기 위해 파노라마 영상을 생성하기 위한 방법에 대해 알아보고 환경 모델을 구성하기 위한 영상 기반

모델링 방법을 알아본다. 3장에서는 제한된 영상 기반 환경 탐색 시스템에 대해 살펴본다. 4장에서는 OCC의 정의, OCC의 생성, 저장 및 그 특성에 대해 설명하겠다. 5장에서는 환경 모델링을 위해 영상 분할, 분할된 영상으로부터 깊이값 계산에 대해 설명하고 다중 환경 맵에 의한 환경 매핑 및 환경 모델링에 대해 논의한다. 마지막으로 구현 예제를 살펴보고 결론을 내리기로 한다.

2. 관련 연구

2.1 환경 매핑

환경 매핑이란 영상에 텍스처 매핑 방법을 사용하여 사실감을 주는 방법이다. 이 방법은 윤이 나는 물체가 주변환경을 반사하는 현상을 값비싼 레이트 레이싱 대신 나타낼 수 있도록 처음에 소개되었다[1]. 영상 기반 렌더링에서는 주변 환경을 표현하기 위해 반사 물체를 가상 관찰자로 대체하고 관찰자의 시야에 교차되는 환경 맵의 일부분을 2차원 투사를 통해 표현하도록 사용하였다[2]. 환경 매핑은 텍스처 맵을 계산하는 선처리 과정이 필요하며 모델을 렌더링하는 동안 이 텍스처로부터 텍셀을 샘플링한다. 환경맵을 구성하는 방법에는 위도 매핑, 구면 매핑, 큐브 매핑, 포물면 매핑, 실린더 매핑등이 있다[3,4,5]. 이러한 환경맵들은 3차원 환경을 2차원 환경맵에 투사하여 표현하기 때문에 샘플링 문제가 발생한다. 위도-경도 맵[1]은 극점에서 심한 왜곡 현상(singularity)이 발생하고 구면 맵에서는 바깥 원통에서 극심한 왜곡 현상이 발생한다. 큐브 맵[6]은 다른 매핑 방법보다 왜곡 현상을 줄일 수 있으나 큐브 맵의 가장자리에서 불연속이 발생하여 물체를 연결한 이음매가 나타나는 문제점이 있다[7]. 또한, 실린더 맵은 윗 면과 아래 면에 대한 환경을 저장할 수 없어 경계가 나타난다는 문제를 가지고 있다. 이중 포물면 맵[8]은 구면 맵에

서 발생하는 왜곡 현상을 줄일 수 있으나 역시 두 개의 맵사이의 가장자리에 왜곡 현상을 줄이기 위해 특수한 블렌딩 과정이 필요하다. 본 연구에서는 3차원 공간상의 환경 샘플들을 저장하기 위해 2차원 평면으로 투사하는 과정에서 발생하는 샘플링 문제(환경맵의 픽셀이 차지하는 환경 영역이 일정하지 않다)를 보완하기 위해 새로운 형태인 OCC 맵을 제안한다. OCC의 생성 및 특성에 대해서는 4장에서 자세히 알아보기로 하자.

2.2 3차원 재구성

환경을 자유롭게 탐색하기 위해서는 환경 정보를 이용한 환경 모델링이 필요하다. 이러한 모델링 방법에는 사진 계측(Photogrammetric) 기반 모델링 방법[9], 매칭 알고리즘을 통해 구해진 디스페리티(disparity)를 이용한 모델링 방법[10,11], 소실점을 이용한 환경 모델링 방법[12] 등이 있다. 디스페리티를 이용한 방법은 자세한 3차원 모델을 구성할 수 있으나 영상에서 일치점을 찾기 위해 높은 비용을 들여야하는 문제를 가지고 있다. 소실점 기반 방법은 개략적인 모델만을 구성하므로 상세한 환경 표현이 어렵다. 사진 계측 기반 모델링 방법은 환경 맵에 적용시 영상의 변형으로 인해 영상에서의 물체와 프리미티브를 매칭하기 어렵다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 연구에서는 영상 분할에 기반을 둔 환경 모델링 방법을 제안한다. 이 방법은 환경 맵에 적용하기 용이하며 환경 맵을 바탕으로, 천정(하늘), 주변 물체들로 분할을 통해 손쉽게 환경을 모델링할 수 있다. 영상 분할 기반 모델링에 대해서는 5장에서 알아보기로 한다.

3. 제안된 영상 기반 환경 탐색 시스템

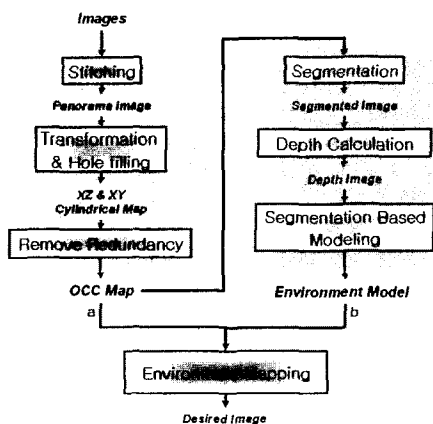


그림 2 영상 기반 환경 탐색 시스템의 구성도

본 논문에서는 영상 기반 파노라마 탐색 시스템을 구

성하기 위해 그림 2와 같이 두 단계의 방법으로 OCC 매핑 방법과 영상 분할 기반 환경 모델링 방법을 제안하였다. OCC 맵은 파노라마 영상, 즉 전체 주변 영상을 획득하기 위한 환경맵으로 사용된다. 이렇게 획득된 OCC 맵에 영상 분할 방법을 적용하여 3차원 재구성된 환경 모델을 생성한다. 구성된 환경 모델에 환경맵을 매핑하면 현실감있는 파노라마 탐색 영상을 실시간으로 생성할 수 있다. 각 단계에 대한 자세한 설명은 다음 장에서부터 차례대로 다루도록 하겠다. 먼저, 첫 번째 단계인 OCC의 생성 및 특성에 대해 4장에서 알아보고 두 번째 단계인 분할 기반 환경 모델링의 방법 및 환경 모델 생성 과정에 대해 5장에서 설명하도록 하겠다.

4. 직각 교차 실린더 (Orthogonal Cross Cylinder)

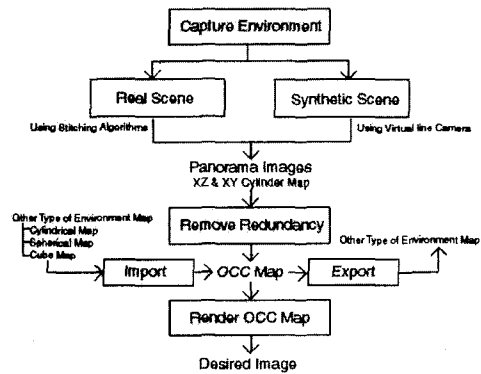


그림 3 OCC 매핑의 단계

OCC는 실린더 맵의 장점을 유지하며 화면 픽셀에 따른 환경맵의 균일한 샘플링과 효율적인 저장을 위해 제안되었다. OCC란 Y축을 기준으로 생성된 XZ 실린더와 Z축을 기준으로 생성된 XY 실린더를 교차하여 생성한 물체를 말한다(그림 1).

OCC 매핑을 이용하여 전체 주변환경을 표현하기 위해서는 XZ & XY 실린더 맵 생성, 중복 제거에 의한 OCC 맵 생성, OCC 맵 샘플링에 의한 렌더링으로 구성된다(그림 3). 환경 맵은 컴퓨터 영상들로부터 생성할 때에는 3차원으로 구성된 환경내에 가상 라인 카메라를 이용하여 생성하며 실세계 영상을 이용하여 생성할 때에는 스티칭 알고리즘을 사용하여 생성한다[15,16]. 이렇게 생성된 XZ & XY 실린더 맵은 서로 중복된 샘플을 저장하고 있어 비효율적이다. 그러므로 중복된 샘플들의 제거를 통한 효율적인 OCC 맵의 구성 단계가 필요하

다. 구성된 OCC 맵은 다른 일반적인 맵(실린더, 구, 큐브)들과 호환 할 수 있도록 구성된다. 이렇게 구성된 OCC 맵은 텍스처 매핑방법과 레이 캐스팅 방법을 이용한 렌더링 단계를 거쳐 임의의 방향의 영상을 자유롭게 생성 할 수 있다.

4.1 OCC 맵의 생성

OCC를 생성하는 과정은 주변 영상의 획득, 획득된 영상의 조합, XZ와 XY 실린더 맵 변환과 변환된 실린더 맵에서의 홀 제거로 이루어진다. 그림 4는 실사 영상으로부터 OCC를 생성하는 과정의 흐름도이다. 먼저, 삼각대를 이용하여 세미 어안렌즈를 장착한 카메라를 수평면에서 수직으로 +30도 기울여 Y축으로 반시계 방향으로 60도씩 회전하여 영상들(6개)을 획득하고 다시 카메라를 수평면에서 -30도 기울여 Y축으로 60도씩 회전하여 주변 환경 영상들(6개)을 획득한다. 마지막으로 삼각대를 치운 후 카메라가 있던 위치에서 윗 영상과 아랫 영상(2개)을 획득한다. 이렇게 획득된 14장의 영상을 이용하면 OCC 맵을 구할 수 있다. 획득된 14장의 영상을 가지고 OCC 맵을 생성하는 과정은 다음과 같다.

첫 번째 회전에서 얻어진 영상들을 파노라마 툴[13]을 이용하여 실린더 영상으로 스티칭한다. 다음 회전에서 얻어진 영상들을 조합하여 두 번째 실린더 영상을 생성한다. 이렇게 생성된 두 개의 실린더 맵을 같은 방법으로 스티칭하면 광각을 갖는 파노라마 영상을 얻을 수 있다. 그러나, 이 파노라마 영상은 각 극점에서의 주변 환경에 대한 정보가 없어 여전히 전체 주변 환경을 모두 포함하지 못한다. 이러한 점을 보완하기 위해 파노라마 영상을 XZ와 XY 실린더 맵으로 변환한다. 변환된

XZ 실린더 맵은 파노라마 영상으로부터 주변 환경에 대한 정보를 모두 얻을 수 있어 완전하나 변환된 XY 실린더 맵은 위와 아래의 영상에 대한 정보가 없어 빈 공간(hole)을 가지게 된다. 이러한 빈 공간은 처음 얻은 윗 영상, 아랫 영상과 영상 편집 프로그램을 사용하여 채울 수 있다. 본 연구에서는 레이어 기반을 갖는 포토샵을 이용하여 환경맵을 편집하였다. 이렇게 생성된 XZ와 XY 실린더 맵을 이용하여 생성된 OCC에 환경맵을 매핑할 수 있다. 그러나, OCC 매핑을 하기 위해 만들어진 XZ와 XY 실린더 맵은 서로 중복된 환경 정보를 가지고 있어 OCC 맵으로 사용하기 적당하지 않다. 이러한 문제에 대해서는 다음 절에서 다루기로 한다.

4.2 OCC 맵의 저장 형태

OCC를 구성하기 위한 XZ 실린더 맵과 XY 실린더 맵에는 주변 환경이 중복으로 샘플링되어 저장되어있는 문제점이 있다. 이렇게 중복(redundancy)된 샘플들을 제거하기 위해서는 XZ 실린더와 XY 실린더가 교차된 영역을 구하고 실제 OCC 매핑에 사용되는 부분만을 저장하고 나머지 중복된 부분은 제거하도록 하여야 한다. 이를 위해 다음 절에서는 XZ 실린더와 XY 실린더의 교차 영역에 대해 살펴보고 중복 제거를 통한 효과적인 OCC 맵을 구성하기 위해 생성한 다양한 형태의 환경맵들에 대해 알아보기로 하자.

4.2.1 XZ 실린더와 XY 실린더의 교차

XZ 실린더와 XY 실린더의 교차 영역을 구하기 위해서는 각 실린더에 대한 함수식이 필요하다. 각 실린더의 함수식은 아래와 같다.

$$XZ \text{ 실린더} : X^2 + Z^2 - 1 = 0$$

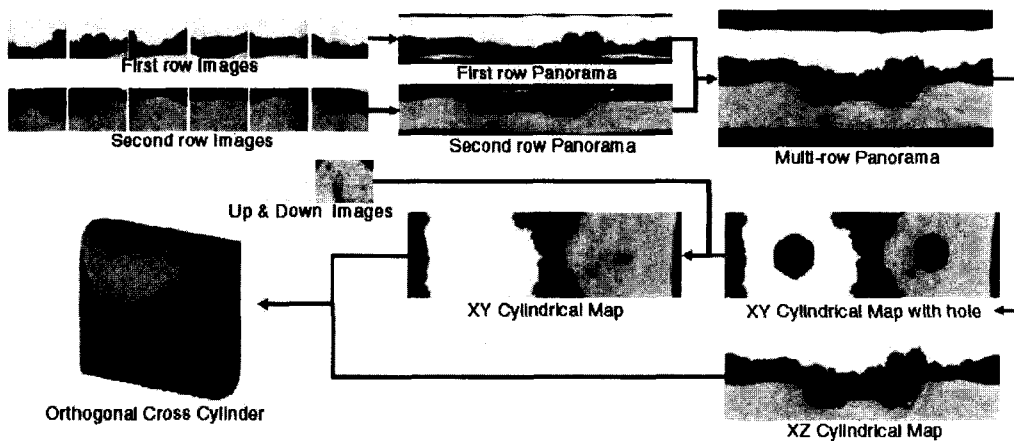


그림 4 실사 영상으로부터 OCC 생성과정

XY 실린더 : $X^2 + Y^2 - 1 = 0$ (식 1)

이때, 두 함수의 교차점을 (a, b, c) 라 하여 수식 1을 연립하여 연산하면 아래와 같은 관계가 유도된다.

$b^2 = c^2 \rightarrow \pm b = \pm c$ (식 2)

임의의 실세계 좌표점 $P(X, Y, Z)$ 는 실린더 스크린 좌표점 (θ, v) 로 다음과 같은 관계에 의해 매핑된다.

$\theta = \tan^{-1} \frac{Z}{X} = \cos^{-1} \frac{X}{\sqrt{X^2 + Z^2}} \quad 0 \leq \theta < 2\pi$
 $v = \frac{Y}{\sqrt{X^2 + Z^2}} \quad -1 < v < 1$ (식 3)

수식 2에 b, c 를 ξ 라고 하면 교차점은 $(\pm\sqrt{1-\xi^2}, \pm\xi, \pm\xi)$ 로 나타낼 수 있다. 수식 3에 이 교차점을 대입하여 교차 영역을 구하면 다음과 같이 표현된다.

$\theta = \cos^{-1}(\sqrt{1-\xi^2}) \quad v = \xi$ (식 4)

수식 4에 의해 v 를 θ 에 의해 정리하면 XZ 실린더와 XY 실린더의 교차되는 영역을 나타내는 함수는

$v = \pm \sin \theta$ (식 5)

임을 알 수 있다. 수식 5를 임의의 실린더의 반지름

(r) 을 고려하고 실린더 스크린 좌표계 (θ, v) 로 일반화하면 다음과 같은 관계를 유도할 수 있다.

$\theta = r \cdot \cos^{-1} \frac{\sqrt{r^2 - \xi^2}}{r} \quad v = \xi + r$ (식 6)

$v = r \pm r \cdot \sin \frac{\theta}{r} \quad 0 \leq \theta < 2\pi r \quad 0 \leq v \leq 2r$

이렇게 구해진 두 실린더가 서로 교차되는 교차점을 이용하면 XZ와 XY 실린더 맵에서 중복을 제거할 수 있다. 즉, 수식 6으로부터 $|v|$ 가 $|\sin \theta|$ 보다 큰 샘플들을 제거함으로써 각 실린더 맵에서 중복을 제거할 수 있다. 두 실린더에 의해 중복된 샘플들을 일반화하여 나타내면 수식 7과 같이 나타내어진다. 그림 5-b는 수식 7을 이용하여 두 실린더의 교차 영역을 제거한 모습을 보여주고 있다.

$|v| > |r \pm r \cdot \sin \frac{\theta}{r}|$ (식 7)

4.2.2 OCC 맵의 효율적인 저장

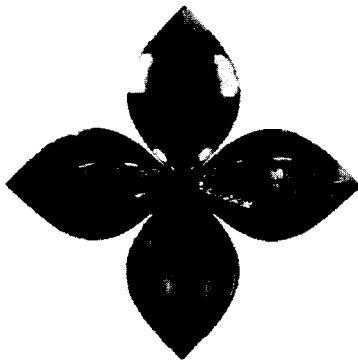
OCC를 2차원 화면 좌표계로 매핑하는 가장 쉬운 방법이 XZ & XY 실린더 맵을 사용하는 것이다. 그러나 두 실린더 맵은 주변환경을 중복으로 저장하고 있어 제거



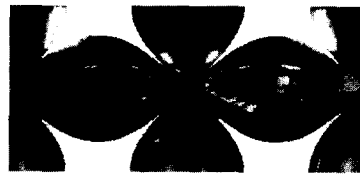
a. XZ와 XY 실린더 맵



b. XZ와 XY 실린더 맵(중복제거후)



c. 네일 크로바 맵



d. 오른쪽면과 왼쪽면 투사 맵

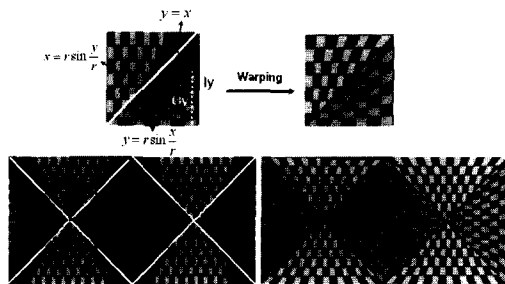


e. 앞면과 뒷면 투사 맵

그림 5 OCC를 구성하기 위한 다양한 환경 맵들

할 필요가 있다(그림 5-a). XZ 실린더와 XY 실린더의 교차 영역 합수를 통해 각 실린더 맵에서의 중복을 제거할 수 있다(그림 5-b). 이 실린더 맵은 약 35% 정도의 빈공간이 생겨 저장공간의 효율이 떨어지는 문제점을 가지고 있다. XZ와 XY 실린더 맵을 OCC의 개념으로 보면 4개의 잎을 가진 클로버 형태와 유사하다(그림 5-c). 각 클로버 잎의 끝부분은 하나의 점에서 만나게 된다. 이러한 성질을 이용하여 OCC의 오른쪽면과 왼쪽면을 투사한 맵(그림 5-d), OCC의 앞면과 뒷면을 투사한 맵(그림 5-e)을 구성할 수 있다. 이렇게 구성함으로써 XZ와 XY 실린더 맵에서의 OCC를 만드는데 필요한 샘플을 저장하는데 드는 저장공간을 25% 줄이고 공간 낭비를 19%로 줄일 수 있다.

보다 효과적인 공간 사용을 위해 앞면과 뒷면 투사 맵을 왜곡하여 팔면 맵으로 구성할 수 있다. 팔면 맵은 그림 6과 같이 앞뒷면 영상 맵의 비어있는 공간을 채우도록 해당 직선으로 픽셀들을 왜곡시켜 구성한다.



a. 앞면과 뒷면 투사 맵 b. 팔면 맵
그림 6 왜곡에 의한 팔면 맵 생성

5. 분할 기반 모델링

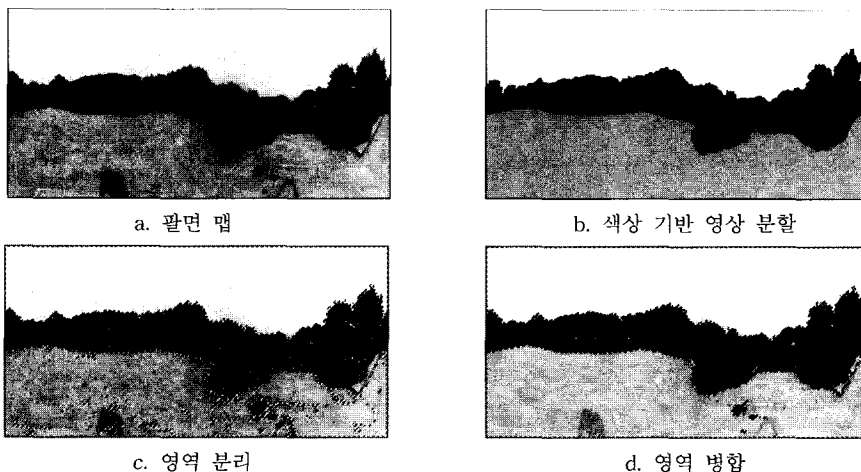
지금까지 설명한 OCC는 고정된 시점에서 전체 주변 환경을 관찰할 수 있다. 그러나, 가상환경을 자유롭게 탐색하기 위해서는 환경 맵을 이용한 모델 구성이 필요하다. 이러한 모델을 구성하기 위해서는 획득된 환경 맵으로부터 깊이 값의 추출이 필요하다. 이를 위해 본 연구에서는 영상 분할을 통한 깊이 추출 방법을 제안한다.

5.1 영상 분할

영상 분할이란 영상 영역으로부터 공간 구성 요소에서 파생된 특징에 기반을 둔 균일성을 만족하는 하나나 그 이상의 연결된 부분(region)을 추출하는 과정을 말한다. 영상 분할 방법은 크게 픽셀 기반 방법, 영역 기반 방법, 에지 기반 방법과 물리 기반 방법으로 나눌 수 있다 [14].

일반적으로 가상 환경은 실내인 경우 바닥면과 천정으로 구성되고 실외인 경우 바닥면과 하늘의 형태로 구성되어 있다. 이러한 특징을 이용하여 환경맵을 바닥면, 천정(하늘), 주변 물체로 구분할 수 있다. 이렇게 구분된 환경맵을 분할하기 위해 영역 분할 방법을 이용한 영상 분할 방법이 필요하다.

본 연구에서는 위에서 설명한 영역 분할 방법[17]을 이용하여 일반 영상 및 환경맵을 바닥면, 천정(하늘)과 주변 물체들로 분할하였다. 분할된 영역에 다음절에 설명할 깊이 계산 방법을 이용하여 깊이 영상을 산출하였다. 그림 7은 팔면 맵을 영역 기반 분할 방법에 의해 바닥면, 하늘, 천정으로 구분하여 나타낸 모습이다. 그림 7-c는 영상을 특정 규칙에 따라 영역 분리한 모습을 나타내고 그림 7-d는 이렇게 분리된 영역을 요구하는 부분으로 영역 병합한 모습을 표현하고 있다.



a. 팔면 맵 b. 색상 기반 영상 분할
c. 영역 분리 d. 영역 병합

그림 7 영역 기반 영상 분할

5.2 깊이값의 추출

영상에서부터 깊이 값을 계산하기 위해 본 연구에서는 다음과 같은 가정을 이용하여 획득하였다.

- 이미지 평면이 실세계 좌표계의 수평면과 수직이 되도록 영상을 획득한다.
- 바닥면(천정)은 실세계 좌표계에서 수평면에 평행한 평면으로 구성된다.
- 실외 공간의 경우 하늘은 반구로 구성된다.
- 바닥면(천정)에 인접한 주변 물체들의 경우 일반적으로 바닥면(천정)에 수직인 평면으로 이루어진다.

이러한 조건을 이용하여 영상으로부터 깊이값을 계산하기 위해서 두 단계의 과정이 필요하다. 첫 번째 단계에서는 바닥면과 천정에 대한 깊이값을 계산하는 과정이고 두 번째 단계에서는 첫 번째 단계에서 구해진 깊이값을 이용하여 주변 물체의 깊이값을 계산하는 과정을 거친다. 각 단계에 대하여 다음 절에서 자세히 설명하겠다.

5.2.1 바닥면(천정)의 깊이값 계산

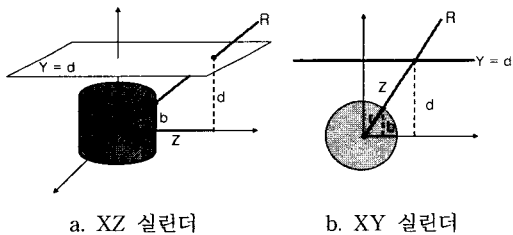


그림 8 바닥면 및 천정과 OCC와의 관계에 의한 깊이 계산

OCC 맵으로부터 바닥면과 천정으로부터 깊이값을 추출하는 과정을 보면 그림 8과 같다. XZ 평면에 평행한 평면(바닥면/천정면)과 환경맵 상의 한점이 매핑되는 실제 3차원 좌표를 지나는 광선(R)과의 교차점 테스트에 의해 깊이값을 구할 수 있다. OCC 맵을 이용하여 깊이값을 구하기 위해서는 XZ 실린더와 광선(그림 8-a), XY 실린더와 광선(그림 8-b)과의 관계를 고려해야 한다. 실린더의 반지름(r), XZ | XY 평면의 높이값(d), 실린더상의 한점의 y 좌표값(b)을 이용하여 삼각형의 공식에 의해 구하면 다음과 같은 수식을 유도할 수 있다.

$$Z = r \times \frac{d}{b}$$

실린더의 반지름은 실린더 맵의 너비값에 의해 계산

되며 XZ | XY 평면의 높이값은 사용자의 입력에 의해 설정하였다. 그러므로 윗 수식을 이용하면 분할된 일반 영상과 환경맵에서의 바닥면 및 천정의 깊이값을 추출할 수 있다. 바닥면의 깊이값은 영상의 중간점에서 가까운 부분에서는 깊이값의 변화가 작고 먼 부분에서는 깊이값의 변화가 크게 커지는 특성을 가지고 있다. 그러므로 중간점에서 먼 부분에서도 바닥면이 선형적인 변화를 갖도록 변환 행렬에 의한 깊이값 보정 단계가 필요하다.

5.2.2 주변 물체의 깊이값 계산

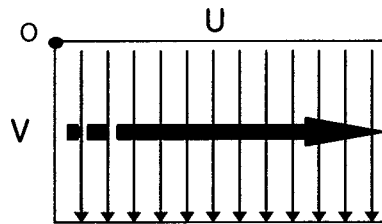


그림 9 주변 물체의 깊이값 설정

앞 절에서 주변 물체들은 바닥면이나 천정에 수직으로 구성된다고 가정하였다. 그러므로, 주변 물체의 깊이값을 구하기 위해서는 주변 물체가 어느 평면에 인접한지를 알아야 한다. 이러한 인접 관계는 영상 분할 과정을 통해 얻을 수 있다.

주변 물체들의 깊이값을 구하기 위해 영상의 원점(O)으로부터 V 방향으로 분할된 영상을 스캔한다(그림 9). 바닥면에 인접한 주변 물체의 경우 해당 V 방향에서 추출된 바닥면의 최고 깊이값을 설정한다. 천정에 인접한 주변 물체의 경우 추출된 천정의 최고 깊이값을 설정한다. 다음 깊이값 설정을 위해 U 방향으로 증가하여 앞의 과정을 반복한다. 이러한 과정을 통해 전체 영상의 깊이값을 계산할 수 있다.

앞 절에서의 가정만을 가지고는 세밀한 주변 물체의 깊이값을 구할 수 없다. 좀 더 세밀하게 주변 물체의 깊이값을 구하기 위해서는 주변 물체를 보다 자세하게 분할하여야 한다. 이를 위해, 주변 물체는 바닥면(천정)에 수직한다는 조건이외에 추가적인 조건이 필요하다.

- 바닥면이나 천정과 주변 물체와의 관계
- 이미지 평면과 주변 물체와의 관계
- 주변 물체와 또 다른 주변 물체와의 관계

이러한 주변 관계를 고려하면 좀 더 세분화된 주변

물체의 깊이값을 구할 수 있다. 그림 10은 영상 분할을 통한 깊이값 추출 과정을 나타내고 있다. 그림 10-a와 같이 일반 영상을 바닥면, 천정, 주변 물체로 분할한다. 여기서는 주변 물체를 바닥면에 인접한 주변 물체, 천정에 인접한 주변 물체, 이미지 평면에 수평인 주변 물체로 세분화하여 사용하였다. 그림 10-b와 같이 분할된 영상을 이용하여 위에서 설명한 깊이값 추출과정을 통해 그림 10-c와 같은 깊이 영상을 얻을 수 있다. 그림 11은 분할 기반 모델링 방법을 통해 생성된 석굴암의 모습을 보여주고 있다. 그림 11-c에서 볼 수 있듯이 영상 분할을 통해 손쉽게 환경 모델을 구성할 수 있음을 알 수 있다.

6. 구현 결과

본 논문에서는 실사 영상으로부터 OCC 맵을 생성하기 위해 Sony DCR-TRV20 디지털 캠코더, 삼각대와 세미 어안렌즈를 사용하였고 영상 기반 탐색 시스템의 실시간 렌더링을 위해 OpenGL을 이용하였다. 또한, 구현 환경으로 펜티엄 III 700MHZ PC와 Winfast Geforce DDR을 사용하였다. 표 1은 제안된 방법에 의해 생성된 환경 모델에 따른 렌더링 시간을 보여주고 있다. 표 1에서 알 수 있듯이 고해상도의 영상이 매핑된 상세한 모델을 실시간으로 렌더링할 수 있다.

표 1 분할 기반 환경 모델의 렌더링 시간

	영상의 종류	영상의 해상도	환경 모델의 폴리건 수	렌더링 시간
환경 모델 A (공대복도)	일반 영상	600× 450	21,600	33 fps
환경 모델 B (석굴암)	일반 영상	800× 628	40,000	20 fps
환경 모델 C (할매동산)	OCC 맵 (실외영상)	628× 314	15,625	50 fps
환경 모델 D (아트센터)	OCC 맵 (실내 영상)	1200× 600	57600	17 fps

그림 12는 영상 분할 기반 환경 모델링 방법을 건물 내부를 표현하고 있는 OCC 맵에 적용하는 과정을 나타내는 흐름도이다. 일반 영상에 적용하는 방법과 마찬가지로 OCC 맵을 영역 기반 분할 방법에 의해 바닥면, 천정, 주변 물체로 나누고 OCC 맵에 대한 깊이 계산 방법에 의해 깊이 영상을 구한다. 이렇게 획득된 깊이 영상을 OCC에 깊이값으로 적용하여 환경 모델을 만들고 구성된 환경 모델에 OCC맵을 매핑하여 탐색 영상을 생성한다. 그림 13는 실외 영상을 표현하고 있는 OCC 맵을 분할 기반 모델링 방법에 적용하는 과정을 보여주고 있다. 실외 환경의 경우, 천정의 특징에 따라 깊이값

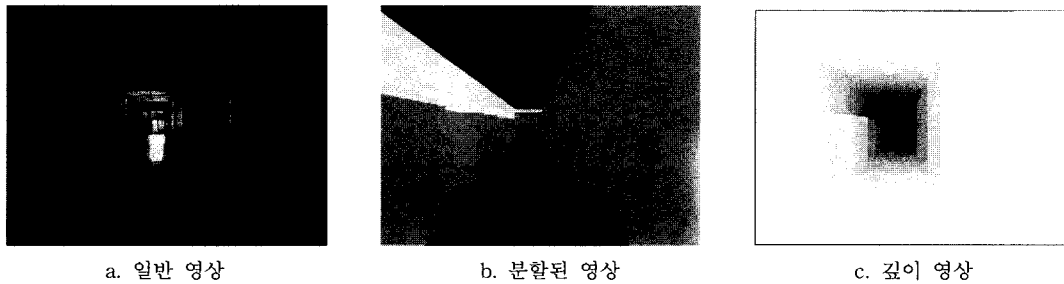


그림 10 영상 분할을 통한 깊이 영상 획득 (공대복도)

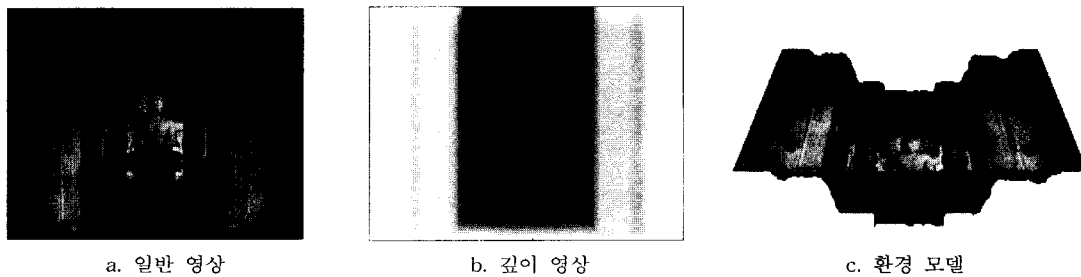


그림 11 영상 분할을 통한 깊이 영상 획득(석굴암)

을 구하는 대신 하늘(하늘은 반구로 구성된다)의 특징에 따라 깊이값을 구하는 방법을 사용하고 나머지 적용 방법은 위에서 설명한 방법과 동일하다.

그림 14은 OCC 모델과 깊이 영상을 이용하여 OCC 맵을 재구성한 모델을 렌더링한 20 프레임중 4개의 프레임을 선택하여 비교하고 있다. 왼쪽에 있는 영상이 OCC 모델 영상이고 오른쪽에 있는 영상이 OCC 모델에 깊이 영상을 추가하여 표현한 환경 모델이다. 중간에 있는 벽의 굴곡을 살펴보면 깊이를 가진 OCC 모델이 가

리움(occlusion)에 의한 시차를 잘 표현함을 알 수 있다.

이렇게 환경맵에 깊이값을 추가함으로써 시점 변경이 가능한 환경 탐색을 할 수 있다. 반면, 시점 변경으로 가리움에 의해 보이지 않던 물체가 보이는 현상(exposure)이 발생하여 자연스러운 탐색을 어렵다. 이를 해결하기 위해서는 다중 영상을 이용한 세밀한 환경 모델링 과정이 필요하다. 이러한 문제점을 제거하기 위해 다중 영상에 대한 연구를 진행중에 있다.

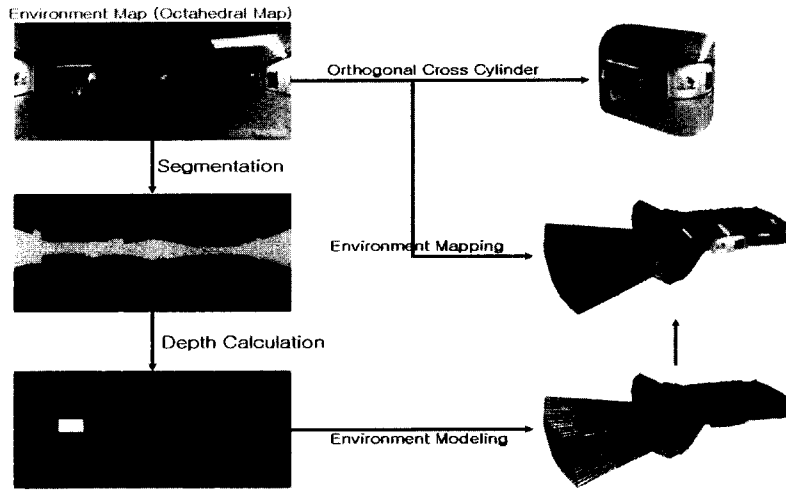


그림 12 영상 분할에 의한 깊이값 추출 및 환경 모델링 (실내환경)

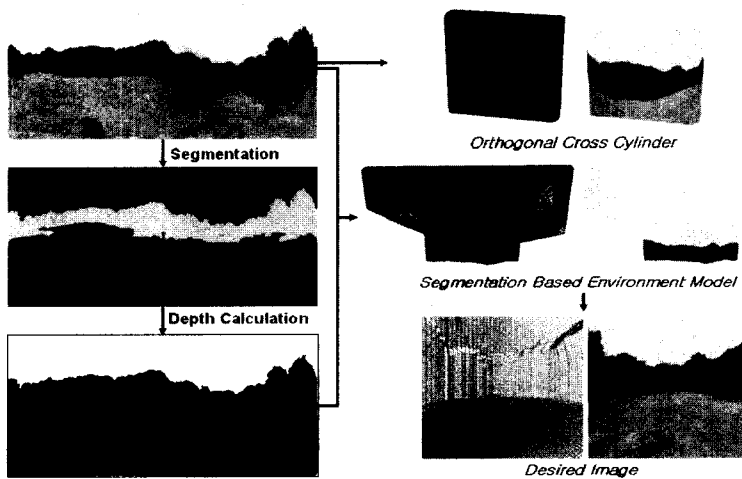


그림 13 영상 분할에 의한 깊이값 추출 및 환경 모델링 (실외환경)

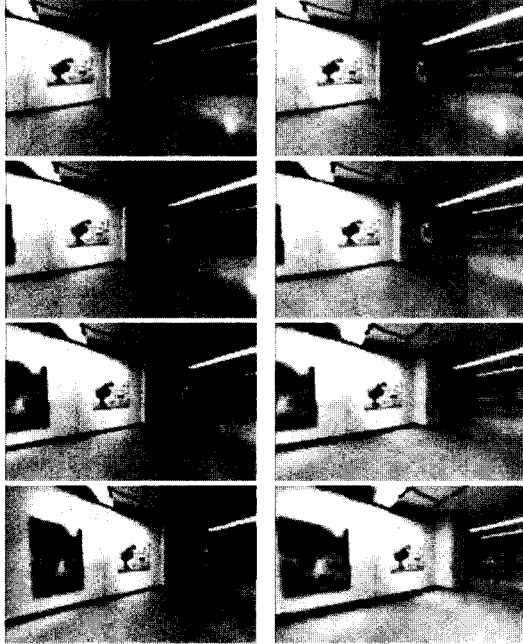


그림 14 OCC 모델과 깊이 영상을 이용하여 구성된 환경 모델

7. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 효율적인 환경 매핑을 위해 새로운 방법인 OCC 매핑과 자유로운 환경 탐색을 위해 분할 기반 환경 모델링 방법을 제안하였다. OCC 매핑 방법은 일반적인 환경 맵에서 발생하는 왜곡 현상을 제거하고 환경 맵에서 하나의 픽셀이 차지하는 환경 영역이 거의 일정하다는 특징을 가진다. 또한, 주변 환경들을 보다 정확하게 샘플링하여 효율적으로 저장할 수 있다. 렌더링 속도면에서는 일반적인 구면 매핑 방법에 비해 OCC 매핑방법과 이를 이용한 평면 매핑방법이 다소 빠르게 수행된다[18]. 그러므로, OCC 매핑 방법은 다른 환경 매핑 방법에 비해 효과적으로 환경을 저장하며 빠르게 샘플링될 수 있어 실외 및 실내 환경 탐색 시스템에 적용하기에 알맞다. 또한, 분할 기반 환경 모델링 방법은 환경 맵에 적용하기 용이하며 특성에 따른 깊이값 추출로 상세한 환경 모델링이 가능하다.

OCC 매핑 방법은 화면 픽셀에 대한 환경 맵의 영역이 거의 비슷하나 완전히 균일하지 않다. 보다 효과적인 샘플링을 위해 다른 매체에 대한 연구가 필요하다. 또한, 단일 OCC 맵에 의해 생성된 환경 모델은 단일 해상도에 의한 영상의 흐림 현상과 가리움에 의해 환경

맵에서 없는 정보가 나타날 때 구성된 3차원 모델의 늘어짐 현상이 발생하는 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 다중 환경맵을 이용한 환경 모델의 재구성성에 대한 연구가 필요하다.

영상 분할시 주변 물체는 바닥면에 수직으로 설정되어 있다고 제한을 두어 깊이값을 이웃하는 바닥면의 깊이값으로 설정하도록 하였다. 이러한 모델링 방법은 주변 물체를 자세하게 표현을 할 수가 없다. 주변 물체의 세밀한 표현을 위해 주변 물체의 세분화를 통한 환경 모델링 방법이 필요하다.

참고 문헌

- [1] Jim Blinn and Martin Newell, Texture and reflection in computer generated images, Communications of the ACM, 19:456-547, 1976.
- [2] Alan Watt and Fabio Policarpo, The Computer Image, Addison-Wesley.
- [3] Yoshihiro Mizutani and Kurt Reindel, Environment Mapping Algorithms, <http://home.san.rr.com/thereindels/Mapping/Mapping.html>
- [4] Paul Zimmons, Spherical, Cubic, and Parabolic Environment Mappings, <http://www.cs.unc.edu/~zimmons/cs238/maps/environment.html>
- [5] David Blythe, Advanced Graphics Programming Techniques Using OpenGL, SIGGRAPH '99 Course Note
- [6] N. Greene, Environment Mapping and Other Applications of World Projections, Computer Graphics and Applications, 6(11):21-29. November 1986.
- [7] Leonard McMillan and Gary Bishop, Plenoptic modeling : An image-based rendering system. SIGGRAPH '95, pp 39-46, 1995
- [8] W. Heidrich and H.-P. Seidel. View independent Environment Maps. Eurographics/ACM Sig-graph Workshop on Graphics Hardware 1998
- [9] Paul Debevec, Camillo J. Taylor, and Jitendra Malik, Modeling and Rendering Architecture from Photographs: A Hybrid Geometry- and Image-Based Approach, SIGGRAPH '96, pp. 11-20, 1996
- [10] M. Pollefeys, Self-calibration and metric 3D reconstruction from uncalibrated image sequences, Ph.D. Thesis, ESAT-PSI, K.U.Leuven, 1999.
- [11] Paul Beardsley, Phil Torr and Andrew Zisserman, 3D Model Acquisition from Extended Image Sequences, ECCV96
- [12] Youichi Horry, Ken-Ichi Anjyo, Kiyoshi Arai, Tour Into the Picture: Using a Spidery Mesh

- Inter-face to Make Animation from a Single Image, SIGGRAPH '97, pp 225-232, 1997
- [13] Helmut Dersch, Panorama Tools, <http://www.fh-furtwangen.de/~dersch/>
- [14] W. Skarbek and A. Koschan: Colour Image Segmentation - A Survey, Technical Report 94-32, Technical University of Berlin, Department of Computer Science, October 1994
- [15] Panorama Creation and Stitching Tools, <http://graphicssoft.about.com/cs/panorama/index.htm>
- [16] Big Ben's Spherical Panorama Stitching Tutorial, <http://www.bigbenpublishing.com.au/360/docs/tutorial/index.html>
- [17] E. N. Mortensen, L. J. Reese, and W. A. Barrett, Intelligent Selection Tools, IEEE Conference on CVPR '00, Vol. II, pp. 776-777, June 2000.
- [18] SeungTaek Ryoo, KyungHyun Yoon, "Double Cross Cylinder", IEICE Transaction on Information & Systems, Vol. E-85, No. 6, pp 1022-1030, June 2002



류 승 택

1996~1998 중앙대학교 컴퓨터공학과 공학사, 공학석사. 2002. 8. 중앙대학교 영상 공학과 컴퓨터 그래픽스전공 공학박사. 2002. 9.~현재 중앙대학교 정보통신 연구원 연구 전담 교수. 관심분야는 3D Terrain Modeling, Image Based Rendering, Realtime Rendering



조 청 운

1992. 2 중앙대학교 전자계산학과 공학사. 1994. 2 중앙대학교 컴퓨터공학과 컴퓨터 그래픽스전공 공학석사. 2000~현재 중앙대학교 첨단영상 대학원 연구교수 관심분야는 Geometric Modeling, Global Illumination, NPR



윤 경 현

1991. 3. University of Connecticut CS&E 박사. 1983. 9~1985. 8 한국전기 연구소 연구원. 1991.9~현재 중앙대학교 컴퓨터 공학과 교수. 관심분야는 Global Illumination, Image -based Rendering, NPR