

# 3차원 환경 모델링을 이용한 비사실적 탐색

류승택\*

한신대학교 소프트웨어학과

[stryoo@hs.ac.kr](mailto:stryoo@hs.ac.kr)

## Nonphotorealistic Walkthrough Using 3D Environment Modeling

SeungTaek Ryoo<sup>o</sup>

Department of Software, HanShin University

### 요 약

본 논문은 한 장 혹은 여러 장의 실세계의 사진 영상을 입력으로 받아 영상 기반 모델링 방법 중 하나인 영상 분할 모델링 방법을 통해 환경을 3차원으로 모델링을 하고 주어진 실세계 사진 영상을 비사실적 렌더링하여 환경 탐색시 환경맵으로 사용하도록 하여 비사실적 탐색 영상을 생성하는 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 세밀한 3차원 환경 맵시 모델을 생성하여 2차원 환경맵의 비사실적 렌더링 과정을 통해 비사실적 애니메이션 효과를 손쉽게 만들어 낼 수 있다는 장점을 가지고 있다. 또한, 환경맵의 비사실적 렌더링을 통한 환경 맵핑방법으로 각 프레임 간의 유사성을 유지하며 렌더링하는 특징을 가지고 있어 자연스러운 비사실적 탐색 영상을 생성 할 수 있다.

**키워드 :** 환경 모델링/맵핑, 영상 기반 렌더링, 비사실적 렌더링/탐색

### 1. 서론

전통적인 그래픽스 방법은 고급 렌더링 방법을 통해 자연 현상을 시뮬레이션을 하여 실세계 환경을 보다 현실감 있게 표현하는데 목적이 있었다. 이와는 반대로 예술적인 감성의 표현을 목적으로 하는 비사실적 렌더링(NPR: Non-photorealistic Rendering) 방법이 90년대 중반 이후 하나의 독립된 분야로 주목받고 있다[1-6]. 최근에는 다양한 영상 콘텐츠에 대한 관심이 높아지고 있으며 정확한 동작표현과 실제와 비슷한 사실적인 영상이 아닌 보다 예술적이고 창조적인 영상으로 구성된 애니메이션 제작이 한 부류로 떠오르고 있다. 이러한 비사실적인 렌더링 기술을 실제 애니메이션에 적용하게 되면 애니메이션 제작이 가능하다.

본 논문에서는 비사실적 영상 콘텐츠 제작을 위해 영상 분할 환경 모델링 방법을 이용한 비사실적 환경 탐색 알고리즘을 제안하였다. 이 방법은 한 장 혹은 여러 장의 실세계의 사진 영상을 입력으로 받아 영상 기반 모델링 방법 중 하나인 영상 분할 모델링 방법[7]을 통해 환경을 3차원으로 모델링하고 주어진 실세계 사진 영상을 비사실적 렌더링하여 환경 탐색시 환경맵으로 사용하도록 하여 비사실적 탐색 영상을 생성한다. 제안된 방법은 세밀한 3차원 환경 맵시 모델을 생성하여 2차원 환경맵의 비사실적 렌더링 과정을 통해 비사실적 애니메이션 효과를 손쉽게 만들어 낼 수 있다는 장점을 가지고 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저, 환경 모델 기반 NPR 연구와 관련된 기술들을 알아보고 제안된 기술의 전체 시스템 흐름도를 살펴본다. 다음으로, 3차원 환경

\* 이 논문은 2004년도 한신대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음

매쉬 모델을 생성하는 분할 기반 모델링 방법 기술에 대해 간략히 알아본 후 입력된 사진 영상으로부터 비사실적 렌더링 방법을 통해 환경맵을 생성하는 방법에 대해 알아본다. 마지막으로, 생성된 환경맵을 3차원 환경 모델에 적용한 구현 결과를 살펴보고 제안된 방법의 특징 및 향후 연구에 대해 알아보도록 한다.

## 2. 관련 연구

비사실적 렌더링 기술들은 분류 방식에 따라 여러 가지 세부분야로 나뉘어 질 수 있다[1-6]. 이러한 기술들은 바탕 재질(종이, 캔버스, 유리, 벽 등등), 사용하는 매체(연필, 잉크, 붓, 크레파스, 색종이 등등)와 표현 방법(칠하기, 문지르기, 깎아내기, 덧붙이기 등등)에 따라 나눌 수 있다[6]. 예를 들어, 종이에 연필로 그렸는지, 캔버스에 붓으로 칠했는지 혹은 벽을 칼로 긁어 표현했는지에 따라 여러 가지 다른 효과를 주는 예술 작품을 구성할 수 있다. 이러한 기술들은 시뮬레이션하고자 하는 예술 작품에 따라 스케치, 회화, 수채화, 수묵화, 카툰 렌더링 등과 같이 세분화하여 나눌 수 있다. 일반적으로 NPR 렌더링에서는 스트로크를 생성하여 각각의 스트로크를 칠하는 방법(스트로크 렌더링)을 사용한다. 이러한 기술들은 표현하고자 하는 스트로크의 특성에 따라 구분될 수 있다(스트로크의 분포, 길이, 굵기, 모양 등등).

또한, 입력 자료에 따라 2차원 픽셀기반 표현, 2차원 브러쉬 페인팅, 2/2.5 차원 후처리 표현, 3차원 렌더링 시스템으로 분류되어 질 수 있다. 이 방법들은 사용자 개입(User Intervention)에 따라 세분화하여 나뉘어 질 수 있다(그림 1).

### 2D 페인트 (pixel-oriented painting)

: 픽셀을 기반으로 한 비트맵을 이용하여 표현

### 2D 브러쉬 페인팅 (brush-oriented painting)

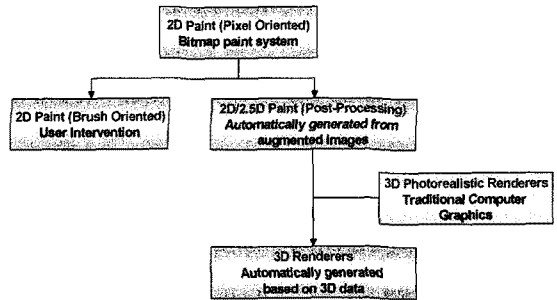
: 브러쉬, 캔버스, 스트로크등을 생성하여 표현

### 2D/2.5D 후처리(post processing) 시스템

: 2D 영상과 부가된 데이터가 이미지 프로세싱을 위한 기반으로 사용

## 3D 렌더링 시스템

: 다각형화된 실제 3D 모델을 바탕으로 표현



<그림 1> NPR 기술들의 분류

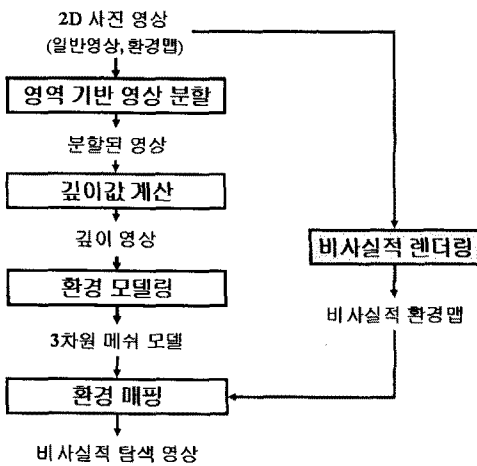
최근의 NPR의 기술들은 3D 모델을 바탕으로 한 실시간 렌더링 기법을 채택하고 있다. 또한, 많은 연구자들은 사용자와의 상호작용을 통해 조작될 수 있는 3D 데이터의 스타일 가시화를 위한 실시간 알고리즘을 제공하는데 초점을 맞추고 있다.

비사실적 렌더링 기술들을 이용하여 애니메이션 영상을 생성하는 방법은 비디오 실사 영상을 이용한 비사실적 애니메이션 제작 기술, 3차원 오브젝트를 이용한 비사실적 탐색 및 애니메이션 기술로 나눌 수 있다. 그러나, 비사실적 렌더링 기술을 그대로 애니메이션 영상 생성에 적용할 경우 프레임간의 유사성(coherence)에 관한 문제(영상 끊김 현상(팝업))에 직면한다. 비사실적인 애니메이션 영상 생성시 유사성 유지를 위해 광학 흐름(optical flow) 기술[8, 9], 파티클(particle) 기술[10]등과 같은 연구들이 꾸준히 진행되고 있다.

본 논문에서 제안된 방법은 3D 렌더링 시스템의 분류에 속한다. 3D 렌더링 시스템은 3차원 오브젝트에 2차원 영상에 스트로크를 생성하여 비사실적 영상을 텍스처 매핑하는 방법과 실제 3차원 오브젝트에 직접 스트로크를 칠하는 방법으로 나눌 수 있다. 본 논문에서 제안된 방법은 2D 실사 영상을 바탕으로 분할 영상, 깊이 영상을 구하여 3차원 환경을 모델링하고 2D 입력영상에 비사실적 렌더링 방법을 적용하여 환경맵을 생성한다. 이렇게 생성된 비사실적 영상은 렌더링시 환경모델의 텍스처로 사용

되어 인간 친화적인 탐색 영상을 생성할 수 있다. 제안된 방법은 비사실적 애니메이션시 연속된 두 애니메이션 영상간의 일관성(coherence)을 유지할 수 있다.

### 3. 환경 모델 기반 NPR 시스템



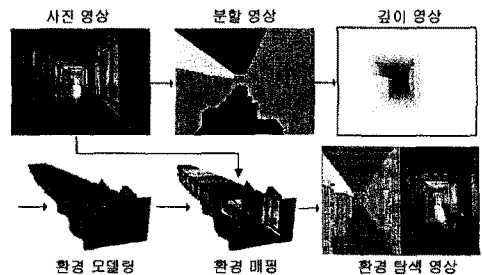
<그림 2> 환경 모델 기반 NPR 시스템의 구성도

그림 2는 제안된 환경 모델 기반 NPR 시스템의 전체 흐름도를 보여주고 있다. 먼저 2D 사진 영상을 입력으로 받아 영역 기반 영상 분할 방법을 통해 환경을 바닥면, 천정, 주변물체들로 분할한다. 분할된 영상으로부터 바닥면과 천정에 대한 참조평면을 생성하여 깊이영상을 계산한다. 이렇게 구해진 깊이 영상을 이용하여 환경을 3차원 메쉬 모델로 생성한다. 비사실적 탐색 영상을 생성하기 위해 입력된 사진 영상을 바탕으로 비사실적 렌더링 방법을 적용하여 환경맵을 구성한다. 마지막으로, 3차원 메쉬 모델로 구성된 환경 모델에 비사실적 환경맵을 매핑하여 원하는 탐색 영상을 생성한다. 환경을 모델링하는 분할 기반 환경 모델링 방법과 비사실적 환경맵을 생성하는 방법에 대해서는 다음절에서 차례로 알아보기로 하자.

#### 3.1 분할 기반 환경 모델링

분할 기반 환경 모델링은 영상 분할을 통해 참조 평면을 설정하고 이를 이용하여 깊이 값을 계산하여 3차원 환경 모델을 구성하는 방법이다. 그림 3은 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 제한조건[7]을 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.

다음으로, 계산된 깊이 영상을 이용하여 사각 격자나 삼각형화에 의해 3차원 환경 모델을 구성한다. 마지막으로, 입력 사진을 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 가능하다.

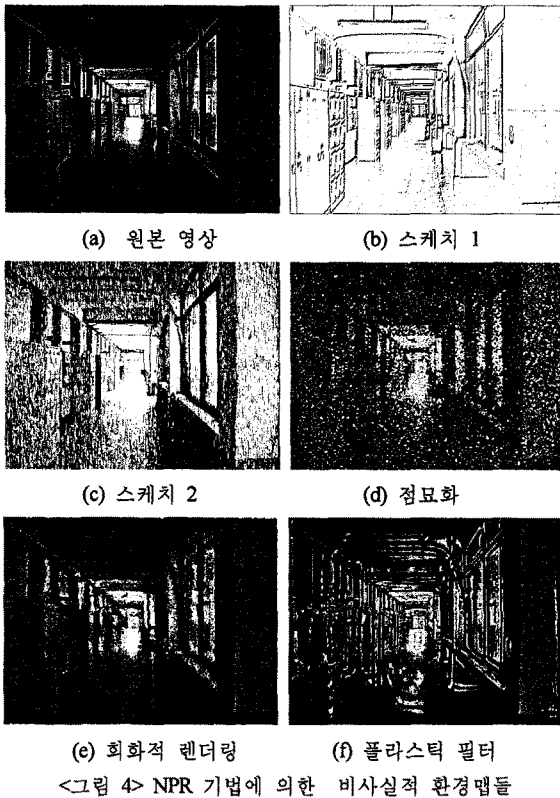


<그림 3> 분할 기반 환경 모델 생성 과정

#### 3.2 비사실적 환경맵 생성

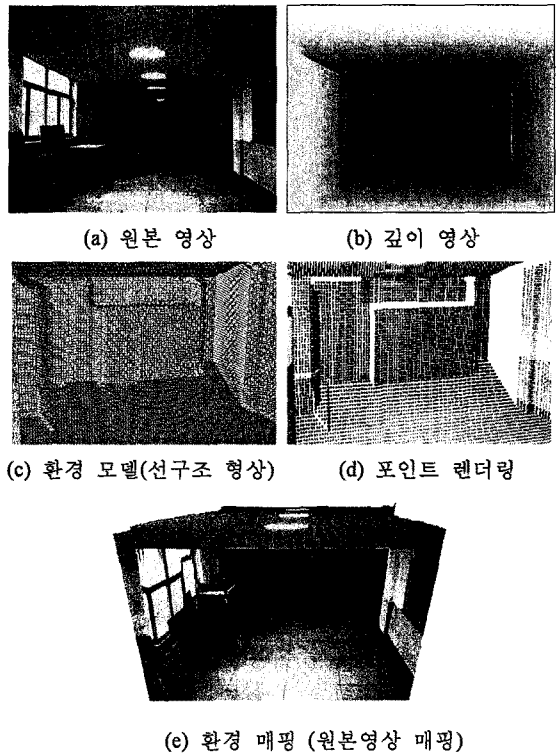
본 논문에서는 펜과 잉크에 의한 스케치 알고리즘, 점묘화 알고리즘, 회화적 렌더링 알고리즘과 여러 가지 필터링 알고리즘을 사용하여 2D 사진 영상으로부터 비사실적 환경맵을 생성 하였다. 그림 4는 사진 영상으로

부터 생성된 다양한 환경맵을 보여주고 있다. 그림 4-b와 그림 4-c는 연필을 이용하여 그린 듯한 영상을 보여주고 있다. 그림 4-b의 스케치 영상을 얻기 위해 네 방향(수직, 수평, 오른쪽 대각선, 왼쪽 대각선)으로 스케치한 영상들을 통합하여 표현하였다. 그림 4-d는 점묘화 효과를 주도록 렌더링한 영상이다. 그림 4-e는 회화 효과를 내기 위해 허츠만의 회화적 렌더링 기법[9]을 이용하여 생성한 영상이다. 마지막으로 그림 4-f는 페인터 프로그램에서 제공하는 여러 개의 필터 중 플라스틱 효과를 주는 필터를 사용하여 생성한 영상을 보여주고 있다. 다음 그림에서 알 수 있듯이 NPR 기법들을 이용하여 다양한 효과(스케치, 회화, 수채화, 점묘화 등등)를 나타내는 환경맵들을 손쉽게 생성할 수 있다.



### 3.3 환경 매핑

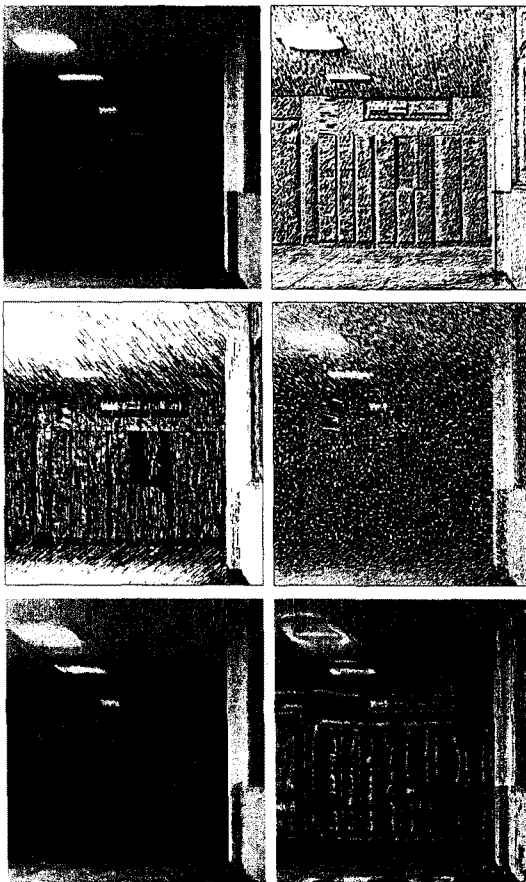
앞 절에서 구성된 3차원 환경 모델은 인간 친화적 표현을 위해 비사실적 환경맵을 환경 매핑하는 과정이 필요하다. 본 논문에서는 이러한 환경 매핑을 위해 3차원 매쉬모델과 환경맵을 일대일 대응하도록 하는 텍스처 매핑 방법을 이용하였다. 이러한 텍스처 매핑 방법은 실제 환경 모델을 구성하는 삼각형들의 각 3차원 점들에 환경맵에서 해당하는 텍셀을 설정하여 각 삼각형에 해당 텍스처를 매핑하는 방법을 말한다[11]. 본 논문에서는 OpenGL을 이용하여 환경맵을 3차원 환경 모델에 매핑하였다.



<그림 5> 영상 분할 환경 모델링 및 매핑

그림 5는 영상 분할 환경 모델링 방법을 통해 구해진 깊이 영상(그림 5-b)을 이용하여 환경 모델링(그림 5-c)

및 환경 매핑(그림 5-e)하는 모습을 보여주고 있다. 그림 5-d는 생성된 환경 모델을 포인트 렌더링한 결과 영상을 보여주고 있다. 가리움 현상에 의해 샘플의 부족으로 인한 영상의 구멍을 나타낸다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 다중 영상에 의한 환경 모델링 방법이 필요하다. 그림 6은 환경 모델을 비사실적 렌더링 방법을 이용하여 생성한 비사실적 환경맵들을 환경 매핑하여 표현한 결과 영상을 보여주고 있다.



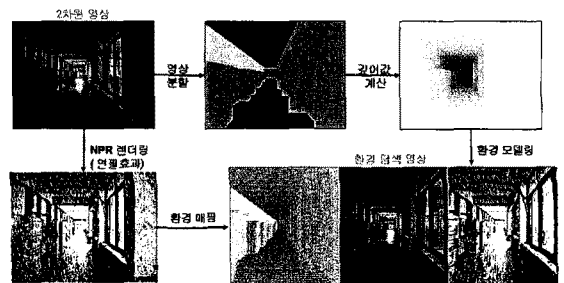
<그림 6> 다양한 비사실적 환경맵에 의해 매핑된 환경모델의 비비게이션 영상

#### 4. 구현 결과

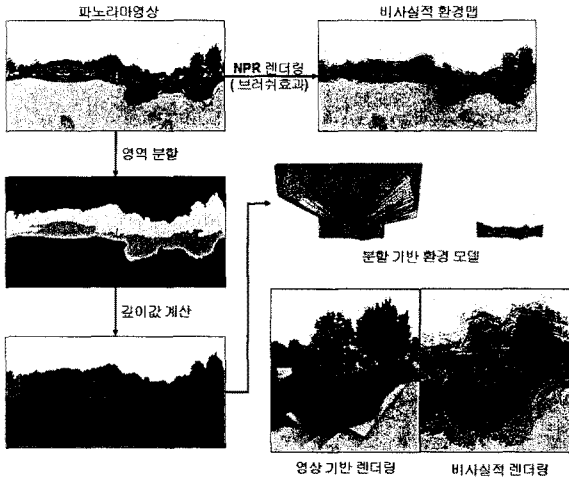
본 논문에서는 환경 모델 기반 NPR 시스템의 실시간 렌더링을 위해 Visual C++ 언어와 OpenGL을 이용하였고 구현환경으로는 펜티엄 IV 2.80GHz PC와 Nvidia Geforce2 MX400을 사용하였다. 또한, 일반 실사 영상 획득을 위해 Sony DCR-TRV20 디지털 캠코더를 사용하였다. 환경맵 획득을 위해 삼각대와 세미 어안렌즈를 이용하여 고정된 시점에서의 360도 실사영상들을 획득하였고 획득된 영상들을 파노라마 툴과 영상 편집기를 사용하여 파노라마 영상으로 생성하였다.

##### 4.1. 단일 영상에 의한 환경 모델 기반 NPR

본 논문에서는 환경 모델 기반 비사실적 환경 탐색을 위해 일반영상과 파노라마영상을 이용하였다. 그림 7은 일반 영상을 이용하여 NPR 기법 중 연필효과를 내기위한 환경맵을 생성하여 비사실적 환경 탐색을 한 결과 영상을 보여주고 있다. 그림 7에서의 환경 탐색 영상은 선구조형상(왼쪽), 영상 기반 렌더링 영상(가운데), 비사실적 렌더링 영상(오른쪽)을 보여주고 있다. 그림 8은 파노라마 영상(직각 교차 실린더맵)[12]을 입력으로 하여 환경 모델을 생성하고 NPR 기법중 브러쉬 효과를 나타내도록 환경맵을 설정하여 렌더링된 결과 영상을 보여주고 있다.



<그림 7> NPR 기법에 의한 환경탐색 (일반 영상)



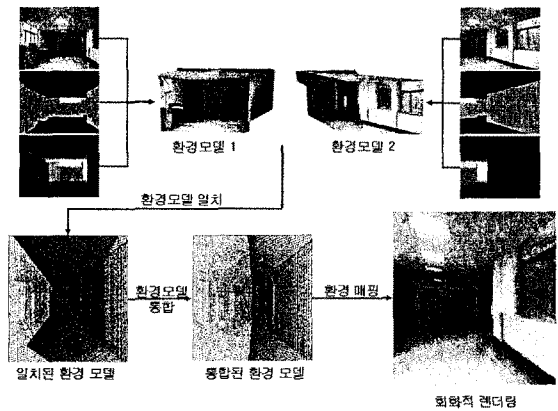
<그림 8> NPR 기법에 의한 환경탐색 (파노라마영상)

#### 4.2. 다중 영상에 의한 환경 모델 기반 NPR

단일 영상에 의해 구성된 3차원 모델은 영상의 단일 해상도에 의해 발생하는 흐림 현상과 가리움 현상에 의해 영상에서 없는 정보가 나타날 시 발생하는 구성된 3차원 모델의 늘어짐 현상이 발생한다. 이러한 문제를 제거하기 위해서는 본 논문에서는 다중 영상에 바탕을 둔 3차원 환경 모델의 일치 및 통합과 환경맵 재구성 방법을 사용하였다.

그림 9는 다중 영상을 사용하여 환경 모델을 일치 및 통합하고 통합된 환경모델에 NPR의 한 기법인 회화적 렌더링 방법에 의해 환경맵을 구성하여 환경 매핑한 결과 영상을 보여주고 있다. 그림 10은 영상기반 렌더링 영상(윗줄)과 비사실적 렌더링(연필화) 영상(아래줄)들을 탐색하는 결과 영상을 비교하여 나타내고 있다. 그림 11은 회화적 렌더링에 의한 환경 탐색 영상을 프레임 별로 보여주고 있다. 윗줄 왼쪽영상에서부터 아래줄 오른쪽 영상으로 시간별 탐색 영상을 나타내고 있다. 결과 영상에서 볼 수 있듯이 영상 분할 환경 모델링 방법을 이용하여 실시간으로 비사실적 탐색 영상을 생성할 수 있다. 또한, 환경 모델 기반 비사실적 탐색 방법은 비사실적

애니메이션을 수행할 경우 발생하는 결과 영상이 매 프레임마다 임의적으로 변경하는 문제를 해결하였다. 즉, 환경맵의 비사실적 렌더링을 통한 환경 매핑방법으로 각 프레임 간의 유사성(frame-to-frame coherence)을 유지하며 렌더링됨을 알 수 있다.



<그림 9> 회화적 렌더링에 의한 환경 탐색(다중영상)

#### 5. 결론 및 향후 연구

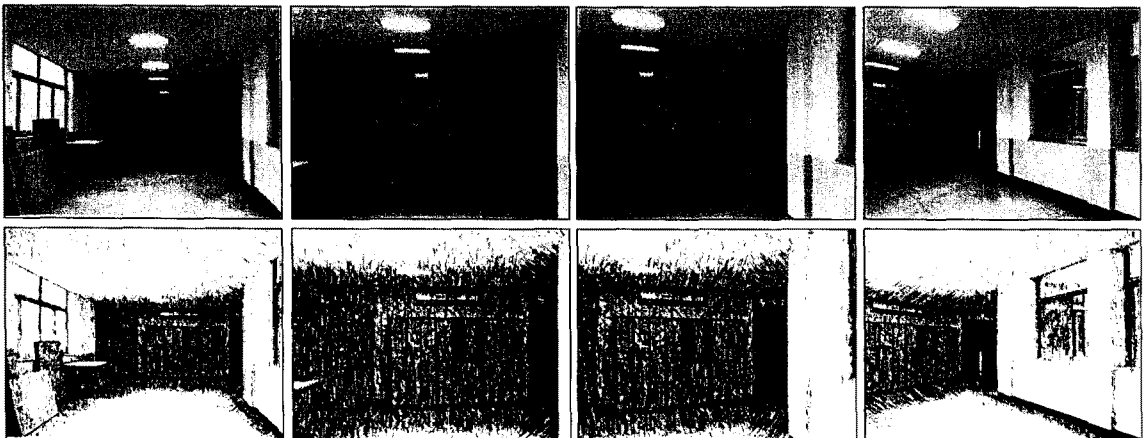
본 논문에서는 한 장 혹은 여러 장의 실세계의 사진 영상을 입력으로 받아 영상 기반 모델링 방법 중 하나인 영상 분할 모델링 방법을 통해 환경을 3차원으로 모델링을 하고 주어진 실세계 사진 영상을 비사실적 렌더링하여 환경 탐색시 환경맵으로 사용하도록 하여 비사실적 탐색 영상을 생성하는 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 세밀한 3차원 환경 메쉬 모델을 생성하여 2차원 환경맵의 비사실적 렌더링 과정을 통해 비사실적 애니메이션 효과를 손쉽게 만들어 낼 수 있다는 장점을 가지고 있다. 또한, 환경맵의 비사실적 렌더링을 통한 환경 매핑 방법으로 각 프레임 간의 유사성을 유지하며 렌더링하는 특징을 가지고 있어 자연스러운 비사실적 애니메이션을 생성할 수 있다.

향후 연구로는 2차원 사진 영상만을 이용하여 비사실적 렌더링 하는 방법을 향상시키기 위해 다른 추가적인

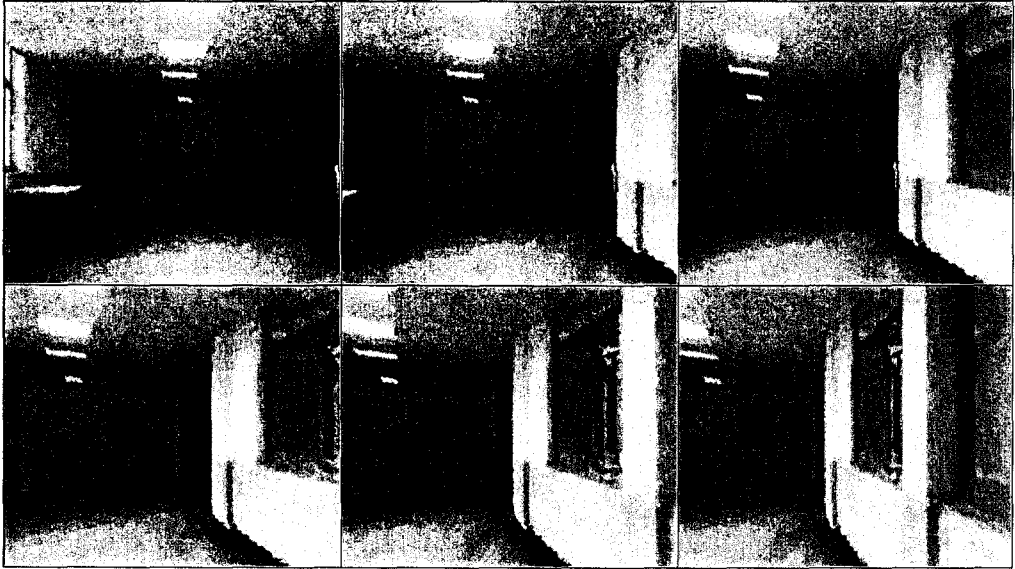
영상 정보를 사용하는 연구가 필요하다. 분할 기반 모델링 방법을 통해 환경 모델 생성할 경우 깊이 영상이 획득된다. 스트로크 렌더링시 이러한 깊이 정보를 이용하면 보다 완성도 있는 비사실적 렌더링 결과를 얻을 수 있을 것이다.

※ 참고문헌

- [1] Thomas Strothotte, Stefan Schlechtweg, Non-Photorealistic Computer Graphics, Morgan Kaufmann Publishers, 2002
- [2] Mario Costa Sousa, Lecture Note: Non-Photorealistic Rendering, University of Calgary, CPSC601, Fall 2002
- [3] Frank Pfenning, Lecture Note: Non-Photorealistic Rendering, Carnegie Mellon University, April 2002
- [4] Jonathan Cohen, Lecture notes : Non-photorealistic Rendering (Pen-and-Ink Illustration, Painterly Rendering and Non-photorealistic Illumination Models, 1999
- [5] Craig Reynolds, "Stylized Depiction in Computer Graphics, Non-Photorealistic, Painterly and Toon Rendering", <http://www.red3d.com/cwr/npr/>
- [6] Cassidy Curtis, Non-Photorealistic Rendering, SIGGRAPH 1999 Course 17, 1999
- [7] SeungTaek Ryoo, "Segmentation Based Environment Modeling Using Single Image", ICIAR2004(LNCS 3211), pp. 98-105, Sep. 2004.
- [8] James Hays, Image and Video Based Painterly Animation, , Carnegie Mellon University, Irfan Essa, Georgia Institute of Technology, Non-Photorealistic Animation and Rendering 2004 (NPAR '04), Annecy, France, June 7-9, 2004.
- [9] Aaron Hertzmann and Ken Perlin, Painterly Rendering for Video and interaction, Media Research Laboratory, Department of Computer Science, New York University, NPAR 2000.
- [10] Barbara J. Meier. "Painterly Rendering for Animation". In Computer Graphics (SIGGRAPH '96 Proceedings), volume 30, pp. 477-484, August 1996.
- [11] Paul S. Heckbert. "Fundamentals of Texture Mapping and Image Warping". Master's Thesis, at Dept. of Electrical Engineering and Computer Science Univ. of California, Berkeley, CA 94720, pp. 17-22, June 1989.
- [12] SeungTaek Ryoo, KyungHyun Yoon, "FullView Panoramic Navigation Using Orthogonal Cross Cylinder", Journal of WSCG, FEB 2-4. 2002



<그림 10> 영상 기반 렌더링과 비사실적 렌더링(연필화)에 의한 환경 탐색 비교



<그림 11> 회화적 렌더링에 의한 환경 탐색