

계층적 깊이 영상의 고리형 맞물림을 이용한 비현실적 그림 생성

Impossible Drawing Using a Loop of Layered Depth Images

이윤진*, 김준호**

아주대학교 미디어학부*, 국민대학교 컴퓨터공학부**

Yunjin Lee(yunjin@ajou.ac.kr)*, Junho Kim(junho@kookmin.ac.kr)**

요약

본 논문에서는 M.C. Escher의 작품들에서 볼 수 있는 비현실적 그림을 생성할 수 있는 알고리즘을 제안한다. 본 논문에서 초점을 맞추는 비현실적 그림 스타일은 물체의 높이값을 속임으로써, 관찰자의 시점에서 관찰하였을 때 오르막(혹은 내리막)이 현실적으로 불가능하게 고리형으로 맞물려 있는 비현실적 그림이다. 제안하는 알고리즘은 해당 그림이 물리적인 높이의 개념을 반영한 것이 아니라, 화가 자신이 고리형 경로에 임의로 높이가 증가하는 것처럼 보이는 방향을 설정하였다는 이론적인 분석에 기반하고 있다. 기본적인 아이디어는 계층적 깊이 영상을 이용하여 오르막 방향으로 전진할 때 실제 높이값은 증가하지 않지만, 계층적 깊이 영상의 계층값을 조작하여 인접한 물체들 간의 높낮이가 존재하는 것처럼 보이도록 하는 것이다. 본 논문에서는 사용자가 고리형 경로와 각 물체에 대한 계층값을 디자인할 수 있는 시스템을 제안하고 이를 통해 제작된 다양한 비현실적 그림을 보인다.

■ 중심어 : 비현실적 그림 | Escher 스타일 그림 | 비사실적 렌더링 | 계층적 깊이 이미지 | 고리형 위상구조 |

Abstract

In this paper, we present an algorithm which generates the impossible drawings after the manner of M.C. Escher. A class of the impossible drawings, focused on this paper, depicts the non-realistic configuration such that an ascent (or a descent) looks like keeping on permanently with a height-deceptive loop. We analyze the fact that the ascending direction in the non-realistic illustrations comes not from the physical heights of the objects but from the artist's intended forwarding direction about the loop, which does not have any physical sense of depths. The basic idea to support such impossible drawings is to use a loop of layered depth images (LDIs), where several LDIs are arranged along with the forwarding direction of the loop while having the physically constant heights. The height-deception between two adjacent objects comes from the layer values in the LDIs. In this paper, we propose a NPR system which can manipulate a shape of the loop and layer values of the LDIs and demonstrate several impossible drawings results generated by using our system.

■ keyword : Impossible Drawing | Escher-style Illustration | Non-photorealistic Rendering | Layered Depth Images | Loop Topology |

* 본 연구는 2009년도 국민대학교 신임교수 연구지원금 및 2008년도 아주대학교 정착연구비 지원금으로 수행되었습니다.

접수번호 : #090518-002

심사완료일 : 2009년 07월 01일

접수일자 : 2009년 05월 18일

교신저자 : 김준호, e-mail : junho@kookmin.ac.kr

I. 서론

최근 들어 컴퓨터 그래픽스 분야에서는 사실적인 렌더링(photorealistic rendering) 기반의 디지털 콘텐츠 생성뿐만 아니라, 회화 및 만화 기법과 같은 비사실적 렌더링(non-photorealistic rendering) 기법에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다[5]. 사실적 렌더링 기법에서는 빛과 물체 재질 간의 광학적 계산을 통해 현실 세계와 비슷한 렌더링 결과를 얻는 것이 목적인 반면, 비사실적 렌더링에서는 사람이 삼차원 장면(3D scene)을 관찰할 때, 인지적으로 중요하게 받아들이는 효과들을 강조한 렌더링 결과를 얻는 것에 그 목적이 있다. 특히, 최근 영화, 광고, 및 게임과 같은 디지털 콘텐츠 기반 산업에서 비사실적 렌더링 기법 기반의 콘텐츠가 널리 보급되기 시작하면서 비사실적 렌더링 기반의 콘텐츠를 효과적으로 만들 수 있는 기법에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

초기의 비사실적 렌더링 분야는 정적인 삼차원 장면을 사람이 그린 것과 같이 비사실적으로 묘사하는 연구들로 한정되어졌다. 그러나 최근 들어서는 삼차원 형상의 비사실적 과장[12], 동작 및 물리현상에 대한 비사실적 표현[9], 빛과 재질 간의 상호작용에 대한 비사실적 표현[6], 비디오 영상의 비사실적 표현[7][11] 등과 같이 컴퓨터 그래픽스가 다루는 모델링, 렌더링, 애니메이션, 이미지, 비디오 데이터들을 예술적 감각으로 표현하는 연구들도 광의적 의미에서 비사실적 렌더링 연구로 받아들여지고 있다.

본 연구에서는 기존의 비사실적 렌더링 연구의 범주에서 한 걸음 더 나아가, 네덜란드 출신의 화가 M.C. Escher 스타일의 비현실적 그림(impossible drawing)을 분석하고, 일반인들도 쉽게 Escher 스타일의 그림을 생성할 수 있는 프레임워크를 개발하고자 한다. Escher는 깊이값 속이기, 원근법 속이기, 고차원 피비우스 꼬임 등을 이용하여 다양한 스타일의 비현실적인 그림을 만들어 냈다. 이 중, 본 논문에서는 [그림 1]과 같이 오르막과 내리막이 현실적으로 불가능하게 맞물려 있는 비현실적 그림에 한정적으로 초점을 맞추어, 컴퓨터 그래픽스 기법을 통해 해당 스타일의 비현실적 그림을 효과

적으로 생성할 수 있는 알고리즘 및 시스템을 제안한다.

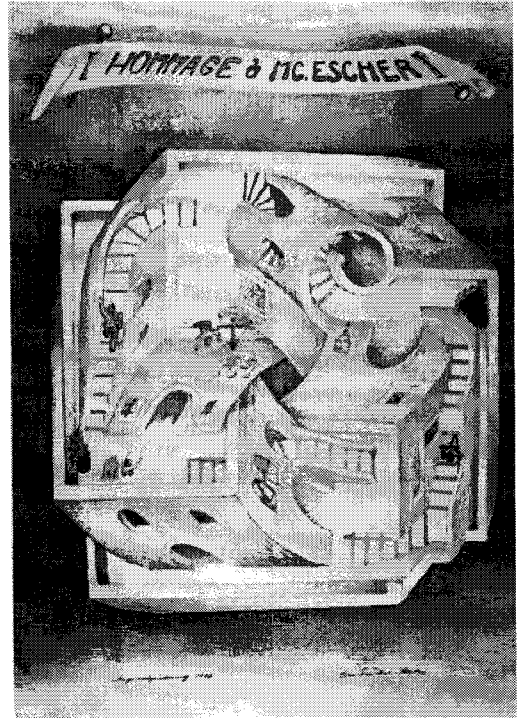


그림 1. Sandro Del Prete 작, The never-ending staircase – Hommage Escher, 1998. (저작권자의 허가 하에 인용)

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 비사실적 렌더링에 관한 기존의 연구에 관하여 기술한다. 제 3장에서는 본 논문에서 초점을 맞추는 Escher 스타일의 그림에 관하여 분석하고, 제 4장에서는 분석 결과에 기반을 두어 만들어진 시스템의 세부 사항과 알고리즘에 대하여 기술한다. 제 5장에서는 제안하는 시스템으로 만들어진 다양한 실험 결과를 보여준다. 마지막으로 제 6장에서는 결론 및 향후 연구주제에 관하여 기술한다.

II. 관련 연구

1. 비사실적 렌더링

비사실적 렌더링에 관한 연구는 1990년대 중반 이후부터 컴퓨터 그래픽스 분야에서 활발하게 이루어져 왔다. 펜과 잉크 렌더링[8], 카툰 렌더링[9], 페인팅[10], 수채화[11]와 같이 기본적인 예술 효과의 모방에서부터 비사실적 음영모델(non-photorealistic lighting model)을 이용한 비사실적 렌더링 연구[6] 등 다양한 연구가 있었다. 이와 같이 기존의 비사실적 렌더링의 연구들은 삼차원 장면 상에 존재하는 물체들의 형상은 현실적인 방법을 통해 화면상에 표현하되, 형상을 렌더링할 때 컬러나 텍스처를 화가나 만화가가 그리듯이 비사실적으로 렌더링하는 것이 일반적이었다. 본 논문에서는 삼차원 장면 상에 존재하는 물체들의 형상이 비현실적인 방법으로 화면상에 표현하는 것에 초점을 맞추고 있으며 이는 넓은 의미의 비사실적 렌더링에 포함된다.

2. Escher 스타일의 비현실적 그림에 관한 연구

Escher는 무한패턴 반복, 깊이값 속이기, 원근법 착시현상, Droste 효과 등을 통해 다양한 방식의 비현실적 그림을 그렸으며, 예술 및 시각 디자인, 응용 수학 분야 등 다양한 분야의 연구자들이 그의 그림에 관해 지금까지 많은 연구를 해 오고 있다[1].

Kaplan과 Salesin[2]은 평면에 무한패턴이 반복되는 Escher 'Symmetry' 시리즈의 그림을 손쉽게 만들 수 있는 알고리즘을 제안하였다. 우선, 등면체(isohedral)가 나올 수 있는 모든 대칭성의 경우를 수학적으로 분석해 놓은 뒤, 사용자가 무한반복되기를 원하는 그림을 입력으로 주면, 입력 그림과 가장 비슷한 등면체를 만든다. 이후, 입력 그림을 등면체의 형상으로 왜곡시킨 후, 입력 그림으로 텍스처 매핑된 등면체 형상을 무한 반복시키는 방법을 통해 Escher 스타일의 그림을 그리는 시스템을 제안하였다.

de Smit와 Lenstra[3]는 Escher의 작품 'Print Gallery'가 Droste 효과와 등각매핑(conformal mapping)을 이용한 수학적 구조를 통해 그려졌음을 보였다. 또한, 해당 작품에서 Escher가 자신의 서명을 적음으로 감춘 중앙의 특이점이 Droste 효과를 의도적으로 숨긴 부분이란 사실을 밝혀내고, 이를 컴퓨터 그래픽스를 통해 가시화 하였다.

본 연구에서는 비사실적 렌더링 기법의 하나로, [그림 1]과 같이 깊이값 속이기 현상을 통해 오르막과 내리막이 꼬리에 꼬리를 물고 고리형으로 반복되어 있는 Escher 스타일의 비현실적 그림을 손쉽게 생성할 수 있는 알고리즘 및 시스템을 제안한다.

III. 기본 아이디어

본 논문의 기본 아이디어는 [그림 1]이 가지고 있는 높낮이의 비현실성을 벡터장(vector field) 이론에 기반을 두어 분석하고, 이를 바탕으로 벡터장의 경로가 고리형 구조를 가질 때, 계층적 깊이 영상을 맞물려 그리게 되면 해당 그림과 같은 비현실적 효과를 낼 수 있음을 보인다. 이러한 기본 아이디어에 기반을 두어, [그림 1]과 같은 비현실적 그림을 일반 사용자도 손쉽게 그릴 수 있도록 고리형 경로와 계층적 깊이 영상을 간단히 생성할 수 있는 시스템을 제공하도록 한다.

1. 이론적 분석

[그림 1]은 오르막(또는 내리막) 방향을 따라 이동하게 되면, 원형으로 원래 자리로 돌아와 끝없이 반복되는 비현실성을 가지고 있다. 이와 같은 비현실성은 [그림 1]에 표현된 오르막 방향은 물리적인 높이로부터 유도된 개념이 아니기 때문이다.

오르막은 방향성을 지닌 벡터의 개념이며, 이는 높이라는 스칼라 값이 가장 급격히 변화하는 방향이다. 즉, 오르막은 임의의 지점 p 의 높이값을 나타내는 스칼라 함수 $h(p)$ 가 먼저 정의되어 있어야 도출되는 개념이며, 각 지점 p 의 오르막 방향은 높이 함수 $h(p)$ 의 구배(gradient) $\nabla h(p)$ 인 구배벡터장(gradient vector field)으로 정의된다.

구배벡터장은 회전이 존재하지 않는(curl-free) 대표적인 벡터장이다. 이는 구배벡터장에서는 벡터 방향으로의 경로(path)를 설정하여 따라가게 되면 스칼라함수의 값이 지속적으로 증가해야 하는데, 만약 벡터장에 회전이 존재해 경로의 형태가 고리(loop) 형태가 되면 경로상의 한 지점에 대한 스칼라 값이 일정한 값을 띄

지 않고 계속적으로 증가한다는 사실이 모순이 되기 때문이다.

이제, [그림 1]을 살펴보자. 네 개의 건물이 서로 고리 형태로 맞물려 있고, 오르막 방향을 통해 전진하면 원래의 자리로 돌아오는 회전 형태의 고리구조이다. 해당 그림의 각 건물을 노드로 대체하고 인접한 건물들 사이의 연결관계를 노드를 잇는 에지로 대체하면 [그림 1]은 [그림 2(a)]와 같이 고리형으로 연결된 1-다양체(1-manifold)의 그래프 형태로 생각할 수 있다. 이제 [그림 1]에 표현된 오르막 방향을 1-다양체에 벡터로 표현하게 되면, [그림 2(b)]와 같은 회전 벡터장이 나오게 된다. 결과적으로, [그림 1]에서 표현된 오르막 방향은 높이라는 물리적 의미를 가지는 스칼라 함수의 구배로부터 도출된 벡터가 아니라, 물리적인 높이의 개념을 배제하고 원형 고리구조를 따라 회전하기 위해 화가 자신이 임의로 지정한 전진 방향을 나타내는 벡터임을 알 수 있다.

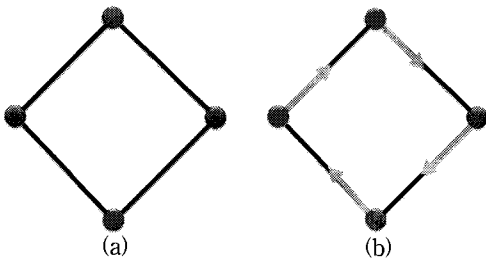


그림 2. 1-다양체 상에서의 회전 벡터장. (a) 그림 1에 표현된 건물들 간의 연결구조를 나타내는 1-다양체 그래프, (b) 그림 1에 표현된 오르막 방향을 1-다양체 그래프에 표현한 벡터장

2. 기본 아이디어

본 논문에서 초점을 맞추는 비현실적 그림은 앞서 분석한 바와 같이 각 지점에서의 물리적인 높이의 개념이 없기 때문에 시스템에서 임의로 높이값을 부여하여도 상관없다. 따라서 본 논문에서는 삼차원 물체의 모든 지점에 대한 높이값은 0이라고 가정하였다.

이제, 삼차원 물체는 모두 동일한 높이값이 0을 가지기 때문에, 이차원 이미지처럼 생각할 수 있다. 남은 문제는 [그림 1]와 같이 동일한 높이값 0을 가지는 건물들

에 대해, 어떻게 인접한 두 건물 사이에는 높낮이가 있는 것처럼 보이게 할 것인가이다.

이와 같은 눈속임을 위해 본 논문에서는 계층적 깊이 이미지(layered depth image)를 이용하였다. 계층적 깊이 이미지는 각 픽셀에 계층(layer) 정보가 정의되어 있어 여러 이미지들을 한군데 겹쳐 그리더라도, 화면상에서 계층값이 가장 높은 픽셀들만 보이게 할 수 있는 기법이다[4].

[그림 1]에서 볼 수 있듯이, 한 건물의 상부는 인접한 건물의 하부에 의해 항상 가려지게 되므로, 이러한 현상을 계층값을 통해 나타내려면 각 건물의 상부에는 낮은 계층값을 각 건물의 하부는 높은 계층값을 가지도록 하면 된다. [그림 3]은 계층적 깊이 이미지를 통해 각 건물을 나타낸 방법과 계층적 이미지를 꼬리에 꼬리를 물고 겹쳐서 그리게 되면 물리적 높이의 개념 없이 오르막 방향을 표현할 수 있음을 보여주고 있다.

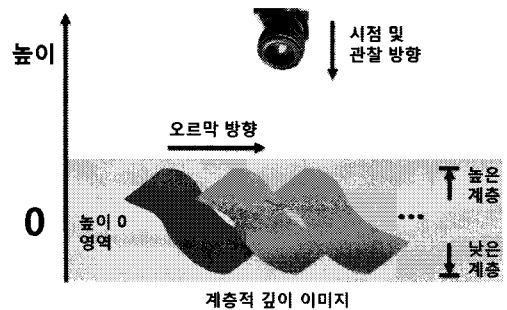


그림 3. 계층적 깊이 이미지들의 맞물림을 이용한 높이값 속이기

IV. 알고리즘 및 시스템 구현

본 논문에서 제안한 시스템은 크게 [그림 4]와 같이 세 부분으로 나누어진다.

우선, 사용자가 고리구조의 경로를 지정하면 그 경로 상에 여러 이미지들의 일부 영역이 서로 겹쳐지도록 배치한다 ([그림 4(a)] 참조). 이때 물체는 이차원 영상 혹은 영상을 이차원 텍스처를 매핑한 간단한 다각형이 될 수 있으며 겹쳐지는 정도는 사용자 파라미터로 조정할

다. 물체가 배치될 때, 경로의 형태에 따라 물체의 모델링 기준축이 고리형 경로를 따라가도록 회전시키거나 물체들을 변형하여 배치한다 ([그림 4(b)] 참조). 제 3장에서 설명된 바와 같이 맞물림 영상을 만들기 위해 물체에 대응되는 이차원 영상 혹은 다각형에 계층값을 부여하여 계층적 깊이 영상을 만들어 이를 렌더링함으로써 최종 결과를 얻는다 ([그림 4(c)] 참조).

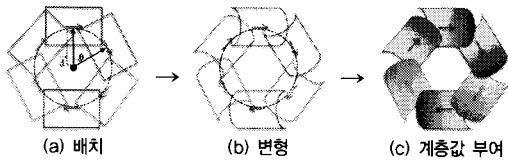


그림 4. 전체 과정

본 논문에서 제안하는 방법은 경로가 서로 겹치지 않는 임의의 위상적 고리 구조를 모두 다룰 수 있지만, 설명의 편의를 위해 본 장에서는 경로가 반지름 d 인 원형이며 경로상의 그림들이 θ 의 간격으로 배치되어 있다고 가정하도록 한다. 임의의 경로에 대한 예는 제 5장에서 실험결과로 제시할 것이다.

[그림 1]과 유사한 비현실적 그림을 만드는 예를 통해, 제안하는 시스템을 단계별로 자세히 설명하면 다음과 같다. [그림 1]은 네 개의 건물이 맞물려 있으므로 θ 는 90° 가 된다. 본 논문에서는 예제 영상과 비슷한 왜곡 형태를 나타내기 위해 [그림 5(a)]와 같이 측면의 세 곡선을 Bezier 곡선으로 나타내고 내부의 점은 세 곡선을 보간하여 위치를 정하였고 내부를 텍스처 매핑한 결과는 [그림 5(b)]와 같다. [그림 5(c)]는 왜곡된 영상 네 개를 배치한 것으로 θ 가 90° 이므로 각각 $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$ 씩 회전하여 90° 간격으로 배치한 것과 같다.

[그림 1]에서처럼 건물의 상부를 건물의 하부에 의해 가려지도록 계층값을 영상에 부여한다. 본 예제에서는 [그림 5(a)]에서 (1)면의 v_0, v_1 는 0, v_2 는 1, v_3 는 2, (2)면에 속하는 네 개의 꼭지점은 모두 1, v_6, v_7 은 2로 계층값을 주고 내부는 보간함으로써 [그림 6(a)]와 같은 깊이 영상을 생성하였다. [그림 6(b)]는 [그림 5(c)]에 대한 계층값 영상이며 부여된 계층값을 이용하여 은

면체거를 통해 렌더링된 결과는 [그림 6(c)]와 같다. [그림 1]과 같이 주어진 깊이 영상으로 인해 네 개의 건물의 상부가 항상 하부의 아래쪽에 놓이게 되는 것을 볼 수 있다.

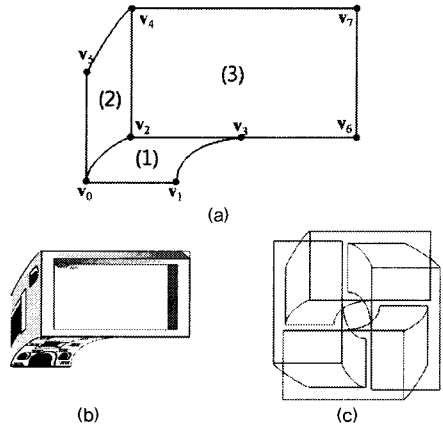


그림 5. 변형된 물체 배치. (a) 왜곡된 건물 모양, (b) 텍스처 매핑, (c) 물체 배치.

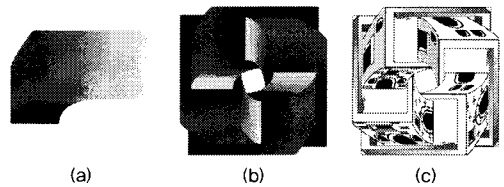


그림 6. 계층값 부여 및 렌더링. (a) 한 개의 깊이 영상, (b) 네 개의 깊이 영상, (c) 텍스처 매핑.

배치, 변형, 계층값 부여라는 기본적인 알고리즘의 단계를 수행함으로써, [그림 6(c)]와 같은 비현실적 결과를 만들어 낼 수 있다. 그러나 이차원 영상을 사용하여 결과를 도출하였을 경우, [그림 6(c)]와 같이 최종 결과에 입체감이 잘 표현되지 않는 경우가 발생할 수 있다. 좀 더 사실적인 입체감을 표현하기 위해 광원을 이용하여 셰이딩에 추가적인 변화를 줄 수 있다. 본 예제의 경우, 물체의 모양이 직육면체이므로 [그림 7(a)]의 각 면의 밝기값을 계산할 때 [그림 7(b)]와 같은 직육면체의 각 면의 법선벡터를 이용하였다. 즉, 광선의 방향과 법선벡터 사이의 내적을 이용하여 면의 셰이딩을 조절하

도록 한다. [그림 7(c)]는 법선벡터를 이용하여 면의 밝기를 조절하여 렌더링된 결과이다. [그림 7(c)]에서 볼 수 있듯이, 셰이딩을 추가하지 않은 결과인 [그림 6(c)]에 비해 [그림 7(c)]에서 물체의 입체감이 보다 잘 표현된 것을 알 수 있다.

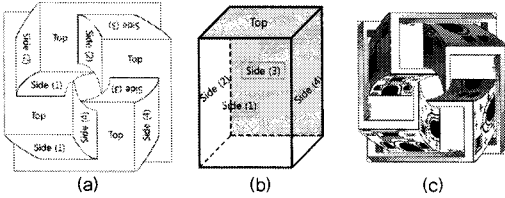


그림 7. 광원 효과. (a) 대응면들, (b) 삼차원 모델, (c) 광원 효과를 적용한 결과.

V. 실험 결과

본 장에서는 다양한 물체와 경로 지정을 통해 만들어진 여러 가지 비현실적 그림의 결과를 보이도록 한다.

[그림 8]은 [그림 1]과 같은 불가능한 그림을 본 논문에서 제안하는 알고리즘을 통해 만들어 낸 예이다. 오르막처럼 보이는 경로를 시계방향의 원형으로 잡아 네 개의 건물들이 계층적 깊이 이미지가 겹쳐지도록 하여, 오르막 및 내리막이 무한히 반복되는 불가능한 그림을 만들어 내었다.

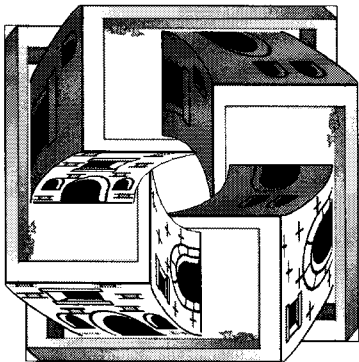


그림 8. 제안하는 알고리즘을 통해 만들어낸 "The never-ending staircase"와 유사한 그림

[그림 9]는 경로 상의 각 캐릭터가 인접한 캐릭터를 한 손으로 들고 있는 비현실적인 그림이다. [그림 9(a),(b)]는 모두 경로가 원의 형태이므로 [그림 7]에서처럼 동일한 변형과 회전을 통해 결과 그림들을 얻어낼 수 있다. 이때, 캐릭터의 계층값은 캐릭터의 아래쪽(발끝)이 가장 크며 경로를 따라 위쪽(손끝)으로 올라가면서 감소한다.

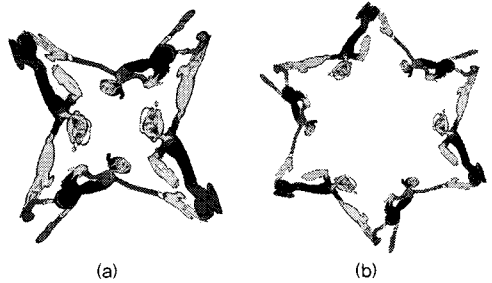


그림 9. 만화 캐릭터를 이용한 결과. (a) 네 개의 영상을 이용한 결과, (b) 8개의 영상을 이용한 결과.

[그림 10]은 일반적인 경로를 이용하여 생성한 비현실적 그림의 예이다. 이때 각 캐릭터는 경로를 따라 적절히 변형되었다. 이차원 영상만을 이용하여 결과를 만드는 경우, 이차원 영상의 한계로 인해 [그림 9]에서처럼 평면적으로 보인다. 이를 보완하기 위해, [그림 10]에서와 같이 그림자 효과를 더할 수 있다. 이 때, [그림 10]의 결과가 [그림 9]에 비해 입체감이 잘 드러난 것을 알 수 있다.

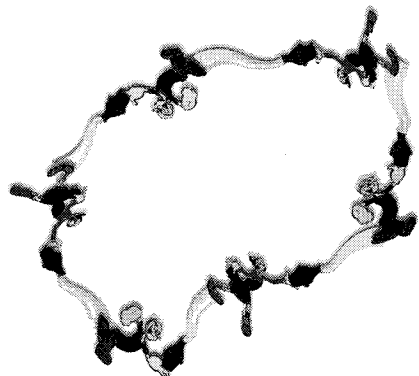


그림 10. 일반적인 경로를 이용한 결과.

VI. 결론

본 논문에서는 계층적 깊이 이미지들 간의 고리형 맞물림을 통해 Escher 스타일의 비현실적 그림을 손쉽게 만들 수 있는 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템은 사용자가 고리 구조의 경로를 생성하고 전진방향을 설정하면, 고리형 경로 위에 계층적 이미지를 맞물려 배치하여 Escher 스타일의 비현실적인 그림을 생성한다. 또한, 본 시스템에서는 계층적 이미지의 생성을 위해 사용자가 계층값 및 파라미터를 설정할 수 있도록 하였다.

향후, 제안하는 시스템을 보다 편리하게 쓸 수 있도록 다양한 사용자 인터페이스를 제공할 필요가 있다. 또한, 원근법 착시현상 및 Droste 효과 등에 기반을 둔 Escher 그림들이 담고 있는 수학적 체계를 분석하고, 이를 바탕으로 보다 다양한 Escher 스타일의 비현실적 그림을 그릴 수 있도록 본 시스템을 지속적으로 확장할 예정이다.

참고문헌

[1] D. Schattschneider and M. Emmer, editors, *M.C. Escher's Legacy: A Centennial Celebration*, Springer, 2003.

[2] C. S. Kaplan and D. H. Salesin, "Escherization," Proc. ACM SIGGRAPH 2000, pp.499-510, 2000.

[3] B. de Smit and H. W. Lenstra, "The Mathematical Structure of Escher's Print Gallery," Notices of the AMS, Vol.50, No.4, pp.446-451, 2003.

[4] J. Shade, S. Gortler, L. He, and R. Szeliski, "Layered Depth Images," Proc. ACM SIGGRAPH 1998, pp.231-242, 1998.

[5] B. Gooch and A. Gooch, *Non-Photorealistic Rendering*, A K Peters, 2001.

[6] A. Gooch, B. Gooch, P. Shirley, E. Cohen. "A Non-Photorealistic Lighting Model For

Automatic Technical Illustration," Proc. ACM SIGGRAPH 1998, pp.447-452, 1999.

[7] J. Wang, Y.-Q. Xu, and M. F. Cohen. "Free-form Video Tooning Deformation," Poster on SCA2004, 2004.

[8] G. Winkenbach and D. H. Salesin, "Computer-generated Pen-and-Ink Illustration," Proc. ACM SIGGRAPH 1994, pp.91-100, 1994.

[9] A. Selle, A. Mohr, and S. Chenney. "Cartoon Rendering of Smoke Animations," 3rd International Symposium on Non-Photorealistic Animation and Rendering (NPAR'04), pp.57-60, 2004.

[10] A. Hertzmann. "Painterly Rendering with Curved Brush Strokes of Multiple Sizes," Proc. ACM SIGGRAPH 1998, pp.453-460, 1998.

[11] A. Bousseau, F. Neyret, J. Thollot, and D. Salesin. "Video Watercolorization using Bidirectional Texture Advection," ACM Transactions on Graphics, Vol.26, No.3, Article 104, 2007.

[12] Paul Rademacher. "View-Dependent Geometry," Proc. ACM SIGGRAPH 1999, pp.439-446, 1999.

저자소개

이윤진(Yunjin Lee)

정회원



- 1999년 2월 : 포항공과대학교 컴퓨터공학과(공학사)
- 2005년 8월 : 포항공과대학교 컴퓨터공학과(공학박사)
- 2005년 9월 ~ 2006년 5월 : 포항공과대학교 박사후 연구원
- 2006년 5월 ~ 2007년 6월 : 미시간 대학교 박사후 연구원
- 2007년 6월 ~ 2007년 10월 : 포항공과대학교 박사후 연구원

- 2007년 10월 ~ 2008년 2월 : 서울대학교 BK21 연구 교수
- 2008년 3월 ~ 현재 : 아주대학교 미디어학부 조교수
<관심분야> : 컴퓨터 그래픽스, 비사실적 렌더링, 디지털 영상처리

김 준 호(Junho Kim)

정회원



- 1998년 2월 : 포항공과대학교 컴퓨터공학과(공학사)
- 2000년 2월 : 포항공과대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
- 2005년 2월 : 포항공과대학교 컴퓨터공학과(공학박사)
- 2005년 3월 ~ 2005년 10월 : 포항공과대학교 박사후 연구원
- 2005년 11월 ~ 2008년 2월 : 뉴욕주립대(스토니브룩 소재) 포스트닥 연구원
- 2008년 3월 ~ 2009년 2월 : 동의대학교 게임공학과 전임강사
- 2009년 3월 ~ 현재 : 국민대학교 컴퓨터공학부 전임 강사
<관심분야> : 컴퓨터 그래픽스, 실시간 렌더링, 디지털 영상처리