

디지털 초상화 표현 기술

윤경현 (중앙대학교)

차 례

1. 서론
2. 비사실적 디지털 표현 기술 동향
3. 디지털 초상화 표현 기술
4. 비사실적 디지털 표현 기술 응용 사례
5. 결론

1. 서론

디지털 표현 기술이란 컴퓨터 그래픽스 및 영상처리 이론을 이용하여 컴퓨터에 저장된 데이터를 사람의 눈에 보이도록 영상화하는 기술을 말한다. 이 기술은 크게 사실적 렌더링 기술과 비사실적 렌더링 기술로 분류할 수 있다. 사실적 렌더링 기술은 영화 ‘트랜스포머’나 ‘캐리비안의 해적’ 등 공상 과학 영화처럼 사실성을 추구하는 디지털 표현에 사용되며, 비사실적 렌더링 기술은 ‘슈렉’과 같은 만화 영화나 고흐의 ‘해바라기’와 같은 유화, 수묵화 등 사람이 손으로 그린 듯 한 영상을 표현하는데 사용된다.

비사실적 디지털 표현 기술은 인간의 예술적 감성에 대한 미학적 메카니즘을 분석하여 컴퓨터 그래픽스 SW로 표현하는 기술로, 예술가들이 직접 그린 듯 한 느낌의 영상을 제작할 수 있다. 이 기술은 표현 결과를 기준으로 분류할 때는 회화적 렌더링[1-3] 및 애니메이션[4-7], 이미지 모자이크[8-14], 카툰 렌더링[15,16,17,18], 펜&잉크[20-24], 그리고 기술 삽화 렌더링[25-27] 등으로 나눌 수 있다. 또한, 사용 데이터의 종류에 따라 3차원 기반 기술[25-27]과 이미지 기반 기술[1-24]로 나누어진다. 디지털 초상화 표현 기술은 이미지 기반 기술로써, 붓 터치와 질감을 가지는 브러시 스트로크를 이용하여 회화적 효과를 표현하는 기술이다.

디지털 초상화 시스템은 예술적 감성에 기반을 둔 인간 친화적 영상 콘텐츠 제작을 위한 시스템으로, 현장에서 직접 사진을 촬영, 초상화 제작과정을 애니메이션으로 보여주고, 디지털로 출력이 동시에 처리되는 All-in-One 통합 시스템이다. 이 시스템은 유화, 펜&잉크, 파스텔화, 그리고 점묘화 등의 기술을 표현할 수 있다. [그림 1]은

중앙대학교에서 개발한 ‘디지털 초상화 시스템’을 보여준다.



▶▶ 그림 1. 디지털 초상화 시스템

2. 비사실적 디지털 표현 기술 동향

2.1 회화적 렌더링 및 애니메이션

회화적 렌더링은 주로 브러시 스트로크를 통해 이루어진다. 화가가 작품을 그릴 때 붓으로 무수히 많은 칠을 하게 되는데, 이 때 한 번의 움직임은 브러시 스트로크로 한다. 회화적 표현에서는 유화와 같은, 손으로 그린 듯 한 결과 영상을 만들기 위하여 일반적으로 브러시 스트로크의 여러 파라미터를 결정하기 위한 방법들이 연구되고 있다.

동영상을 입력으로 한 회화적 애니메이션에서 가장 중요하게 고려되어야 할 요소는 프레임 간 브러시 스트로크의 구조적·시간적 일관성을 유지하는 것과 객체들(전경과 배경)의 움직임이 발생하는 부분을 손으로 그린 듯 한 회화적 느낌을 표현하는 것이다.

회화적 영상 표현을 위한 렌더링, 애니메이션, 인터랙티브 시스템 기술은 현재 세계적으로 기초연구/성장기에 있으며, 표현 범위의 확대, 제작 기간 단축 및 제작비 절감을 위한 성능 향상과 사용자 인터페이스의 개선 등에 연구가 진행되고 있다. [그림 2]는 초창기의 회화적 렌더링 표현 기술로써, 1998년 미국 뉴욕 대학에서 개발한 알고리즘이다[2]. 이 알고리즘은 실제 화가들이 그림을 그리는 순서와 방법, 그리고 화풍을 공학적으로 표현한 방법으로, 회화적 렌더링 표현 기술의 기초가 되고 있다.

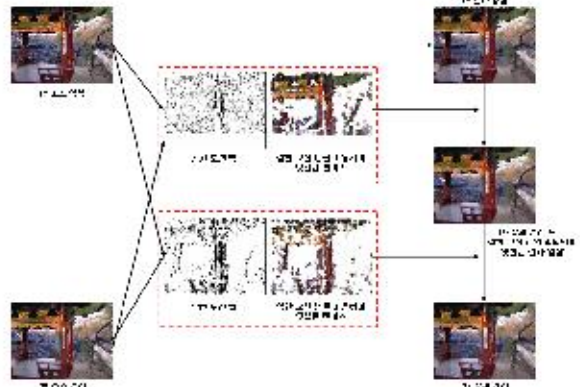


▶▶ 그림 2. 초창기의 회화적 렌더링 표현 기술

동영상 및 3차원 데이터를 입력으로 하는 회화적 애니메이션 방법은 최근 각광받고 있는 분야 중 하나이다. Hertzmann은 프레임 간 브러시 스트로크의 시간적 일관성을 유지하기 위해 페인트 오버(Paint-over) 방법과 광류 방법을 사용하였다[4]. 이 기술[4]은 페인트 몬 글라스 애니메이션과 유사한 방법으로, 이전 프레임의 결과 영상을 현재 프레임의 초기 캔버스에 설정하는 방법이다. Hays는 강한 브러시 스트로크(Strong Brush Strokes)와 광류 방법(Optical flow)을 기반으로 회화적 애니메이션을 개발하였다[5]. 이 기술[5]은 프레임 간 추정된 모션 벡터를 이용하여 이전 프레임 캔버스에서 현재 프레임 캔버스로 모든 브러시들을 옮길 경우 캔버스 상에 발생하는 홀을 채움으로써 시간적 일관성을 유지하고 있다. Park은 모션 맵 기반 회화적 애니메이션 알고리즘을 제안하였다[7]. 이 애니메이션 기술[7]은 시간적 일관성을 유지하기 위하여 이전 프레임의 에지 정보와 연속적인 두 프레임간의 모션 벡터를 이용하여 모션 맵을 생성하였다. 모션 맵은 브러시 스트로크를 덧칠하는 위치를 설정해주는 역할을 한다. [그림 3]은 회화적 애니메이션 표현 기술을 보여 주고 있다.



(A) Hays의 회화적 애니메이션 기술



(B) 모션 맵 기반 회화적 애니메이션 기술

▶▶ 그림 3. 회화적 애니메이션 표현 기술

2.2 영상 기반 모자이크 렌더링

모자이크 렌더링은 타일, 색종이의 느낌을 표현하는 기술이다. 이 기술은 크게 타일 모자이크[8,9,10,11,14], 색종이 모자이크[12], 포토 모자이크[13]로 나눌 수 있다. 타일 모자이크는 하나의 타일을 이용하여 모자이크 영상을 표현하는 방법이다. Hausner[8]는 그래픽 하드웨어를 이용한 Z-Buffered Square Cone와 Lloyd 알고리즘을 이용해 Centroidal Voronoi Diagram(CVD)를 만들어 사각형 타일을 각 셀에 위치시키는 방법을 제안하였으며, 이 기술은 타일 모자이크 렌더링 기술의 기초가 되고 있다. 이후, Battiato[14]는 "안다멘토"라는 용어를 제안하며 타일형태에 따른 다양한 모자이크 형태를 구분하고 이 중 Opus Musivum과 Opus Verriculatum을 구현하였다. 색종이 모자이크[12]는 색종이를 찢어 붙여서 만드는 모자이크 방법으로, 색종이라는 재료를 사용하여 만들기 때문에 색종이가 가지는 독특한 특징들이 잘 표현하는 기술에 대한 연구가 진행되었다. 포토 모자이크 기법[13]은 해당 셀에 알맞은 최적의 조각 영상을 찾는 데 중점을 두고 있다. 이 기술[13]은 원본 영상의 블록과 데이터베이스안의 영상의 각 픽셀 간 색상공간에서의 거리의 총 합을 구하고, 그 값이 가장 작은 영상을 타일로 선택하는 방법이다. [그림 4]는 세 가지 모자이크 렌더링 표현 기술에 대한 결과 영상을

보여준다.



(A) 타일 모자이크



(B) 색종이 모자이크

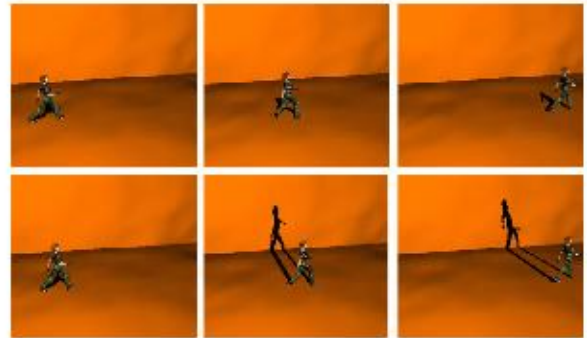
(C) 포토 모자이크

▶▶ 그림 4. 모자이크 렌더링 결과 영상

2.3 카툰 렌더링

카툰 렌더링은 3D 그래픽 렌더링 기법 중 하나이며 현실적이지만 딱딱하고 차가운 느낌의 3D 그래픽을 좀 더 포근하면서도 만화 같은 느낌을 들 수 있게 2D 그래픽처럼 보이게 해주는 표현 기술이다. 카툰 렌더링 기술의 핵심은 모델링된 객체의 굵은 외곽선과 2~3단계로만 표현된 셰이딩(shading)이다. 이는, 가장 밝고 가장 어두운 부분의 색만을 추출하고 문곽선을 진하게 표현해 2D 애니메이션과 같은 느낌을 제공한다. 카툰 렌더링의 장점은 거부감 없는 3D 연출이 가능하다는 것과 시각적인 차별화이다. 이 기술은 3D의 정밀한 표현과 2D의 부드러운 느낌이 잘 조화되는 기법이기에 종종 온라인 게임은 물론 콘솔 게임에도 두루 사용되고 있다. [그림 5(A)]는 Nakajima가 제안한 카툰 애니메이션을 위한 Tweakable Shadows 에 대한 결과 영상이다.

Chun은 비디오 동영상에 입력받아 흑백 기반의 만화적 영상으로 변경하고 말풍선, 아이콘 등의 만화적 효과를 삽입하여 만화책을 만들 수 있는 저작도구를 제작하였다 [19]. 이 저작도구는 비디오 동영상에서 주요 영상을 추출할 수 있는 키 프레임 추출기와 추출된 키 프레임을 이용하여 파워포인트 형식의 만화책을 제작하는 CORVIS(COomics Rendering system for Video Stream)로 구성된다. [그림 5(B)]는 만화책 효과를 위한 CORVIS의 결과 영상을 보여준다.



(A) Tweakable Shadows



(a) A result from the movie Lemony Snicket's A Series of Unfortunate Events

(b) A result from the movie Before Sunrise

(c) A result from the movie Mr. Bean

(d) A result from the movie Jurassic Park

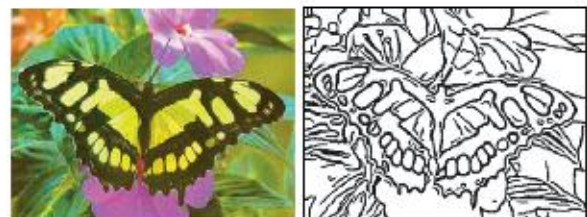
(B) CORVIS

▶▶ 그림 5. 카툰 렌더링 결과 영상

2.4 펜&잉크

펜&잉크 렌더링은 표현하고자 하는 대상의 형태, 명암, 질감 그리고 역동감을 표현하는 기술이다. 이 기술은 색을 사용하지 않으며 라인 스트로크만을 이용하여 표현하고자 하는 대상의 명암을 표현한다.

라인은 대상을 표현하는데 있어서 최소한의 데이터를 사용할 수 있으며 관찰자로 하여금 대상의 형태를 인지하는데 매우 효과적이다. Kang은 사진으로부터 자동으로 라인 드로잉을 생성하는 방법을 제안하였다[23,24]. 이 방법은 FDOG필터를 이용해 영상에서 중요한 모양을 효과적으로 추출해 일관적이고 부드러운 라인 스타일을 표현하는 기술이다. [그림 6]은 Kang의 방법을 이용하여 생성된 라인 드로잉 결과 영상이다.



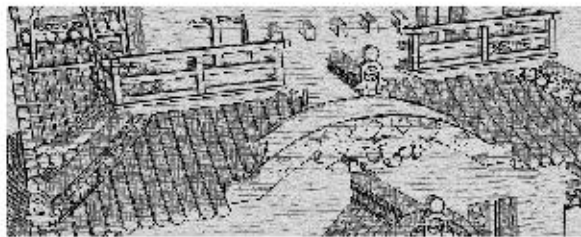
(A) 입력 영상

(B) 결과 영상

▶▶ 그림 6. 라인 드로잉

2.5 기술 삽화 렌더링

기술 삽화 표현 기술은 정보 전달을 목적으로 한다. 이러한 기술 삽화는 기기의 사용 설명서나 교육용 교재 혹은 백과사전에 쓰이는 영상이다. 대체로 사진에 비하여 미적 정보 보다는 기하학적 정보가 중요하게 표현된다. 기술 삽화에서 예지의 표현은 전달하고자 하는 정보에 따라 다르게 표현하는데, 일반적으로 전달하고자 하는 정보의 예지를 강하게 표현한다. [그림 7]은 Lake[27]가 제안한 방법으로 생성된 결과 영상이다.



▶▶ 그림 7. 기술 삽화 결과 영상

3. 디지털 초상화 표현 기술

디지털 초상화 표현 기술은 비사실적 렌더링 분야 중 회화적 렌더링에 해당되며, 디지털 카메라를 이용하여 취득된 사진에 화가의 실제 붓 터치를 최대한 표현하고자 하는 기술로서, 인간의 감성적 표현 기법을 디지털 기술로 재현한 시스템이다. 이 시스템은 인간이 그림을 그리는 과정과 매우 유사하다. 제한된 스트로크를 가지고 캔버스와 그리고자 하는 대상 사이의 시각적인 차이를 줄이는 방법은 서로 다른 브러시 스트로크의 반복적인 시도를 통해서 가능해진다.

3.1 화가의 페인팅 절차

예술가의 능력(Skill)에 따라 표현 가능한 스트로크 종류나 정확성은 차이가 난다. 하지만 이러한 한정된 스트로크의 사용이 무한정으로 많은 스트로크의 사용보다 더 자연스럽고 예술적인 결과를 도출해 낸다. 이러한 방법은 인간이 그림을 그리는 과정과도 매우 유사하다. 제한된 스트로크를 가지고 캔버스와 대상(Subject)사이의 차이를 줄이는 방법은 다른 스트로크의 반복적인 시도를 통해서 가능하다. [그림 8]은 다른 색 또는 모양을 갖는 스트로크를 덧칠함으로써 대상과 차이가 나는 부분을 원본과

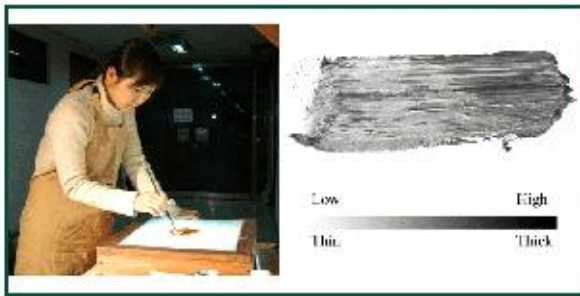
가까워지도록 진화하는 과정을 보여준다. [그림 8]의 Top Circle에서는 Red Brush Strokes를, Bottom Circle에서는 White Brush Strokes를 추가함으로써 원본과의 차이를 줄여 나간다. 보다 많은 시도 또는 보다 작은 스트로크의 덧칠이 이루어진다면 점점 원본과 가까워 질 것이다. 하지만 회화란 사물의 이미지를 캔버스에 옮기는 과정에서 반드시 브러시 스트로크로 인한 원본의 왜곡(변환)이 동반된다. 그러나 이러한 왜곡이 회화의 예술적 아름다움의 원인이 되기 때문에 이를 적절히 제어할 필요가 있다.



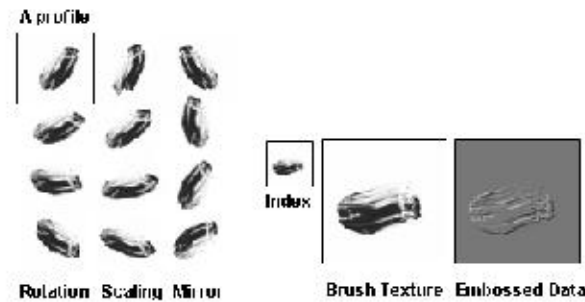
▶▶ 그림 8. 화가의 페인팅 절차

3.2 브러시 스트로크 생성

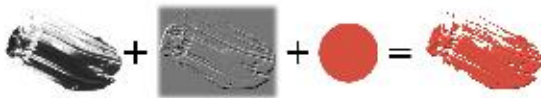
브러시 스트로크 스캔 데이터는 애니메이션 용 유리판 위에 두 개의 오일 안료를 섞어 브러시 스트로크를 칠하고, 백라이트를 통해 수집된다. 이 방법은 높이 데이터와 형태 데이터를 동시에 뽑을 수 있다는 것을 의미하며, 밝기 값에 따라 하이라이트 값으로 변환되어 사용된다. 깊이 정보를 가지는 브러시 스트로크는 스캔하여 수집된 브러시 스트로크와 높이 값을 적용하여 회화적 임파스토를 개별 스트로크에 적용하였다. [그림 9(A)]는 실제 브러시 스트로크를 제작하는 한 장면을 보여주고 있다. [그림 9(B)]는 스캔된 다양한 브러시 스트로크에 회전, 크기 변환, 반사등의 변환을 사용해 많은 브러시를 생성하고 이것이 데이터베이스화 된 파일을 보여준다. 실제 디지털 초상화 시스템에서는 100여개의 브러시 텍스처를 사용하였다. [그림 9(C)]는 색상 및 깊이 정보를 가지는 브러시 스트로크를 만들어 가는 과정을 보여주고 있다. 이렇게 만들어진 브러시 스트로크는 캔버스위에 덧칠되어짐으로써 하나의 디지털 초상화가 만들어진다.



(A) 브러시 스트로크 스캔



(B) 스캔된 다양한 브러시 스트로크 데이터베이스



(C) 색상 및 깊이 정보를 가지는 브러시 스트로크 생성 과정
▶▶ 그림 9. 브러시 스트로크 생성

3.3 브러시 스트로크 덧칠 알고리즘

브러시 스트로크의 덧칠 위치는 Herzmann[2]의 Layered Grid 기반 brush 생성 방법과 거의 같은 방식으로 Stroke의 Positions과 크기를 결정한다. Herzmann은 입력 영상의 LOD(Level of detail)를 표현하기 위해 브러시 사이즈 리스트를 큰 순서에서 작은 순서로 정의한다. 그리고 그리드 시스템(Grid system)을 이용해 각 그리드 셀(Grid Cell)에서 완료되지 않은 캔버스와 입력 영상과의 차이가 심한 곳(Maximum Error Point)를 찾고, 그 지점에서의 그라디언트(Gradient) 정보를 이용해 새로운 스트로크를 칠해나가는 방법을 사용한다. 이것은 회화적 영상을 표현하는 매우 효율적인 방법이다. 디지털 초상화 시스템은 Herzmann의 알고리즘중 장점들을 차용하여 사용한다. 하지만 세부적인 부분에서 약간의 차이점을 가지고 있다. 첫 번째가 브러시의 크기이다. 미리 만들어진 브러시 스트로크 텍스처를 활용한다. 두 번째는 브러시의 시작 위치이다. 본 시스템은 Herzmann과 같이 레이어 별 그리드 단위를 이용한다. 그러나 스트로크 위치는 캔버스에 그려진 중간결과에 영향을 받지 않고 각 브러시 크기

별로 한 번에 계산되며 각 브러시 크기에 따라 생성되는 그리드 셀(Grid Cell)안에서 랜덤하게 결정한다. 이는 스트로크의 규칙적인 표현을 피하고 덧칠하고자 하는 위치를 찾는 과정에 대한 비용을 절약하는 장점이 있다.

캔버스 위에 브러시 스트로크를 덧칠할 때 브러시 텍스처가 칠해질 한 영역과 덧칠된 영역간의 RGB 색상 차이를 계산한다. [그림 10]의 E_{rr1} 은 입력 영상의 한 영역과 브러시 텍스처가 칠해지기 전의 캔버스간의 RGB 색상 차이 값이며, E_{rr2} 는 입력 영상의 한 영역과 브러시 텍스처가 덧칠된 다음의 캔버스간의 RGB 색상 차이 값을 의미한다. 이 두 값을 비교하여 E_{rr1} 값이 E_{rr2} 값보다 클 경우 캔버스위에 브러시 텍스처를 덧칠한다.



▶▶ 그림 10. 브러시 스트로크 덧칠 과정

[그림 11(A)]는 양각/음각의 효과를 갖는 브러시 스트로크를 캔버스에 그린 예를 보여주고 있다. 양각과 음각은 혼합하여 사용하였을 경우에 자연스러운 임파스토(Impasto) 효과가 보인다는 것을 알 수 있다. [그림 11(B)]는 덧칠 시도된 브러시의 개수별 회화적 렌더링 결과 영상을 보여주고 있다. 같은 장면이라 할지라도 각 단계별로 표현되는 느낌이 매우 다르다. 큰 브러시 스트로크를 이용할 경우 결과 영상은 매우 추상적인 느낌을 표현하게 되며 브러시 스트로크가 작아질수록 구체적인 느낌을 표현하게 된다. [그림 11(C)]는 본 디지털 초상화 시스템의 회화, 파스텔, 연필, 점묘화 스타일을 각 매체 데이터베이스를 기반으로 렌더링 한 다양한 스타일의 결과를 보여주고 있다.



(A) 음각양각 혼합된 렌더링 영상



(B) 각 레이어별 결과 영상



(C) 회화 파스텔 연필, 검묘화 효과

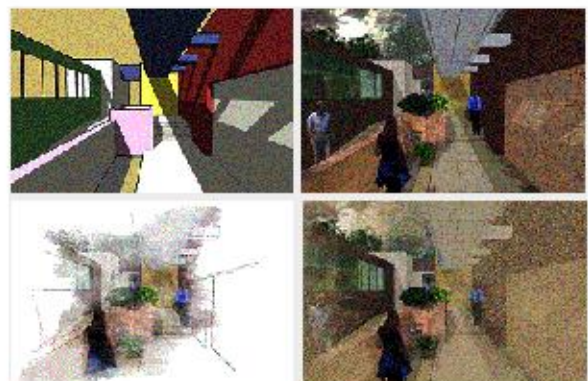
▶▶ 그림 11. 다양한 덧칠 효과 및 결과 영상

4. 비사실적 디지털 표현 기술 응용 사례

현재 비사실적 디지털 표현 기술들 중 가장 많이 응용되는 기술은 게임 분야에서 카툰 렌더링 표현 기술이다. 카툰 렌더링 기술은 높은 하드웨어 성능을 요구하지 않기 때문에 모바일 환경에서 또는 실시간을 요구하는 온라인 게임 분야에서 주로 사용된다. 이 기술을 처음 사용한 게임은 콘솔 게임인 젯셋 라디오다. 2002년 2월경에 발매된 이 게임은 인라인 스케이트를 타고 길거리를 질주하며 그라피티(낙서)를 하는 게임으로 그라피티라는 독특한 소

재와 '카툰 렌더링' 그래픽이 절묘한 조화를 이뤄 많은 게이머들에게 좋은 평가를 받았다. 또한, 레이싱 게임 '카트라이더'는 작고 귀여운 캐릭터에 '끼이이익'처럼 의성어를 나타내는 등, 만화 컷 같은 연출을 재미있게 살리고 있다. 같은 레이싱 게임인 '스키드러쉬'는 실존 차량이 대거 등장하는 게임임에도 불구하고 과감히 '카툰 렌더링'을 사용했다. 비록 실사 같은 모습은 아니지만, 드리프트 효과에서 구름먼지를 내거나, 짐승선을 표현하는 등 애니메이션 효과를 구현했다.

Piranesi[28]는 Informatix Software International에서 제작한 비사실적 렌더링 도구로서, 시스템의 이름은 로마의 유명한 건축가이자 일러스트레이터였던 Giovanni Battista Piranesi (1720-1778)의 이름을 따른 것이다. 비사실적으로 렌더링된 영상은 크게 3단계를 거쳐 만든다. 먼저, 3D Max와 같은 모델링 도구로 제작한 모델을 입력으로 하고, 영상 변환의 시작은 적당한 카메라 위치에서 렌더링하여 초기 영상을 얻는다. 2단계에서는 잠금 기능, 원근 그리기 기능 등을 이용해서 텍스처를 새로 입히거나, cutout 기능을 이용해서 투명도를 가진 배경, 전경 영상을 삽입한다. [그림 12]에 각 단계의 영상의 예를 보인다. 마지막 3단계에서는 사용자의 의도에 따라 여러 스타일로 변경한다. [그림 12]에서 좌측 상단은 초기 영상이고, 벽면에 텍스처를 입히고, 행인과 화분 등의 전경 물체를 추가한 것이 [그림 12] 우측 상단 영상이다. [그림 12]의 하단은 사용자에 의해 여러 스타일을 적용하여 변환한 영상의 예이다.



▶▶ 그림 12. Piranesi의 각 단계별 영상

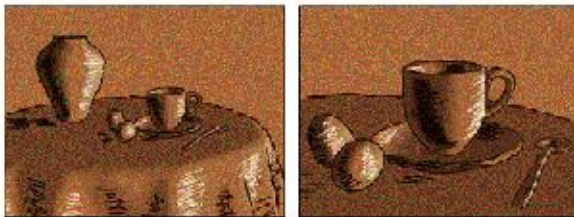
id software사[29]의 quake의 대생 느낌을 주는 비사실적 렌더링 버전인 NPRQuake[30]이다. 또한, 3차원 그래픽 가속기로 유명한 nVidia[31]에서는 하드웨어 가속을

지원하는 툴 셰이딩(Toon Shading)과 해칭 데모를 공개하여, 앞으로의 게임 개발에의 적용 가능성을 제시하고 있다. [그림 13]은 게임에 적용한 응용 사례이다.



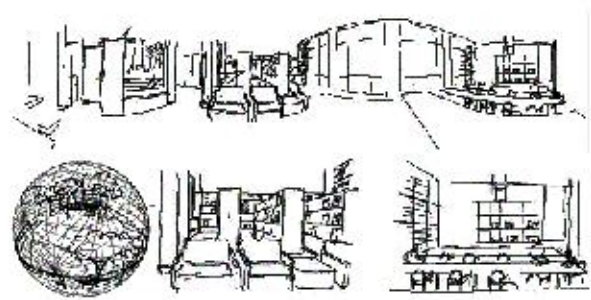
▶▶ 그림 13. 게임 적용 사례(왼쪽부터 NPR Quake, 툴 셰이딩, 해칭)

WYSIWYG NPR[32]은 Princeton 대학과 Brown 대학에서 공동 개발한 페인팅 도구로, 사용자가 3차원 모델의 표면에 직접 스트로크를 그리는 것으로, Teeco[33]가 제안한 방법을 더욱 발전시킨 것이다. 이 시스템에서는 실루엣, 데칼, 해칭 등의 다양한 스트로크를 사용하여, 펜, 크레파스, 파스텔 등의 도구들을 시뮬레이션 한다. 특히, 스트로크의 밀도를 조절하여 표현 상세도간의 부드러운 전이를 가능하게 한다. [그림 14]는 이 시스템을 사용하여 렌더링한 것으로, sepia 색의 종이에 흰색과 갈색의 크레파스로 그린 것과 같은 느낌의 영상을 보여준다. 특히, 해칭의 밀도를 조절하여 확대했을 때는 더 상세하게 그려줄 수 있다.



▶▶ 그림 14. WYSIWYG NPR로 렌더링한 결과 영상

Projective Drawing System[34]은 MIT 공대에서 발표한 것으로, 사영 투영 가이드(projective guide)를 제공하여 사용자가 올바르게 사영 투영된 스케치를 할 수 있게 한다. 또한, 사용자의 스케치를 [그림 15] 좌측 하단과 같이 단위 구에 매핑하여 파노라마 영상처럼 구의 중심에서 둘러 볼 수도 있다. [그림 15]의 위 그림은 사용자가 스케치한 파노라마 그림을 펼친 것이고, 아래의 중앙, 가운데 그림은 임의의 방향에서 렌더링한 그림이다.



▶▶ 그림 15. Projective Drawing System으로 그린 파노라마 영상과 임의의 방향에서 본 장면

애니메이션에서는 '스피릿(Spirit)'과 같은 셀 애니메이션(비록 3차원 그래픽 기술을 함께 사용했는지라도) 또는 '슈렉(Shrek)'과 같은 3차원 애니메이션이 주류를 이루어왔다. 한편으로는 유명한 단편 애니메이션 작가인 프레드릭 백(Frédéric Back)[35]은 이들과는 다르게 화가가 그린 듯한 느낌을 주는 '나무 심는 사나이(The Man Who Planted Trees)' 등과 같은 훌륭한 작품들을 선보이고 있다. [그림 16]은 그의 작품의 일부이다. 단, 이 작품들은 작가가 모든 프레임을 손으로 직접 그린 것이지만, 지금까지 연구되어온 비사실적 렌더링 기술로 충분히 만들어 낼 수 있을 것이라 생각된다.



▶▶ 그림 16. "나무심는 사나이" 중에서

5. 결론

NPR 기술은 애니메이션, 광고, 게임 등의 분야에서 가장 활발하게 활용되고 있다. 특히, 인간의 예술적 감성에 호소하는데 효과가 있어 화장품이나 휴대전화 광고 등에 빈번히 사용되고 있으며, 드라마 타이틀 화면이나 카트라이더, 마비노기 같은 게임, 광고 등의 제작에 활용된 사례가 많다. 사람마다 생김새와 취향이 다르듯, 인간은 서로 다른 미적 감각과 기호를 가지고 있다. 이렇게 다양한 개인의 기호는 NPR 기술의 객관적인 평가를 어렵게 만드는 요소이기도 하지만 동시에 NPR 기술 발전을 자극하는 촉매가 된다. 이에 따라 비사실적 렌더링 분야는 표현의 다양성 측면은 물론 기술적 측면에서 그 범주를 점

점 확대해 가고 있으며 펜화, 회화, 수묵화 등 예술적 장르에 그대로 적용하기 위한 렌더링 기술들이 개발되어야 한다.

참고문헌

- [1] P. Haeberli, "Paint by Numbers : Abstract Image Representations", SIGGRAPH'90, pp. 207-214, 1990.
- [2] A. Hertzmann, "Painterly Rendering with Curved Brush Strokes of Multiple Sizes", SIGGRAPH'98, pp. 453-460, 1998.
- [3] A. Hertzmann, "Fast PaintTexture", NPAR2002, pp. 91-96, 2002.
- [4] A. Hertzmann and K. Perlin, "Painterly Rendering for Video and Interaction", NPAR'2000, pp. 7-12, 2000.
- [5] J. Hays and I. Essa, "Image and Video Based Painterly Animation", NPAR'04, pp. 113-120, 2004.
- [6] J.P. Collomosse, D. Rowntree and P.M Hall, "Stroke Surfaces: Temporally Coherent Artistic Animations from Video", IEEE TVCG2005, Vol. 11, No. 4, 2005.
- [7] Y.S. Park and K.H. Yoon, "Painterly Animation using Motion Maps", Graphical Models, Vol. 70, No. 1, pp. 1-15, 2008.
- [8] A. Hausner, "Simulating Decorative Mosaics", SIGGRAPH'01, pp. 573-580, 2001.
- [9] E. Elber and G. Wolberg, "Rendering Traditional Mosaics", The Visual Computer, Vol. 19, No. 1, pp. 67-78, 2003.
- [10] X. Li and Y. Yuan, "Artistic Mosaic Rendering", ICIG2004, pp. 528-531, 2004.
- [11] G.D. Blasi and G. Gallo, "Artificial Mosaics", The Visual Computer, Vol. 21, No. 6, pp. 373-383, 2005.
- [12] S.H. Seo, Y.S. Park, S.Y. Kim, and K.H. Yoon, "Colored Paper Mosaic Rendering", SIGGRAPH'01 Abstract and Application pp. 156, 2001.
- [13] G.D. Blasi, M. Petralia, "Fast Photomosaic", WSCG2005 Poster, 2005.
- [14] S. Battato, G.D. Blasi, G.M. Farinella, and G.Gallo, "A novel Technique for Opus Vermiculatum Mosaic Rendering", WSCG2006, 2006.
- [15] L. Petrovic, B. Fujito, L. Williams, A. Finkelstein, "Shadows for Cel Animation", SIGGRAPH'00, pp. 511-516, 2000.
- [16] K. Anjyo and K. Hiramatsu, "Stylized highlights for cartoon rendering and animation", IEEE CG&A, Vol. 23, pp. 54-61, 2003.
- [17] J. Wang, S.M. Drucker, M. Agrawala, and F.C. Michael, "The Cartoon Animation Filter", SIGGRAPH'06, pp. 1169-1173, 2006.
- [18] H. Nakajima, E. Sugisaki and S. Morishima, "Tweakable Shadows for Cartoon Animation", WSCG2007, pp. 233-240, 2007.
- [19] B.K. Chun, D.S. Ryu, W.I. Hwang, and H.G. Cho, "An Automated Procedure for Word Balloon Placement in Cinema Comics", LNCS 2006, pp. 576-583, 2006.
- [20] S. Strassmann, "Hairy brushes", SIGGRAPH'86, pp. 225-232, 1986.
- [21] G. Winkenbach and D.H. Salesin, "Computer Generated Pen and Ink Illustration", SIGGRAPH'94, pp. 91-100, 1994.
- [22] E. Wong, "Artsitic rendering of portrait photographs", Master's thesis, Cornell University, 1999.
- [23] H. Kang, S. Lee, and C. Chui, "Coherent Line Drawing", NPAR'07, pp. 43-50, 2007.
- [24] M. Son, H. Kang, Y. Lee, and S. Lee, "Abstract Line Drawings from 2D Images", Proc. Pacific Graphics, pp. 333-342, 2007.
- [25] A. Gooch, B. Cooch, P. Shirley and E. Cohen, "A Non-Photorealistic Lighting Model for Automatic Technical Illustration", SIGGRAPH'98, pp. 447-452, 1998.
- [26] A. Gooch, "Interactive Non-Photorealistic Technical Illustration", Department of Computer Science, Univ. of Utah, 1998.
- [27] A. Lake, C. Marshall, M. Harris, and M. Blackstein, "Stylized Rendering Techniques For Scalable Real-Time 3D Animation", NPAR'2000, pp. 13-20, 2000.
- [28] Piranesi by Informatix Software International, <http://www.informatix.co.uk/piranesi/index.shtml>
- [29] id software, <http://www.idsoftware.com>
- [30] NPRQuake, <http://www.cs.wisc.edu/graphics/Gallery/NPRQuake/>
- [31] nVidia, <http://developer.nvidia.com>
- [32] R.D. Kalnins, L. Markosian, B.J. Mier, M.A. Kowalski, J.C. Lee, P.L. Davidson, M. Webb, J.F. Hughes, and A. Finkelstein, "WYSIWYG NPR: Drawing Strokes Directly on 3D Models," Proceedings of SIGGRAPH, 2002, <http://www.cs.princeton.edu/gfx/proj/wmpr/>
- [33] D. Teece, "Three Dimensional Interactive Non-Photorealistic Rendering," PhD Thesis, University of Sheffield, England, 1998.
- [34] Osama Tolba, Julie Dorsey, and Leonard McMillan, "A Projective Drawing System," In ACM Symposium on Interactive 3D Graphics, 2001, pp.25-34.

- [35] "The man who planted trees," by Frédéric Back,
<http://www.awn.com/gallery/back/>

저자 소개

● 윤 경 현(Kyung-Hyun Yoon)



- 1980년 8월 : 중앙대학교 전자계산학과(공학사)
- 1983년 8월 : 중앙대학교 대학원 전자계산학과 (공학석사)
- 1983년 9월 ~ 1985년 8월 : 한국전기연구소 연구원

- 1988년 5월 : Univ. of Connecticut 전자계산학과 (공학석사)
- 1991년 1월 : Univ. of Connecticut 전자계산학과(공학박사)
- 1991년 7월 ~ 현재 : 중앙대학교 컴퓨터공학과 교수

<관심분야> : 컴퓨터 그래픽스, 영상기반 렌더링, 비사실적 렌더링