

# 회화적 렌더링 구현을 위한 유화 매체 분석 연구

-19C 인상주의 작품을 중심으로-

Analysis of the Oil painting for the painterly rendering

-focusing on the 19C Impressionism painting-

허수정, 박진완

중앙대학교 영상공학과 퓨처미디어아트 연구실

Huh Soo-Jung, Park Jin-Wan

Chung-Ang Univ.

## 요약

기존 NPR(Non Photo-realistic Rendering)에 관련된 연구들에서 보여주는 결과 영상들은 그 모델이 예술적 표현 매체임에도 불구하고, 그 매체에 대한 정확한 분석과 미학적인 연구를 토대로 하기 보다는 지나치게 기술적인 측면에서 접근이 이루어졌기 때문에 구현하고자 한 매체의 실제 특성과 합리성에 어긋나는 경우가 종종 보이고 있다. 따라서 정확한 회화적 렌더링의 구현을 위한 알고리즘을 위해 예술 표현 매체에서 추출해야 할 특징들이 무엇인지 분석하여, 인간이 그림을 그리는 과정에서 나타나는 특징들을 충실하게 단계별로 알고리즘화 할 수 있도록 하는 것이 본 논문의 목적이다. 본 논문에서는 미술 사조 중에서 19세기 후반에 프랑스를 중심으로 일어난 인상주의를 모델로 하였다. 따라서 우선 유화의 일반적인 특징과 유화 작품들 중 인상주의 화풍에서 드러나는 특징들을 분석하였고, 이를 통해 나타난 여러 특징들 중에서 알고리즘화하기 위한 요소들을 추출하여 재정의하고, 그것들을 토대로 알고리즘화 하였다. 또한, 예술적 관점에서의 분석을 통해 나온 지금까지의 결과물들을 통해 NPR 연구에 있어 예술과 공학 분야의 협력적 연구의 타당성과 가능성을 강조하고자 한다.

## Abstract

Some appearances of the result images from the researches on NPR(Non Photorealistic Rendering) look like contrary to the attributes of the real painting. As they are based on only the technical approach rather than the aesthetic and accurate analysis of the real painting which they modeled. Therefore the purpose of this paper is the abstraction of the exact features from the related real painting, the redefine of them applicable to the process, and the embodiment of the painterly NPR algorithms. This paper modeled the Impressionism which were originated in the France at the late nineteenth century. Accordingly, at first, I analyzed the general features of oil paintings and Impressionism paintings, and according to this analyses, I adjusted them to engineering elements(the direction, length, width, texture and speed of stroke, the edge and region of object, depth information and color etc) and programmed. I emphasize the importance and potentiality of the collaboration of artist and technician in the NPR research through the results in this paper.

## I. 서론

### 1. Introduction

컴퓨터 기반의 이미지 프로세싱에서 오늘날 NPR에 관한 관심은 매우 높고, 많은 NPR 연구들이 예술 매체의 표현을 구현하고자 시도해왔다 - 유화, 수채화, 펜화, 수묵화 등. 그러나 NPR 연구가 모델로 삼고 있는 '예술'적 성과라기보다 지나치게 기술적인 측면에서 발전되어 온 인상을 받는다. 예를 들어, Hertzmann[3]의 알고리즘은 유화와 유사한 느낌을 전달하는 듯하나, 그가 논문에서도 언급했듯이 유화의 붓터치, 물감, 기

법등과 같은 특징들에서 나타나는 실제성과는 거리가 있고, 매우 인위적인 느낌을 준다. Hertzmann[4]은 스트로크에 높이 맵을 적용하여 유화에서 나타나는 붓터치 느낌에는 많이 가까워졌으나 실제 유화 붓터치와는 여전히 거리가 있고, 동영상에 적용되어 애니메이션화될 때는 문제가 더욱 심각해진다[5]. 프레임 간 브러시들의 시간적 일관성을 유지하기 위해 브러시들은 화면에서 이동을 한다. - 현실의 그림으로 만들어진 애니메이션에서는 절대로 나타날 수 없는 현상이다. - 그리고 애니메이션을 만들기 위해 사용한 미디어가 무엇이고 그 미디어로 애니메이션을 만들 때 마다 나타나는 각각의 특성들에 대한 고려와 실사와 애니메이션의 차이 등에 관한 연구도 미흡해 보인다. 동영상에 적용할 때는 이미지에 적용한 NPR을 그냥 이어

\* 본 연구는 문화관광부 및 한국문화콘텐츠진흥원의 문화 콘텐츠기술 연구소(CT)육성사업의 연구결과로 수행되었음.

서 동영상으로 만들 수 있는 것이 아닌, '애니메이션'에 대한 또 다른 연구가 함께 이루어져야 할 문제이기 때문이다. 하지만, 많은 연구들에서는 시간적 일관성을 유지한다거나 스트로크의 요소들을 알고리즘화 하는 등 지나치게 공학적인 측면에서의 접근만이 엿보인다. 따라서 결과물이 어떠한 특정 예술 매체를 모델로 한 NPR 구현이라고 했을 때, 이미 예술 매체에 많이 익숙한 일반 사람들의 눈에는 그럴 듯하지만 여전히 매우 인위적인 느낌만을 전달할 뿐이다. 이 논문에서는 스틸 이미지뿐만 아니라 동영상에 NPR을 적용하기 위해 고려해야 할 사항들에 대해서도 분석하였지만, 그것이 아직 알고리즘으로 충분한 결과를 낸 단계는 아니어서 애니메이션은 결과에서는 제외하였다.

그동안의 NPR 연구들을 통해 나타난 결과들과 다르게 본 논문에서는 결과만 예술을 닮은 것이 아닌 시작부터 하나의 회화 작품 - 특히 19세기 인상주의 유화에 한하여 - 이 완성되는 과정을 단계적으로 알고리즘화하기 위한 분석과 구현을 시도하였다.

## 2. 관련 연구

회화적 렌더링은 Haerberli[1]가 처음으로 주목할만한 결과를 보이기 시작했는데, 사용자가 브러시 스트로크의 색상, 모양, 크기, 방향성 등을 조정하여 사진을 회화적 느낌이 나게 이미지를 변형시킬 수 있도록 하였고, 나중에 완전히 자동화된 방식을 다시 선보였다. Litwinowicz[2]는 짧고 직선적인 스트로크를 사용하여 이미지와 동영상에 인상주의 느낌을 적용할 수 있는 알고리즘을 구현하였다. 사용자가 스트로크의 크기와 스타일을 선택하면 프로그램이 자동적으로 이미지와 동영상의 한 부분에 적용시키는 시스템이었다. Hertzmann[3]은 처음으로 자동적으로 다양한 사이즈의 브러시를 사용하여 이미지를 그리는 방식을 제안하였는데, 이 때 사용된 브러시는 직선적이고 짧은 스트로크가 아니라 곡선적인 스플라인(spline) 스트로크를 사용하였고, 스트로크의 색상은 소스 이미지에서 추출하였다. 그림은 여러 단계의 레이어로 구성되는데, 처음은 큰 브러시로 대략적인 스케치에서 시작하여 점차적으로 위에 레이어를 생성하며 작은 브러시로 자세하게 칠해가는 방식이다. James Hays와 Irfan Essa[5]는 Hertzmann의 방식에 영향을 받아 동영상에 적용시키는 실험을 하였다.

## II. 본 론

### 1. 유화분석

#### 1.1 브러시의 종류

유화 붓은 보통 표백한 돼지털이나 붉은 담비 털로 만든다.

붓 제작자는 붓의 끝을 절대 자르지 않지만 바깥쪽으로 벌어지지 않고 안쪽으로 부드러운 곡선을 만들기 위하여 자연스럽게 휘어진 강모를 섞어서 정리 하며 금속자루나 쇠로 만든 데에 끼운다. 돼지털 강모 붓은 갈라져 있어서 붓에 물감을 머물게 해준다. 이 점은 담비털붓보다는 낫지만 담비털붓은 훨씬 더 부드러운 획을 만들며 우수한 붓 컬렉션에 꼭 포함된다. 형태는 기본적으로 브라이츠(BRIGTS), 둥근 붓(ROUND BRUSHES), 납작 붓(FLAT BRUSHES), 필버트 붓(FILBERTS)이 있다.

#### 1.2 형태별 브러시의 특징



▶▶ 그림 1. 다양한 유화 브러시와 형태별 특징

- 1) BRIGTS : 납작 붓과 모양은 같으나 길이가 더 짧고 뾰족한 붓을 'Brights'라 하는데, 물감을 더 많이 묻히고 사각형 형태의 강한 텍스처를 남긴다. 따라서, 임파스토(Impasto) 기법에 적합한 붓이다.
- 2) FILBERTS : 털이 비교적 길고 납작 머리 모양을 했으며 붓끝은 둥글게 되어있다. 필버트 붓은 다양하게 쓰인다. 둥근 형태의 모양도 그럴 수 있고, 붓을 회전시키면 다양한 굵기의 획을 만들 수가 있다.
- 3) ROUND BRUSHES : 둥근 붓은 털끝이 뾰족하게 되어 있으며 마지막 손질시의 세부묘사에 쓰면 편리하다. 둥근 붓은 수직으로 세워서 칠하면 점묘화를 그릴 때 적합하다.
- 4) FLAT BRUSHES : 납작 붓은 정사각형이나 직사각형의 독특한 모양을 만드는데, 인상파 화가들이 많이 사용하였다.

#### 1.3 유화 기법

##### 1) 임파스토(Impasto)

이 용어는 붓이나 나이프로 표면 질감을 나타내기 위해 두텁게 바른 미디엄을 말한다. 유화 물감을 쌓아 나갈 수 있는 점이 바로 임파스토의 매력이다. 임파스토 그림의 표면은 입체적인 특성을 지니는데 임파스토로 물체의 외형을 본따 모양을 만들거나 심지어는 물체의 질감까지도 비슷하게 표현할 수 있다. 임파스토는 흔히 '글레이징' 과 함께 사용된다. 밝은 임파스토 위에 어두운 색의 '글레이즈'를 칠하면 '글레이즈'가 임파스토의 가로로 새겨진 결에 칠해져 붓자국을 더 강하게 나타내 준다.



▶▶ 그림 2. 임파스토 기법으로 그린 그림의 예

2) 팻 오버 린(Fat over Lean, synonymous with "flexible-over- inflexible")

오일 함량이 많은 물감을 fat이라 하며 이는 튜브에서 곧 짜낸 물감이거나 여분의 오일을 더 첨가한 물감을 말한다. 반면 lean 물감은 테레빈유나 화이트 스피리트만으로 희석한 것을 말한다. 유화 그림의 일반적인 원리는 팻 오버 린으로 그리는 것인데 여기에는 그럴 만한 이유가 있다. 제조된 물감 안의 오일이나 용매의 오일은 증발하지 않고 그냥 건조되는 것으로 공기에 닿으면 굳어진다. 굳기 시작하는 처음 단계에서는 중량이 늘어나면서 팽창하고, 그 다음에 수축하면서 굳어진다. 그러나 완벽하게 마르기까지 6개월에서 길게는 일년이 소요되기도 하므로 그 기간 동안 그림 표면은 약간 수축한다. 얇게 희석한 물감을 오일이 많이 함유된 물감 위에 칠하게 되면 아래의 물감이 다 건조되어 줄어들기 전에 윗면이 더 빨리 마르기 때문에, 건조되어 굳어진 윗면에 금이 가거나 심하면 물감이 벗겨져서 떨어지기도 한다. 그러므로 어떤 그림이든지 여러 겹으로 물감을 덧칠할 경우 오일의 양을 점차적으로 늘려 나가야 한다. 처음 밑그림은 얇게 희석한 물감으로 그려야 하고 오일이 적게 들어 있는 코발트 블루, 테르 베르, 레몬 옐로, 플레이크 화이트 같은 색이 즐겨 사용된다.

3) 알라 프리마(Alla Prima)

이 용어는 ‘첫 시도’를 의미하는 이태리어, 사전 준비 작업 없이 단 한 차례의 작업으로 그림을 완성시키는 즉흥적인 방법을 가리킨다. 이것은 밑에 칠한 물감이 모두 마른 다음 그 위에 그림을 그리는 것이 아니라, 아직 마르지 않은 물감 위에 덧칠을 하는 ‘wet into wet’ 작업을 말한다.

튜브 물감이 사용되기 시작한 19세기 중엽부터 화가들은 좀 더 손쉽게 야외로 나가서 작업하게 되었다. 콘스터블, 코로와 그 이후의 인상파 화가들에 의해 시도된 외광파(plein air) 그림들은 빠르고 즉흥적인 알라 프리마를 하나의 기법으로 받아들이는 데 일조하였고, 그로 인해 생동감 있고 자유스런 효과가 가능해졌다. 색채를 너무 많이 선택하다 보면 불필요하고 지나치게 세부적인 묘사도 하게 되므로, 알라 프리마로 작업할 때는 색채를 제한하여 사용하는 것이 좋다. 가장 쉬운 방법은 제일 밝고 제일 어두운 부분은 맨 마지막에 칠함으로써 그리는 도중 주변의 색과 섞여서 지저분해지는 것을 방지하는 것이다.



▶▶ 그림 3. 알라 프리마 기법으로 그린 그림의 예

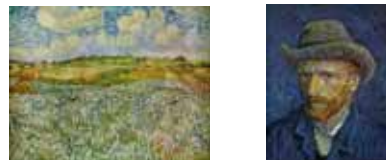
2. 디지털 샘플링을 위한 유화분석

2.1 전반적인 특징

19세기 후반 프랑스에서 일어난 자연 발생적 회화 운동으로서 순수한 색과 작은 스트로크들로 풍경과 사물의 인상에 주요 관심을 두고 표현하려고 하였으며, 기하학적 선 원근법과 사실주의로부터 해방되었고 대신 색조의 조정으로 공간감을 추구하였다. 들라크루와의 색채이론이 색채의 독립에 큰 영향을 주었고, 일본 판화의 영향으로 정확한 실루엣과 강력한 대비로 화면이 평면화 되었다. 마네가 인상파를 이끌어내는 역할을 하였고 모더니즘으로 전환되는 계기를 마련한다. 모네와 드가 같은 화가로 대표되는 인상파는 빛의 변화에 따른 순간적인 형태와 색의 변화를 포착하려 하였다. 쇠라, 시냐크로 대표되는 신인상파는 광학이론과 색채학에 따른 과학적 이론에 기초한 색채분할을 구현하였고, ‘점묘주의’, ‘분할주의’라고 불렸다. 세잔, 고흐, 고갱으로 대표되는 후기 인상파는 개인적이고 주관적인 경험에 근거한 미술을 추구하였다.

2.2 알고리즘화하기 위해 추출한 특징들 - 고흐의 작품을 중심으로

1) 브러시 스트로크 : 스트로크의 크기, 모양, 방향성과 페인팅 스타일이 하나의 작품 안에서도 매우 다양하다. 다양한 붓과 빠른 붓터치를 사용하였고, 임파스토 기법이 두드러지게 보인다.



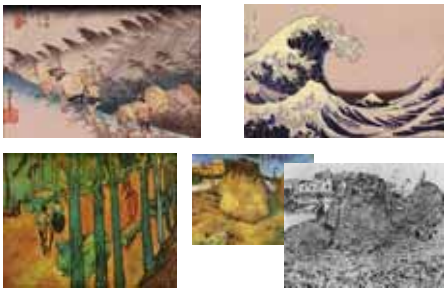
▶▶ 그림 4. 다양한 스트로크의 특징들이 드러나는 고흐의 작품

2) 윤곽선의 스타일 : 화면 전체를 채우는 스트로크들의 특징과는 다른 스트로크로 윤곽선을 그렸다. 윤곽선은 평면화된 색면에서 형태를 구분하는 역할을 한다.



▶▶ 그림 5. 윤곽선의 특징들이 드러나는 고희의 작품

3) 일본판화의 영향에 의한 평면화 : 원근법은 무시되고 화면이 평면화되었다. 아래에 보이는 스케치에서는 일본판화의 영향이 더욱 뚜렷하게 보인다.



▶▶ 그림 6. 일본판화와 고희의 작품

4) 표현주의적 공간 - 원근법의 결별 : 아래의 두 그림의 가장 뚜렷한 차이는 칼라이지만, 더욱 주목할 것은 공간을 다루는 점에 있어서의 차이이다. 르네상스 이후 아티스트들이 사용하던 완벽한 원근법에 의한 공간이 아니라 우리가 어떤 공간을 경험하고 기억하는 공간적 관계, 즉 관객인 우리가 이 그림의 공간 안에 들어가 물체들의 관계를 직접 경험하는 듯 한 착각을 하게하는 ‘현상학적 공간 (phenomenological space)’을 묘사하고 있다.



▶▶ 그림 7. 고희의 작품과 스케치

4) 고희의 팔레트 : Yellow ochre, Chrome yellow, Cadmium yellow, Chrome orange, Vermillion, Prussian blue, Ultramarine, Lead white, Zinc white, Emerald green, Red lake, Red ochre, Raw sienna



▶▶ 그림 8. 고희가 사용한 색상들

### 3. 구현과정

#### 3.1 유화 브러시 촬영(Brush Texture Capturing)

스트로크의 모양, 텍스처를 결정하고 유화 기법인 임팩스도와 같은 특징을 표현하기 위해 실제 유화 브러시의 속성을 추출하는 작업을 하였다. 라이트 박스(Light Box) 위에서 유화 붓으로 유화 물감을 문혀서 스트로크를 그린 후 여러 각도에서 조명을 주어 촬영하는 실험을 하였고, 그 중에서 가장 적절한 데이터들을 얻을 수 있었다. 아래에서 조명을 주어 추출한 브러시는 텍스처의 결 모양과 높이 값을 얻을 수 있었고 엠보싱하기 위한 기초가 되었다. 이렇게 촬영된 브러시들은 포토샵에서 불러들여 스트로크 하나씩 분리하고 그레이 스케일 이미지로 만들었다.

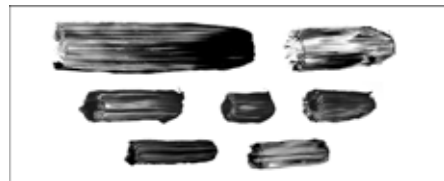
#### 1) 촬영



#### 2) 촬영한 브러시들



#### 3) 알고리즘화하기 위해 수정하여 최종적으로 만들어낸 브러시들



3.2 사진, 동영상의 한 프레임과 같은 소스 영상을 불러온다.

#### 3.3 평면화

기존 연구자들은 소스 영상에 존재하는 모든 색상을 사용함으로써 제한된 색상만으로 사물을 표현하고자 했던 인상과 화가들의 특징을 잘 표현하지 못하고 있다. 본 논문에서는 이러한 특징을 표현하고자 칼라 양자화 방법을 통하여 브러시 스트로크의 색상(hue)과 채도(saturation)를 설정하였으며 명도는 256단계에서 12단계로 줄여 평면화하는 과정을 시도하였다.

#### 3.4 에지 추출

에지 추출 프로그램을 통해 이미지 안에 있는 모든 형태의



윤곽선을 추출한다.

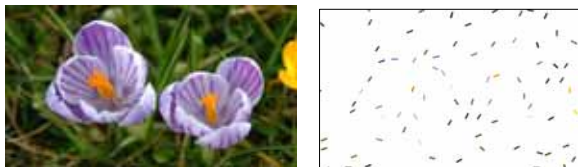
### 3.5 스트로크의 특성 결정

#### 1) 스트로크의 모양, 색상 결정

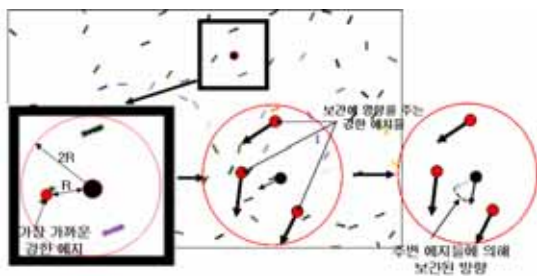
스트로크의 모양은 촬영한 실제 브러시의 모양을 기본으로 하고 그것의 형태를 다양하게 조정함으로써 다양한 스트로크를 표현하였고, 색상은 원본을 평면화시킨 이미지의 색상을 참고하였다.

#### 2) 보간된 방향 맵 만들기

회화적 렌더링에서 브러시를 칠해 나갈 때 주변 에지와 일정한 방향성을 유지하는 것은 매우 중요한 요소이다. 본 논문에서는 강한 에지에 의해 보간이 되는 국부 보간법[7]을 사용하여 방향 맵을 구현하였다. 강한에지란 각 픽셀의 그래디언트 값 중, 그 값이 특별하게 큰 픽셀들을 말한다. 구해진 강한 에지를 통해 주변 픽셀들의 벡터 값들이 강한 에지의 영향을 받아 보간이 이루어진다. 그림 9-(a)는 사용된 원본 이미지이며 그림 9-(b)는 이 중에서 강한 에지만을 추출한 이미지이다. 그리고 그림 9-(c)는 강한 에지에 의해 주변의 방향 값이 변하는 과정을 보여주고 있다.



(a) 입력영상 (b) 영상에서 구한 강한에지

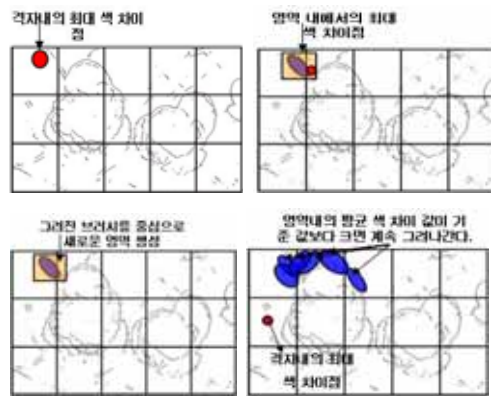


(c) 주변의 강한에지에 따른 방향보간 과정  
▶▶ 그림 9. 강한에지에 의한 방향보간

#### 3) 동적 격자에 의한 그려질 위치 선정

본 논문에서는 기존의 격자 단위로 그려나가던 방법이 아닌 새로운 알고리즘을 제시하였다. 먼저 격자 내에서 블러링된 영상과 캔버스간의 색상 차가 가장 큰 차이점을 찾는다-그림 10-(a). 하나의 브러시를 그린 후 다음 격자로 넘어가는 것이

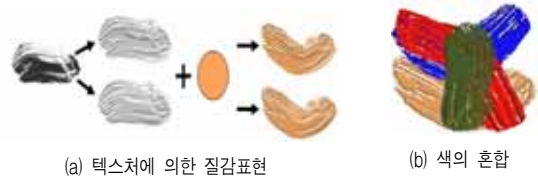
아닌 그림 10-(b)와 같이 그려진 브러시를 기준으로 새로운 영역을 정한다. 그리고 새로운 영역에서 최대 색 차이점과 평균 색 차이 값을 구한다-그림 10-(c). 구해진 평균 색상차이가 일정 기준 값보다 크면 영역 안의 최대 차이점에서 브러시를 그려준다. 주변의 최대 차이 값을 찾아가며 그려가다 일정 영역의 색 차이 값이 기준 차이 값보다 작아지면 그림 10-(d)와 같이 다음 격자로 넘어가 브러시를 그리는 과정을 반복한다. 현 위치에서 다음 그려질 위치를 유추해 나감으로 고정적 격자 방식보다 사실성 있고 동적인 브러시의 위치선택이 가능하다.



▶▶ 그림 10. 동적격자에 의한 위치 탐색 과정

#### 4) 텍스처를 사용한 질감표현

사실적인 오일 페인팅의 결과를 얻기 위해서는 텍스처를 사용한 브러시의 질감효과가 매우 중요한 요소이다. 사실적인 질감 표현을 위해 본 논문에서는 실제 그린 브러시를 촬영하여 사용하였다[그림 4-(a)]. 또한 하단에 그려진 브러시의 색을 적절히 하단의 색이 묻어 나오도록 하였다[그림 4-(b)].이 이미지에 임파스토와 같은 유화 물감의 질감 표현을 위해 엠보싱 작업을 하였다.



(a) 텍스처에 의한 질감표현 (b) 색의 혼합  
▶▶ 그림 11. 텍스처에 의한 질감 표현(a) 및 색의 혼합(b)

#### 5) 레이어별로 큰 브러시에서 작은 브러시로 칠해짐

Hertzmann[3]의 방식에 기초하여 처음에는 스케치의 느낌으로 큰 브러시로 그리고, 레이어를 생성해가면서 점차 작은 브러시로 자세하게 사물을 묘사해간다.

#### 4. 결과 이미지



### III. 결론 및 향후 과제

본 논문은 회화적 렌더링의 구현을 위해 모델로 하고 있는 예술 매체, 그 중에서도 유화라는 기법과 인상주의 화풍에 대해 분석하고, 그 분석을 통해 나온 특징들을 알고리즘화하기 위한 요소로 재 정의하여 구현을 시도하였다. 기존의 NPR 연구와는 다른 방식으로 접근을 하였고, 그 과정에서 좀 더 회화적 느낌에 충실한 결과를 구현할 수 있었다. 하지만, 아직까지 분석을 통해 뽑아낸 특징들이 충실히 다 알고리즘화 되기에는 더 많은 실험과 연구가 필요하다.

사실적 (Photo Realistic) 이미지를 비사실적 (Non Photo Realistic) 이미지로 바꾸기 위해서 앞으로 더 연구되어야 할 사항들을 다음과 같이 세 가지로 정리해 보았다.

#### 1) 사물(Object)의 왜곡

사진의 등장으로 현실을 그대로 화폭에 담는 것에서 벗어난 인상주의의 특징을 분석하면서, 단순히 스트로크의 특성이나 색상과 같은 것만을 알고리즘화 하는 것이 아니라, 사진이라는 리얼리즘을 회화적으로 표현하기 위해 어떠한 규칙으로 사물의 형태를 왜곡시킬 수 있는지에 대한 연구도 필요하다. 인상주의 화풍만이 아니라, 아무리 리얼리즘을 추구한 회화라도 인간은 그것이 사진인지 회화인지를 구분한다. 나아가 본 논문이 구현하고자 한 화풍이 인상주의일 경우 그 중요성은 더욱 높다. Object를 왜곡시키는 것은 스트로크, 윤곽선, 색상 등을 통해 개성적인 변형을 만들어 낼 수 있을 것이다.

#### 2) 공간의 왜곡

인상주의에서 원근법을 무시하기 시작하면서 점차 회화의 공간은 사실적 공간을 추구하지 않는다. 하지만 NPR연구에서 소스로 불러들이는 이미지는 모두 다 원근법에 충실한 현실의 공간이다. 이 공간을 화가가 자신의 의도로 왜곡시켜 새로운

공간을 화폭에 담아내듯이, 공간을 재해석하는 방법이 요구된다.

#### 3) 시간의 왜곡

이 부분은 동영상에 NPR을 적용했을 때 고려해야 할 사항이다. 불러들인 동영상의 움직임은 모두 사실의 움직임이다. 여기에 회화적 렌더링을 입혀 애니메이션으로 만들기 위해선 시간의 사실성 또한 왜곡되어야 한다. 이미지에만 회화적 느낌을 적용했을 때, 그것은 진정한 애니메이션이라기보다 마치 로토스코핑[9]을 보는 듯한 느낌을 주기 때문이다. 애니메이션이라는 장르에서도 시간과 움직임에 대한 수많은 연구가 있어 왔듯이, NPR을 적용하여 애니메이션을 만들고자 하는 경우에도 마찬가지로 이와 같은 실험과 연구가 필요하다.

이처럼, 회화적 렌더링 구현을 위한 연구에는 예술적 관점에서의 분석과 실험이 많이 요구된다. 그리고 이러한 분석을 토대로 공학적인 기술이 함께 연구된다면, 좀 더 예술 표현에 가까운 알고리즘을 구현할 수 있을 것이라는 것을 강조하고자 한다.

### ■ 참고 문헌 ■

- [1] Paul Haeberli, "Paint by Numbers : Abstract imagerepresentations", SIGGRAPH'90 Proceeding, pp.207-214, 1990.
- [2] Peter Litwinowicz, "Processing images and video for an impressionist effect", SIGGRAPH'97 Proceeding, pp.407-414, 1997.
- [3] Aaron Hertmann, "Painterly rendering with curved strokes of multiple sizes", SIGGRAPH'98 Proceeding, pp.453-460, 1998.
- [4] A. Hertzmann and K. Perlin, "Painterly Rendering for Video and Interaction", NPAR2000, pp.7-12, 2000.
- [5] J. Hays and I. Essa, "Image and Video Based Painterly Animation", NPAR2004, pp.113-120, 2004.
- [6] Atsushi Kasao and Kazunori Miyata, "Algorithmic Painter : a NPR method to generate various styles of painting", The Visual Computer, Vol.22, No.1, pp.14-27, 2006. 01
- [7] Thaddeus Beier, Shawn Neely, "Feature Based Image Metamorphosis", SIGGRAPH 92 Proceeding, pp.35-42, 1992
- [8] A. Hertzmann, 2002. Fast paint texture. In Second International Symposium on Non-Photorealistic Animation and Rendering (NPAR 2002), 91 - 96.
- [9] K. Laybourne, "Animation Book", Three Rivers Press, 1998.
- [10] Angela Gair, "Artist's Manual", Chronicle Books LLC, 1996. 08