

## 보색 병치혼합에 기반한 점묘화 렌더링

서상현<sup>0</sup>, 윤정현

중앙대학교 첨단영상대학원 영상공학과<sup>0</sup>, 중앙대학교 컴퓨터공학부  
{shseo<sup>0</sup>, khyoon}@cglab.cse.cau.ac.kr

### Pointillistic Rendering Based on The Juxtaposition of Colors

Sanghyun Seo<sup>0</sup>, Kyunghyun Yoon

Dept. of Image Engineering<sup>0</sup>, Dept. of CS&E, University of Chung-Ang

#### 요 약

본 논문에서는 점묘화를 생성하기 위한 회화적 렌더링 기법을 제안한다. 신인상파(Neo-Impressionist) 화가 쇠라는 캔버스위의 독립 색채들은 망막위에서 재조직된다는 이론을 바탕으로 점묘화를 제안한다. 이는 색의 병치혼합과 보색대비를 이용해 빛의 가산혼합이 회화작품에 적용될 수 있도록 하기 위해 브러시 스트로크로 작은 점을 이용한다. 이러한 점묘화를 표현하기 위해서 쇠라의 작품과 동시대의 색이론 분석을 통해 색의 분할과 병치혼합의 이론적 배경을 알아보고 이를 통해 점묘 스트로크의 색상, 모양, 방향등을 결정할 수 있는 알고리즘을 소개한다. 먼저 신인상파의 팔레트 분석을 통해 칼라모델을 설계한다. 그리고 입력영상을 영상분할 기법을 이용해 공간적 구도를 잡고 각 분할 영역의 관계를 고려해 색상을 할당한다. 각 할당된 색은 보색과 함께 정의된다. 각 분할영역은 해당영역에서 표현될 수 있는 색상의 작은 점묘 브러시 스트로크로 렌더링이 된다. 이때 입력영상의 밝기정보를 유지할 수 있도록 점묘 스트로크는 색상이 결정된다. 점묘 스트로크의 방향은 입력영상의 에지방향을 따르도록 보간법을 이용해 계산한다.

key words : Non-Photorealistic Rendering, Painterly Rendering, Pointillism, Juxtaposition of Colors, Complementary Contrast

#### 1. 서 론

브러쉬 스트로크는 회화의 기본 요소이다. 화풍과 화가의 개성에 따라 브러쉬 스트로크는 다양한 형태로 만들어진다. 회화적 렌더링은 크기, 모양, 위치, 방향과 색상 같은 스트로크의 특징들을 컴퓨터로 재현해서 사람이 그런 것 같은 영상을 자동적으로 생성하는 기술이다. 비 사실적 렌더링에 대한 관심이 증가하면서 여러 가지 스트로크 기반의 회화적 렌더링 기법이 제안되었다. 최근에 제안되는 회화적 렌더링 기법들은 질감의 표현이나 브러쉬 스트로크의 모양과 크기, 위치를 결정하는 방법에 중점을 두고 있다. 그러나 브러쉬 스트로크의 색상은 입력영상의 색상을 그대로 사용하거나 임의의 값을 추가해서 사용하는 아주 단순한 방법으로 구현하고 있다. 하지만 회화에서 브러쉬 스트로크의 색상은 아주 중요한 요소이다. 화가들은 경험이나 과학적 이론을 바탕으로 만들어진 자신만의 컬러 모델을 이용해 브러쉬 스트로크에 사용할 색상을 선택한다. 이런 화가들의 색상 선택은 랜덤한 값을 추가하는 단순한 방법으로는 정확하게 재현할 수 없다. 또한 화가들은 화면의 구도나 색상의 재구성을 통해 화면의 대비효과를 극대화 한다. 이러한 이유로 기존 알고리즘들은 입력영상의 색상이나 구도가 어떻

게 되어있느냐에 따라서 결과영상의 느낌의 차이가 크게 발생하게 된다.

본 논문에서는 신인상주의 화가인 쇠라가 사용했던 색상이론들을 회화적 렌더링에 적용해서 점묘화를 생성하는 방법을 제안한다. 신인상주의 화가들의 특징은 슈브렐(Chevreul)[1]의 “동시대비의 법칙”과 물리학자 루드(Rood)의 “선도의 원리”등의 색채이론에 기반하고 있다는 것이다[9]. 즉 안료를 팔레트나 캔버스에서 혼합하지 않고 망막위의 시각혼합으로 필요한 색채를 얻는 방법이다. 이를 위해 자연의 색을 태양 스펙트럼에 가장 가까운 순색만을 팔레트에 사용하여 과학적인 색상 분할을 통한 색채들의 대비(contrast), 발광(radiation)등을 이용해 표현한다. 이러한 색의 분할 및 동시대비효과를 가장 효과적으로 표현하기 위해서 스트로크의 모양을 아주 작게 하는 점묘법을 고안하게 된다.

이렇게 신인상주의는 캔버스를 작은 점 형태의 브러쉬 스트로크로 가득 채워서 그림을 그리는 화풍이다. 이렇게 그려진 그림을 멀리 떨어져서 보면 각각의 브러쉬 스트로크는 보이지 않고, 혼합된 색상으로 보이게 된다. 이것을 병치혼합이라 하는데, 물감을 직접 혼합하여 그리는데는 것보다 빛의 가산혼합의 효과로 인해 회색 톤의 더 밝은 색상을 표현할 수 있다. 점묘주의 화가들은 브러쉬 스트로크들의 색상을 선택할 때, 화가의 직감에 의존한

색상 선택을 지양하고, 과학적인 색상이론에 근거해서 색을 선택하려고 했다. 본 논문에서는 회화적 렌더링에 점묘주의의 병치혼합과 영역간의 보색대비를 적용해 점묘화를 생성하는 방법을 제안한다.

## 2. 관련 연구

회화적 렌더링에 관한 이전의 연구들은 브러쉬 스트로크의 모양, 크기, 위치와 질감을 결정하는데 초점을 맞추고 있다. 스트로크 기반의 회화적 렌더링에 관한 연구는 Paul Haeberli에 의해 시작되었다[2]. Paul Haeberli의 사용자 입력을 통한 Painting 시스템은 입력된 위치의 원본색상을 그대로 브러쉬 스트로크의 색상으로 사용한다. 이 연구에서는 점묘표현을 위해 단순히 스트로크의 형태만 원형을 갖도록 처리했다. Litwinowicz는 방향과 질감을 이용해 브러쉬 스트로크를 생성했다[3]. 스트로크를 소스 영상의 기울기에 수직인 방향으로 생성하고, 기울기의 크기가 임계치보다 작은 경우 주변 영역의 기울기를 보간하여 사용했다. Hertzmann은 스플라인 곡선을 이용해 브러쉬 스트로크를 생성하고, 입력영상을 여러 레이어로 나누고 각 레이어는 크기가 다른 브러쉬 스트로크를 생성해 렌더링한 후 각 레이어를 겹쳐 표현함으로써 최종결과 영상을 생성하는 멀티 레이어 시스템을 제안했다[4]. 이 알고리즘에서는 브러쉬 크기를 줄이고, 길이가 0인 스트로크를 사용하여 55점묘 스트로크를 생성했으며 브러쉬 색상의 색조(Hue)와 명암(Intensity)에 임의의 값을 추가함으로써 점묘화풍을 표현하였다. 이후 Hays는 회화적 렌더링을 애니메이션에 적용하는 기법을 제안했다. 이 기법은 스트로크의 방향을 설정하기 위해 입력영상의 그래디언트 정보를 보간하기 위해 Radial Basis Functions(RBFs)을 이용한다[5]. Hays 시스템 역시 스트로크 텍스처의 모양을 원형으로 하고 스트로크의 색상을 임의의 값으로 사용함으로써 점묘화를 표현하였다. 앞서 언급한 스트로크기반의 회화적 렌더링 알고리즘에서 점묘화 표현방법은 임의적이며 실제 신인상파화가 고려했던 색의 분할에 대한 것은 전혀 고려하지 않고 있다[그림 1].



[그림 1] 기존 연구의 연구결과

이후 Luong[10]은 인상파와 의 색분할을 위해 사용될 수 있는 색분할 기법을 제안한다. 이는 인상파의 색분할 뿐만 아니라 Chuck Close의 모자이크 스타일을 시뮬레이션 하기위한 색상 분할 기법이다. 이는 19세기에 사용된 제한된 안료가 아닌 현 세계에서 표현가능한 모든 색상으로 분할이 이루어짐으로써 신인상파가 추구하고자 했던 제한된 색상(19C 안료)을 사용한 색분할에 대한 고민을 하지 않았다.

본 논문에서는 실제 신인상주의의 점묘화, 특히 쇠라의 작품에 대한 분석과 그 시대의 색이론, 안료의 분석을 통해 신인상파가 표현하고자 했던 점묘화를 생성하는 알고리즘을 소개한다.

## 3. 신인상주의 쇠라중심으로

### 3.1. 개요

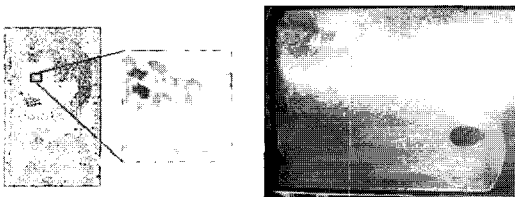
인상주의는 19세기 후반에서 20세기 초 프랑스를 중심으로 일어난 근대예술문화의 한 갈래이다. 인상주의회화는 공상적인 표현기법인 전통적인 회화기법을 거부하고 색채, 색조, 질감자체에 관심을 두고 있으며 빛과 함께 시시각각으로 움직이는 색체의 변화를 정확하게 객관적으로 기록하려 했다. 이러한 빛의 변화를 표현하기 위해 빛의 색인 순수 색만을 이용해 대상을 표현하려 하였으며 스펙트럼에 나타나지 않는 검은색을 배제하게 된다.

반면 신인상주의는 인상주의를 과학적 방법으로 추진하고자 한 운동으로 쇠라에 의해 창시되었다. 쇠라가 죽은 뒤에는 시냐크가 그 대변자가 되었다. 빛의 분석은 인상주의의 수법을 계승하면서도 인상파의 본능적 직감적인 제작 태도가 빛에만 지나치게 얽매인 나머지 형태를 확산 시킨다는 점에 불만을 느끼게 된다. 여기에 엄밀한 이론과 과학성을 부여하고자 하였다. 이를 위해 색채를 원색으로 환원하여 무수한 점으로 화면을 구성함으로써 통일성을 유지하였다. 안료를 팔레트나 캔버스 위에서 혼합하지 않고 망막위의 시각혼합으로 필요한 색채를 얻는 방법을 창시하게 된다. (예를 들면, 청색과 황색의 작은 점들을 수없이 배열해 나가면 시각적으로는 녹색으로 보인다).

쇠라의 점묘화는 단순히 브러쉬 스트로크의 형태를 작은 점으로 그리는 화법으로 알려져 있다. 하지만 실제적인 점묘화의 궁극적인 목표는 순색끼리 이루어진 점을 나열함으로써 색채의 맛을 살리는 기법이다. 다시 말해 점 형태의 스트로크 이상의 의미를 내포하고 있는 것이다.

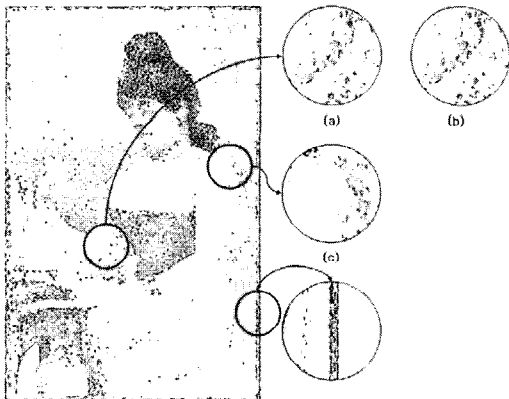
이렇게 점묘화는 신인상주의가 사용하는 독창적인 테크닉의 기반을 이루는 것으로써, 캔버스에 색칠을 해 나갈 때 순색만을 사용하되 이를 일체 뒤섞지 않으면서 작은 점으로 찍어나가는 방법을 말한다. 이 경우 색조의 순도는 그대로 유지하면서도 보는 이의 망막위에서 중간색이 형성되는 효과를 낳게 된다. 이러한 방법을 통해 빛의 혼합, 즉 가산혼합을 이용해 작품의 명암을 극대화 한 화법이라고 할 수 있다.

### 3.2. 쇠라



[그림 2] Seurat "La Parade De Cirque", 1887-88 : 작품의 일부분과 사용된 팔레트[8]

본 논문에서는 신인상주의 화가, 특히 쇠라의 점묘법을 시뮬레이션 하고자 한다. 쇠라는 캔버스에 색칠을 할 때 스펙트럼의 색인 순색만을 사용하여 섞지 않고 점을 찍어나가는 방법을 사용하여 병치혼합의 효과를 이용하였다. 그러나 실제로 쇠라(Seurat)의 팔레트를 보면 순색에 흰색을 섞어서 얻은 파스텔 톤의 순색도 함께 사용한 것으로 알려져 있다[그림 2].

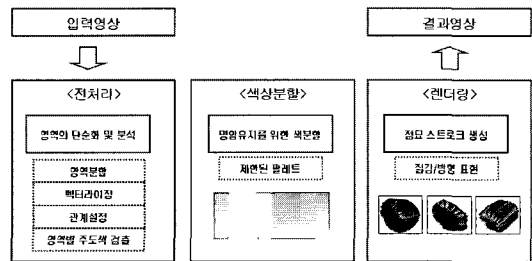


[그림 3] Seurat, Study for "Young Woman Powdering Herself". 1889-90. (a)확대된 영역에서 파란색과 그 보색인 주황색의 보색대비, (b)색조는 다르나 비슷한 영도, (c) "Halo"효과, (d) 보색의 테두리표현

쇠라는 광선에서는 보색의 혼합(가산혼합)은 흰색에 가까운 색이 되나 안료에서의 혼합(감산혼합)은 검은색에 가까운 짙은 회색이 된다는 사실을 기반으로 보색의 점묘를 병치혼합 시켰다. 이는 보색 서로가 색을 방해하지 않고 가장 순수하게 느낄 수 있도록 한다는 것이다. 이러한 보색대비효과를 표현하기 위해서 순수 원색을 분할하여 규칙적인 점으로 찍어서 마치 모자이크처럼 화면을 구축하였다[그림 3-(a)]. 이때 보색을 사용하지만 보색을 이루는 두 가지 색의 명암은 서로 일정함을 알 수 있다[그림 3-(b)]. 또한 화면을 구성하는 객체의 외곽선에 보색의 "Halo Effect"를 가함으로써 해당 객체의 경계를 명확히 했으며[그림 3-(c)] 전체의 구도에서도 영역간의 보색대비가 이루어 질 수 있도록 색을 구성하였으며 최종 작품에 보색의 테두리를 첨가함으로써 보색대비를 극대화 하였다[그림 3-(d)].

본 논문에서는 이렇게 분석된 신인상파화가인 쇠라의 작품을 시뮬레이션 하기위해서 그 시대의 팔레트를 기반으로 제한된 색상을 정의하고 보색의 병치혼합을 위한 색상의 분할 및 결정 알고리즘을 제안한다. 또한 기타 화면의 구도적 분석을 위한 모델링 기술과 영역의 대비 및 점묘 브러시 스트로크를 표현하기위한 알고리즘을 소개한다.

### 4. 알고리즘

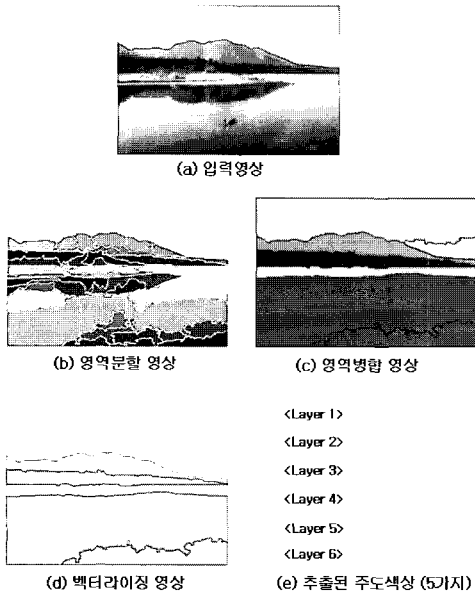


[그림 4] 점묘화 렌더링 흐름도

본 연구에서는 2차원 입력영상을 이용해 신인상파의 점묘화를 생성하는 스트로크 기반의 회화적 렌더링 기술을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 크게 세 단계로 나눌 수 있다. 첫 번째는 전처리 단계로 원본 영상의 구도 및 색상정보를 정의하기 위해서 입력영상을 영상분할한 후 레이어별로 구분하고 각 레이어의 주도색상과 레이어의 관계를 설정하는 것이다. 두 번째 단계로 각 레이어의 색상 구성을 보색대비가 적용된 병치혼합으로 변환하는 단계이다. 이때 미리 정의된 팔레트를 기반으로 색상을 보색의 배

치로 분할하는 단계이다. 이때 분할의 과정은 최종 결과영상의 해상도에 따라 계층적인 구조를 갖도록 한다. 마지막 단계로 입력 영상을 결과영상의 해상도에 맞춰서 렌더링하는 단계이다. 이때 브러시의 모델을 질감효과를 갖는 브러시 텍스처 또는 질감이 배제된 브러시를 생성해 렌더링한다. 대략적인 시스템 흐름은 [그림 4]와 같다.

#### 4.1. 전처리 : 입력영상의 단순화 및 분석



[그림 5] 전처리 단계: 영상의 단순화 및 분석

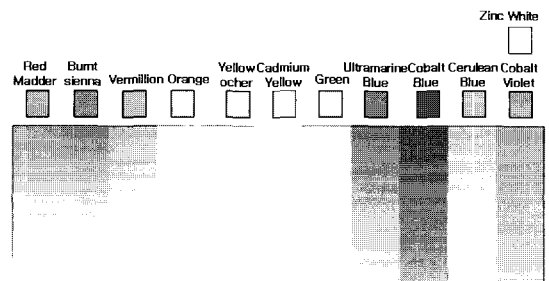
본 논문에서는 3.1절에서 설명한 쇠라의 분석을 통해 분석된 데이터를 표현하기 위한 기초데이터를 계산하기 위해 다음과 같은 전처리 단계를 적용하였다. 먼저 입력영상을 단순화 하기위해서 Mean-Shift 영역분할 기법을 이용하였다. Mean-Shift 영역분할 기법은 입력되는 변수에 따라서 분할되는 동질성 영역의 크기를 다양하게 표현이 가능하다. 다른 분할 기법을 사용해도 무관하나 입력 변수에 따라 분할되는 영역의 조절이 간편하기에 이를 선택하였다. 또한 이렇게 분할된 영역은 사용자가 의도한 모양이 생성되거나 영역으로 분리되도록 영역간의 병합이 필요하다. 이러한 영역의 병합은 사용자의 입력에 의해 처리된다. 이렇게 병합된 각 영상은 "Halo" 효과의 후처리 표현을 위해 백터화 한다. 간 분할된 레이어는 영역간 대비효과 및 영역내부의 주도 색을 찾기 위해 관계 설정과 주도색상의 클러스터링이 이루어진다. 각 영역의

주도 색을 찾기 위해서는 K-means 클러스터링 기법에 의해 사용자가 정의한 개수의 주도색상을 계산할 수 있다. 이러한 정보는 향후 영역간의 보색대비를 위해서 사용될 수 있다.

#### 4.2. 제한된 팔레트 설계

물감으로는 자연계의 모든 색상을 표현할 수 없기 때문에 유화에 사용된 색상은 실제세계에서 나타나는 색상보다 그 수가 적다. 그래서 기존의 회화적 렌더링 기술들은 원본 영상의 색상수를 줄여서 팔레트를 생성하는 과정을 포함하기도 한다. 점묘주의는 병치혼합을 이용해서 색상들을 표현하기 때문에 사용되는 색상수가 다른 회화 양식에 비해 더 적다. 우리는 그림에 사용될 팔레트를 생성해놓고, 병치혼합을 적용할 때 이용하려고 한다. 가장 이상적인 구현은 점묘주의 회화에서 실제로 사용된 색상들로만 구성하는 것이다. 그러나 쇠라의 팔레트를 구성하는 안료의 이름을 알 수가 없었다.

본 논문에서는 쇠라의 팔레트를 대신해 같은 신인상과 화가인 시냇의 팔레트를 기반으로 팔레트를 설계해본다[11]. 시냇의 팔레트는 크게 11가지의 순색과 1가지의 흰색으로 구성되어 있다. 여기에서 쇠라의 순색에 흰색만을 섞어 팔레트를 구성했다는 사실을 토대로 HSV 색상모델 상에서 Saturation의 단계를 조절함으로써 순색과 흰색의 혼합을 표현하여 팔레트를 구성하였다. [그림 6]은 구성된 팔레트를 보여주고 있다. 본 논문에서는 색상의 구성을 다음의 팔레트로 제한한다.



[그림 6] 신인상파 시냇의 팔레트를 기반을 둔 쇠라의 팔레트 모델링

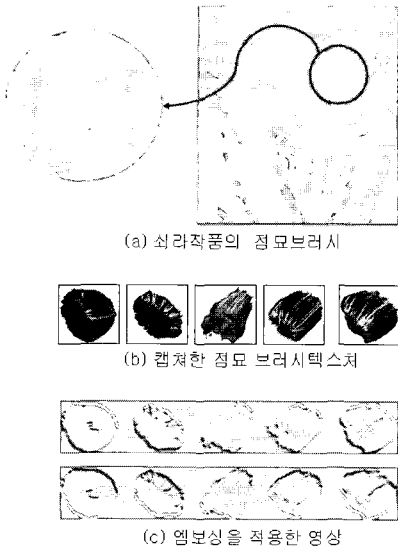
#### 4.3. 점묘화 렌더링

##### 4.3.1. 점묘 브러시의 모양 및 방향생성

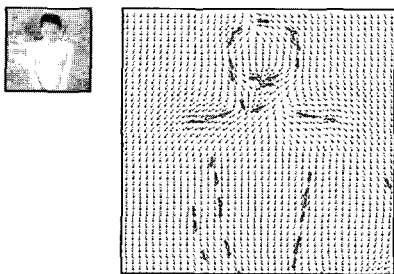
점묘주의의 표현 도구는 점이다. 점은 매우 짧은 스트로크

로 만들어진다. [그림 7-(a)]의 확대된 부분을 보면 짧은 스트로크들은 그 형태가 타원에 가까우며 일정한 방향을 따라 그려진 것을 볼 수 있다. 스트로크의 방향은 주변 에지의 방향에 영향을 받는다. 본 논문에서는 점묘 스트로크의 표현방법을 타원형태의 단색과 텍스처를 사용하였다. 점묘 텍스처는 실제 유화 붓을 이용해 아크릴 판에 점을 찍은 후 캡처하여 사용한다. 이때 텍스처의 질감표현을 극대화 하기위해 빛의 방향을 8방향으로 한 엠보싱을 실시간으로 적용하여 사용한다.

[그림 7]은 실제 캡처한 점묘텍스처와 빛의 방향에 따른 엠보싱의 질감의 스트로크를 보여주고 있다. 그림에서 보듯이 빛의 방향에 따라 점묘질감이 음각과 양각을 표현할 수 있다.



[그림 7] 실제 점묘브러시와 엠보싱에 의한 양각과 음각의 표현



[그림 8] 입력영상과 계산되어진 방향맵(굵은 빨간색선 : 임계치 이상의 강한 그레이디언트)

또한 본 논문에서는 브러시의 방향을 위해 그레이디언트

보간법을 활용한다. 입력영상으로부터 Sobel필터를 통해 어떤 임계치 이상의 그레이디언트 값을 뽑아내고 주면 픽셀의 방향을 뽑아진 강한 그레이디언트의 방향을 따르도록 하였다. 이렇게 하면 강한 그레이디언트는 영상의 에지부분에서 주로 검출이 되며 나머지 부분은 에지의 방향을 따르게 된다. [그림 8]은 보간법에 의해 생성된 방향맵을 보여주고 있다.

#### 4.3.2 보색 병치혼합을 이용 점묘렌더링

점묘주의는 병치혼합을 이용해서 다양한 색상을 표현했다. 병치혼합은 두가지 이상의 색상을 병치했을 때 사람에게 보이는 그 색들의 중간색으로 보이는 현상이다. 병치혼합은 색들의 채도를 유지하면서 혼색을 만들 수 있는 장점이 있어서 점묘주의나 신인상주의에서 많이 사용되었다. 특히 쇠라의 그림을 분석해 보면 하나의 색을 표현할 때에 두세 가지 이상의 색과 보색(complementary color)을 혼합 배치하여 색상들 간의 대비를 이용함으로써 채도를 높여 강렬하고 밝은 색채 효과를 만들어 냈다.

이때 고려해야 할 사항은 사람의 시각이 색상 정보보다 밝기 정보에 민감하고, 물체의 형태를 파악하는 것도 밝기 정보에 의존적이라는 사실이다. 점묘주의 화가들도 이 방법을 사용했다. [그림3-(b)]에서 보듯이 서로 보색 관계에 있는 색상들이 흑백으로 변환했을 경우 거의 같은 밝기로 나타나는 것을 볼 수 있다. 이렇게 같은 밝기에 보색을 칠하면 물체의 형태 인식을 방해하지 않으면서, 보색 대비에 의해 색상들이 강조되어 보이는 화려한 그림을 만들 수 있다. 본 연구에서는 이 보색의 병치혼합을 적용하기 위해 4.2절에서 정의된 팔레트를 기반으로 보색 점묘를 실행한다.

먼저 입력영상으로부터 주어진 색상  $C$ 는 팔레트상의 색 집합  $\{C_1, C_2, C_3, \dots, C_n\}$ 로 분할된다. 이때  $C_i$ 의 명도값  $Lum(C_i)$ 의 평균은 분할될 색상  $C$ 의 명도값  $Lum(C)$ 와 최대한 가깝도록  $C_i$ 값들을 결정한다[수식 1].

$$Lum(C) = \frac{\sum_{i=1}^n Lum(C_i)}{n} \quad \text{[수식 1]}$$

이때 명도값은 채도의 단계가 조절된 HSV모델에서의 Value값을 사용한다. 보색은 색상환에서 서로 마주보고 있는 색이다. 이를 이용하여 주어진 팔레트에서 색상마다 보색에 대한 관계를 주어서 보색을 표현한다. 여기서 분해 색상들  $\{C_i\}$ 은 여러 가지의 답이 나올 수 있다.

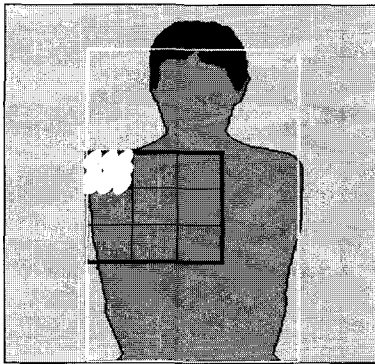
먼저 입력영상을 그리드( $G_s$ )로 나누고 각 그리드의 평균 칼라  $C$ 를 찾는다. 그리고 그것의 명암  $Lum(C)$ 를 계산한

다. 그리고 [수식 1]을 만족하는  $n$ 개의 색을 팔레트에서 선택을 한다. 이때 첫 번째 분할 색상  $C_1$ 은  $C$ 와 Hue상에서 가장 가까운 값을 찾는다. 나머지 분할 색상들은  $Lum(C)$ 명도가 유지될 수 있도록 선택된다. 이때 연결된 보색관계를 따라 이동하며 선택된다.

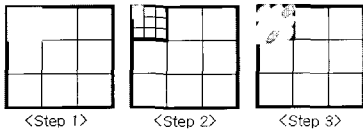
또한 그리드는 다시 서브그리드( $SGs$ )로 나누어지며 서브그리드 각각에서 하나의 점묘 스트로크가 칠해진다. 이때 보색의 분포확율( $Cr$ )에 따라서 색상이 보색으로 바뀌게 된다. 렌더링은 분할된 각 영역별로 이루어진다. [그림 9]는 렌더링 과정을 보여주고 있다. 자세한 Step별 알고리즘은 [표 1]에서 자세히 설명하고 있다. 렌더링시 사용되는 파라미터들은 [표 2]에서 설명하고 있다.

[표 1] 점묘화 렌더링 순서

순서	내용
<step 1>	그리드( $G_s$ ) 영역의 평균 명암계산 : $GLum$
<step 2>	서브그리드( $SG_s$ ) 영역의 평균명암/색상 계산 : $SGLum$
<step 3>	$SGLum > GLum$ 인 경우 일정 확률로 보색추가 조건 : $SGLum < Rand() \% Cr$



(a) 각 분할영역에서의 렌더링



(b) 그리드 영역에서의 점묘렌더링 순서

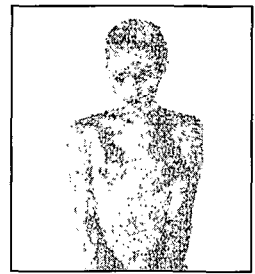
[그림 9] 분할영역에서의 렌더링 알고리즘

[표 2] 렌더링 파라미터

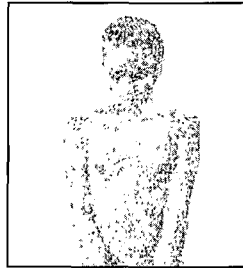
파라미터	기능
그리드 크기 ( $G_s$ )	영상을 일정한 크기의 영역으로 분할
서브그리드 크기 ( $SG_s$ )	분할된 영역을 다시 분할 : 명암의 차이에 따른 보색의 결정구간
보색의 배치확율 ( $Cr$ )	병치혼합에 사용될 색상 목록 보색의 분포확율
브러시의 크기 ( $B_s$ )	브러쉬 스트로크를 생성할 때 단축 길이



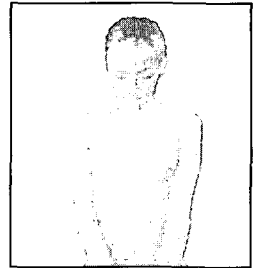
(a) 입력영상



(b) 1차색과 보색( $B_s=8$ )



(c) 색상제한( $B_s=8$ )



(d) 색상제한( $B_s=8$ )

[그림 10] 결과영상

## 5. 결론 및 향후연구

[그림 10]은 입력영상과 결과영상을 보여주고 있다. [그림 10-(a)]는 입력영상을 [그림 10-(b)]는 1차원 색상을 찾고 그에 대응되는 보색을 분포시킨 영상이다. [그림 9-(c)]는 색상의 수를 제한하여 보색을 처리한 영상이다. [그림 9-(d)]는 점묘 브러시의 크기를 더욱 작게 처리한 영상이다. 색상의 보색의 분포를 명확히 볼 수 있다.

본 논문에서는 분석된 신인상과화가인 쇠라의 작품을 시뮬레이션 하기위해서 그 시대의 팔레트를 기반으로 제한된 색상을 정의하고 보색의 병치혼합을 위한 색상의

분할 및 결정 알고리즘을 제안한다. 또한 기타 화면의 구조적 분석을 위한 모델링 기술과 영역의 대비 및 점묘 브러시 스트로크를 표현하기 위한 알고리즘을 소개한다. 화가들은 병치혼합과 보색대비 외에도 많은 색상 이론들을 사용한다. 동시대비의 법칙은 명도대비, 채도대비, 한난대비 등 여러 가지 색들의 대비 관계를 정의하고 있다. 점묘주의에서도 전경과 배경의 구분을 뚜렷하게 하기 위해 명도대비를 사용하고 있다. 이런 여러 가지 이론들을 적용하는 방법과 점묘주의 외에 다른 회화 양식에 대해서도 색상 이론에 근거해서 스트로크의 색상을 선택하는 방법이 연구되어야 한다. 또한 전처리 단계에서 나온 영역간의 관계 및 경계정보를 이용해 영역별 대비효과와 쇠라의 특징이라고 할 수 있는 Halo 효과를 표현하기 위한 효과적인 알고리즘에 대한 연구가 필요하다.

#### 감사의 글

본 논문은 정통부 및 정보통신연구진흥원의 정보통신 선도기반기술개발사업의 연구결과로 수행되었습니다

#### 참고문헌

- [1] M. E. Chevreul. The Principles of Harmony and Contrast of Colors, SCHIFFER, 1987
- [2] P. Haeberli. Paint by numbers: Abstract image representations. In *Proceedings of ACM SIGGRAPH*, pages 207-214, 1990.
- [3] P. Litwinowicz. Processing images and video for an impressionist effect. In *Proceedings of ACM SIGGRAPH*, pages 407-414, 1997.
- [4] A. Hertzmann. Painterly rendering with curved brush strokes of multiple sizes. In *Proceedings of ACM SIGGRAPH*, pages 453-460, 1998.
- [5] J. Hays and I. Essa. Image and video based painterly animation. In *NPAR Conference 2004*, 2004.
- [6] R.W. Floyd and L. Steinberg. An adaptive algorithm for spatial grey scale. In *Proc. Soc. Inf. Display*, pages 17:75-77, 1976.
- [7] Y. Deng, C. Kenny, M. S. Moore, and B.S.Manjunath. Peer group filtering and perceptual color image quantization. In *Proceedings of ISCAS*, pages 21-24, 1999.
- [8] Robert L. and Herbert, Seurat Drawing and Painting, Yale University Press, 2001

[9] Rood, Modern Chromatics, Van Nostrand Reinhold Company, 1973

[10] Luong, Seth, Kleing and Lawrence, Isoluminant Color Picking for Non-Photorealistic Rendering, In *Proceeding of Graphics Interface 2005*, pp.233-240, 2005

[11] <http://painting.about.com/library/blimpressionistpalette.htm>