

에지 밀도 정보를 이용한 회화적 렌더링

이호창⁰ 박영섭 서상현 윤경현

중앙대학교 컴퓨터 공학부

{fanpanic, cookie, shseo, khyoon}@cglab.cse.cau.ac.kr

Painterly rendering using density of edges

Hochang Lee⁰ Youngsup Park SangHyun Seo Kyunghyn Yoon

Dept. of CS&E, University of Chung-Ang

요 약

회화적 렌더링은 주어진 영상을 가지고 사람이 직접 그린 듯 한 회화적 느낌을 표현하는 것이다. 이러한 회화적 느낌을 표현하기 위한 요소에는 브러시의 굵기, 방향, 질감, 그리고 생성된 브러시가 캔버스에 그려질지 판단하는 기준설정 등이 있다. 본 논문에서는 에지 밀도를 이용해 브러시가 캔버스에 그려질 조건을 설정하는 알고리즘을 제시한다. 에지밀도란 일정 영역에서의 에지의 양을 나타낸다. 기존의 색 차이만을 고려하던 그려질 조건에 에지 밀도정보를 추가로 적용하여 대상과 배경을 분리하여 세밀함과 추상함을 동시에 표현할 수 있다. 이와 함께 정적 격자 단위로 그려질 위치를 찾는 것이 아닌 동적 격자 단위로 찾아가는 방법을 사용한다. 그리고 방향 보간을 통한 일관된 브러시의 방향설정을 하고 텍스처를 이용한 사실적인 브러시의 질감표현을 한다. 위의 과정들을 통해 좀 더 사람이 그린것과 같은 오일 페인팅(oil painting) 효과를 얻을 수 있다.

Abstract

The ultimate objective of painterly rendering is to express an inputted image as if it is hand drawn. The factors to express this painterly effect are thickness of the brush, direction, texture and the establishment of criteria judging if the produced brush will be drawn on to the canvas. In this paper, the algorithm using density of the edges in determining the criteria whether the brush will be drawn onto the canvas is proposed. Density of edges refers to the quantity of edge in the specific area. And uses the method of finding the location of the brush to be drawn as a unit of dynamic grid as well as expressing consistent directional through direction interpolation. Also, the texture is expressed using various textured brushes. Considering density of edges, We can express detailed area and abstract area. And it result in more human effect of oil painting.

키워드 : 비사실적 렌더링, 회화적 렌더링, 에지 밀도, 동적 격자

Key words : Non-Photorealistic Rendering, Painterly Rendering, Edge Density, Dynamic grid

1. 서론

회화적 렌더링은 브러시의 크기, 모양, 위치 방향과 색상 같은 스트로크의 특징들을 컴퓨터로 재현해서 사람이 그린 것 같은 영상을 자동적으로 생성하는 기술이다. 따라서 최근의 회화적 렌더링에서는 브러시의 크기, 모양, 색상 등의 요소들을 어떻게 생성할 것인지에 대한 다양

한 연구가 제안되고 있다. 그리고 생성된 브러시를 어떤 조건에서 그릴지를 결정하는 기준 설정은 매우 중요한 요소가 된다. 일반적으로 기존 연구들[1,2,3]에서 브러시가 그려질 조건은 브러시가 그려질 영역의 입력 영상과 캔버스의 색 차이만을 고려하여 결정하였다.

일반적인 회화 작품을 보면 화가가 중점적으로 그리고자 하는 대상은 작은 브러시까지 사용하여 세밀하게 표

현하고 반대로 배경과 같은 후경(後景)은 큰 브러시를 주로 사용하여 추상적으로 그리는 것을 볼 수 있다. 그리고 두 영역에 서로 다른 브러시의 길이나 모양 등을 사용한다. 이렇게 대상과 배경을 차별시켜 그려줌으로써 자신이 강조하고자 했던 대상을 보는 사람에게 더욱 집중 시킬 수 있다. 또한 일괄적으로 세밀하게 표현하거나 추상적으로 표현하는 것보다 단조로움을 탈피 시키는 효과를 얻을 수 있다. 그런데 단순히 색 차이만을 고려해 브러시가 그려질 것인가를 정하는 기존의 회화적 렌더링 기법으로는 위와 같은 표현을 자동으로 할 수 없었다. 수동 또는 자동으로 입력 이미지의 영역을 구분하여 각각에 맞는 브러시의 크기와 모양 등을 일일이 지정해 줘야 하는 번거로운 작업을 거쳐야 했다.

본 논문에서는 에지의 밀도를 고려한 새로운 알고리즘을 제안한다. 색 차이만을 고려하던 기존의 그려질 조건에 에지 밀도를 추가로 고려함으로써 입력 영상에서 중심이 되는 사물은 작은 브러시까지 사용하여 세밀하게 표현할 수 있다. 그리고 하늘, 배경과 같은 부분은 큰 브러시만을 사용하여 추상적으로 표현을 해 준다. 이렇게 두 영역을 자동으로 분리하여 다른 느낌을 줌으로써 좀더 사실적인 오일 페인팅(Oil painting) 효과를 얻을 수 있었다.

2. 관련 연구

회화적 렌더링에 관한 연구들은 브러시 스트로크의 모양, 크기, 위치, 질감, 그리고 브러시가 그려질 조건을 결정하는데 초점을 맞추고 있다. 스트로크 기반의 회화적 렌더링에 관한 연구는 Paul Haeberli에 의해 시작되었다 [1]. Paul Haeberli는 사용자 입력을 통한 페인팅 시스템을 처음 도입하였다. 이후 일반적인 브러시 기반 렌더링 연구들 [2,3]은 브러시를 캔버스에 그릴 것인가를 결정하는 기준으로 입력 영상과 현재 캔버스의 색 차이만을 고려한다. 색 차이가 사용자가 정한 임계값 보다 작으면 상대적으로 색 차이가 커도 브러시를 그리지 않는다. 따라서 전반적으로 추상적인 결과 영상을 얻을 수 있었다. 반대로 임계값을 작게 정하면 색 차이가 조금만 차이가 나도 브러시를 그리기 때문에 세밀하고 사진과 같은 결과 영상을 얻을 수 있었다. 하지만 임계값만 가지고는 입력된 이미지 상에서 각 영역별로 세밀하게 그

릴 부분과 추상적으로 그릴 부분을 컴퓨터가 자동적으로 판단할 수 없었다.

[4,5,6]에서는 브러시가 그려질 위치를 찾을 때 미리 정해진 정적 격자 단위로 탐색해 나가는 지터그리드(jittered grid)방법을 사용한다. 또한 동일한 브러시 사이즈를 사용하였다. 이를 개선하기 위해 [7]과 [8]에서는 다양한 브러시 사이즈에 대한 방법을 제시하였으나 직선 스트로크만이 표현 가능하였다.

[2]는 직선 스트로크의 획일적인 브러시 사이즈의 단점을 개선할 새로운 알고리즘을 제시하였다. [2]의 알고리즘에서는 각 점의 그래디언트 값의 수직 방향으로 여러 점을 구해 곡선 스트로크를 표현하였다. 그리고 다중 레이어(layer) 기법을 적용하여 각 레이어 별로 다른 브러시 사이즈를 적용해 여러 사이즈를 사용할 수 있는 방법을 제시하였다. 하지만 레이어 별로 사용자가 지정한 하나의 브러시 사이즈만을 사용하므로 다양한 브러시의 사이즈를 사용하지 못하였다.

Hays는 회화적 렌더링을 애니메이션에 적용하는 기법을 제안했다. 이때 스트로크의 일관된 방향설정을 위해 입력 영상의 그래디언트 정보를 Radial Basic Function(RBFs)을 이용한 보간을 사용하였다 [9].

[10]은 물리적인 브러시 스트로크를 표현하는 새로운 방법을 제시하였다. 브러시가 쌓이는 것을 표현한 높이 맵(height map)을 만들고 캔버스의 결과 영상과 결합해 브러시의 질감 효과를 표현하였다. 하지만 단순히 브러시가 쌓이는 것만을 적용해 브러시 하나하나의 결 느낌을 효과적으로 표현하지 못하였다.

[11]에서는 Eye-Tracking 데이터를 이용해 입력된 이미지의 세밀하게 표현할 부분과 추상적으로 표현할 부분을 구분하는 알고리즘을 제시하였다.

최근의 회화적 렌더링은 일반적인 회화 작품의 결과를 얻어내는데 만족하지 않고 다양한 스타일을 표현하는 것에 다양한 연구가 진행되고 있다. [12]는 실제 그림에서 추출한 색의 정보를 이용한 방법을 제시하였다. 방향 보간과 실제 화가의 작품에서 얻은 팔레트를 사용하여 영상을 렌더링 하였다. 이 결과 인상파 화가들의 작품 효과를 낼 수 있었다. [13]에서는 브러시의 모양을 만들어가는 세그멘테이션의 변수 조절을 통해 다양한 화가의 스타일을 결과를 얻는 방법을 제시하였다.

3. 에지 밀도를 이용한 회화적 렌더링 알고리즘



[그림 1] 알고리즘의 시스템 흐름도

본 논문에서는 에지의 밀도를 고려하여 브러시가 그려질 조건을 선정하는 알고리즘을 제안한다. 에지 밀도를 고려한 조건을 사용해 입력 영상의 대상과 배경을 분리시키고 각 영역에 서로 다른 다양한 브러시 스타일을 적용 가능하게 한다.

본 논문에서 제안하는 알고리즘은 크게 두 단계로 나눌 수 있다. 첫 번째는 전처리 단계로 렌더링에 사용되는 다양한 파라미터들을 설정하고 영상처리 기술을 이용해 입력 영상에서 다양한 정보를 추출하는 단계이다. 두 번째 단계는 렌더링 단계이다. 먼저 입력 영상과 캔버스의 색 차이 값과 에지 밀도를 고려해 각 위치에서 브러시가 그려질 조건을 설정한다. 그리고 현재 위치에서 최적인 브러시 스트로크를 생성한다. 생성된 브러시가 에지 밀도를 고려한 조건에 적합하면 브러시를 캔버스에 그려준다. 위의 과정을 전체 레이어 수만큼 격자 단위로 처리하여 최종 결과 영상을 얻는다. [그림 1]은 본 논문에서 제안하고 있는 회화적 렌더링 기법의 시스템 흐름을 보여주고 있다.

3.1. 전처리 : 렌더링 파라미터 설정 및 입력 영상의 분석

본 논문에서는 에지 밀도를 이용한 그려질 선정 조건을 구하고 그에 따른 렌더링을 하기 위해 다양한 파라미터들을 설정한다. 파라미터의 설정에 따라 다양한 결과의 영상을 얻을 수 있다. [표 1]은 렌더링에서 사용되는 대표적인 파라미터들을 설명하고 있다.

또한 영상처리 기술들을 이용하여 렌더링에 필요한 다

[표 1] 렌더링 파라미터

파라미터	기능
레이어 단계 수 (Total Layer)	전체 영역을 탐색하며 브러시를 그리는 단계 수
브러시 크기 (Bs)	브러시 스트로크를 생성할 때 단축 길이
제한 분할횟수 (LDC)	에지 밀도에 따라 쿼드트리 분할시 최대 분할 횟수
기준밀도 (SD)	에지 밀도를 분할 할 때의 분할 기준
임계값 (Threshold)	캔버스에 브러시가 그려질지물 정하는 색의 임계치 값

양한 정보들을 추출한다. 입력으로 들어온 영상을 가지고 색을 설정하면 결과 영상의 노이즈를 발생 시킬 수 있다. 따라서 본 논문에서는 색의 노이즈를 줄이기 위해 블러링(Blurring)을 하였다. 또한 에지 밀도 정보와 에지 클리핑(clipping)을 위해 에지 찾기를 통한 윤곽선 영상을 얻었다. 그리고 다시 에지 영상을 세선화 시켜 최종적으로 선명한 에지 영상을 얻을 수 있었다. [그림 2]는 영상처리를 통해 얻은 블러링 영상과 에지 영상이다.



(a) 입력 영상



(b) 블러링 영상



(c) 에지 영상

[그림 2] 전처리 과정을 통해 얻는 영상 정보

또한 에지 영상을 가지고 브러시가 그려질 때 사용될 에지맵을 만든다. 에지맵을 만들고 사용하는 방법은 다음 장에서 자세히 설명한다.

3.2. 에지 밀도를 사용한 렌더링 단계

3.2.1 에지 밀도를 고려한 그려질 조건 선정

기존의 연구들[5,8,10]에서 브러시가 그려질 조건은 그려질 영역의 캔버스와 블러링된 영상과의 색 차이값만을 사용하였다. 영역의 평균 색 차이 값(ADV)은 (1)에 의해서 구한다. 평균 색 차이값이 사용자로부터 입력 받은 임계값(threshold)보다 크면 브러시를 그렸다. 수식에서 사용된 (r_1, g_1, b_1) 과 (r_2, g_2, b_2) 는 각 (i, j) 좌표에서의 블러링된 이미지와 캔버스의 빨간색, 녹색, 파란색을 의미한다.

$$D_{(i,j)} = \sqrt{(r_1 - r_2)^2 + (g_1 - g_2)^2 + (b_1 - b_2)^2},$$

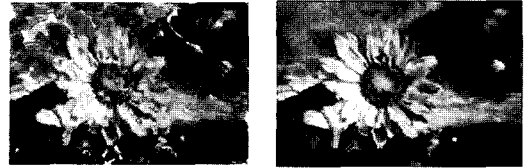
$$TD = \sum_{i=w_s}^{w_e} \sum_{j=h_s}^{h_e} D_{(i,j)}, \quad (1)$$

$$ADV = \frac{TD}{(w_e - w_s) \cdot (h_e - h_s)},$$

여기에서 w_s 와 w_e 는 격자 너비의 시작위치와 종료 위치를 나타내고 h_s 와 h_e 는 격자 높이의 시작위치와 종료 위치를 나타낸다. 그리고 $D_{(i,j)}$ 는 (i, j) 위에서의 색 차이 값을 나타낸다.

최종 결과 영상은 사용자가 입력한 임계값에 따라 차이가 있다. 임계값을 크게 정하면 [그림3-(a)]와 같이 브러시의 질감은 잘 표현된다. 하지만 전체적으로 다 완성하지 않은 것과 같은 결과영상이 나온다. 임계값을 작게 정하면 작은 차이에도 브러시를 그리기 때문에 세밀한 표현이 가능하다. 하지만 작은 브러시가 많이 사용되어 [그림3-(b)]와 같이 브러시 결의 질감효과가 줄어든다. 때문에 결과영상의 회화 느낌을 떨어뜨린다. 따라서 색 차이 값 만 가지고 그릴 조건을 정하면 각 영역에 따라 세밀하게 그릴 부분과 추상적으로 그리는 부분을 구별할 수 없었다. 실제 회화에서는 배경과 같이 에지가 적은 부분은 큰 브러시를 사용하여 추상적으로 그리고 꽃잎 같이 에지가 많은 부분은 작은 브러시를 사용하여 세밀하게 표현한다. 따라서 본 논문에서는 브러시가 그려질 조건에 에지 밀도를 추가로 고려한다. 에지 밀도란 주어진 영역안의 에지픽셀수를 영역의 넓이로 나눈 값을 말한다. 에지 밀도를 구하기 위해 사전에 얻은 에지영상 [그림 2-(c)]를 이용한다. 에지영상에서 에지의 RGB픽

셀 값은 0을 가지고 그 이외의 영역은 RGB 픽셀 값이 255 이다. 따라서 에지 밀도(ED)는 에지 영상에서 RGB 픽셀 값이 0인 픽셀수를 다 더하여 이미지의 넓이로 나누어 구한다. (2) 는 에지 밀도를 구하는 과정을 나타내고 있다.



(a) 임계값을 크게 준 영상(Threshold = 80) (b) 임계값을 작게 준 영상(Threshold = 10)

[그림 3] 임계값에 따른 결과 영상의 비교

$$ED = \frac{\sum_{i=0}^{wid} \sum_{j=0}^{hei} \text{if}(Pixel_{ij} = 0)}{wid \cdot hei}, \quad (2)$$

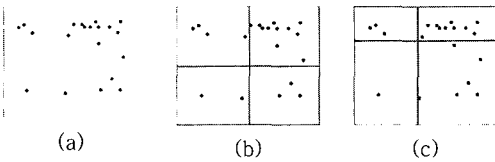
여기에서 $Pixel_{ij}$ 는 현재 픽셀의 (r, g, b) 값을 의미하며 wid 와 hei 는 밀도를 구하는 영역의 너비길이와 높이를 의미한다.

구한 영역의 에지 밀도가 기준밀도(SD) 값보다 크면 영역을 쿼드트리 기법을 사용해 분할해 나간다. 본 논문에서 기준밀도는 전처리 과정에서 사용자 입력으로 한다. 기준밀도는 에지를 더 많이 찾으면 값을 크게 주고 에지를 적게 찾을 때에는 상대적으로 더 작은 값을 입력하여야 한다. 분할이 중단되는 조건은 해당 영역의 에지 밀도가 기준 밀도보다 작아지거나 분할된 격자길이가 렌더링에 사용되는 최소격자보다 작을 때, 사용자가 입력한 제한 레벨 값 보다 작아질 때를 사용한다(3).

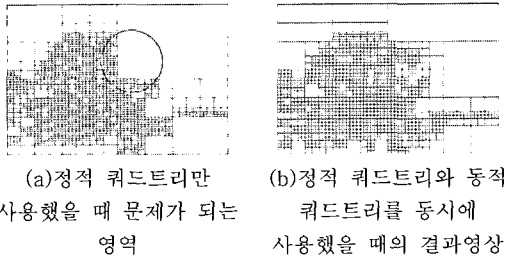
$$\begin{aligned} \text{조건 1: } ED &< SD, \\ \text{조건 2: } Quadgrid &< Mingird \\ \text{조건 3: 현재레벨} &= \text{제한레벨} \end{aligned} \quad (3)$$

에지의 양에 따라 분할이 이루어지므로 분할이 많이 된 부분은 에지를 많이 포함하고 있는 영역이다. 그리고 분할이 적게 되는 영역은 상대적으로 에지를 조금 가지고 있는 영역이다. 예를 들어 [그림 4-(a)]의 영역을 쿼드트리를 이용하여 분할할 때 단순히 전체 영역의 길이의 이분점 되는 픽셀을 기준으로 쿼드트리를 적용시켜 나가다 보면 [그림5-(a)] 와 같은 문제점이 발생될 수 있다. 이렇게 되면 빨간 원으로 표현된 영역은 해바라기

의 영역이 있으므로 더 분할이 되어야 하지만 분할되지 못한 영역이다. 따라서 단순히 현재 영역의 길이의 이분하는 점을 기준으로 분할하는 정적쿼드트리 분할대신 전체 영역의 밀도분포를 분석해 가장 밀도분포 차이가 커지는 위치를 기준으로 분할하는 동적 쿼드트리 분할법을 사용 하였다[그림 4-(c)]. 이렇게 함으로 대상과 배경이 잘리지 않고 가장 효과적으로 분할 할 수 있다. 하지만 모든 픽셀에 대해서 다 판별을 해야 하기 때문에 처리 시간이 오래 걸리는 단점을 가진다. 따라서 본 알고리즘에서는 사물의 대상을 분할하는 가장 첫 단계 분할은 동적 쿼드 트리를 사용하고 그 이후는 정적 쿼드트리 분할을 하였다.[그림 5-(b)]는 비율의 분할 점과 길이의 분할 점을 동시에 사용해 나온 쿼드트리의 결과를 보여준다.



[그림 4] 에지 분포(a)에 따른 정적 쿼드트리 분할법(b)과 동적 쿼드트리 분할법(c) 비교 영상



(a)정적 쿼드트리만 사용했을 때 문제가 되는 영역 (b)정적 쿼드트리와 동적 쿼드트리를 동시에 사용했을 때의 결과영상

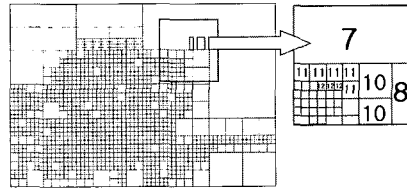
[그림 5] 정적쿼드트리만은 사용한 분할영상과 동적쿼드트리를 추가 적용한 분할 영상 비교

각 픽셀이 속한 영역의 분할된 횟수를 가지고 쿼드 맵을 만든다. 쿼드 맵이란 각 좌표에 최대 적용 가능한 레이어의 수를 정보로 가지고 있는 이차원 배열을 말한다. 쿼드 맵의 각 픽셀에서는 (4)를 통해 구한 Q_{ij} 값으로 채워진다.

$$Q_{ij} = TotalLayer - (LDC - DC_{(i,j)}), \quad (4)$$

여기서 DC_{ij} 는 (i,j) 가 속한 영역의 분할 횟수를 말한다.

분할이 많이 된 곳은 큰 값을 가지고 분할이 적게 된 영역은 상대적으로 작은 값을 갖는다. 쿼드 맵의 각 좌표의 값은 그 위치에서 적용 가능한 브러시의 최대 횟수를 의미한다. [그림 6]은 (4)와 본 논문에서 사용한 수치들을 사용해 각 영역에서의 좌표 값이 가지는 정보를 보여주고 있다.



[그림 6] 논문에서 사용된 값을 가지고 나온 쿼드맵 값

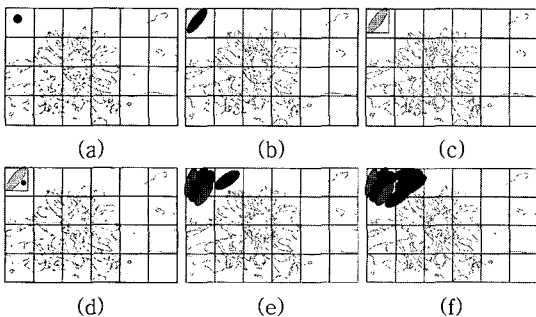
본 논문에서 제시한 브러시가 그려질 조건전정은 다음과 같다. 먼저 기존의 연구들[5,8,10]과 같이 해당 위치에서의 색 차이를 고려하였다. 그리고 해당 격자에서의 색 차이가 기준 차이값보다 크면 추가로 에지 밀도를 이용하여 얻은 쿼드맵의 정보를 사용하였다. 현재까지 진행된 레이어의 횟수가 그려질 브러시 좌표에서의 쿼드맵의 값보다 작을 때만 브러시가 그려지도록 하였다. 렌더링의 과정은 큰 브러시를 시작으로 점점 작은 브러시를 사용한다. 때문에 쿼드맵의 값이 작은 영역은 상대적으로 큰 브러시만 사용하고 쿼드맵의 값이 큰 영역은 작은 브러시 까지 사용하게 된다. 이 과정을 통하여 에지가 많은 부분은 작은 브러시까지 사용한다. 그리고 에지가 적은 부분은 상대적으로 큰 브러시만을 사용한다. 따라서 에지가 분포가 많은 대상에 대해서는 작은 브러시 까지 사용하여 세밀한 표현이 가능하며 배경과 같은 에지가 적은 부분은 큰 브러시만을 사용하여 추상적이고 질감표현이 명확하게 나타내는 것이 가능하다.

3.2.2 브러시 스트로크 생성

회화에서의 표현 도구는 브러시이다. 브러시 스트로크의 방향은 주변 에지의 방향에 영향을 받는다. 그리고 사이즈를 조절하여 주변 에지를 보존한다. 또한 질감을 가진다.

먼저 브러시가 그려질 위치는 기존에 사용되던 정적 격자 방법을 개선한 동적 격자 방법을 사용한다. 격자 단위로 브러시를 그리게 되면 격자 당 하나의 브러시 스

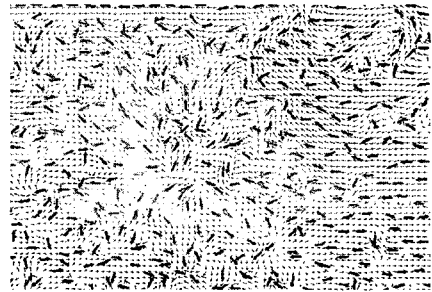
트로크가 그려지기 때문에 주변에 그려지지 않은 부분이 많이 생긴다. 이 부분들은 다음 레이어에서 현재보다 작은 브러시를 사용해 채워진다. 작은 브러시를 많이 사용하면 텍스처 매핑에 사용하는 브러시 텍스처가 축소되므로 질감표현이 명확하게 나타나지 않는다. 이때 영역을 단순히 정적 격자 내로 제한하고 큰 차이점을 찾아가며 그려주게 되면 상대적으로 브러시가 그려진 모습이 일관된 느낌을 가지 못한다. 따라서 보다 큰 브러시가 많이 사용되고 일관되게 그린 느낌을 표현하기 위해 동적 격자 방법을 사용한다. 동적 격자를 사용하면 정적 격자 내에서 여러 위치를 찾을 때보다 더 많은 브러시를 그릴 수 있고 좀 더 일관된 느낌을 가지는 위치선정을 할 수 있다. 먼저 처음 브러시가 시작되는 위치는 정적 격자 내에서 블러링된 영상과 캔버스 간의 색상차가 가장 큰 최대 차이점으로 한다[그림 7-(a)]. 캔버스와 블러링된 영상과의 색 차이는 앞에서 제시한 (1)에 의해서 구한다. 해당 위치에 브러시가 그려지고([그림 7-(b)]) 정적 격자 단위의 다음 격자로 넘어가는 것이 아닌 [그림 7-(b)]와 같이 그려진 브러시를 기준으로 가상의 격자를 만든다. 그리고 가상의 격자 내에서 [그림 7-(d)]와 같이 가장 색차이가 큰 점을 찾는다. 구해진 위치에 앞에서 제시한 색 차이와 에지밀도 정보를 이용한 조건을 만족하면 브러시 스트로크를 그려준다. 그리고 그려진 브러시를 중심으로 다시 가상의 격자를 만들고 위의 과정을 반복한다. 그려질 기준을 만족하지 못하면 정적 격자에 의존하여 다음 격자로 넘어가 위의 과정을 반복한다[그림 7-(e)].



[그림 7] 동적 격자를 사용한 브러시의 위치 설정

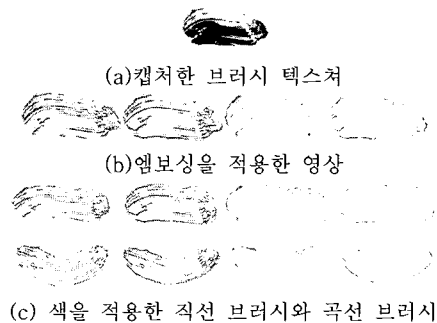
본 논문에서는 브러시의 방향을 위해 그래디언트 보간법[6]을 활용한다. 입력 영상으로부터 소벨(sobel) 필터

를 통해 어떤 임계치 이상의 그래디언트 값을 뽑아내고 주변 픽셀의 방향을 뽑아진 강한 그래디언트 방향을 따르도록 하였다. 이렇게 하면 강한 그래디언트는 영상의 에지부분에서 주로 검출이 되며 나머지 부분은 에지의 방향을 따르게 된다. [그림 8]은 보간법에 의해 생성된 방향맵을 보여주고 있다.



[그림 8] 강한 에지에 의해 보간된 방향맵

또한 브러시의 크기는 처음 파라미터로 주어진 크기를 사용한다. 브러시의 크기는 파라미터로 정해진 값을 가지고 레이어마다 4픽셀씩 감소시켜 사용하였다. 정해진 사이즈에서 주변 에지를 고려해 동적으로 조절한다. 브러시가 적용될 위치에서 그려질 방향의 수직 위치에 있는 에지와의 거리를 구해 거리가 기본 브러시 사이즈보다 작으면 에지와의 거리를 현재 브러시의 사이즈로 설정한다. 에지 클리핑을 통해 에지를 잘 살려주어 사물의 윤곽을 보호하였다.



[그림 9] 텍스처에 의한 질감 표현

사실적인 오일 페인팅의 결과를 얻기 위해서는 브러시의 질감 표현이 필수적이다. 본 논문에서는 가장 간편하

며 속도가 빠른 텍스처를 사용해 브러시의 질감을 표현 하는데 사용한다. [그림 9-(a)]는 실제 캡처한 브러시 텍스처와 빛의 방향에 따른 엠보싱의 질감의 스트로크를 보여주고 있다[그림 9-(b)]. 이때 엠보싱의 정도에 따라 염료를 많이 묻힌 것과 그렇지 못한 표현이 가능하다. 그리고 상황에 따라 곡선 스트로크로 매핑 시켜 질감을 가지는 곡선 브러시를 생성한다[그림 9-(c)].

4. 결과 영상

[그림 10]은 전체 단계 보여준다. 앞의 세 영상은 입력 영상에 대한 방향 보간 맵 과 쿼드맵의 결과를 보여주고 있다. 그 후 전체 12단계의 레이어 별로 각 단계별 과정을 보여주고 있다. 그리고 사용된 파라미터 정보를 나타낸다. 본 논문에서 일반적으로 사용한 이미지 사이즈는 600*400 이며 결과 영상은 입력 영상의 크기에 상관없이 무한 크기로 확장이 가능하다. 시스템 환경은 펜티엄 2.8G의 메모리1G, 그래픽 카드는 GForce 5600 이고 최종 결과를 얻는 데는 약 3분 정도의 시간이 소요된다. [그림 11] 정적쿼드 트리만 사용했을 경우와 동적 쿼드트리를 같이 사용 했을 때의 결과를 비교하고 있다. 그리고 [그림 12]는 색 차이만을 고려하던 기존 결과와 본 알고리즘을 적용한 결과 영상을 비교하고 있다. 결과 영상을 보면 입력 영상이 의도하는 중심 대상은 세밀함이 잘 표현되며 에지가 적은 배경 부분은 상대적으로 큰 브러시를 사용해 질감 표현이 더욱 명확한 것을 볼 수 있다. [그림 13]은 본 알고리즘을 다양한 영상에 적용시켜 본 결과이다.

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 기존의 색 차이만을 고려하여 정하던 브러시가 그려질 조건설정 방법에서 탈피하고자 새로운 알고리즘을 제시하였다. 먼저 전체에지를 구한 후 색 차이와 더불어 에지의 밀도를 고려해 브러시가 그려질 조건을 정하였다. 에지 밀도를 고려하여 영역에 따라 추상적으로 그려질 곳과 세밀하게 그려질 곳을 구분해 표현할 수 있었다. 그리고 브러시 스트로크를 생성 시 일관된 브러시의 방향성을 유지하기 위하여 방향 보간을 하였다. 그리고 정해진 브러시 사이즈를 방향의 수직위치

에 있는 에지들을 고려하여 유동적으로 사이즈를 조절하였다. 방향은 주변 에지의 영향을 받을 수 있도록 보간을 하였다. 또한 브러시 텍스처를 사용한 실제 오일 페인팅의 질감 표현하였다. 현재는 에지 밀도를 사용하는 데 있어서 사용자가 입력으로 주는 기준 밀도 값에 의존해서 영역을 분할한다. 하지만 일일이 사용자가 값을 상황에 맞게 정해주어야 하는 단점이 있다. 따라서 입력 영상에서 자동으로 기준 밀도 값을 추출할 수 있는 방법이 연구되어야 할 것이다. 또한 단순 회화적 느낌을 표현하는 렌더링에서 벗어나 실제 특정 화가의 스타일을 나타낼 수 있는 기술들에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.

감사의 글

본 논문은 정통부 및 정보통신연구진흥원의 정보통신 선도기반기술개발사업(A1100-0602-0055)의 연구결과로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] P. Haeveryly. Paint by numbers: Abstract image representation. In Proceedings of ACM SIGGRAPH pates 207-214, 1990.
- [2] A. Hertzmann, Painterly rendering with curved brush strokes of multiple sizes. SIGGRAPH 98 Proceeding, pp.453-460, 1998.
- [3] Maria Shugrina , Empathic painting: interactive stylization through observed emotional state, NPAR 2006: pp.87-96. 2006.
- [4] ADOBE SYSTEMS. Adobe Photoshop 7.0
- [5] FRACTAL DESIGN CORPORATION. Fractal Design Painter
- [6] PETER LITWINOWIZ.PROCESSING Images and Video for An Impressionist Effect, SIGGRAPH 97 Conference Proceedings, pp.407-414. August 1997.
- [7] MICROSOFT CORPORATION.ION. Microsoft Image Composer1.5.
- [8] S.M.F.TREAVETT And M.CHEN. Statistical Techniques for the Automated Synthesis of Non-Photorealistic Image. Proc. 15th Eurographic UK Conference, March 1997.
- [9] J. Hays and I. Essa, Image and Video Based Painterly

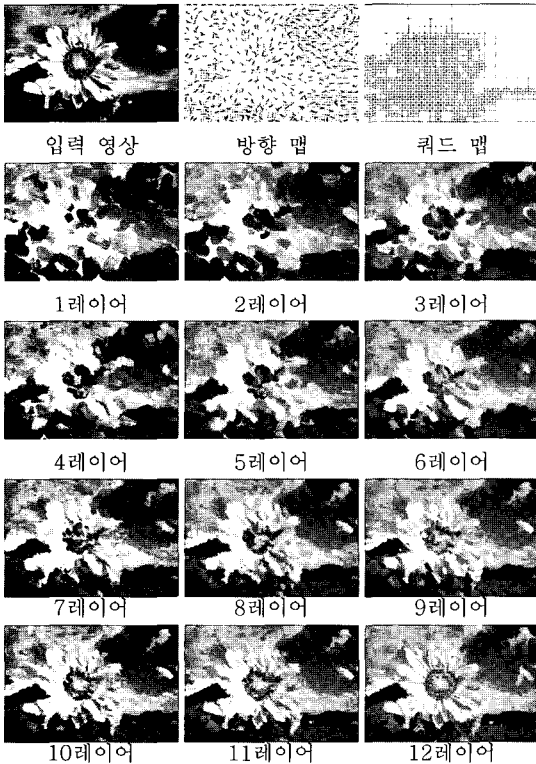
y Animation , NPAR2004: pp.133-120. 2004

[10] A. Hertzmann. Fast paint texture. In Second International Symposium on Non-Photorealistic Animation and Rendering (NPAR 2002).91-96 2002.

[11] Santella and Decarlo. Abstracted Painterly Rendering s Using Eye-Tracking Data. NPAR 2002: Page(s), 75-82 2002.

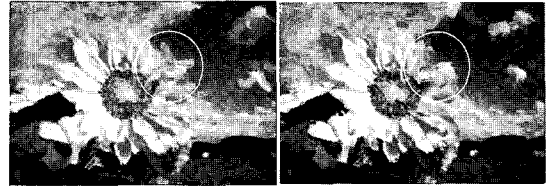
[12] P. Youngsup, Dynamic Brush Stroke Generation for an Impressionist Effect. ICCSA 2006 Proceeding, pp.403-410. 2006.

[13] Atsushi. Algorithmic Painter: a NPR method to generate various styles of painting, The Visual Computer, pp.14-27, 2005.



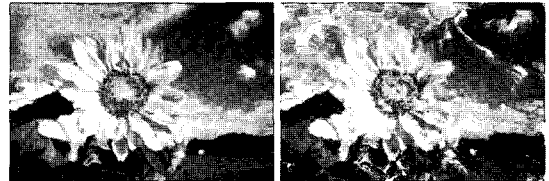
레이어 단계 수 : 12 제한 분할 횟수 : 5
 기준 밀도 : 0.005 색 차이값 : 50
 브러시 사이즈 : [48~4] 레이어당 4픽셀 간격으로 감소

[그림 10] 본 알고리즘의 전체 과정

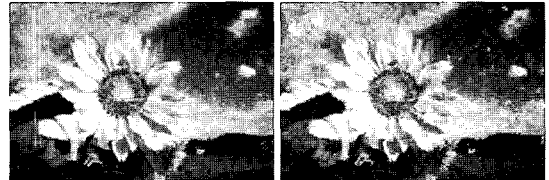


(a) (b)

[그림 11] 정적 쿼드트리 사용결과(a) 와 동적 쿼드트리추가 사용 결과(b) 비교



(a) 임계값 10 사용 영상 (b) 임계값 80 사용 영상



(c) 임계값 20 사용 영상 (d) 임계값 50 사용 영상



(e) 에지 밀도를 고려한 결과 영상

[그림 12] 색 차이만 고려하던 결과영상(a)(b)과 본 알고리즘의 적용 결과영상(c) 비교



(a)



(b)

[그림 13] 다른 영상에 적용한 결과