

자기장 방향을 따르는 곡선 브러쉬 스트로크에 의한 회화적 렌더링

이수연, 윤경현
중앙대학교 컴퓨터 공학과

Painterly Rendering depending on Magnetic Model with Curved Brush Stroke

Soo-Yeon Lee, Kyung-Hyun Yoon
Dept. of Computer Science, Chung-Ang University

요 약

본 논문은 회화적 렌더링에 있어서 브러쉬 스트로크의 방향을 결정하는 새로운 방법을 제안한다. 전류가 흐르는 도선 주위에는 자기장이 생성된다는 물리적 이론을 기초로 자기장 모델의 벡터를 생성한다. 이 모델을 이용하여 원형(circular) 스트로크나 방사형(emissive)의 벡터 필드를 만들어 내고 스트로크에 적용함으로써 고희와 같은 화가의 브러쉬 기법을 효과적으로 표현할 수 있다.

1. 서론

본 논문은 비사실적 렌더링(Non-Photorealistic Rendering)을 위한 방법으로 한 장의 사진 영상으로부터 손으로 그린 듯한 회화적 렌더링(Painterly Rendering)을 구현하는 방법을 보여준다. 회화적 렌더링 결과는 생성되는 브러쉬 스트로크(Brush Stroke)의 방향, 굵기, 위치, 색깔 등에 따라서 달라진다.

회화적 렌더링을 위한 브러쉬 스트로크를 생성하는 초기의 연구는 사용자의 마우스 입력으로 스트로크의 모양, 색깔, 크기, 방향을 결정하는 방법이었다[1]. Litwinowicz는 브러쉬 스트로크의 방향 결정을 위해서 이미지 그레이디언트(Gradient)를 이용하고 입력 영상의 윤곽을 고려하여 에지 검출에 의한 스트로크 클리핑 방법을 제시하였다[2]. 이 두 가지 알고리즘에 의해 얻은 회화적 영상의 브러쉬 스트로크는 같은 크기의 스트로크들만을 사용하고 방향이 일정하여 단조롭고 규칙적이라는 단점이 있다. Hertzmann은 이런 단점을 개선하여 다양한 크기를 갖는 곡선 브러쉬 스트로크의 생성에 관한 알고리즘을 제시하였다[3]. 하지만 실제 사진 영상에서 이미지의 그레이디언트만을 사용하여 얻은 브러쉬 스트로크는 그림 1의 고희 작품에서 볼 수 있는 해 주위를 둘러싸는 원형의 브

러쉬 스트로크를 표현하기에는 부족하다. 고희 작품 [6]의 가장 큰 특징인 스트로크의 영역별 방향성 표현을 위해 방향맵을 이용하여 분할된 영역에서 동일한 방향을 가지는 브러쉬 스트로크의 생성 방법이 제시되었다[4]. 이 방법은 영역별로 동일한 직선 방향의 스트로크가 생성되며 동심원의 스트로크는 생성해 낼 수 없다.

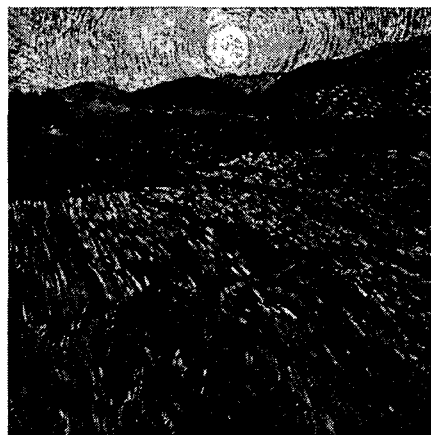


그림 1. Wheat rising sun, Gogh

본 논문에서는 이러한 문제점을 개선하기 위해서 브러쉬 스트로크의 속성 중 방향을 결정하기 위한 자기장 모델 알고리즘을 제안한다. 전류가 흐르는 도선 주위에 생성되는 가상적인 전기력선을 벡터로 표현하는 모델을 브러쉬 스트로크의 방향에 적용함으로써 화가의 붓 터치 방향을 효과적으로 표현할 수 있다. 곡선 브러쉬 스트로크 생성 방법에 Hertzmann이 제시한 큐빅 B-스플라인을 이용하였고, 그 방향은 그레이디언트 이미지와 자기장 모델을 함께 사용하였다. 이렇게 함으로써 동심원의 스트로크를 생성해 낼 수 있다.

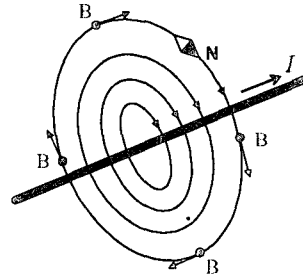


그림 3. 전류가 흐르는 직선 도선 주위에 동심원으로 생성된 자기장

2. 시스템 구성

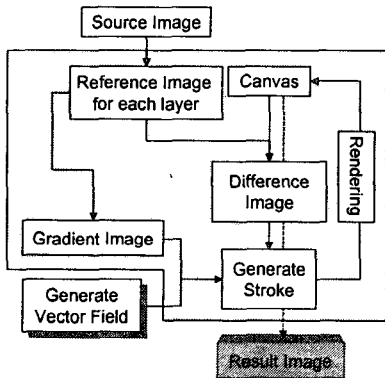


그림 2. 시스템 구성도

그림 2는 전체 시스템 구성도를 나타낸다. 입력 영상을 브러쉬의 크기에 따라 블러링을 하여 참조 영상을 만들고 캔버스와의 색상 차이를 구하여 디프런스 이미지를 구한다. 정해진 임계값(threshold)보다 큰 영역에 브러쉬 스트로크들을 생성하되 그 방향은 그레이디언트와 자기장 모델에 의해 생성된 벡터의 방향을 따른다. 브러쉬 스트로크 크기 목록 수만큼 이 과정을 반복하게 되고 큰 것부터 작은 것 순으로 그려진다. 각 브러쉬는 하나의 계층 위에 생성되고 캔버스위로 통합됨으로써 최종 결과를 얻을 수 있다.

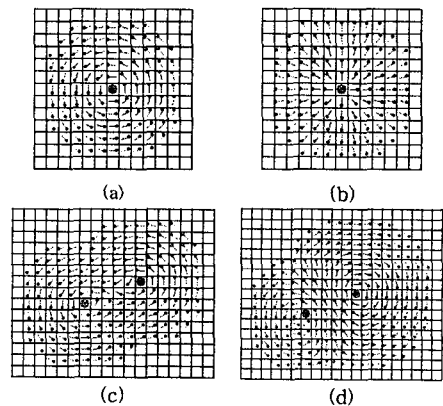
3. 자기장 모델

금속을 끌어당기는 자성을 가진 자석이나 전류가 흐르는 도선 주위에 자기력¹⁾이 작용하는 공간을 자기장(Magnetic Field)²⁾이라고 한다. 이 자기장 내에서

자석의 N극이 가리키는 방향을 연속적으로 그린 선이 자기력선이다. 동심원은 직선 전류가 만든 자기장을 자기력선으로 나타낸 것이다. 이 임의의 선상에서 자기장(B)의 방향은 그 점에서의 접선 방향으로 결정되며 앙페르의 법칙[5]을 따른다[그림 3]. 또한 자기장의 세기(B)는 직선 전류 중심에서의 세기(I)에 비례하고 도선으로부터의 거리(r)에 반비례한다. 이를 수식으로 표현하면 식 1과 같다. k는 비례상수로 $2\pi \times 10^{-7} N/A^2$ 의 값을 나타낸다. 자기장의 세기에 따른 브러쉬 스트로크의 길이, 폭을 결정하기 위해서는 그 값이 작지 않아야 하므로 k값을 1로 설정했다.

$$B = k \frac{I}{r} \quad (1)$$

◆ 자기장 모델을 이용한 벡터 필드 생성



(a) Circular Vector, (b) Emissive Vector, (c)(d) 인력과 척력을 나타내는 Magnetic Vector

그림 4. 자기장 모델에 의해 생성된 벡터 필드

1) 자기력 : 두 자석(전류) 사이에 작용하는 힘으로 인력과 척력이 있다.

2) 자기장과 전기장은 같은 의미로 쓰인다.

입력 영상의 한 영역에 대해서 브러쉬 스트로크 방향을 결정하기 위해 자기장 모델을 사용한다. 그림 4는 자기장의 방향을 따르는 벡터 필드를 구한 것이다. 16픽셀 그리드를 사용하였고, (a)~(c)의 시드(seed)에서 각 전류 세기는 3일 때 필드 영역은 동심원으로 생성된 반지름 r 로 나타내며 그 값은 6이다. (d)는 전류의 세기를 3과 4로 다르게 주어 생성된 벡터 필드이다. 자기장 모델에서 자기장의 세기는 시드 포인트에서 멀어질수록 감소하고 일정 거리 떨어진 위치에서는 전류에 의한 자기장의 영향이 미치지 않는다. 그 자기장의 세기 값을 시드 포인트에서의 최대 자기장 세기(B_{max})에 대한 현재 위치에서의 자기장의 세기(B_{cur})를 그레이 레벨로 나타내었다(식 2).

$$255 - 255 \times \frac{B_{cur}}{B_{max}} \quad (2)$$

이 값은 전류의 세기를 입력으로 생성되는 자기장의 세기를 따르는 브러쉬 스트로크의 굵기 및 길이를 결정하기 위해서 사용된다.

4. 자기장 모델을 이용한 브러쉬 스트로크

사용자 입력으로 전류의 세기와 원형 혹은 방사형 타입과 그 중심 포인트를 받아들인다. 굵은 브러쉬부터 작은 브러쉬 순으로 스트로크들이 생성되며 결과 영상에 한 계층씩 차례로 통합되는 과정을 반복한다. 각 계층에 대해서 먼저, 입력 영상을 블러링하여 참조 영상을 만든다. 다음으로 참조 영상과 결과 영상을 비교하여 그 차이가 미리 정해진 임계값보다 큰 영역을 찾아 스트로크를 추가한다. 스트로크의 시작 포인트는 참조 영상과 결과 영상의 차이가 가장 큰 위치로 정하고 색은 시작 포인트의 색상 값을 사용한다. 곡선 브러쉬 스트로크는 참조 영상의 그레이디언트 방향을 기반으로 전체 브러쉬 스트로크의 곡률을 최소화하는 위치를 컨트롤 포인트로 선정하여 큐빅 B-스플라인으로 모델링 하였다. 사용자가 원하는 영역은 미리 입력 받은 전류의 세기에 따라서 원형, 방사형으로 스트로크의 방향을 결정하였다. 또 자기장의 세기에 따라서 스트로크의 길이, 굵기를 비율로 정한다.

5. 구현결과

주로 일출이나 일몰 사진을 주로 입력 영상으로 사용하였고 해 주위의 브러쉬의 방향을 다르게 주어 그 세기를 눈으로 느낄 수 있다. 그림 5의 (a)열은 입력

영상이고 (b)열과 (c)열은 각각 원형과 방사형의 방향으로 스트로크를 생성한 결과영상이다. 그림 6의 (a)는 입력 영상, (b)와 (c)는 원형 벡터를 사용하였으며 전류의 세기는 각각 75, 90의 수치를 적용한 결과이다. 그림 7의 (b)는 Hertzmann[3]의 곡선 브러쉬 스트로크 생성 알고리즘을 적용한 것이다. 이 영상은 단지 이미지의 그레이디언트에 수직하는 방향으로 곡선 브러쉬 스트로크를 생성해 내었다. 이 방법은 실제 화가들의 다양한 붓 터치의 방향을 잘 표현해내지 못한다. (c)는 이 브러쉬 스트로크 방향 결정에 자기장 모델을 적용하여 원형으로 수정한 결과 이미지이다. 그리고 각 픽셀의 벡터가 가지고 있는 크기, 즉 그 위치에서의 자기장의 세기를 이용해서 브러쉬 스트로크의 길이와 굵기를 정하게 된다. 자기장 모델을 브러쉬 스트로크의 방향에 이용함으로써 회화적 렌더링 결과 영상에서 햇빛의 세기를 스트로크로 표현 가능하다.

6. 결론 및 향후 연구

본 논문에서 제시한 알고리즘은 초기 버전(version)의 렌더링 방법이며, 해나 별, 가로등과 같이 그 빛의 세기와 관련하여 강하고 약한 방향성 있는 스트로크의 표현에 효과적으로 적용할 수 있다.

향후 연구로는 렌더링 결과를 보면 블러링을 하는 단계가 있어 원본 영상에서는 뚜렷이 나타나는 작은 오브젝트는 뭉개져서 입력 영상의 느낌을 그대로 전달하지 못할 때가 있다. 여러 개의 레이어로 나누어서 렌더링을 하는 방법을 개선하여 이미지의 복잡도를 고려하여 자동으로 브러쉬의 크기를 결정해 한 장만을 렌더링할 수 있으면 최종 렌더링 속도도 줄일 수 있을 것이다. 또한 겹쳐 칠해지는 스트로크의 두께나 질감 표현 등 유희 작업을 하는 도중에 발생하는 여러 물리적인 현상들도 시뮬레이션하면 보다 사실적인 회화적 렌더링 결과를 얻을 수 있다.

7. 감사의 글

본 논문은 과학기술부 국가지정 연구소(2000-N-N L-01-C-285)의 지원으로 수행되었습니다.

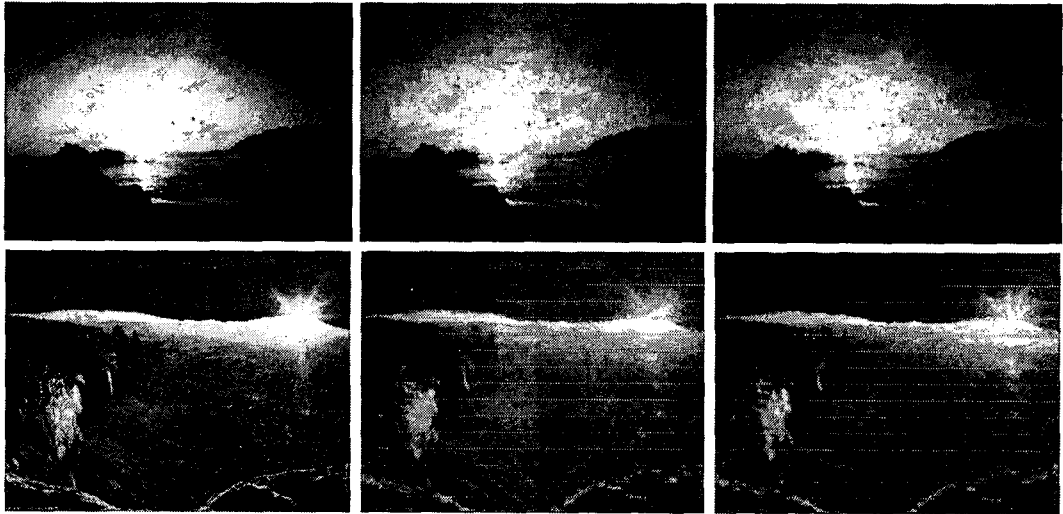
[참고문헌]

- [1] Paul Haeberli, Paint by Numbers : Abstract image representations, SIGGRAPH 90 Proceeding, pp207~214, 1990
- [2] Peter Litwinowicz, "Processing Images and Video for an Impressionist Effect", In

SIGGRAPH 97, pp.407~414, 1997

CGGM 2003, pp.~, 2003

- [3] Aron Hertzmann, "Painterly Rendering with Curved Brush Stroke of Multiple Sizes", In SIGGRAPH 98, pp.453~460, 1998.
- [4] Jeong-Seob, Cha, "A Directional Brush Stroke Generation for Painterly Rendering",
- [5] 나동근, 전기자기학, 광명 도서출판, 2001
- [6] HATJE CANTZ, Van Gogh : Fields - the field with poppies and the Artists' Dispute



(a) 입력 영상

(b) Circular

(c) Emissive

그림 5. 방향이 다른 렌더링 결과 영상

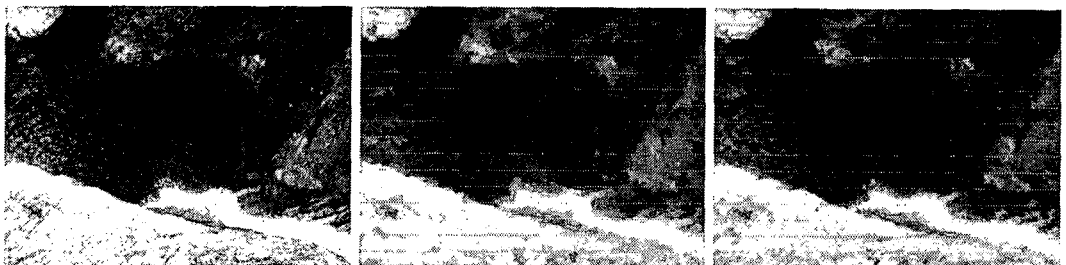


(a) 입력 영상

(b) Circular : 75

(c) Circular : 90

그림 6. 전류의 세기에 따른 원형 브러쉬 스트로크의 생성



(a) 입력 영상

(b) Hertzmann 방법

(c) 자기장 모델 적용

그림 7. 이미지 그레이디언트와 자기장 모델을 적용한 결과 영상 비교