

회화적 애니메이션에서 브러시 스트로크의 시간적 일관성을 유지하기 위한 모션 맵 생성

(Motion Map Generation for Maintaining the Temporal Coherence of Brush Strokes in the Painterly Animation)

박 영 섭 [†] 윤 경 현 ^{**}
(Youngsup Park) (Kyunghyun Yoon)

요 약 회화적 애니메이션은 비디오 동영상을 이용하여 손으로 그린 듯 한 회화적 느낌을 표현하는 방법이며 프레임 간 브러시 스트로크의 시간적 일관성을 유지하는 것이 가장 중요한 요소이다. 본 논문에서는 프레임 간 브러시 스트로크의 일관성을 유지하기 위한 모션 맵 생성을 제안한다. 모션 맵이란 모션이 발생한 에지 위치를 기준으로 해서 모션 정보를 더함으로써 프레임 간 에지가 움직이는 영역을 말한다. 본 논문에서 사용한 모션 추정 방법은 광류(optical flow) 방법과 블록 기반 방법을 이용하였으며 여러 가지 모션 추정 방법을 통해서 얻은 모션 정보(방향과 크기) 중 신호 대 잡음비(PSNR)가 가장 큰 방법을 최종 모션 정보로 선택하여 모션 맵을 생성하였다. 생성된 모션 맵은 다음 프레임의 덧칠 부분을 결정해 준다. 손으로 그린 듯 한 회화적 느낌을 표현하면서도 프레임 간 브러시 스트로크의 시간적 일관성을 유지하기 위해서 브러시 스트로크의 방향을 결정해주는 강한 에지에 대해서만 모션 정보를 적용하였다. 또한 다중노출기법과 소스 영상과 캔버스 간의 차이 맵을 이용하여 프레임 간 플리커링 현상을 줄이고자 하였다. 구조적 일관성을 유지하기 위해 국부 기울기 보간법(local gradient interpolation)을 이용하여 브러시 스트로크 간 방향의 일관성을 유지하였다.

키워드 : 회화적 렌더링 & 애니메이션, 모션 맵, 시간적 일관성, 국부 그라디언트 보간, 강한 에지

Abstract Painterly animation is a method that expresses painterly images with a hand-painted appearance from a video, and the most crucial element for it is the temporal coherence of brush strokes between frames. A motion map is proposed in this paper as a solution to the issue of maintaining the temporal coherence in the brush strokes between the frames. A motion map is the region that frame-to-frame motions have occurred. Namely, this map refers to the region frame-to-frame edges move by the motion information with the motion occurred edges as a starting point. In this paper, we employ the optical flow method and block-based method to estimate the motion information. The method that yielded the biggest PSNR using the motion information (the directions and magnitudes) acquired by various methods of motion estimation has been chosen as the final motion information to form a motion map. The created motion map determine the part of the frame that should be re-painted. In order to express painterly images with a hand-painted appearance and maintain the temporal coherence of brush strokes, the motion information was applied to only the strong edges that determine the directions of the brush strokes. Also, this paper seek to reduce the flickering phenomenon between the frames by using the multiple exposure method and the difference map created by the difference between images of the source and the canvas. Maintenance of the coherence in the direction of the brush strokes was also attempted by a local gradient interpolation to maintain the structural coherence.

Key words : painterly rendering & animation, motion map, temporal coherence, local gradient interpolation, strong edge

· 본 논문은 정통부 및 정보통신연구진흥원의 정보통신 선도기반기술개발 사업의 연구결과로 수행되었음

† 학생회원 : 중앙대학교 컴퓨터공학과

cookie@cglab.cse.cau.ac.kr

** 종신회원 : 중앙대학교 컴퓨터공학과 교수

khyoon@cau.ac.kr

논문접수 : 2005년 11월 3일

심사완료 : 2006년 5월 19일

1. 서 론

동영상을 입력으로 한 회화적 애니메이션에서 가장 중요하게 고려되어야 될 요소는 브러시 스트로크를 이용하여 프레임 간 객체들(전경과 배경)의 움직임이 발

생하는 부분을 손으로 그린 듯한 회화적 느낌을 표현하는 것과 프레임 간 브러시 스트로크의 시간적 일관성을 유지하는 것이다. 또한 객체들 간 구분하기가 어려운 2D 동영상에서 나타나는 에지들은 모션 정보가 비교적 정확하게 나타나는 부분이며 객체들을 쉽게 구분해주는 기준이 된다. 다시 말해서, 2D 영상에서의 에지 정보는 객체 간 구분을 지어주는 하나의 기준이 되며 움직임을 파악할 수 있는 핵심적인 요소이다. 본 논문에서는 비디오 동영상을 이용한 회화적 애니메이션을 표현하기 위해 페인트 온 글라스(Paint-on-glass) 애니메이션 기법[12]을 분석하고, 분석된 특징을 기반으로 에지 및 모션 정보를 이용하는 모션 맵 생성 알고리즘을 제안한다. 모션 맵이란 프레임 간 모션이 발생한 영역을 말한다. 즉, 모션이 발생한 에지들을 시작점으로 하여 모션 벡터를 더함으로써 프레임 간 에지가 움직이는 영역을 의미한다. 이런 방법으로 생성된 모션 맵은 다음 프레임의 브러시 스트로크의 덧칠 부분을 결정해준다.

모션 정보는 광류(Optical Flow) 방법[1]과 블록기반 방법[2]와 같은 모션 추정 방법을 통해서 얻을 수 있다 [3]. 광류 방법을 이용하여 생성된 모션 정보는 모션 방향은 비교적 정확하나 영상의 노이즈나 겹침 현상 때문에 모션 크기는 다소 부정확하다[3]. Litwinowicz[4], Hertzmann[5,6] 등 기존의 연구에서는 광류 방법만을 이용하여 모션 정보를 계산하였으나 본 논문에서는 두 가지 모션 추정 방법[1,2] 중 신호 대 잡음비(PSNR)가 가장 큰 방법을 선택함으로써 다소 부정확한 모션 정보를 개선하고자 하였다. 또한 브러시 스트로크의 여러 가지 파라미터 중 방향을 결정해주는 강한 에지들에 대해서만 모션 정보를 적용함으로써 프레임 간 일관성을 유지하고자 하였다.

브러시 스트로크의 특징은 색상, 방향, 크기 그리고 모양과 같은 여러 가지의 파라미터에 의해서 결정된다. 대부분의 회화적 렌더링 알고리즘[4-7]은 이러한 브러시 스트로크의 특징들 중 같은 모양과 같은 크기를 가지는, 매우 간단한 브러시 스트로크를 사용하였으며 영상을 브러시 스트로크의 폭에 따라 여러 그리드로 나눈 다음 스캔라인 순서대로 하나의 그리드에 하나의 브러시를 적용하였다. 이러한 이유 때문에 결과 영상은 실제 화가들이 그린 작품에서 나타나는 특징들과 비교하면 동적이고 강렬한 효과를 나타내지 못하고 정적이고 기계적인 느낌을 나타낸다. 본 논문에서는 직선 및 곡선의 모양과 굵부 그라디언트 보간법을 이용하여 브러시 스트로크의 방향성, 다양한 사이즈 그리고 다양한 길이를 가진 브러시 스트로크를 생성하였고, 이를 모션 맵에 적용하여 회화적 애니메이션을 수행하였다.

2. 관련연구

Litwinowicz와 Hertzmann은 이전 프레임에서 현재 프레임으로 브러시 스트로크를 옮기기 위해 모션 추정 방법 중 하나인 광류 방법을 사용하였다[4,6]. 그러나 이 방법은 이웃하는 픽셀들 간의 밝기정보만을 이용하여 계산하기 때문에 전경과 배경, 전경과 전경 사이의 겹치는 현상은 무시될 수밖에 없다. 본 논문에서 3D 데이터가 아닌 2D 영상을 사용하는데 있어서 나타날 수밖에 없는 문제점을 보완하기 위해서 광류 방법[1]과 블록 기반 방법[2]를 이용하였으며 여러 가지 모션 추정 방법을 통해서 얻은 모션 정보 중 신호 대 잡음비가 가장 큰 방법을 최종 모션 정보로 선택하였다.

Hertzmann[6]은 프레임 간 브러시의 일관성을 유지하기 위해서 페인트 온 글라스 애니메이션 기법과 유사한 페인트 오버(Paint-over) 방법과 디퍼런스 마스킹(Difference Masking) 그리고 모션 데이터를 이용하여 다음 프레임의 덧그리는 부분에 새로운 브러시를 생성하여 적용하였다. 그러나 이 방법은 두 가지의 문제점을 가지고 있다. 첫째, 비디오 영상은 노이즈나 겹침 현상 같은 문제점을 가지고 있기 때문에 프레임 간 완전치 않은 모션 정보가 계산된다. Hertzmann은 이러한 모션 정보를 이용하여 프레임 간 브러시의 방향, 위치 그리고 모양 등 모든 파라미터에 적용함으로써 브러시의 방향이 급변하는 부분에 대해서는 플리커링(flickering)의 문제점을 해결하지 못했다[6]. 본 논문에서는 모션 정보는 프레임 간 브러시 스트로크의 방향을 결정하는 강한 에지만 적용하고 모션 맵을 이용하여 플리커링 현상을 줄이고자 한다. 둘째, 실제 페인트 온 글라스 애니메이션에서는 이전 프레임의 캔버스를 그대로 다음 프레임의 초기 캔버스로 사용하고 덧그리는 부분만 찾아내서 브러시를 적용함으로써 프레임 간 시간적 일관성을 유지한다. 그러나 Hertzmann[6]은 이전 프레임의 캔버스를 모션 정보를 이용하여 이미지 와핑을 하고, 와핑된 캔버스를 다음 프레임의 초기 캔버스로 사용했다. 또한 현재 초기 캔버스와 현재 소스 영상을 이용하지 않고 와핑된 이전 소스 영상과 현재 소스 영상을 비교하여 디퍼런스 마스킹을 계산하였다. 이러한 방법으로 계산된 디퍼런스 마스킹을 이용하여 와핑된 이전 캔버스에 브러시를 칠할 경우 현재 소스 영상과는 많은 차이를 보일 수 있으며 플리커링 현상을 다음 프레임으로 옮겨지는 결과를 초래할 수 있다. 왜냐하면 시간적 일관성이 가장 잘 유지되는 영상은 소스영상이기 때문이다. 본 논문에서는 현재 소스 영상과 모션 맵을 적용한 캔버스 간 디퍼런스 맵을 계산함으로써 프레임 간 일관성을 유지하고자 하였다.

Hays는 문제점을 내포한 모션 정보 때문에 캔버스 상에 홀이 발생하거나 브러시의 특징이 일부 사라지는 현상이 생겨서 브러시의 특징을 재정의하여 프레임마다 브러시 스트로크를 생성하고 있다[7]. 브러시 재정의 과정에서 발생하는 홀을 덧칠하는 과정에서 발생할 수 있는 플러커링 현상을 줄이기 위해 각 프레임별로 브러시 스트로크의 색상에 대한 불투명도(opacity)를 10%씩 줄이는 과정을 적용함으로써 불투명도에 너무 의존적이라는 단점을 가지고 있다. 또한 직선 브러시만을 이용하여 텍스처를 사용함으로써 브러시 스트로크들이 프레임 간 단순히 이동한다는 느낌을 보여주고 있으며 브러시 스트로크의 모든 속성들을 모션 정보를 이용하여 다음 프레임으로 옮겨줌으로써 프레임 간 브러시 스트로크가 덧칠한 느낌이 아닌 단지 이동하는 느낌을 주고 있다.

3. 모션 맵 생성

모션추정이란 이전 프레임과 현재 프레임 사이의 모션 벡터를 추정하는 것을 말한다. 본 논문에서 사용한 모션 추정방법은 흐름 벡터(flow vectors) 사이에 픽셀 간 가장 작은 변화를 가지는 픽셀을 찾는 방법[1]과 블록 마스크 필터를 이용하여 블록 단위로 일치도가 가장 높은 픽셀을 찾는 블록기반 방법[2]이며 두 가지 모션추정 방법을 통해서 얻은 모션 정보(방향과 크기) 중 신호 대 잡음비가 가장 큰 방법을 최종 모션 정보로 선택한다.

페인트 온 글라스 애니메이션은 이전 캔버스에서 현재 캔버스로 변화되는 메타몰포시스(metamorphosis) 과정을 매우 효과적으로 표현할 수 있는 애니메이션 기법 중 하나이다. 페인트 온 글라스 애니메이션 작업 특성상 초당 24 프레임을 다 그릴 수 없기 때문에 초당 8 프레임을 렌더링하게 되는데, 이때 발생할 수 있는 프레임 간 부자연스러운 움직임을 보완하고 좀 더 유연한 움직임을 위해 렌더링 할 때 다중노출기법을 사용하여 디졸브(dissolve) 효과를 적용한다[12]. 또한 메타몰포시스 과정에서 프레임 간 변화가 일어나는 정도에 따라 적용하고자 하는 브러시 스트로크의 크기 및 덧칠 빈도수를 조절함으로써 급격한 변화가 발생하지 않도록 한다. 본 논문에서는 메타몰포시스 과정을 위해 모션 맵을 이용하여 캔버스위에 브러시 스트로크를 덧칠하였으며 다중노출기법을 구현하기 위해 일반적인 알파 블렌딩 방법을 사용하였다.

모션 맵은 인간의 시각정보처리 채널들 중 모양 및 움직임을 처리하는 채널에서 대상을 인식하는 방법을 적용하여 만들어지며, 이러한 인식방법은 움직임이 있는 대상(전경과 배경)의 에지 정보를 통해 알 수 있다. 본 논문에서 제안한 모션 맵은 에지 정보와 프레임 간 모

션 벡터를 이용하여 생성할 수 있다. 이러한 모션 맵은 프레임 간 모션 정보를 계산하여 이전 프레임의 에지의 위치에 모션 벡터를 더해줌으로써 모션 맵을 생성할 수 있다. 생성된 모션 맵은 다음 캔버스의 덧칠 부분을 결정해주며 손으로 그린 듯한 회화적 느낌뿐만 아니라 프레임 간 브러시 스트로크의 시간적 일관성을 유지시켜 준다.

3.1 모션 추정

BLACK[1]이 제안한 광류방법은 영상의 전 범위에 대하여 모션 추정을 계산할 수 있다. 그러나 추정된 모션 정보 중 모션의 방향은 비교적 정확한 정보를 얻을 수 있으나 모션의 크기는 다소 부정확하다[3]. 그에 비해서 BM[9]방법은 한 픽셀 당 블록 마스크 필터의 크기만큼 이전 프레임과의 픽셀 간 일치도가 가장 좋은 픽셀을 찾기 때문에 그림 1(c)의 영역 ②는 모션 정보를 계산할 수 없다는 단점은 있으나 광류방법보다는 정확한 모션 방향과 크기를 찾을 수 있다[3]. 본 논문에서는 그림 1처럼 전체 영역을 BM방법에서 사용되는 블록 마스크 사이즈에 의해서 ①과 ②로 나누어서 모션 벡터를 각각 계산하고 모션 추정한 방법 중 신호 대 잡음비가 가장 큰 방법을 선택한다.

표 1은 각 영역에 대해서 광류방법과 블록기반방법을 적용하여 계산된 신호 대 잡음비 계산결과이다. 이 결과는 15×15 블록 마스크 크기를 사용하였으며 블록 마스크의 크기가 클수록 비교적 정확한 모션 벡터를 얻을 수 있으나 계산 시간이 오래 걸린다는 단점이 있다. 그림 1(a-b)의 영상에 대하여 모션 벡터를 계산할 경우 표 1에 나타난 결과와 같이 그림 1(c)의 영역 ①은 BM 방법으로, 영역 ②는 BLACK방법으로 계산된 모션 정보를 적용한 후 전체 영역(①+②)에 대하여 신호 대 잡음비를 다시 계산한다. 이때 발생할 수 있는 문제점은 ①영역과 ②영역을 서로 다른 모션 추정 방법을 사용하여 영역들의 경계에서 모션 정보의 불연속성이 나타날 수 있다. 본 논문에서는 두 영역의 경계 부분에서 대한 모션 정보는 주변 픽셀들의 모션 정보를 이용하여 보간하였다. 왜냐하면 동영상에서 카메라의 움직임이나 객체들의 움직임이 크더라도 픽셀 단위로 움직이는 것이 아닌 객체 단위로 움직임이 발생하기 때문이다.

표 2는 전체 영역에 대하여 모션 정보를 얻을 수 있는 광류방법[1]과 본 논문에서 제안한 방법에 대하여 신호 대 잡음비를 계산한 결과이다. 식 (1)은 신호 대 잡음비를 계산하기 위한 식이며 파라미터 A는 추정된 모션 정보를 이용하여 이전 소스 영상을 와평한 영상이며 파라미터 B는 현재 소스 영상을 말한다. 본 논문에서 제안한 방법은 표 1-2처럼 항상 BLACK방법과 BM방법이 선택되는 것이 아니라 영상마다 신호 대 잡음비가

가장 큰 방법이 선택된다. 또한 전처리과정으로 모든 영상에 대하여 모션 정보를 계산함으로써 전체 렌더링 시간을 단축시켰다.



(a) 이전 소스 영상



(b) 현재 소스 영상



(c) 모션 추정을 하기 위한 영역 분할(BS : 블록 사이즈)
그림 1 모션 추정에 사용된 영상과 모션 추정 방법

$$T = \sum_{i=1}^{SZ} (A_i - B_i)^2 \quad (A, B : \text{영상정보})$$

$$PSNR(dB) = 10 \times \log_{10} \left(\frac{65025.0}{T/SZ} \right), \quad SZ: \text{픽셀개수} \quad (1)$$

표 1 그림 1(c)의 두 영역에 대한 신호 대 잡음비 계산결과

	PSNR(dB)(①영역)	PSNR(dB)(②영역)
BLACK[1]	22.45547	21.37762
BM[2]	26.14414	측정 불가

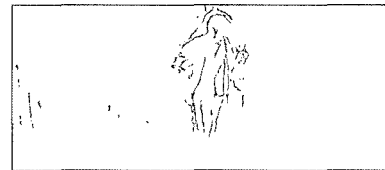
표 2 그림 1(c)의 영역 ①은 BM방법으로, 영역 ②는 LK방법으로 계산된 모션 정보를 적용한 후 신호 대 잡음비 계산결과

	PSNR(dB)(①영역+②영역)
BLACK[1]	21.923920
제안하는 알고리즘 (①:BM+②:LK)	25.71612

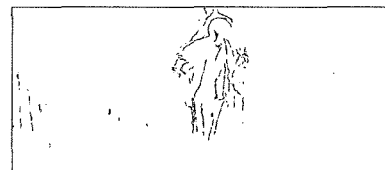
3.2 모션 맵

모션 맵을 만드는 과정은 4단계로 구성되어 있다. 첫째, 각 첫 번째 프레임에서 에지를 추출한다. 둘째, 3.1 절에서 제안한 모션 추정 방법을 통하여 두 프레임 간 모션 벡터를 계산한다. 셋째, 모션 맵을 생성하기 위해 에지 영상에서 모션이 발생한 부분만 남기고 나머지는 지운다. 마지막으로, 모션이 발생한 에지 부분에 모션 벡터를 더함으로써 모션 맵을 만들 수 있다. 그림 2(a)의 빨간색 부분의 픽셀들과 그림 2(b)의 파란색 부분의 픽셀들은 일대일 매칭이 되며 두 점 간의 라인을 그려 줌으로써 모션 맵을 만들 수 있다. 예를 들어, 그림 2(c)에서 점 A는 이전 프레임의 모션이 발생한 에지인 빨간 픽셀들 중 하나이며 점 B는 점 A에 모션 벡터 ($\Delta u, \Delta v$)를 더함으로써 얻을 수 있다. 다시 말해서, 프레임 간 빨간 라인에서 파란 라인으로 이동하며 에지가 움직이는 영역을 강한 모션 맵으로 설정한다. 그림 2는 모션 맵 생성 방법을 보여준다.

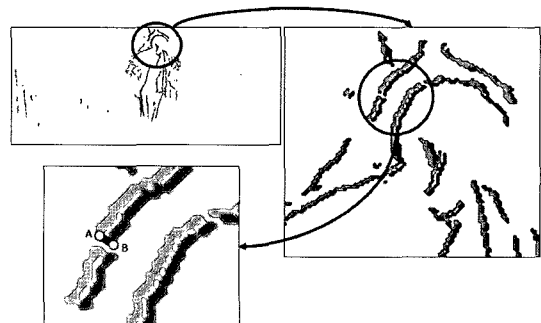
브러시 스트로크를 이용하여 손으로 그린 듯 한 자연 애니메이션 영상을 얻기 위해서는 프레임 간 색상 변화



(a) 모션이 발생한 에지 부분



(b) 모션이 발생한 에지 부분 + 모션 벡터 ($\Delta u, \Delta v$)



(c) (a)+(b) 영상

그림 2 모션 맵 계산 방법

가 발생하는 최소한의 영역을 덧칠해줌으로써 손으로 그린 듯한 느낌도 표현할 뿐만 아니라 브러시 스트로크의 플러킹 현상을 줄일 수 있다. 본 논문에서 제안한 방법은 프레임마다 다양한 크기를 가지는 브러시 스트로크를 전 영역에 새로 칠하지 않고 프레임 간 모션이 발생한 최소한의 영역에 대해서만 덧칠을 해주는 방식이다.

모션 맵 부분은 프레임 간 시각적인 변화가 뚜렷한 부분이기 때문에 현재 프레임의 초기 캔버스위에 모션 맵 부분을 칠할 때 다양한 사이즈를 가진 브러시 스트로크를 각 레이어별로 적용하였다. 각 레이어별로 모션 맵 부분에 적용할 때 브러시 스트로크의 사이즈를 결정하는 방법은 Hertzmann[5]의 방법과 유사한 방법으로 하나의 그리드 안에 하나의 브러시 스트로크를 칠한다. 그러나 식 (2)를 이용하여 그리드 안의 전체 영역과 모션 맵에 해당되는 영역의 비율이 특정 임계치를 넘을 경우에만 브러시 스트로크를 적용함으로써 모션 맵 부분을 크게 벗어나는 브러시 스트로크를 제거하였다. 식 (2)은 하나의 레이어를 브러시 스트로크의 폭에 따라 여러 개의 그리드로 나누고 하나의 그리드 안에 하나의 브러시 스트로크를 적용한다는 가정 하에 만들어진 식이다.

$$\frac{N_{motionmap}}{N_{all}} \geq TH \tag{2}$$

식 (2)에서 파라미터 N_{all} 은 하나의 그리드안의 픽셀 수이고, 파라미터 $N_{motionmap}$ 은 하나의 그리드 안의 모션 맵에 해당되는 픽셀 수이다. 또한 파라미터 TH 의 값과 브러시 스트로크의 덧칠 빈도수와는 반비례한다.

그림 3(d)와 그림 3(e)는 그림 3(c)의 모션 맵을 이용하여 브러시 스트로크를 생성한 영상이다. 그림 3(d)의 영상처럼 다음 프레임에 모션 맵 영역의 크기에 관계없이 여러 가지 브러시 스트로크를 적용할 경우 덧칠해지는 부분이 많아짐으로써 이전 프레임과의 색상 차이가 많이 나게 되어 더욱 더 많은 플러킹 현상을 야기할 수 있다.

4. 모션 맵을 이용한 회화적 애니메이션

4.1 방향

화가들은 일반적으로 그리고자 하는 대상의 외곽선을 따라 그림을 그린다. Litwinowicz[4]는 국부 그라디언트 보간법(local gradient interpolation)을 제안하였다. Litwinowicz[4]가 제안한 방법은 특정 위치의 그라디언트 크기가 0에 가까운 픽셀일 경우 그라디언트의 크기가 0이 아닌 주변 픽셀의 그라디언트 값으로 교체를 함으로써 브러시 스트로크의 방향을 결정하였다. 그래서 브러시 스트로크의 방향이 에지의 방향을 따르지 않는다는



(a) 이전 소스 영상



(b) 현재 소스 영상



(c) 모션 맵



(d) 전체 영역과 모션 맵 영역의 비율을 고려하지 않고 브러시 스트로크를 적용한 결과 영상



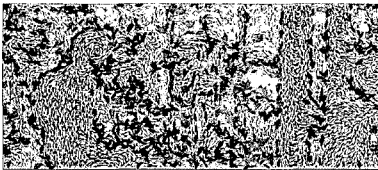
(e) 전체 영역과 모션 맵 영역의 비율을 고려하여 브러시 스트로크를 적용한 결과 영상(영역 비율에 대한 임계치 : 50% 적용)

그림 3 두 영상에 대한 모션 맵과 브러시 스트로크 적용 결과 영상

단점이 발생한다. 본 논문에서는 이런 단점을 보완하고자 브러시 스트로크의 방향을 결정하는 임의의 강한 에지(strong edges)를 설정하고 주변 픽셀의 방향을 강한 에지를 따르도록 보간하였다. 본 논문에서 제안한 방법은 Hays[7]의 방법과 유사한 방법이나 Hays[7]는 모든 강한 에지들에 대하여 방향을 계산해야 하기 때문에 계산 시간이 오래 걸린다. 그래서 본 논문에서는 특정 픽셀의 그라디언트를 계산할 때 주변에 있는 강한 에지들만 고려하여 계산하는 국부 보간법을 적용하였다. 그림 4는 모든 픽셀에 대한 방향 보간 결과를 보여주고 있다. 그림 4(a)는 Litwinowicz[4]가 제안한 방법을 이용하여 방향이 결정된 결과 영상이다. 해당 픽셀의 그라디언트 값이 0에 가까울 경우 주변에 있는 강한 에지의 방향만을 따르게 하였기 때문에 전반적으로 에지의 방향을 따르지 않는다. 그에 비하여 그림 4(b)는 모든 픽셀에 대하여 방향을 보간하였기 때문에 에지의 방향을 잘 따른다는 것을 알 수가 있다.



(a) Litwinowicz[4] 방법



(b) 본 논문에서 제안한 방법

그림 4 모든 픽셀에 대한 방향 보간 결과 영상

강한 에지를 찾는 방법은 3단계로 구분할 수 있다. 첫째, 세션화된 영상을 이용하여 에지 상에 존재하는 픽셀들의 그라디언트 크기를 계산한다. 둘째, 계산된 그라디언트 크기를 내림차순으로 정렬한다. 마지막으로 크기가 가장 큰 그라디언트를 선택하여 강한 에지로 설정하고, 선택된 강한 에지의 주변에 존재하는 에지들 중 강한 에지와 방향 차이가 특정 임계치(T)보다 적을 경우만 제거한다. 이 과정을 반복함으로써 여러 개의 강한 에지를 찾을 수 있다.

강한 에지를 이용한 그라디언트 보간 방법은 특정 위치 P를 기준으로 최단거리의 N배인 반지름 R안의 영역에 존재하는 강한 에지들의 거리에 대한 가중치를 계산하였다[8]. 반지름 R내에 존재하는 강한 에지들의 가중

치와 그라디언트의 합을 계산하여 나눔으로써 임의의 픽셀의 그라디언트를 구하였다. 변수 N은 실험치이며, 1.5~2.5사이의 값을 사용하였다.

$$W(i) = \left(\frac{MD}{D(i)} \right)^b, i = 1 \dots M \quad (3)$$

식 (3)은 각 픽셀에 영향을 미치는 강한 에지들의 가중치를 계산하는 식이다. 파라미터 MD는 점 P에서 반경 R내에 존재하는 강한 에지들 중 최단거리이며 MD로 표시하였다. 파라미터 D(i)는 점 P에서 반경 R내에 존재하는 강한 에지들 간의 거리이다. 파라미터 M은 반경 R내에 존재하는 강한 에지들의 개수이고 b는 상수이다. 점 P와 반경 R은 그림 5(c)에서 설명하고 있다. 이 방법은 몰핑[9]에서 사용된 보간법을 변형하여 사용하였다. 그림 5는 본 논문에서 제안한 방법을 이용하여 생성된 강한 에지 영상과 보간된 그라디언트 영상을 보여주고 있다.

4.2 색상

색상은 화가의 주관적인 동기에 매우 의존적이며 화가들마다 개개인의 독특한 팔레트 색상을 가지고 있다. 특히, 인상파 화가들은 일반판화의 평면적 형태의 영향을 받았다. 본 논문에서는 이러한 특징을 고려하여 칼라양자화[8,10,11] 방법과 명도 단계를 256단계에서 12단계로 줄여 평면화하는 과정을 시도하였다. 특히 회화적 렌더링은 픽셀 단위로 처리되는 것이 아니라 브러시 스트로크가 칠해지는 임의의 영역 단위로 처리되기 때문에 소스 영상을 구성하고 있는 모든 색상을 적용할 필요는 없다.

4.3 모양 및 크기

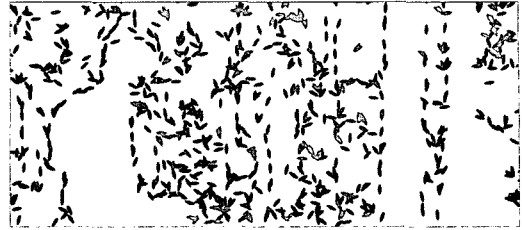
브러시 스트로크의 크기는 적용되는 영역 크기에 따라 4~32 픽셀의 크기를 가진다. 큰 브러시에서 작은 브러시 순으로 각 분할된 영역을 칠한다. 브러시 스트로크의 모양은 스플라인 곡선으로 표현하였으며 에지 클리핑 적용으로 인하여 직선 브러시 스트로크도 표현하였다. 스플라인 곡선의 제어점(control point)은 각 픽셀의 보간된 기울기를 참조하여 선택되며, 스트로크의 시작점에서 기울기를 따라 최소 2개, 최대 10개의 제어점을 따르는 스플라인 곡선을 기준으로 상하 또는 좌우 방향으로 주어진 너비만큼 확장하여 표현하였다.

4.4 프레임 간 일관성 유지

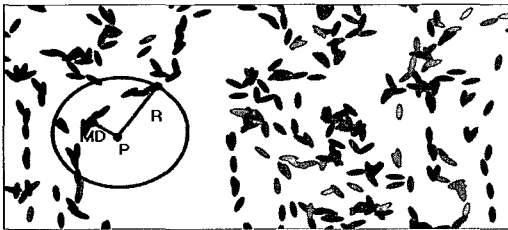
프레임 간 일관성 유지를 위해서는 무엇보다도 정확한 모션 정보를 알아야 한다. 그러나 모션 정보를 계산하는 기존 방법들[1,2]은 비디오 영상에 존재하는 노이즈나 겹침 현상 때문에 정확한 모션 정보를 얻을 수 없다[3]. 회화적 애니메이션을 연구한 기존 연구자들[4-7]은 이런 모션 정보를 모든 브러시 스트로크의 파라미터에 적용함으로써 플러커링 현상을 초래하였다. 특



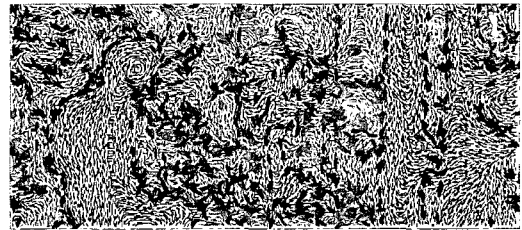
(a) 소스 영상



(b) 강한 에지 영상



(c) 강한 에지를 이용하여 그라디언트 보간 설정 과정



(d) 강한 에지를 이용한 그라디언트 보간 영상

그림 5 강한 에지 영상과 그라디언트 보간 영상

히 Hays[7]는 불투명도 의존도가 너무 높아서 프레임 간 브러시 스트로크가 다시 칠해지는 느낌이 아닌 단순히 이동한다는 느낌을 주고 있다. 본 논문에서는 프레임 간 일관성을 유지시켜주기 위해서 브러시 스트로크의 파라미터 중 방향을 결정해주는 강한 에지들만 모션 정보를 적용하였다. 왜냐하면 임의의 임계치를 이용하여 찾은 에지 영상은 프레임마다 다른 결과를 생성함으로써 강한 에지들의 위치가 바뀔 수 있기 때문이다. 강한 에지들의 위치가 프레임마다 바뀌게 되면 브러시 스트로크의 방향도 바뀌게 되기 때문이다. 그림 6은 브러시 스트로크 방향에 대한 일관성 유지를 위해 모션 정보를 이용하여 강한 에지들을 이동한 결과 영상이다.

프레임 간 일관성을 유지하기 위한 또 다른 방법은 그림 7처럼 다중노출기법[12]을 적용하여 대상의 자연스러운 움직임을 표현하였다. 이 기법은 1, 4번 영상만을 렌더링하고 2번 영상은 7(1번영상):3(4번영상) 비율, 3번 영상은 3(1번영상):7(2번영상) 비율로 블렌딩하여 중간

프레임을 만들어냄으로써 대상의 자연스런 움직임을 표현하였다. 이 방법은 움직임이 많은 영상에 효과적이며 프레임 간 같은 위치에 적용되는 브러시 스트로크의 색상 차이가 많을 경우에 발생할 수 있는 플터커링 현상을 완화시킬 수 있는 장점이 있다.

프레임 간 일관성을 유지하기 위한 마지막 방법은 모션 맵을 적용한 캔버스와 소스 영상과의 차이 맵(difference map)을 만들어 가장 작은 브러시로 한 번 더 덧칠해주는 것이다. 이때 적용되는 영역은 그림 3(c)의 영역이다. 이 영역은 모션은 발생하나 주변 픽셀들과 밝기 차이가 뚜렷하지 않아서 모션 맵에 나타나지 않은 부분이다. 이 부분 또한 프레임마다 변화는 발생할 수 있기 때문에 모션 맵 부분에 브러시 스트로크를 적용한 캔버스와 현재 소스 영상간의 차이 맵을 만들고 그 맵을 기준으로 모션 맵 영역을 덧칠하였다. 본 논문에서 적용한 방법은 와핑된 이전 소스 영상과 현재 소스 영상 간에 차이 맵을 만들어 캔버스에 적용하는 Hertzmann



(a) Hertzmann[5]의 방법



(b) 본 논문에서 제안한 방법

그림 6 결과 영상



(a) 1st 소스 영상



(b) 1s 최종 캔버스 & 4th 초기 캔버스



(c) 4th 소스 영상



(d) (a),(c)영상을 이용하여 만든 모션 맵



(e) 모션 맵을 적용하여 생성한 결과 영상(큰 브러시에서 작은 브러시 순으로 적용)



(f) (b)영상 + (e)영상



(g) 모션 맵 부분을 제외한 영역에 대한 결과 영상(가장 작은 브러시만을 이용하여 덧칠)



(h) 두 번째 최종 캔버스((f)영상 + (g)영상)

그림 9 모션 맵을 이용한 회화적 애니메이션의 각 단계별 결과 영상

출 기법을 적용하여 만든 결과영상이다. 비디오 동영상에서 초당 8프레임 소스 영상을 추출한 후 렌더링을 하고 그 사이의 영상은 블렌딩을 적용하여 자연스러운 움직임 표현하였다. 그림 9는 프레임 간 일관성 유지를 위한 각 단계별 결과 영상을 보여주고 있다. 모션 맵을 이용하여 브러시 스트로크를 생성하고 덧칠한 영상과 소스 영상간의 차이 맵 을 만들어 한 번 더 덧칠해줌으로써 프레임 간 일관성을 유지하였다. 그림 10은 여러 장면에 대한 결과 영상이다. 본 논문에서 제안한 방법을

이용하여 생성한 더 많은 이미지와 동영상은 우리의 웹 페이지(<http://cglab.cse.cau.ac.kr/npr/index.html>)에서 볼 수 있다.

6. 결론 및 향후연구

본 논문에서는 모션 맵 기반 회화적 애니메이션 방법을 제안하였다. 에지 정보와 모션 추정을 통해 얻은 모션 정보를 이용한 모션 맵을 생성하여 프레임 간 덧그리는 부분을 구분하였다. 또한 프레임 간 일관성 유지를

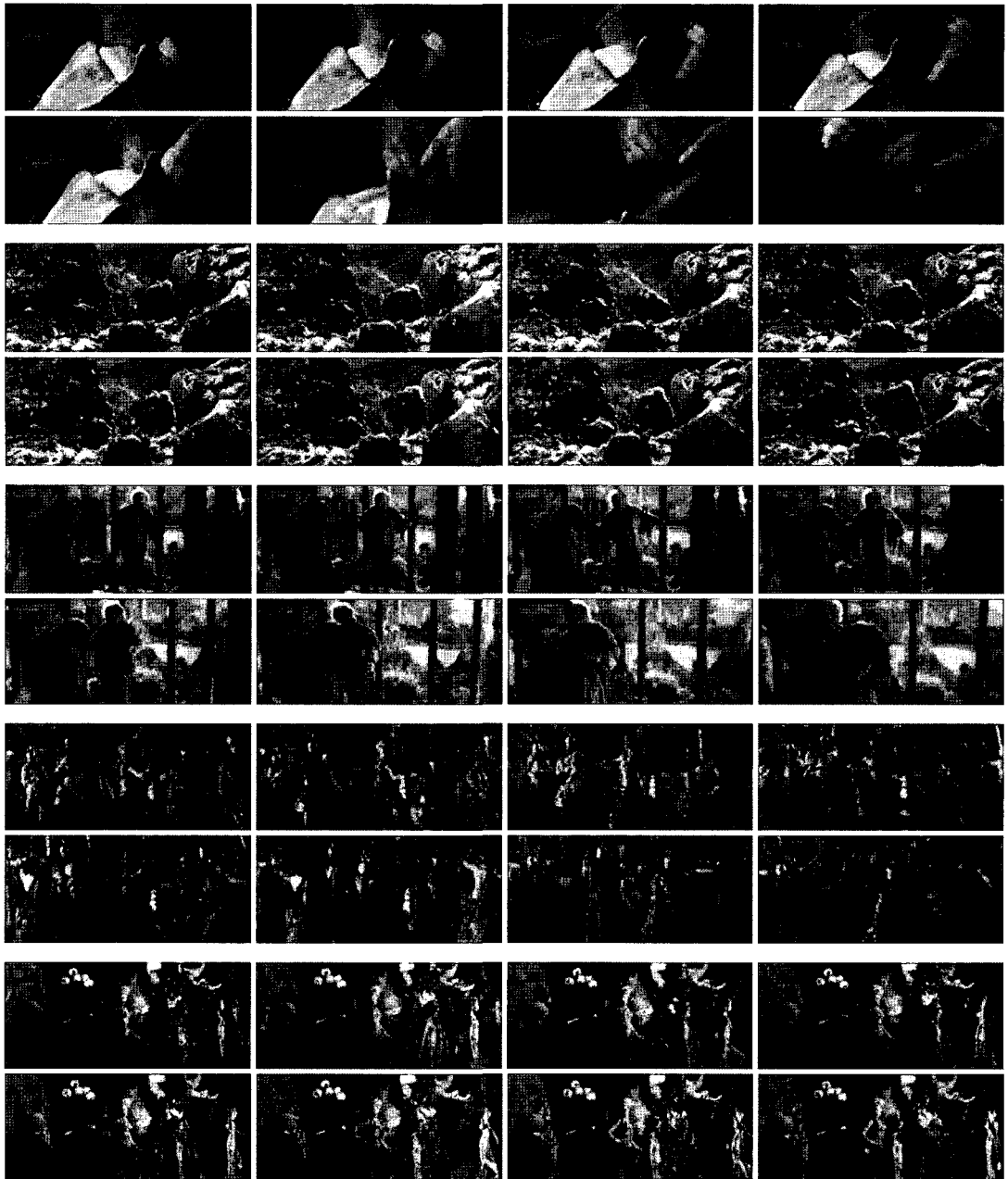


그림 10 결과 영상

위하여 브러시 스트로크의 방향을 결정하는 강한 예지들만 모션 정보를 이용하였으며 대상의 자연스러운 움직임을 표현하기 위해 다중노출 기법[12]을 적용하였으며 모션 맵을 적용한 캔버스와 소스 영상간의 차이 맵을 만들어 한 번 더 덧칠하였다. 또한 이전 캔버스와 현재 소스 영상 간에 차이 맵을 만들어서 가장 작은 브러시 스트로크를 한 번 더 적용함으로써 플리커링 현상을

줄였다.

프레임 간 강한 예지들의 정확한 위치 선정 방법과 일대일 매칭 방법이 필요하다. 그리고 실제 회화작품에서 나타나는 브러시 스트로크의 특징들 중 색상 대비효과 부분과 거친 붓이나 나이프를 이용하여 표현되는 브러시 텍스처, 글레이징 효과들을 분석하여 시뮬레이션하는 것이 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] M. BLANK and P. Anandan, "Robust dynamic motion estimation over time," CVPR'91, pp.296-203, 1991.
- [2] T. Koga, K. Iinuma, A. Hirano, Y. Iijima and T. Ishiguro, "Motion-compensated interframe coding for video," NTC'81, pp. G.5.3.1-G.5.3.4, 1981.
- [3] A.M. Tekalp, Digital Video Processing, pp.72-116, Prentice-Hall, 1995.
- [4] P. Litwinowicz, "Processing Images and Video An Impressionist Effect," SIGGRAPH'97, pp.407-414, 1997.
- [5] A. Hertzmann, "Painterly rendering with curved brush strokes of multiple sizes," SIGGRAPH'98, pp.453-460, 1998.
- [6] A. Hertzmann, K. Perlin, "Painterly Rendering for Video and Interaction," NPAR'2000, pp.7-12, 2000.
- [7] J. Hays and I. Essa, "Image and Video Based Painterly Animation," NPAR'2004, pp.113-120, 2004.
- [8] Y.S. Park and K.H. Yoon, "Adaptive Brush Stroke Generation for Painterly Rendering," EG'2004 - Short Presentations, pp.65-68, 2004.
- [9] T. Beier, S. Neely, "Feature Based Image Metamorphosis," SIGGRAPH'92, pp.35-42, 1992.
- [10] Y. Deng, B.S. Manjunath and H. Shin, "Color Image Segmentation," CVPR'99, pp.2446-2451, 1999.
- [11] Y. Deng, C. Kenney, M.S. Moore and B.S. Manjunath, "Peer group filtering and perceptual color image quantization," ISCAS'99, pp. IV21 - IV24, 1999.
- [12] K. Laybourne, Animation Book, Three Rivers Press, 1998.



박 영 섭

1995년 2월 대전대학교 전자계산학과 공학사. 2001년 8월 중앙대학교 영상공학과 컴퓨터 그래픽스 전공 공학석사. 2006년 05월 현재 중앙대학교 컴퓨터공학과 박사과정. 관심분야 회화적 렌더링 & 애니메이션, 모자이크 렌더링, 영상 기반

렌더링



윤 경 현

1980년 2월 중앙대학교 전자계산학과 공학사. 1983년 2월 중앙대학교 전자계산학과 공학석사. 1983년~1985년 한국전기연구소 연구원. 1988년 University of Connecticut 전자계산학과 공학석사. 1991년 University of Connecticut 전자계산학과 공학박사. 1991년~현재 중앙대학교 컴퓨터공학과 교수. 관심분야는 비사실적 렌더링, 회화적 렌더링, 모자이크 렌더링, 영상 기반 렌더링