

다양한 에지를 이용한 모션영역 기반 회화적 애니메이션

박영섭[○] 윤경현*

서울시 동작구 흑석동 221 중앙대학교 공과대학 컴퓨터공학과 컴퓨터그래픽스연구소

aupres98@hanmail.net[○], khyoon@cau.ac.kr *

Motion Areas based Painterly Animation using Various Edges

Youngsup Park[○] Kyunghyun Yoon*

University of ChungAng, School of Computer Science & Engineering,

221, HeukSuk-Dong, DongJak-Gu, Seoul, Korea

요 약

본 논문에서는 동영상을 입력하여 손으로 그린 듯 한 회화적 애니메이션을 생성하기 위한 방법을 제안한다. 회화적 애니메이션에서 가장 중요한 요소 중 하나는 프레임 간 브러시 스트로크의 시간적 일관성을 유지하는 것이다. 이것은 프레임 간 브러시 스트로크들의 부드러운 움직임을 보장해주는 중요한 역할을 한다. 본 논문에서는 브러시 스트로크의 부드러운 움직임을 위해서 모션 영역들을 이용한다. 모션 영역은 프레임 간 객체들이 움직이는 영역을 의미하며 두 가지 타입으로 구성되어져 있다. 강한 모션 영역은 연속되는 두 장의 프레임 간 평균된 모션 벡터에 의해서 리얼 에지 및 히든 에지가 움직이는 영역을 말한다. 리얼 에지는 객체들의 윤곽선을 의미하며 히든 에지는 그라데이션 현상이 나타나는 영역에서 명암의 결의 방향을 표현하기 위한 경계를 의미한다. 약한 모션 영역은 모션이 발생한 전체 영역 중 강한 모션 영역을 뺀 영역을 말한다. 회화적 애니메이션에서 시간적 일관성은 이러한 모션 영역들을 이용하여 캔버스 위에 브러시들을 덧칠함으로써 유지될 수 있다.

Abstract

In this paper, we present a novel method for creating a hand-painted painterly animation, starting from a video input. One of the most important aspects in painterly animation is to maintain the temporal coherence of brush strokes between frames, which plays a vital role to warrant a smooth transition between frames. Our unique utilization of motion areas enables users to produce a smooth movement of brush strokes. The motion areas are the parts where objects move between frames and they are categorized in two main types. A strong motion area is the part where the movement of real edges and hidden edges is determined by the motion vector between frames. The real edge is the outline of an object and the hidden edge is the boundary to represent the direction of a grain of intensity in the areas with gradations. A weak motion area is the remainder after subtracting the strong motion area from the entire motion area. Temporally coherent painterly animation is achieved by re-painting the brush strokes on the canvas using two motion areas, resulting in a natural and hand-painted appearance.

키워드 : 회화적 애니메이션, 모션 영역, 시간적 일관성, 브러시 스트로크

Keywords : Painterly Animation, Motion Areas, Temporal Coherence, Brush Strokes

1. 서론

회화적 애니메이션은 연속된 입력 영상들에 브러시 스트로크를 덧칠함으로써 손으로 그린 듯 한 회화적 느낌을 표현하는 방법으로 프레임 간 브러시 스트로크의 시간적 일관성을 유지해야 한다. 프레임 간 시간적 일관성을 유지하기 위해서, 전경이 한 장면을 가로질러 움직일 때 배경의 새로운 픽셀들이 나타나는 영역들을 찾아내는 것이 중요하다. 본 논문에서는 이러한 영역들을 찾아내기 위해서 페인트 온 글라스(Paint-on-glass) 애니메이션[1] 기술을 기반으로 하는 새로운 방법을 제안한다.

페인트 온 글라스 애니메이션은 종이가 아닌 유리위에 브러시 스트로크를 덧칠하여 애니메이션화 하는 것을 말한다. 이 방법은 다음 프레임의 이미지를 만들 때 이전 프레임에 객체들의 움직임이 발생하여 이전 프레임과의 색상 차이가 발생하는 부분을 지우거나 그 위에 다시 브러시 스트로크를 덧칠함으로써 부드럽게 연결된 움직임을 얻을 수 있다. 이 방법에서, 애니메이터는 프레임 간 브러시 스트로크의 시간적 일관성을 유지하기 위해 이전 프레임위에 덧칠하는 영역을 정확히 찾아내야 한다. 본 논문에서는 이전 프레임위에 덧칠되어지는 영역들을 자동으로 찾아내기 위해 다양한 에지들과 프레임 간 객체들의 모션 벡터를 이용하였다.

대부분의 화가들은 입체감을 표현하기 위해서 그리고자 하는 객체들의 명암의 방향을 따른다[2][3]. 명암의 방향은 에지 정보에 의해서 인지될 수 있다. 또한, 에지는 애니메이션에서 가능한 한 보존되어지며 프레임 간 변화를 확인하기 위한 요소이다. 이러한 이유 때문에 본 논문에서는 프레임 간 객체들의 변화가 시작되는 위치를 찾기 위해 리얼 에지와 히든 에지를 사용한다. 리얼 에지는 모든 객체들의 외곽선을 의미하며 밝기변화가 급격한 부분에 나타나며 캐니 에지 필터를 이용하여 표현될 수 있다. 히든 에지는 명암이 점차적으로 변하는 영역에 나타나는, 캐니 에지 필터를 이용해서 찾을 수 없는, 에지를 의미한다. 본 논문에서는 두 가지 종류의 에지와 프레임 간 모션 벡터를 이용하여 모션 영역을 생성하였다.

모션 영역은 프레임 간 객체들이 움직임으로써 변화가 발생하는 영역을 의미하며 두 가지 타입이 있다. 강한 모션 영역은 이전 프레임의 에지들이 광류(Optical Flow) 방법을 사용하여 평가된 모션 벡터에 의해서 이동하는 영역을 의미한다. 약한 모션 영역은 모션이 발생한 전체 영역에서 강한 모션 영역을 제외한 영역을 말하며, 이 영역을 설정하기 위해 모션 벡터의 크기가 고려되어야 한다. 이러한 과정을 통해서 만들어진 모션 영역들은 연속되는 프레임 상에 브러시 스트로크가 추가될 위치를 결정해준다.

2. 관련 연구

동영상으로부터 프레임 간 브러시 스트로크의 시간적 일관성을 고려하지 않고 회화적 애니메이션을 만들어내는 것은 매우 어렵다. 시간적 일관성이 고려되지 않을 경우, 애니메이션은 프레임 간 브러시 스트로크의 위치나 모양이 고정되

어진 상태로 유지되는 “샤워도어” 현상이 나타난다.

회화적 애니메이션에서 “샤워 도어” 현상을 줄이기 위해 여러 기술들이 개발되었다[4,5,6,7,8,9]. Litwinowicz은 각 브러시들간의 거리를 조절함으로써 홀을 채웠다[4]. Hertzmann [5][6] and Hays [7]는 소스 영상과 결과 영상간의 색상차이 맵을 사용함으로써 브러시 스트로크를 추가하는 방법을 사용하였다. 동영상으로부터 시간적 일관성이 유지되는 예술적인 애니메이션을 만들기 위하여 collososse는 각 프레임을 영역분할하고 시공간 불륨을 영역분할된 각 영역을 연결함으로써 형성하였다[8]. 이 방법은 연속적인 표면을 복셀 객체에 맞춤으로써 형성된 시간적으로 유현한 처리과정을 설명하고 있다. Bousseau는 텍스처에 대한 일관성을 유지하기 위해 광류의 라인을 따르는 텍스처 어드백션(texture advection)을 제안하였다[9]. 이 방법은 프레임 간 유지되는 브러시 스트로크의 규칙적인 공간을 얻을 수 있다. 그러나 프레임 간 재배치되는 브러시 스트로크는 실질적인 오일 페인팅에서는 유지되지 않는다[1].

영상 또는 동영상에서 다양한 에지들을 찾기 위한 여러 방법들이 있다. 명도기반 에지 검출 기술[10][11]들은 칼라 에지 검출을 하기 위해 각각의 그라디언트(Gradient) 맵으로부터 거리값을 계산함으로써 얻을 수 있다. Gevers [12]는 그림자 에지, 하이라이트 에지 그리고 물질 에지로 에지들을 분류하였다. 그러나, 이 방법들은 그라데이션 현상이 나타나는 영역에서는 에지를 찾을 수 없다. 본 논문에서는 그라데이션(Gradation) 현상이 나타나는 영역에서 에지를 찾기 위해 간단하고 새로운 방법을 제시한다.

3. 리얼 에지와 히든 에지

모션 영역들을 찾기 위해서 사용될 에지들은 두 가지 제약 사항들을 만족해야 한다. 하나는 프레임 간 객체들이 움직이는 속도와 상관없이 객체들 간 구분될 수 있어야 한다. 다른 하나는 프레임 간 객체들의 움직임으로 인하여 모양이 변형되는 것을 인지해야 한다. 이러한 조건들을 만족하기 위해 본 논문에서는 리얼 에지와 히든 에지를 이용하고자 한다.

3.1 리얼 에지

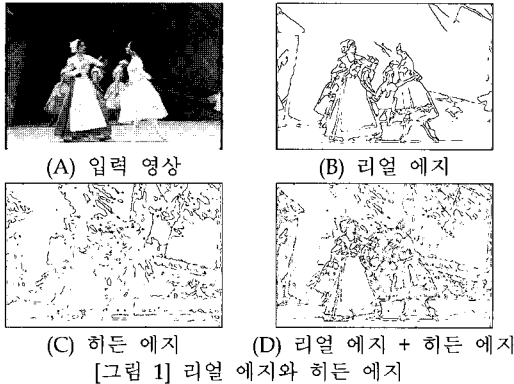
리얼 에지는 객체들의 윤곽선을 의미한다. 윤곽선은 영상에서 객체와 객체 사이를 구분하며 객체들의 모양을 결정한다. 본 논문에서는 영상 또는 비디오 동영상에서 객체들의 윤곽선을 찾기 위해 캐니 에지 필터를 이용하였다. 왜냐하면 캐니 에지 필터는 비디오 동영상에서 에지의 시간적 일관성이 다른 에지 필터들보다 비교적 잘 유지되는 에지 필터이기 때문이다. 그림 1(B)는 캐니 에지 필터를 이용한 리얼 에지를 보여준다.

3.2 히든 에지

주변 픽셀들 간 밝기가 점진적으로 변하는 영역에서는 에지를 찾기가 매우 어렵다. 왜냐하면 에지 필터[13]는

주변 픽셀들 간의 밝기 차이 값이 사용자가 지정한 임계치보다 클 경우에서만 에지로 설정하기 때문이다. 히든 에지는 그라데이션 현상이 나타나는 영역에서 명암의 결의 방향을 표현하기 위한 경계를 의미한다. 본 논문에서는 간단한 양자화(Quantization) 이론을 이용하여 히든 에지를 찾고자 한다.

히든 에지를 생성하는 과정은 3 단계로 구성되어 있다. 첫째, 히스토그램 균등화를 적용한다. 이 과정은 영상에서 눈에 띄는 시각적인 차이를 만들 수 있다. 둘째, 균등화된 영상을 이용하여 양자화를 한다. 연속적인 명암도는 N개의 이산 명암도 중에 하나를 각 표본에 지정함으로써 간단하게 양자화한다. 셋째, 양자화된 영상을 이용하여 이산 명암 값의 경계를 에지로 설정함으로써 히든 에지를 만들 수 있다. 그림 1(C)는 히든 에지(N=6)를 보여준다.



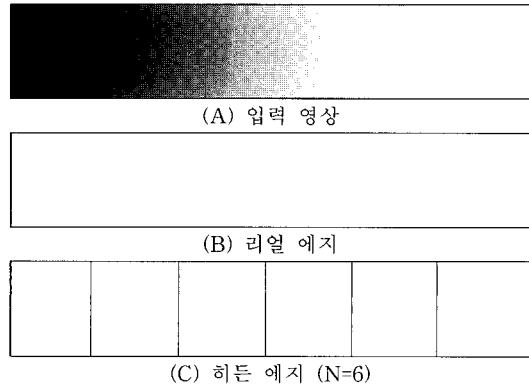
[그림 1] 리얼 에지와 히든 에지

그림2는 그라데이션 현상이 나타나는 영상에서 캐니 에지 필터를 이용한 리얼 에지와 양자화 이론을 적용한 히든 에지를 보여준다. 그림 2(C)는 N = 6을 이용한 히든 에지이다. 그림 2(A)와 같이 그라데이션 현상이 나타나는 부분에서는 리얼 에지를 찾을 수 없기 때문에 프레임 간 객체들의 움직임을 자세하게 인지할 수 없을 뿐만 아니라 브러시 스트로크를 덧칠하기 위한 방향을 결정할 수도 없다. 본 논문에서는 그림 1(D)와 같이 리얼 에지와 히든 에지를 모두 고려하여 프레임 간 객체들의 움직임을 파악하고 브러시 스트로크의 방향을 결정하고자 한다.

4. 모션영역 기반 회화적 애니메이션

모션 영역은 카메라의 움직임 또는 프레임 t-1상의 객체들의 움직임으로 인하여 $C(X, t-1)$ 과 $C(X, t)$ 의 색상 차이가 발생한 영역이다. $X = (x, y)$ 는 스크린 좌표를 의미하며 $C(X, t)$ 는 위치 X에 디스플레이 될 색상을 의미한다. 또한, 객체들의 움직임이 발생하였는지 아닌지를 결정하는 기준은 모션 벡터의 크기에 의해서 결정된다. 모션 영역은 강한 모션 영역과 약한 모션 영역으로 구성되어 있다. 이러한 모션 영역은 덧칠된 한 프레임에서 다음 프

레이스로 변환되기 위해 필요한 브러시 스트로크를 생성하기 위해서 사용된다.



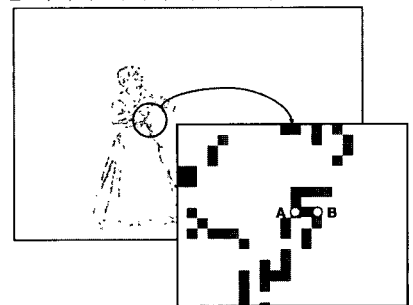
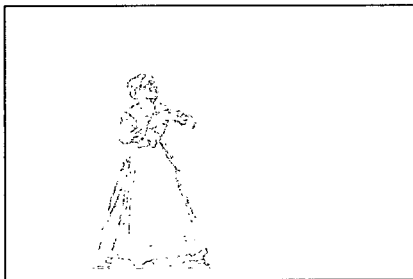
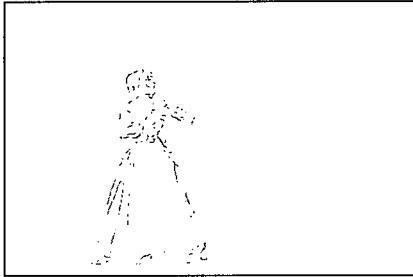
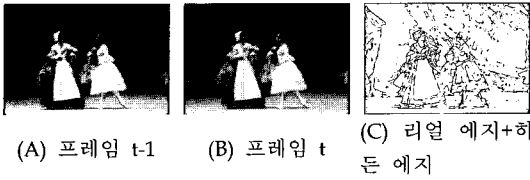
[그림 2] 그라데이션 현상이 나타나는 영상에서의 리얼 에지와 히든 에지

4.1 강한 모션 영역

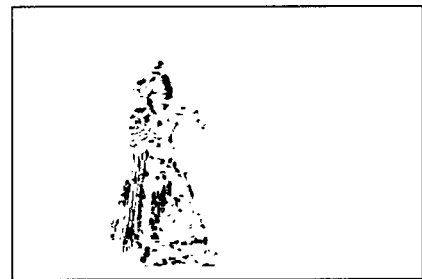
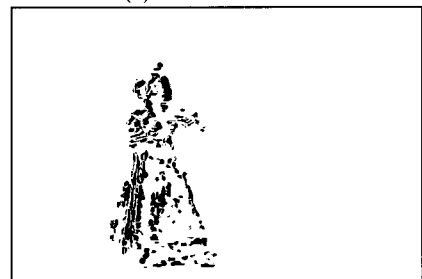
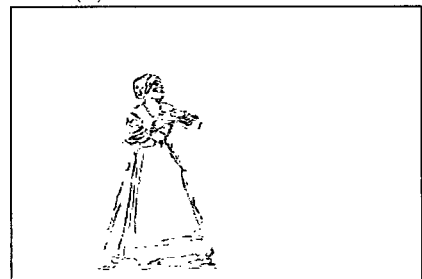
프레임 t에서의 강한 모션 영역은 모션 벡터 V에 의해서 프레임 t-1의 리얼 에지와 히든 에지가 옮겨짐으로써 만들어진다. 벡터 필드는 비디오로부터 추출된 광류로부터 얻어진다[14][15]. 모션 벡터 V는 프레임 t-1부터 t까지 스크린 좌표 X의 시간적 변화를처럼 정의된다. 강한 모션 맵을 만드는 과정은 4단계로 구성된다. 첫째, 각 프레임에서 에지를 추출한다. 둘째, 광류 방법을 이용하여 연속적인 두 프레임 간 모션 벡터 V를 계산한다. 셋째, 강한 모션 영역을 찾기 위해 정적인 에지는 모두 지우고 프레임 간 움직임이 있는 동적인 에지는 남겨둔다. 동적인 에지는 전체 에지 중 모션 벡터의 크기가 1.0 이상인 에지를 말한다. 마지막으로, 동적인 에지에 모션 벡터 V를 더함으로써 강한 모션 영역은 생성된다. 그림 3은 강한 모션 영역을 만드는 과정을 보여준다. 그림 3(D)는 프레임 간 움직이는 에지를 설명한다. 그림 3(E)는 모션 벡터 $V(X, t)$ 에 의해서 옮겨지는 움직이는 에지들을 보여준다. 그림 3(D)에서의 빨간 픽셀들과 파란 픽셀들은 연속적인 두 프레임 간 일대일 매칭이 된다. 강한 모션 영역은 그림 3(F)에서 보여준 것처럼 점 A(X)에서 B(X)까지 라인을 그림으로써 얻을 수 있다. 다시 말해서, 강한 모션 맵은 점 A(X)에서 B(X)까지의 영역이라고 할 수 있다.

4.2 약한 모션 영역

프레임 t에서의 약한 모션 영역은 모션이 발생한 모든 영역에서 강한 모션 영역을 제외한 나머지 영역으로 정한다. 그러나 이것은 모션의 발생 유무만을 고려하였을 때의 영역을 의미한다. 본 논문에서는 약한 모션 영역을 생성할 때 모션의 발생 유무와 모션 벡터의 크기를 동시에 고려하였다. 왜냐하면 모션 벡터의 크기를 고려하지 않고 약한 모션 영역이 생성될 경우 영역이 매우 넓어지



[그림 3] 강한 모션 영역이 만들어지는 과정



[그림 4] 약한 모션 영역

기 때문이다. 모션 영역이 넓어진다는 것은 덧칠할 브러시 스트로크의 수가 증가한다는 것이고, 프레임 간 브러시 스트로크의 플리케이션 현상을 증가시키는 원인이 된다. 그림 4는 약한 모션 영역을 만드는 과정을 보여준다.

4.3 강한 모션 영역에 브러시 스트로크 적용

강한 모션 영역은 에지 부분을 포함하고 있기 때문에 객체들 간 명암의 뚜렷한 변화를 가진다. 이러한 영역에 다양한 크기를 가지는 최소한의 브러시 스트로크를 덧칠함으로써 움직이는 객체들을 자세하게 표현할 수 있을 뿐만 아니라 프레임 간 브러시 스트로크의 플러커링 현상을 줄일 수 있다.

강한 모션 영역에 덧칠되는 브러시 스트로크는 총 6 종류(그림 6)이고 각 브러시별 4 종류의 크기를 가진다. 이러한 브러시 스트로크들 중 강한 모션 영역에 덧칠할 브러시 스트로크를 결정하기 위해서, 브러시 스트로크는 두 가지 조건을 만족해야 한다. 첫째, 덧칠될 브러시 스트로크는 강한 모션 영역 중 덧칠될 영역과 브러시 마스크 사이의 XOR 연산을 통하여 계산되는 최소한의 픽셀 수를 가져야 한다(식 (1)). 강한 모션 영역과 브러시 마스크는 이진 영상이다. 둘째, 브러시 스트로크가 덧칠될 캔버스 영역과 이 영역에 대응되는 소스 영상내의 한 영역 간 최소한의 색상 차이 값을 가져야 한다(식 (2)). 다시 말해서, 6개의 브러시들 중 식(2)을 이용하여 계산된 최소한의 색상 값을 가지는 하나의 브러시를 선택하여 캔버스에 덧칠된다. 식 (1)에서 N은 XOR 연산을 통하여 발생하는 픽셀 수이다. SMA^b 는 강한 모션 영역 중 브러시 스트로크가 덧칠될 영역이며 BM^b 는 덧칠될 브러시 마스크이다. 파라미터 m과 n은 덧칠될 브러시 스트로크의 높이와 폭을 나타내며 B는 사용될 브러시 스트로크의 집합이다. 식(2)에서, E는 브러시 스트로크가 덧칠될 캔버스 영역과 소스 영상간의 색상 차이 값이다. S^b 는 브러시가 덧칠될 소스 영상내의 한 영역이고 C^b 는 브러시가 덧칠될 캔버스 영역이다.

4.4 약한 모션 영역에 브러시 스트로크 적용

약한 모션 영역은 강한 모션 영역과는 달리 주변 픽셀들 간 명도 차이가 적은 부분을 포함하고 있기 때문에 프레임 간 움직이는 객체들의 색상이나 모양에 덜 민감하다. 이러한 이유 때문에, 약한 모션 영역 전체를 덧칠하기 위해 많은 브러시 스트로크를 사용할 필요는 없다. 그러나 너무 적게 브러시를 덧칠을 할 경우 프레임 간 브러시 스트로크의 팝핑(Popping) 현상이 나타날 수도 있다. 본 논문에서는 가장 작은 크기를 가지는 6종류의 브러시 스트로크(그림 6)만을 이용하여 약한 모션 영역을 덧칠하고자 한다.

6개의 브러시 스트로크들 중 약한 모션 영역에 덧칠할 브러시 스트로크를 결정하기 위해서 두 가지 조건을 만족해야 한다. 첫째, 캔버스 위에 덧칠될 영역과 브러시 스트로크 간 최소한의 표준편차 차이 값을 가져야 한다. 둘째, 덧칠될 캔버스 영역과 소스 영상내의 한 영역 간 최소한의 색상 차이 값을 가져야 한다(식 (2)). 그림 5는 두 개의 모션 영역을 이용하여 브러시 스트로크를 덧칠한 결과 영상을 보여준다.

$$N(SMA^b, BM^b) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (SMA_{i,j}^b \oplus BM_{i,j}^b), \quad b \in B \quad (1)$$

$$E(S^b, C^b) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n |S_{i,j}^b - C_{i,j}^b|, \quad b \in B \quad (2)$$

5. 결과 영상

본 논문에서는 다양한 크기를 가진 브러시 텍스처와 두 개의 모션 영역을 이용하여 회화적 애니메이션을 만들었다. 첫 번째 프레임은 Hertzmann의 방법[5][6]과 유사한 방법을 이용하여 렌더링 영상을 생성하였으며 두 번째 프레임부터는 두 개의 모션 영역에 브러시 스트로크를 덧칠함으로써 회화적 애니메이션을 완성하였다. [그림 7]은 식 (2)을 이용하여 회화적 렌더링 및 애니메이션에서의 브러시 스트로크 덧칠 과정을 보여준다. 이 과정은 두 값의 차이 값 $|E_1 - E_2|$ 이 사용자가 지정한 임계치보다 클 경우 캔버스 위에 선택된 브러시 스트로크를 덧칠한다. 값 E1은 브러시 스트로크가 캔버스에 덧칠되기 이전의 영상과 소스 영상간의 색상 차이 값을 의미하며 E2는 소스 영상과 브러시가 덧칠된 이후의 캔버스간의 색상 차이 값을 의미한다. [그림 8]은 첫 번째 프레임을 만들기 위한 각 단계별 과정을 보여준다.

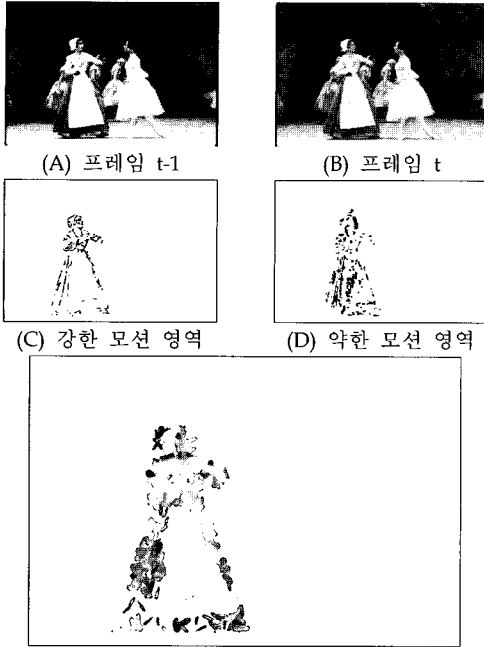
본 논문에서는 Visual C++ 6.0을 이용하여 알고리즘을 수행하였다. 본 시스템의 수행 시간은 첫 번째 프레임의 렌더링 시간과 두 번째 프레임부터의 애니메이션 시간이 더 나눌 수 있으며 본 시스템의 알고리즘은 최적화가 되어 있지 않다. AMD Athlon 64 Processor 3500+, 2GB RAM 하드웨어에서 렌더링 시 렌더링 시간은 대략 90초 정도이며 애니메이션 평균 수행 시간은 프레임 당 70초 정도이다. [그림 9]는 풍경화, 인물화로 분류하여 브러시 스트로크를 적용한 결과 영상이다. 풍경화와는 달리 인물은 얼굴 부분을 세밀하게 묘사해야 하기 때문에 크기가 작은 브러시 스트로크를 더 많이 덧칠하였다.

모든 결과에서 알 수 있듯이, 프레임 간 광류의 값이 정확할수록 더 좋은 회화적 애니메이션을 얻을 수 있다. 광류 값에서의 에러는 회화적 애니메이션에서 플러커링 현상을 야기한다. [그림 10]은 회화적 애니메이션에서 각 단계별 결과 영상을 보여준다. 본 논문에서는 모션 벡터를 계산하기 위해 OpenCV 라이브러리[15]를 이용하였다. [그림 11]은 여러 가지 장면들을 이용한 결과 영상들을 보여준다.

6. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 다양한 예지를 이용한 모션 영역 기반 회화적 애니메이션을 제안하였다. 두 개의 모션 영역을 생성하여 캔버스에 브러시 스트로크를 덧칠함으로써 프레임 간 브러시 스트로크의 시간적 일관성을 유지할 수 있

있을 뿐만 아니라 손으로 그린 듯 한 느낌을 표현할 수 있었다.



(E) 강한 모션 영역을 이용하여 브러시 스트로크를 적용한 결과 영상

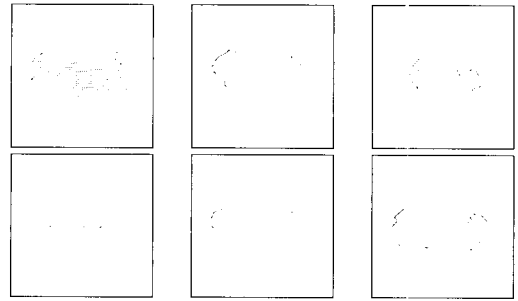


(F) 약한 모션 영역을 이용하여 브러시 스트로크를 적용한 결과 영상

[그림 5] 두 개의 모션 영역을 이용하여 브러시 스트로크를 덧칠한 결과 영상

본 논문에서는 향후 연구로 여러 가지 방법을 생각할 수 있다. 첫째, 브러시 스트로크를 이용하는 회화적 애니메이션에 적합한 모션 평가 방법을 연구해야 한다. 왜냐하면 높은 퀄리티를 가지는 팡류 필드는 복잡한 객체들을 가지는 회화적 애니메이션을 만들 수 있기 때문이다. 둘째, 본 알고리즘은 프레임 간 객체들의 움직임의 속도와 관계없이 모든 프레임에 대하여 모션 영역을 생성하였다. 이것은 수행 시간을 더 많이 요구하는 원인이 된다. 회화적 애니메이션에서 수행 시간을 줄이기 위해 프레임

별로 객체들의 움직임의 속도 변화를 파악해야 한다. 마지막으로, 본 알고리즘의 수행 시간을 줄이기 위해 GPU를 이용한 필요가 있다. 특히, 브러시 텍스처를 덧칠하는 과정에서 많은 시간을 차지하고 있기 때문에 GPU를 이용하여 브러시 텍스처를 처리하면 많은 수행 시간을 줄일 수 있을 것이다.



[그림 6] 브러시 텍스처

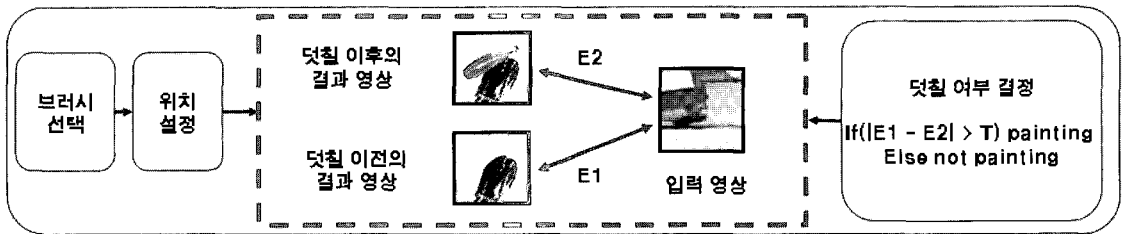
감사의 글

이 논문은 2007년도 중앙대학교 박사후연수과정 (Post-Doc) 지원사업에 의한 것임.

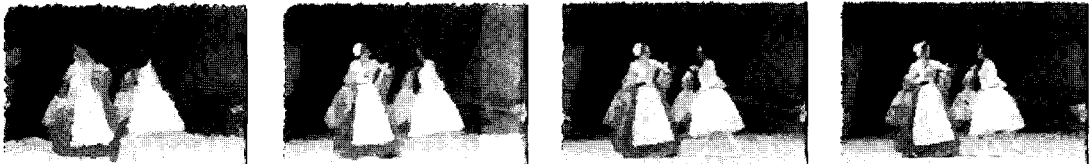
참고 문헌

- [1] Laybourne K., "Animation Book", Three Reviere, 1998.
- [2] C. Katchen, "Creative Painting with Pastel", North Light Books, 1990.
- [3] Taft W., Mayer J., "The sciencd of paintings", Springer2000.
- [4] Litwinowicz P., "Processing images and video for an impressionist effect", SIGGRAPH'97, pp.407-414, 1997.
- [5] Hertzmann A., and Perlin K., "Painterly rendering for video and interaction", NPAR'2000, pp.7-12, 2000.
- [6] Hertzmann A., "Fast paint texture", NPAR'2000, pp.91-96, 2002.
- [7] Hays J., and Essa I., "Image and video based painterly animation", NPAR'2004, pp.113-120, 2004.
- [8] J.P. Collomosse, D. Rowntree and P.M. Hall, "Stroke surfaces: temporally coherent artistic animations from video", IEEE TVCG2005, Vol. 11, No. 4, pp. 540-549. 2005.
- [9] A. Bousseau, F. Neyret, J. Thollot and D. Salesin, "Video Watercolorization using Bidirectional Texture Advection", ACM Transactions on Graphics, Vol. 26, No. 3, Article 104, 2007.
- [10] J. Canny, "A computational approach to edge detection", IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., vol. PAMI-8, No. 6, pp.679-698, 1986.

- [11] D. Ziou and S. Tabbone, "Edge detection techniques - an overview", Pattern Recognit. Image Anal., Vol. 8, No. 4, pp.537-559, 1998.
- [12] Theo Gevers and Harro Stokman, "Classifying Color Edges in Video Into Shadow-Geometry, Highlight, or Material Transitions", IEEE Transactions on multimedia, Vol. 5, No. 2, pp.237-243, 2003.
- [13] Gonzalez R., and Woods R., "Digital Image Processing", Prentice Hall, 2002.
- [14] A.M. Tekalp, "Digital Video Processing", Prentice Hall PTR Upper Saddle River, NJ07458, 1995.
- [15] <http://www.sourceforge.net/projects/opencvlibrary>



[그림 7] 브러시 스트로크의 덧칠 과정



[그림 8] 각 단계별 회화적 렌더링 결과 영상

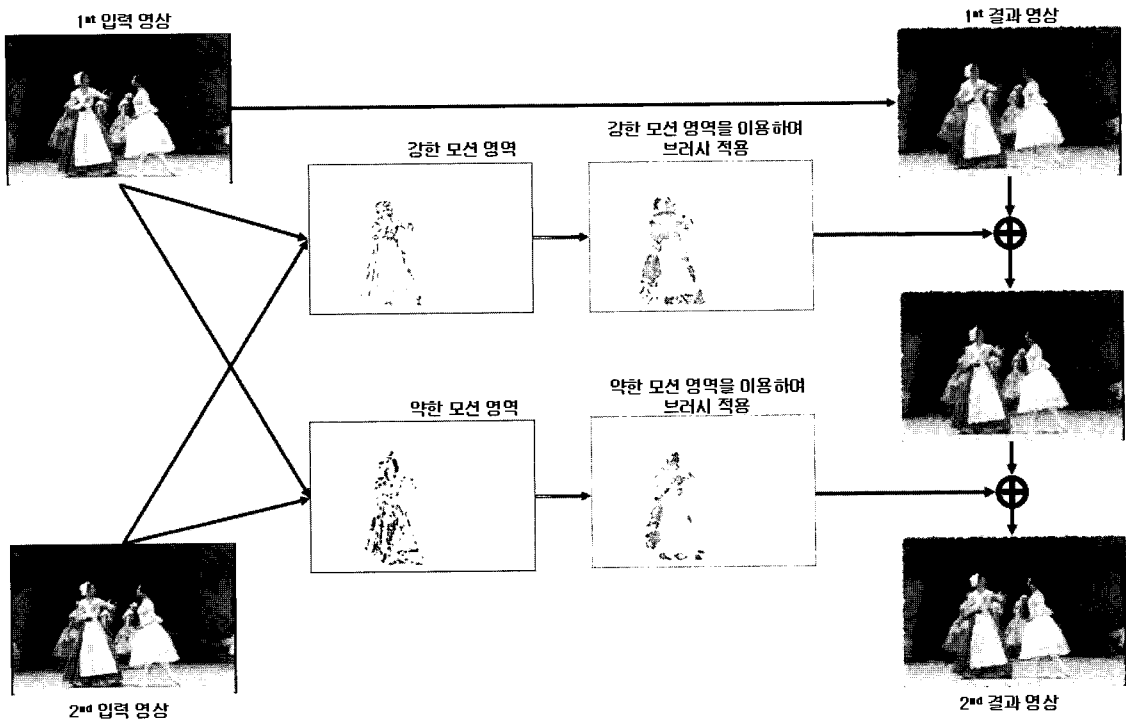


(A) 조상화



(B) 풍경화

[그림 9] 다양한 종류의 영상을 적용한 회화적 렌더링 결과 영상



[그림 10] 각 단계별 모션 영역 기반 회화적 애니메이션



[그림 11] 회화적 애니메이션 결과 영상들