
Mean Shift Segmentation을 이용한 스마트폰 기반의 수채화 효과 변환 기법

이상걸* · 김철기** · 차의영*

Smartphone Based Retouching Method for Watercolor Painting Effect Using Mean Shift Segmentation

Sang-geol Lee* · Cheol-ki Kim** · Eui-Young Cha*

이 논문은 BB(Brain Busan)21 사업의 지원을 받아 작성된 것임.

요 약

본 논문에서는 최근 급속히 보급되고 있는 스마트폰에서 촬영한 사진 영상을 수채화 효과가 나도록 변환하는 기법에 대하여 제안한다. 제안하는 수채화 효과 변환 기법은 영상처리 분야에서 많이 사용하는 양방향 필터링(bilateral filtering)과 평균 이동 분할(mean shift segmentation)을 이용한다. 먼저 입력 영상을 스마트폰 화면 해상도로 크기 변환한 후 양방향 필터링을 이용하여 사진의 외곽선 부분은 보존하면서 고주파 성분을 약화시키도록 한다. 다음으로 양방향 필터링을 거친 영상에서 평균 이동 분할을 수행하여 최종 영상을 생성한다. 실험을 통하여 스마트폰의 연산 속도를 고려한 평균 이동 분할의 파라미터 값을 설정하여 다양한 사진에 대하여 수채화 효과가 잘 나타나는 것을 확인하였다.

ABSTRACT

We propose a retouching method that converts a photography taken by smartphone to a watercolor painting image using bilateral filtering and mean shift segmentation which are mostly used in image processing. The first step is to convert an input image to fit the screen resolution of smartphone. And next step is to weaken high frequency components of the image, while preserving the edge of image using the bilateral filtering. And after that we perform mean shift segmentation from the bilateral filtered image. We apply parameters of mean shift segmentation considering the processing speed of smartphone. Experimental result shows that our method can be applied to various types of image and bring better result.

키워드

스마트폰, 수채화 효과, 양방향 필터링, 평균 이동 분할

Keyword

Smartphone, Watercolor painting effect, Bilateral filtering, Mean shift segmentation

* 부산대학교

** 부산대학교 (교신저자, cckim@pusan.ac.kr)

I. 서론

최근 스마트폰이 급속히 보급되고 있으며 스마트폰에 탑재된 카메라를 이용하여 다양한 기능을 수행하고 있다. 기본적인 사진 촬영에서부터 증강 현실(augmented reality)까지 다양한 분야에서 활용되고 있다. 또한 항상 휴대가 가능한 특성 때문에 스마트폰을 이용하여 SNS(Social Network Service)에 대한 활용도가 높아지고 있으며 사진을 촬영하여 바로 업로드 하는 등의 활용이 늘어나고 있다. 본 논문에서는 이렇게 촬영한 사진을 스마트폰에서 수채화 효과가 나도록 변환하는 기법에 대해서 제안한다.

1990년대 후반 이후로 기존의 사실적인 영상 생성과는 달리 사람이 손으로 그린 듯이 자연스럽게 표현하는 비사실적 렌더링(non-photorealistic rendering)에 관한 연구가 많이 이루어지고 있다[1]. 비사실적 렌더링 중 사진과 같은 2차원 영상을 분석하여 회화적으로 렌더링 하는 것은 사실적인 영상을 보다 감성적으로 표현할 수 있다는 점에 있어 중요한 분야라 할 수 있다. 또한 디지털 카메라와 스마트폰의 보급으로 디지털 사진의 활용이 넓어지고 있으며 사진을 보다 시각적으로 보기 좋도록 하기 위해 편집을 하거나 다양한 효과를 주는 리터칭 등이 요구되고 있다.

2차원 영상의 비사실적 렌더링 기술은 펜으로 그린 그림처럼 표현하는 펜 렌더링과 만화와 같은 효과를 얻는 카툰(cartoon) 렌더링, 그리고 수채화, 점묘화 등과 같은 회화적(painterly) 렌더링 등 다양한 분야가 있다. 대표적인 연구로는 Hertzmann이 제안한 다중 스트로크를 이용한 회화적 렌더링 연구가 있으며[2], DeCarlo와 Santella는 사진을 추상화 하는 방법을 제안하였다[3]. 또한 Winnemöller 등은 시각적 정보를 보존하거나 인지적으로 중요한 정보를 강조하면서 영상을 단순화 하는 것을 목표로 하는 실시간 비디오 추상화를 제안하였다[4].

그리고 수채화 효과를 표현하는 기존의 방법으로는 Curtis 등이 제안한 물리적인 접근 방법이 있다[5]. 또 다른 연구로 Lei와 Chang이 제안한 실시간 처리 방법이 있다[6]. 이 방법은 하드웨어 픽셀 셰이더(shader)를 이용하여 실시간 렌더링이 가능하도록 한 것이다. 이들은 Sobel 에지를 추출하여 맵을 생성하고 버텍스(vertex) 셰이더

와 프래그먼트(fragment) 셰이더를 이용하여 3차원 모델의 수채화 영상을 생성하였다.

이러한 기존의 접근 방법들과는 다르게 본 논문에서는 수채화에서 시각적으로 나타나는 색상면의 뭉개짐 등을 표현할 수 있도록 영상처리 알고리즘을 사용하여 표현하는 방법을 제안한다. 그리고 실험을 통하여 스마트폰의 연산 속도를 고려한 평균 이동 분할의 파라미터 값을 찾아내며, 다양한 사진에 대하여 수채화 효과가 잘 나타나는 것을 확인한다.

II. 본론

1. 입력 영상 크기 변환

입력 영상의 크기에 따라 알고리즘 수행 시간은 비례하므로 스마트폰의 연산 속도를 고려하여 스마트폰 화면 해상도 크기로 영상을 줄이는 것이 효율적이다. 특히 본 논문에서 사용하는 평균 이동 분할 알고리즘은 영상의 크기와 복잡도에 따라 수행 시간에 많은 영향을 받는다.

스마트폰의 카메라를 통해 촬영한 영상의 원본 크기를 그대로 이용하기에는 스마트폰의 제한적인 화면 해상도와 수행 속도를 고려하였을 때 비효율적이다. 따라서 제안하는 방법은 스마트폰 화면 해상도 크기에 맞추어 먼저 크기 변환을 수행한다.

2. 양방향 필터링을 이용한 전처리

다음으로 화면 해상도에 맞춰 크기 변환된 영상에 대하여 양방향 필터링을 수행한다. 영상 처리에서 고주파 성분을 제거하는 블러링(blurring) 연산을 수행하기 위해 흔히 사용하는 가우시안 필터링(Gaussian filtering)과는 다르게 양방향 필터링은 경계선 부분의 특징은 보존하면서 고주파 성분을 제거하여 스무딩하는데 효과적인 방법이다. 따라서 물체를 표현하는 경계 부분은 윤곽선으로 잘 표현하면서 색상면을 부드럽게 퍼지도록 표현하는 수채화 효과에 적용하기 좋은 필터링이다.

양방향 필터링은 식 (1)와 같이 정의한다[7].

$$BF[I]_p = \frac{1}{W_p} \sum_{q \in S} G_{\sigma_r}(\|p - q\|) G_{\sigma_c}(I_p - I_q) I_q \quad (1)$$

여기서 W_p 는 정규화 값이며 식 (2)와 같이 정의한다.

$$W_p = \sum_{q \in S} G_{\sigma_s}(\|p - q\|) G_{\sigma_r}(I_p - I_q) \quad (2)$$

I 는 이미지이며 p, q 는 픽셀 위치, G_{σ_s} 와 G_{σ_r} 은 각각 spatial Gaussian과 range Gaussian 이다. σ_r 은 range 파라미터로 값이 커지면 가우시안 블러(Gaussian blur)에 근접하게 된다. 그리고 σ_s 는 spatial 파라미터로 값이 커지면 더 큰 특징들을 스무딩하게 된다.

3. 평균 이동 분할 수행 및 최종 영상 생성

사진과 같은 사실적인 영상을 회화적 느낌이 나도록 추상화하기 위해서는 복잡한 색상을 단순화하여 표현해야 한다. 복잡한 색상 분포를 단순화하기 위해서 비슷한 색상들을 묶어서 영역화 하여 표현하는 군집화 단계가 필요하다. 따라서 본 논문에서는 평균 이동(mean shift) 알고리즘을 이용하여 분할(segmentation)함으로써 색상 표현을 단순화할 수 있도록 한다.

평균 이동 분할은 색상 분포가 최대를 이루는 군집을 찾는 방법이다. 다차원(x, y, R, G, B) 공간에 존재하는 데이터 점들의 집합에서 평균 이동 알고리즘은 윈도우를 스캔하면서 최대 밀도를 갖는 덩어리(clumps)를 찾는다. 이때 위치(x, y)와 색상(R, G, B) 값의 범위가 다르므로 각각의 차원별로 다른 크기의 윈도우를 사용해야 한다. 그래서 공간 좌표에서의 윈도우 크기를 표현하는 sr (spatial radius)과 색상 공간에서의 윈도우 크기를 표현하는 cr (color radius)을 사용한다.

평균 이동 분할의 구현은 입력 영상의 모든 픽셀에 대하여 평균 이동 연산을 반복 수행하는 것이다. 이때 공간-색상 결합 초공간에서의 픽셀 이웃은 식 (3)에 의해 정의된다.

$$(x, y) : X - sr \leq x \leq X + sr, \quad (3)$$

$$Y - sr \leq y \leq Y + sr,$$

$$\|(R, G, B) - (r, g, b)\| \leq cr$$

여기서 (R, G, B) 와 (r, g, b) 는 각각 입력 영상의 모든 픽셀 (X, Y) 와 현재 위치 (x, y) 에서의 색상 벡터이다.

픽셀 이웃에서 평균 공간값(x', y')과 평균 색상값(R', G', B')이 다음 반복에서 중심값으로 사용된다.

반복 수행이 끝난 후 초기 픽셀(반복 시작 지점에서의 픽셀)의 색상 성분은 최종값으로 설정되며 이 값은 식 (4)와 같이 마지막 반복 수행에서의 평균 색상값이 된다.

$$I(X, Y) \leftarrow (R^*, G^*, B^*) \quad (4)$$

III. 실험 및 결과 분석

1. 실험 환경

실험 영상은 스마트폰으로 직접 촬영한 다양한 영상, 인터넷을 통해 저장된 영상 그리고 다른 장치로 획득된 영상을 저장하여 사용하였다. 실험에 사용한 스마트폰은 아이폰(iPhone) 3GS 모델이며 Mac OS X 10.6 환경에서 iOS 4.1 SDK와 OpenCV 1.1을 이용하여 구현하였다.

수행 시간은 아이폰 시뮬레이터가 컴퓨터 성능에 의존적이므로 아이폰 장비에 탑재하여 실제로 사용할 때 걸리는 시간을 측정하였다. 그림 1은 제안하는 방법을 구현하여 아이폰 시뮬레이터에서 실행한 결과 화면이다.



그림 1. 아이폰 앱 구현 및 실행 화면
Fig. 1. iPhone App Screenshots



그림 2. 다양한 사진에 적용한 결과
Fig. 2. Results of various image

2. 실험 결과 및 분석

평균 이동 분할에 사용되는 파라미터 sr 과 cr 값에 따라 수채화 효과 결과와 수행 시간이 결정된다. cr 은 증가함에 따라 수행 시간이 다소 줄지만 크게 차이가 없는 반면 sr 은 증가함에 따라 수행 시간이 급속도로 증가한다

[8]. 본 논문에서는 스마트폰 환경에서 사용자가 수행 결과를 기다리는 최대 시간을 15초로 설정하여 실험을 통하여 파라미터 값을 설정하였으며 $sr=7$, $cr=15$ 을 최적의 값으로 설정하였다.

실험에 사용한 아이폰 3GS는 화면 해상도가

320x480 이므로 입력 영상은 크기 변환 후 최대 320x480 해상도를 가진다. 수행 시간은 영상마다 색상의 복잡도가 달라서 평균 이동 분할 수행 시간의 편차로 인해 약 6~10초 정도가 소요되며 평균적으로 약 8초 정도가 소요되었다. 그림 2는 다양한 영상에 적용한 결과를 보여준다.

IV. 결 론

본 논문에서는 영상처리 알고리즘을 이용하여 스마트폰 기반에서 사진과 같은 2차원 영상을 수채화 효과가 나도록 리터칭하는 기법에 대하여 제안하였다. 스마트폰의 화면 해상도와 수행 속도를 고려하고 영상처리에서 많이 사용하는 양방향 필터링과 평균 이동 분할을 이용하여 사진을 수채화 효과가 나도록 변환하는 기법을 제안하였다. 그리고 실험을 통하여 스마트폰에서 일정 시간 내에 수행될 수 있도록 파라미터 값을 설정하였다.

본 논문에서 제안하는 방법은 스마트폰 환경에서 일반인들이 손쉽게 영상을 수채화 효과가 나도록 변환하여 SNS 서비스 등 다양한 곳에 활용할 수 있도록 하였다. 그러나 현재의 스마트폰에서는 평균 이동 분할 알고리즘에 대한 수행 시간이 많이 소요되므로 스마트폰에 탑재된 하드웨어 가속 기능을 이용하거나 평균 이동 분할 기법을 수정하는 등 속도 개선에 대한 연구가 필요할 것이다.

참고문헌

- [1] 김성예, 이지형, 김보연, 김희정, 구분기, "비사실적 렌더링 기술 동향," 전자통신동향분석, 제20권, 제4호, pp. 43-57, 2005.
- [2] A. Hertzmann, "Painterly rendering with curved brush strokes of multiple sizes," Proc. of ACM SIGGRAPH1998, pp. 453-460, 1998.
- [3] D. DeCarlo, A. Santella, "Stylization and Abstraction of Photographs," Proc. of ACM SIGGRAPH 2002, pp. 769-776, 2002.
- [4] H. Winnemöller, S. C. Olsen, B. Gooch, "Real-Time Video Abstraction," Proc. of ACM SIGGRAPH 2006, pp. 1221-1226, 2006.
- [5] C. J. Curtis, S. E. Anderson, J. E. Sems, K. W. Fleischer, D. H. Salesin, "Computer-generated watercolor," Proc. of ACM SIGGRAPH1997, pp. 421-430, 1997.
- [6] E. Lei, C. Chang, "Real-Time Rendering of Watercolor Effects for Virtual Environments," LNCS, Vol. 3333, pp. 474-481, 2004.
- [7] S. Paris, P. Kornprobst, J. Tumblin, F. Durand, "A gentle introduction to bilateral filtering and its applications," ACM SIGGRAPH 2008 classes, pp. 1-45, 2008.
- [8] 이상걸, 김철기, 차의영, "Mean Shift Segmentation을 이용한 수채화 효과 생성 기법," 한국컴퓨터정보학회, 제15권, 제9호, pp. 25-33, 2010.

저자소개



이상걸(Sang-Geol Lee)

2003년 부산대학교
정보컴퓨터공학부 공학사
2005년 부산대학교 컴퓨터공학과
공학석사

2005년~현재 부산대학교 컴퓨터공학과 박사과정
※관심분야: 영상처리, NPR, 인공신경망, 패턴인식



김철기(Cheol-Ki Kim)

1999년 부산대학교 전자계산학과
이학사
2001년 부산대학교 전자계산학과
이학석사

2003년 부산대학교 전자계산학과 이학박사
2003~2005년 밀양대학교 컴퓨터공학부 조교수
2006년~현재 부산대학교 디자인학과 부교수
※관심분야: 감성공학, 영상처리, 색채론, 인터랙티브 디자인



차의영(Eui-Young Cha)

1979년 경북대학교 전자공학과
공학사

1982년 서울대학교 전자계산학과
공학석사

1998년 서울대학교 컴퓨터공학과 공학박사

1981~1985년 한국전자기술연구소 연구원

1995~1996년 University of London 방문교수

1995년~현재 부산대학교 컴퓨터공학과 교수

※관심분야: 로봇비전, 패턴인식, 영상처리, 인공
신경망