

색상과 공간의 상대적 총 변동을 통한 영상의 구조 추출 방법

백으뜸, 호요성
 광주과학기술원 정보통신공학부
 e-mail : {eutteum, hoyo}@gist.ac.kr

Image Structure Extraction via Relative Total Intensity and Space Variation

Eu-Tteum Baek, Yo-Sung Ho
 School of Information and Communications
 Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)

요약

컴퓨터 비전 시스템은 일반적으로 색상의 변화량을 통해 물체의 윤곽이나 모양을 예측하는데, 물체의 표면에 나타나는 텍스처로 인해 물체의 윤곽과 텍스처 모양을 잘못 인식한다. 이 논문은 텍스처 영상에서 반복되는 패턴이나 잡음 혹은 상대적으로 중요하지 않은 텍스처 정보를 제외한 영상의 전체적인 구조를 추출하는 방법을 제안한다. 색상과 공간의 상대적 총 변동량과 본래의 형태를 유지하는 에너지 함수를 정의하여 물체의 구조를 유지하면서 텍스처를 평활화한다. 실험을 통해 제안한 알고리즘이 기존의 영상 구조 추출 방법보다 우수한 성능을 가지는 것을 알 수 있었다.

1. 서론

인간 시각 시스템은 복잡한 텍스처, 빛의 변화, 그리고 잡음 등에 강인하게 정확한 정보를 얻을 수 있다. 하지만 각각 화소의 색상 값을 사용하여 영상을 처리하는 컴퓨터는 인간 시각 시스템과 달리, 많은 제약을 가진다. 다양한 애플리케이션에서 영상을 효율적으로 사용하기 위해서 영상의 기본 구조는 유지하고 복잡한 텍스처나 잡음을 평활화하는 방법이 필요하다.

초기에는 주로 영상에 발생하는 잡음을 제거하여 영상을 복원하는 방법이 소개되었는데, Rudin et al. 이 처음으로 영상에 총 변량을 사용하여 잡음을 제거하였다 [1]. 그 후 총 변량을 사용하여 영상의 구조를 추출하는 방법이 많이 시도되었다. 하지만 두 패널티 값이 비슷해서 영상에서 의미 있는 구조를 추출하는데 한계점이 발생한다 [2-3]. 그 후에 소개된 논문들도 이러한 문제를 해결하지 못해 최적의 해를 찾지 못한다 [4-5]. Li Xu et al.이 제안한 상대적 총 변동을 활용한 영상의 구조 추출 방법은 이전의 방법의 약점을 극복한다. [6].

본 논문에서는 Li Xu et al.이 제안한 상대적 총 변동 방법을 색상과 공간의 상대적 총 변동으로 확장해 더욱 정확한 영상의 구조 추출 방법을 소개한다.

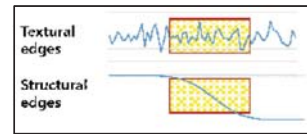
2. 색상과 공간의 상대적 총 변동

총 변동(Total variation: TV)은 어떤 함수의 정의역 사에서 영역의 차이 합을 의미한다. TV는 TV 정규화 함수로 확장하여 잡음 제거, 영상 인페인팅, 그리고 디콘볼루션 등에 사용된다.

2.1 상대적 총 변동

상대적 총 변동(Relative total variation: RTV)은 간단

하면서도 효과적으로 텍스처를 제거하는 방법이다. 그림 1과 같이 본질적으로 텍스처의 에지와 구조체의 에지의 모양이 다른 것을 이용하여 RTV를 얻을 수 있다.



(그림 1) 텍스처 에지와 구조체 에지 비교

식 (1)은 RTV 함수를 보여 주는데, 변동의 합의 절대값과 변동의 절대값의 합의 비를 이용하여 두 종류의 에지를 구분한다 [6]. 식 (1)에서 $g_{p,q}$ 는 가우시안 콘볼루션이고, ε 은 작은 정수 값으로 0으로 값이 나뉘는 것을 방지하는 상수이다.

$$RTV(p) = \frac{Z_x(p)}{N_x(p) + \varepsilon} + \frac{Z_y(p)}{N_y(p) + \varepsilon},$$

$$Z_x(p) = \sum_{q \in R(q)} g_{p,q} |(\partial_x R)_q|, \quad Z_y(p) = \sum_{q \in R(q)} g_{p,q} |(\partial_y R)_q|,$$

$$N_x(p) = \left| \sum_{q \in R(q)} g_{p,q} (\partial_x R)_q \right|, \quad N_y(p) = \left| \sum_{q \in R(q)} g_{p,q} (\partial_y R)_q \right|$$
(1)

2.2 색상과 공간의 상대적 총 변동

기존의 RTV는 가우시안 콘볼루션을 가중치 함수로 두어 사용했다. 제안하는 방법은 공간적인 가중치뿐만 아니라 색상에 대한 가중치 값을 함께 고려하여 초기값을 최적의 해에 더욱 근접해서 찾아가도록 식 (2)를 구성했다.

$$CZ_x(p) = \sum_{q \in R(q)} b_{p,q} |(\partial_x R)_q|, \quad CZ_y(p) = \sum_{q \in R(q)} b_{p,q} |(\partial_y R)_q|,$$

$$CN_x(p) = \left| \sum_{q \in R(q)} b_{p,q} (\partial_x R)_q \right|, \quad CN_y(p) = \left| \sum_{q \in R(q)} b_{p,q} (\partial_y R)_q \right|$$

$$b_{p,q} = \frac{1}{W_{p,q \in R(p)}} \sum_{p \in R(p)} g_{\alpha 1} (\| p - q \|) g_{\alpha 2} (|i_p - i_q|) i_q$$
(2)

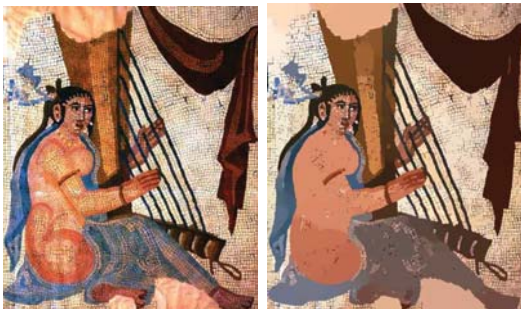
식 (2)에서 $b_{p,q}$ 는 색상과 공간의 가중치를 둔 일종의 가중치 함수를 의미하고, $g_{\sigma 1}$ 는 거리에 따른 가중치를 $g_{\sigma 2}$ 는 화소값 차이에 대한 가중치를 나타낸다. 식 (2)를 에너지 함수에 TV 정규화 함수로 사용하여 목적 함수를 구성한다.

$$\arg \min_R \sum_p (R_p - I_p)^2 + \lambda \left(\frac{CZ_x(p)}{CN_x(p) + \epsilon} + \frac{CZ_y(p)}{CN_y(p) + \epsilon} \right) \quad (3)$$

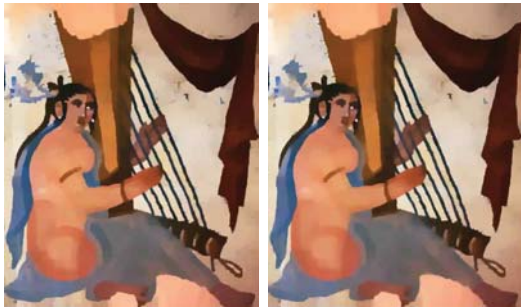
식 (3)에서 R 은 결과 영상, I 는 입력 영상을 의미하고, $(R_p - I_p)^2$ 는 데이터 항으로 입력 영상과 결과 영상의 값이 크게 벗어나는 것을 방지하고, TV 정규화 함수는 텍스처를 평활화하는데 사용된다. 식 (3)을 반복적 가중치 최소 제곱법 (Iteratively reweighted least squares)을 이용하여 최적화한다.

3. 실험 결과 및 평가

실험의 평가를 위해 최근에 발표된 논문들과 주관적 평가를 시행하였다. 그림 2는 최근에 발표된 논문들과 제안한 방법을 비교한 그림이다. 제안한 방법이 다른 방법에 비해 잡음이 줄어들고 에지 부분을 잘 나타내는 것을 확인할 수 있다. 그림 3은 RTV 방법과 제안한 방법의 에지 부분을 확대하여 비교한 그림인데 RTV 방법보다 선명해진 것을 알 수 있다. 그림 4는 실험 영상을 보여준다. 패턴이 사라지고 중요한 구조만 남은 것을 확인할 수 있다.

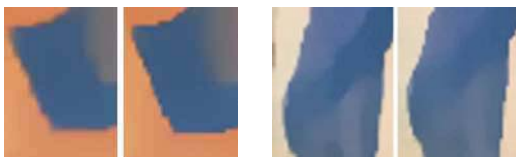


(a) 원본 (b) L_0 gradient minimization



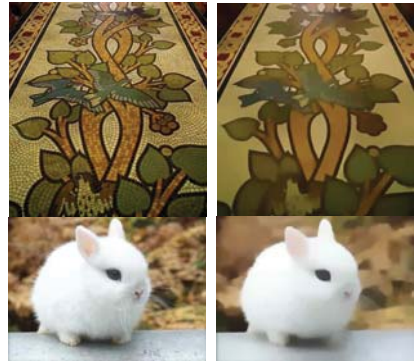
(c) RTV (d) 제안한 방법

(그림 2) 비교



1-(a) 1-(b) 2-(a) 2-(b)

(그림 3) RTV와 제안한 방법 에지 부분 비교 - (a)는 RTV 방법이고, (b)는 제안한 방법이다.



(4) 패턴 영상을 사용하여 제안한 방법 실험

4. 결론

본 논문에서는 색상과 공간의 상대적 총 변동을 통한 영상의 구조 추출 방법을 제안하였다. 실험 결과를 통해서 기존의 방법들에 비해 제안한 방법이 중요한 구조체를 잘 획득하였으며, 선명한 에지를 추출하고 잡음 또한 사라진 것을 확인하였다. 또한 제안한 방법을 다양한 컴퓨터 비전 응용분야에 사용할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 미래창조과학부 ‘범부처 Giga KOREA 사업’의 일환으로 수행하였음. [GK15C0100, 기가급 대용량 양방향 실감 콘텐츠 기술 개발]

참고 문헌

[1] S. Osher , L. Rudin and E. Fatemi, “Nonlinear total variation based noise removal algorithms”, Physica D, vol. 60, pp. 259-268, 1992.

[2] W. Yin, D. Goldfarb and S. Osher, “Image Cartoon-Texture Decomposition and Feature Selection Using the Total Variation Regularized l_1 Functional,” Int’l Workshop Variational, Geometric, and Level Set Methods in Computer Vision, pp. 73-84, 2005.

[3] J. F. Aujol, G. Gilboa, T. Chan, and S. Osher, “Structure-texture image decomposition – modeling, algorithms, and parameter selection,” International Journal of Computer Vision, vol. 67, no. 1, pp. 111-136, 2006.

[4] M. Kass and J. Solomon “Smoothed local histogram filters”, ACM Trans. Graphics, vol. 29, no. 4, pp. 100:1-100:10, 2010.

[5] L. Xu, C. Lu, Y. Xu and J. Jia “Image Smoothing via l_0 Gradient Minimization”, ACM Siggraph Asia, vol. 30, no. 6 pp. 174:1-174:12, 2011.

[6] L. Xu, Q. Yan, Y. Xia, and J. Jia. “Structure extraction from texture via relative total variation,” ACM Trans. Graph., vol. 31 no. 6, pp.139:1 -139:10, 2012.