

들로네 삼각화를 활용한 계층적 슈퍼픽셀 통합

백으뜸, 호요성
 광주과학기술원
 {eutteum, hoyo}@gist.ac.kr

Hierarchical Merging of Adjacent Subtrees with Superpixels Using Delaunay Triangulation

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

요 약

컴퓨터 비전 분야에서 이미지 세그멘테이션은 객체 분리, 객체 추적, 의학 영상처리 등 다양한 분야에서 사용된다. 이전의 이미지 세그멘테이션은 사람의 개입이 없이 정확한 객체를 분리하지 못한다는 단점이 있다. 본 논문은 인접한 슈퍼픽셀을 트리를 활용하여 계층적으로 슈퍼픽셀을 통합하는 새로운 세그멘테이션 방법을 소개한다. 제안한 알고리즘을 수행하기 위해 기존의 슈퍼 픽셀 알고리즘을 사용하여, 각 슈퍼픽셀의 센터를 노드로 설정하고 들로네 삼각화를 수행한다. 각각의 인접한 노드는 순차적으로 유사도 측정하여 슈퍼픽셀을 통합한다. 실험 결과를 통해 제안한 방법이 과분할 세그멘테이션을 제거하였으며 영상의 중요한 정보를 잘 보존하는 것을 확인하였다.

1. 서론

이미지 세그멘테이션은 컴퓨터 비전 및 영상처리 분야에서 중요한 과정으로, 입력된 영상을 화소의 집합으로 분류하여 분할하는 방법이다. 세그멘테이션 방법은 접근 방법에 따라 화소기반, 영역기반, 에지기반으로 나눌 수 있다. 또한, 문제 해결 방법에 따라 전역적 방법과 지역적 방법으로 분류할 수 있다. 하지만, 지금까지 소개된 세그멘테이션 방법은 사용자의 개입이 알고리즘의 성능을 크게 좌우하여, 자동화가 되지 못했다.

최근들어, UHD 영상과 같은 고해상도의 영상이 사용되면서 계산 복잡도가 증가하게 되었다. 슈퍼픽셀은 이러한 알고리즘의 계산 복잡도를 낮추기 위해 처음 소개 되었는데, 과분할 세그멘테이션의 일종으로 인접한 화소의 유사성을 계산하여 유사성이 큰 영역끼리 분할하는 방법이다. 또한, 알고리즘 자체가 간단하며 효율적이고, 경계를 잘 보존한다는 장점이 있어, 다양한 분야에서 활용되고 있다[1]. 본 논문은 이러한 슈퍼픽셀의 장점을 활용하여 과분할된 영역을 계층적으로 통합하는 방법을 소개한다.



그림 1. 슈퍼픽셀 (k=225)

2. 제안한 세그멘테이션 알고리즘

2.1 슈퍼픽셀

슈퍼픽셀은 특징이 비슷한 화소를 모아서 영상을 작은 군

일영역으로 분할하는 방법이다. 슈퍼픽셀의 특성은 밀집성, 경계 일치도, 과분할, 균일성 등이 있다. 슈퍼픽셀은 간격이 $s = \sqrt{N/k}$ 인 k 개의 중간 좌표를 정하여, 화소의 집합을 구성하는 것이다. 본 논문은 SLIC 슈퍼픽셀 방법을 사용하여 슈퍼픽셀을 얻었다 [1]. 그림 1 은 k 를 225 로 정하여 슈퍼픽셀을 획득한 결과를 보여준다. 그림 1 을 통해 세그멘테이션 결과의 경계 일치도와 유사 화소의 밀집성이 높은 것을 알 수 있다.

일반적으로 화소 사이의 유사도는 색상과 거리 차이, 혹은 텍스처를 사용하여 측정한다. 슈퍼픽셀은 CIELAB 색상 공간과 센터 좌표를 사용하여 각 슈퍼픽셀의 색도벡터 $C_i = [l_i, a_i, b_i, x_i, y_i]^T$ 를 구성한다. 각 센터벡터 C_i 는 계산 범위 안에 존재하는 화소끼리 유사도를 계산하는데, 식 (1)은 유사도에 관한 식을 나타낸다.

$$d_c = \sqrt{(l_j - l_i)^2 + (a_j - a_i)^2 + (b_j - b_i)^2} \tag{1}$$

$$d_s = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2}$$

$$D = \sqrt{d_c^2 + \left(\frac{d_s}{\epsilon}\right)^2 m^2}$$

그림 2(a)는 실제로 슈퍼픽셀을 구성할 때 센터를 설정하는 방법을 보여준다. 그림 2(b)는 윈도우의 크기와 슈퍼픽셀의 탐색범위를 나타낸다.

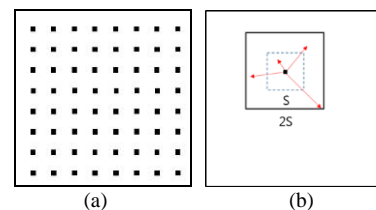


그림 2. 슈퍼픽셀 간격과 제안된 윈도우 범위

2.2 슈퍼픽셀 통합

그림 3 은 제안한 알고리즘의 플로우 차트를 보여주는데 제안한 알고리즘은 슈퍼픽셀을 획득하고 획득된 슈퍼픽셀의 센터픽셀을 들로네 삼각화하여 유사도를 검출한다. 들로네 삼각화는 평면위의 점들을 삼각형으로 연결하는데 삼각형들의 내각의 최소값이 최대가 되도록 하는 분할 방법이다. 다음으로 유사도가 문턱치 이상이 되면 슈퍼픽셀을 병합하고 종료 조건이 만족할 때까지 반복한다.

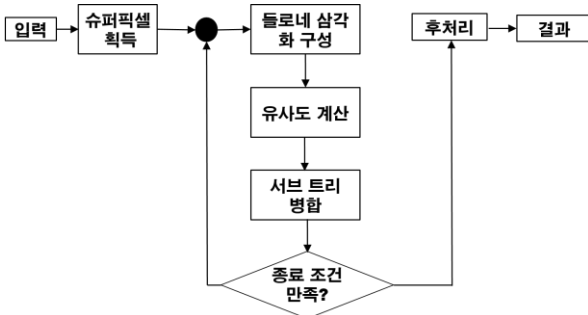


그림 3. 플로우 차트

이웃한 노드를 구하는데 삼각화된 슈퍼픽셀을 사용한다. 이웃한 노드들의 유사도를 검사하여 슈퍼픽셀을 통합하는데, 각각의 슈퍼픽셀의 집합을 이진트리 형식으로 구성한다. 식(2)는 문턱치 값을 사용하여 유사도를 측정하는 식이다.

$$\begin{aligned}
 & \text{If } \frac{s_i^j}{2} < m_i^j < \frac{s_j^j}{2}, \text{ then } \alpha = 1, \text{ otherwise } \alpha = 0 \\
 & \text{If } \frac{s_a^j}{2} < m_a^j < \frac{s_a^j}{2}, \text{ then } \beta = 1, \text{ otherwise } \beta = 0 \\
 & \text{If } \frac{s_b^j}{2} < m_b^j < \frac{s_b^j}{2}, \text{ then } \delta = 1, \text{ otherwise } \delta = 0
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

식 (2)에서 $\alpha \cdot \beta \cdot \delta = 1$ 이면 유사도가 높다고 가정하여 이진 트리를 병합한다. 반복적으로 트리를 통합하여 세그멘테이션 결과를 구한다. 후처리를 위해 Canny edge detection 을 사용하여 경계와 일치하지 않는 부분을 잡음으로 생각하여 제거 하였다.

3. 실험 결과

제안한 방법을 평가하기 위해 본 논문에서는 Berkeley 에서 제공하는 데이터 셋을 사용하였다 [2]. 각 그림의 a 가 입력 영상이고, d 가 ground truth 영상이다. d 영상과 유사할수록 성능이 더 좋다고 평가할 수 있다. 실험을 통해 제안한 방법이 기존의 방법보다 ground truth 에 더 유사한 결과를 제공하는 것을 확인할 수 있다.

4. 결론

본 논문은 슈퍼픽셀 통합을 이용한 새로운 세그멘테이션 방법을 제안한다. 슈퍼픽셀의 약점인 과분할을 피하기 위해, 색상 유사도와 공간적 근접성을 고려하였다. 각각의 슈퍼픽셀을 하나의 트리노드로 구성하고, 들로네 삼각화 방법으로 이웃한 노드를 검출 하였다. 그리고, 제안한 유사도 측정 방법을 통해 반복적으로 트리를 통합하는 하였다. 실험 결과를 통해 이전의 방법에 비해 좀더 정확한 세그멘테이션 결과를 얻었다. 또한, 제안한

방법을 활용하여 다양한 어플리케이션에 사용할 수 있다.

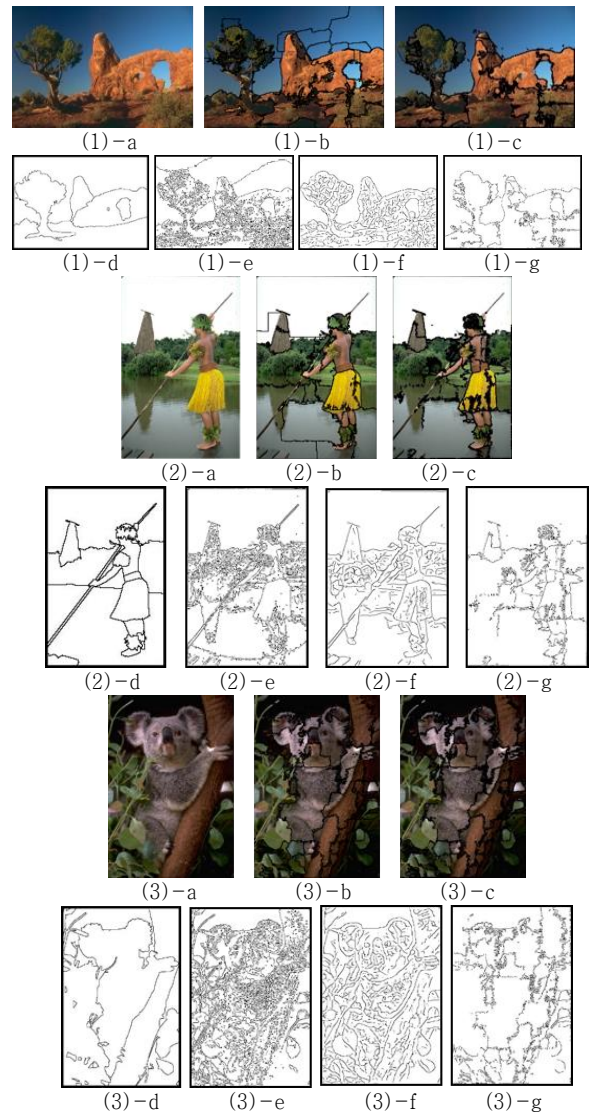


그림 4. 세그멘테이션 결과 및 비교. (a) 입력 영상, (b) 제안한 방법, (c) 후처리를 수행한 제안한 방법, (d) ground truth, (e) k-means 세그멘테이션, (f) BCT [2], (g) 제안한 방법

감사의 글

이 논문은 2015 년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NO. 2011-0030079)

참고문헌

[1] R. Achanta, A. Shaji, K. Smith, A. Lucchi, P. Fua, and S. Susstrunk, "SLIC superpixels compared to state-of-the-art superpixel methods IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 34, no. 11, pp. 2274-2282, 2012.

[2] T. Leung, J. Malik, "Representing and recognizing the visual appearance of materials using three dimensional textons," International Journal of Computer Vision, vol. 43, no. 1, pp. 29-44, 2001.