

정규화된 상호 연관성을 이용한 컬러 영상과 깊이 영상의 외곽선 매칭

윤태희, 심재영
울산과학기술대학교

tehiya@unist.ac.kr, jysim@unist.ac.kr

Boundary Matching of Color and Depth Images Using Normalized Cross Correlation

TaeHui Yun, Jae-Young Sim
Ulsan National Institute of Science and Technology

요 약

본 논문에서는 깊이 영상과 컬러 영상의 매칭을 통한 강인한 전경 객체 영역화 기법을 제안한다. 기존의 컬러 영상 기반 객체 영역화 알고리즘은 배경과 객체의 색상이 유사한 경우 정확한 객체 영역화가 어렵다. 깊이 영상을 이용하면 이러한 오 검출을 줄일 수 있지만, 깊이 영상 취득 장비의 오류로 인하여 검출되는 객체 외곽선이 컬러 영상에 비해 세밀하지 못한 단점이 있다. 따라서, 깊이 영상의 외곽선을 비교적 세밀한 컬러 영상의 외곽선에 매칭시킨다. 아울러, 서로 다른 센서에서 취득한 두 영상을 매칭하기 위하여, 정규화된 상호 연관성(normalized cross correlation)을 유사도 척도로 사용한다. 실험을 통하여 제안하는 알고리즘이 전경 객체 영역화의 오 검출을 줄이며, 동시에 객체 외곽선을 충실히 복원함을 확인한다.

1. 서론

최근 Xtion Pro Live[1], Kinect[2] 등 깊이 영상을 실시간으로 취득할 수 있는 장비를 이용하여 기존의 컴퓨터 비전 알고리즘의 성능을 향상시키는 연구가 이루어지고 있다. 깊이 영상은 실 세계의 물체와 카메라 사이의 거리를 픽셀의 밝기값으로 영상화한다. 깊이 영상에서 동일한 물체에 해당하는 픽셀들은 유사한 값을 가지므로, 깊이 정보를 이용하여 서로 다른 물체를 구분할 수 있다. 이러한 특성을 고려하여, 기존의 컬러 영상 기반의 객체 영역화 기법의 성능을 향상시키는 연구가 이루어졌다 [3,4]. 기존의 컬러 영상 기반 객체 영역화 기법은 전경 객체와 배경 간의 컬러 특성의 차이를 이용하기 때문에, 배경과 객체의 색상이 유사한 경우 객체 영역화를 정확하게 수행하지 못하는 단점을 가진다 [5]. 그러나 컬러 영상에 추가적으로 깊이 영상의 정보를 혼합함으로써, 배경과 객체가 유사한 색상을 띄고 있거나 배경에 복잡한 텍스처 영역이 존재하는 경우에도 강인하고 정확하게 객체를 추출할 수 있다.

하지만 깊이 영상 취득 장비[1,2]로 실시간으로 취득한 깊이 영상은 센서의 오류 등으로 인하여 컬러 영상에 비해 일반적으로 객체의 경계부가 뚜렷하지 않게 된다. 그림 1(a) 와 (b) 는 그림 2 의 “상반신” 영상에 대한 컬러 영상과 깊이 영상의 외곽선 검출 결과를 보여준다. 그림 1(a)에 비해 그림 1(b)의 외곽선이 정확하지 않은 것을 확인할 수 있다. 기존의 깊이 영상을 사용하는 알고리즘들은 GrabCut [5]에 기반하여, 단순히 에너지 함수에 컬러 영상과 깊이 영상 정보를 선형 혼합하거나[3], 가우시안 혼합 모델(Gaussian Mixture Model (GMM))에 깊이 영상 정보를 추가하기[4] 때문에, 이러한 왜곡은 컬러 영상과 깊이 영상을 이용하는 객체 영역화 기법의

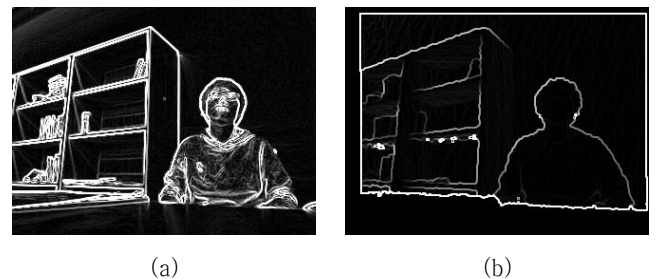


그림 1. 외곽선 검출 결과. (a) 컬러 영상. (b) 깊이 영상.

성능 저하의 원인이 된다.

본 논문에서는 깊이 영상의 왜곡을 줄여 객체 영역화의 정확도를 높이기 위한 컬러 영상과 깊이 영상의 외곽선 매칭 알고리즘을 제안한다. 일반적으로 컬러 영상의 외곽선은 비교적 정확한 객체의 외곽선을 표현하지만, 배경의 텍스처 정보가 복잡한 경우 오 검출되는 외곽선이 존재한다. 반면, 깊이 영상의 외곽선은 이러한 오 검출은 줄이지만, 전경 객체의 외곽선의 정밀도가 떨어지는 경향이 있다. 따라서, 깊이 영상의 외곽선을 상대적으로 정밀한 컬러 영상의 외곽선에 매칭시킨다. 컬러 영상과 깊이 영상이 서로 다른 센서를 통해 얻어진 데이터이기 때문에, 상호간의 효율적인 매칭을 위하여 정규화된 상호 연관성(Normalized Cross Correlation (NCC)) [6]을 유사도 척도로 이용한다. 매칭 결과를 이용하여 깊이 영상의 외곽선을 개선하고, Grabcut 최적화 기법[5]을 이용하여 전경 객체를 영역화한다. 실험 결과, 제안하는 알고리즘이 전경 객체를 정확하고 강인하게 추출함을 확인할 수 있다.

2. 제안 알고리즘

먼저, 컬러 영상과 깊이 영상의 외곽선 매칭을 위하여 [7]에서 제안된 블록 단위의 매칭 기법을 이용한다. I 와 D 를 각각 컬러 영상과 깊이 영상의 외곽선 추출 영상으로 정의한다. D 의 외곽선 점 i 에 5×5 윈도우 E_i^s 를 정하고, I 의 i 위치에 7×7 탐색 영역 $\theta(i)$ 내에서 각 위치 j 에 5×5 윈도우 E_j^t 를 설정한다 [7]. 이제 E_i^s 와 E_j^t 사이의 유사도를 측정한다. I 와 D 는 픽셀의 밝기값이 서로 다른 특성을 지니므로, 효과적인 매칭을 위하여 NCC를 유사도 척도로 사용한다 [6]. E_i^s 와 E_j^t 사이의 유사도 $NCC(i, j)$ 는 다음 수식으로 정의된다.

$$NCC(i, j) = \sum_{x \in \omega} \frac{(E_i^s(x) - \bar{E}_i^s)(E_j^t(x) - \bar{E}_j^t)}{25\sigma_{E_i^s}\sigma_{E_j^t}}$$

ω 는 두 윈도우 내의 서로 대응하는 25개의 픽셀들의 집합을 의미한다. \bar{E}_i^s 와 \bar{E}_j^t 는 E_i^s 와 E_j^t 내의 픽셀값의 평균을 의미하며, $\sigma_{E_i^s}$ 와 $\sigma_{E_j^t}$ 는 E_i^s 와 E_j^t 내의 픽셀값의 표준 편차를 나타낸다.

일반적으로 매칭이 되는 두 윈도우 사이의 거리가 멀수록 매칭의 신뢰도가 떨어지므로, 이를 반영하기 위하여 거리에 따른 페널티를 $d(i, j)$ 로 정의한다 [7].

$$d(i, j) = \exp\left(-\frac{|i - j|}{\sigma}\right)$$

$d(i, j)$ 는 E_i^s 와 E_j^t 의 중심좌표인 i 와 j 가 서로 멀수록 낮은 값을 가진다. 본 실험에서는 $\sigma=3$ 로 한다.

$\theta(i)$ 내에 49개의 위치 j 에서 유사도를 측정하고, 그 중 가장 높은 유사도를 갖는 위치 j^* 를 최적 매칭 위치로 결정한다.

$$j^* = \operatorname{argmax}_{j \in \theta(i)} \{NCC(i, j) \times d(i, j)\}$$

깊이 영상의 외곽선 D 의 모든 점 i 에 대하여 위 수식으로 최적의 매칭 위치를 구하고, 이것을 기존 외곽선 점의 위치 i 와 교체하여 개선된 깊이 영상의 외곽선을 구한다. 개선된 깊이 영상의 외곽선은 Grabcut 기반 최적화 기법에서 smoothness 비용 함수 설계에 적용하고 [7], 비용 함수를 최소화 시킴으로써 최종 전경 객체의 영역화 결과를 얻는다.

3. 실험 결과

그림 2는 본 실험에 사용한 “부채”와 “상반신” 영상을 보여준다. 실험에 사용한 컬러 및 깊이 영상은 Asus Xtion Pro [1]을 사용하여 취득하였다. 깊이 영상의 외곽선이 제안하는 알고리즘을 통해 얼마나 Ground truth 외곽선에 가까운지를 비교 하였다.

그림 2(b)는 취득한 깊이 영상의 외곽선을 하늘색으로 도시하고, Ground truth 외곽선을 노란색으로 도시하고 있다. 그림에서 보는 바와 같이, 객체 외곽선의 많은 부분이 상호 일치하지 않는 것을 확인 할 수 있다. 그림 2(c)는 제안하는 외곽선 매칭 알고리즘을 통하여, 개선된 깊이 영상의 외곽선을 노란색으로 도시하고 있다. 그림 2(b)에 비해 대부분의 외곽선이 Ground truth 외곽선과 일치함을 확인할 수 있다.

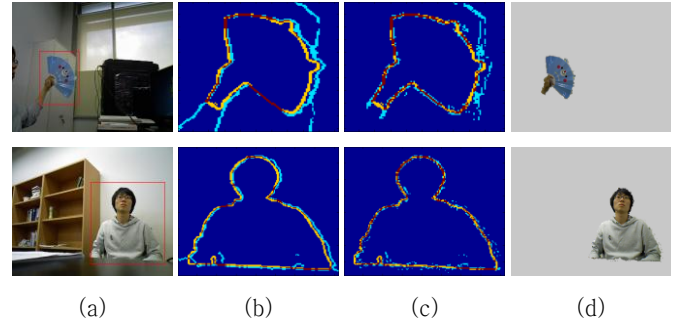


그림 2. 실험 결과. (a) 원본 컬러 영상. (b) 취득한 깊이 영상의 외곽선(하늘색), Ground truth 외곽선(노란색), 겹쳐진 외곽선 부분(붉은색). (c) 개선된 깊이 영상의 외곽선(하늘색). (d) 객체 영역화 결과.

그림 2(d)는 개선된 깊이 영상의 외곽선 정보를 기반으로 [7]의 최적화 기법을 적용하여 최종 객체 영역화를 수행한 결과를 보여준다. 그림 2(a)에서 붉은색으로 표기된 바운딩 박스 내의 전경 객체가 충실히 추출됨을 확인할 수 있다.

3. 결론

본 논문에서는 컬러 영상과 깊이 영상으로부터 정확하고 강인한 전경 객체 영역화 기법을 제안하였다. 컬러 영상과 깊이 영상의 외곽선 불일치를 해결하기 위하여, 깊이 영상의 외곽선을 컬러 영상의 외곽선에 매칭시킨다. 매칭의 효율성을 위하여, 정규화된 상호 연관성을 유사도 척도로 이용하였다. 실험 결과를 통하여 원하는 전경 객체의 외곽선이 충실히 검출되며 동시에 배경의 텍스처로 인한 오 검출을 줄일 수 있음을 확인하였다.

5. 참고문헌

- [1] ASUSTek Computer Inc, Xtion Pro Live User Guide, 2012.
- [2] Microsoft Corporation, Xbox 360 Kinect User Guide, 2012.
- [3] H. Hu, D. McKinnon, M. Warren, B. Upcroft, "Graphcut-based interactive segmentation using colour and depth cues," in Proc. Australasian conf. on Robotics and Automation, Dec 2010.
- [4] K. Vaiapury, A. Aksay, E. Izquierdo, "GrabcutD: Improved grabcut using depth information", in Proc. ACM SMVC, pp. 57-62, 2010.
- [5] C. Rother, V. Kolmogorov, A. Blake, "Grabcut-interactive foreground extraction using iterated graph cuts," in Proc. ACM SIGGRAPH, vol. 23, no. 3, pp. 309-314, Aug 2004.
- [6] Y. S. Heo, K. M. Lee, S. U. Lee, "Robust Stereo Matching Using Adaptive Normalized Cross-Correlation," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 33, no. 4, pp. 807-822, April 2011.
- [7] T. H. Yun, H. S. Lim, S. C. Ahn, J.-Y. Sim, "Grabcut-Based Edge Refinement Using Depth Information," in Proc. ITC-CSCC 2013.