휴리스틱 접근을 통한 유해물질 관심영역(ROI) 고속 검출

이재린, 박영현, *전병우
성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과
jaelin@skku.edu, neversky@skku.edu, bjeon@skku.edu

Heuristic High-Speed ROI Detection of Hazardous Substances

Jaelin Lee, Younghyeon Park, *Byeungwoo Jeon
College of Information & Communication Engineering, Sungkyunkwan University
jaelin@skku.edu, neversky@skku.edu, bjeon@skku.edu

요 약

기술의 발달로 인해 휴대폰카메라와 간단한 광학 장치를 통해 나노 단위의 유해물질 영상을 획득할 수 있게 되었지만, 휴대폰카메라의 한계로 영상 전역에 원치 않는 잡음이 발생하여 유해물질 농도 검출의 정확도는 좋지 않다. 또한 기존의 관심영역 검출 알고리즘은 검출하고자 하는 대상의 형태학적 특성을 이용한 상관성 비교를 사용하는데, 처리 시간이 길어 휴대폰 어플리케이션에 적합하지 않다. 이에 착안하여, 본 논문에서는 실용화를 목적으로 영상처리를 기반으로 한 유해물질 영역 검출의 고속화 알고리즘을 제안한다. 영상보간 및 잡음제거의 전처리를 진행한 영상에 휴리스틱 관심 대상 검출 알고리즘을 적용한 결과, 기존의 관심영역 검출 알고리즘과 대비 검출 시간은 약 70% 감소하였으며 검출 정확도는 증가하였다.

1. 서론

최근 카메라 기술의 발전에 힘입어 휴대폰카메라의 성능이 비약적으로 발달하였다. 본 논문에서는 이를 활용하여 휴대폰 카메라로 형광물질과 결합된 나노 크기의 유해물질을 촬영하였다. 일반적으로 유해물질 촬영 및 영상을 이용한 측정은 공 초점 현미경을 사용한다[1]. 그러나 일반 휴대폰을 사용하여 유해물질을 관찰할 경우, 관심영역 이외에 영상 내 많은 잡음이 존재하게 된다. 이는 유해물질을 촬영할 때 그 피사체의 크기가 매우 작으므로 개구수 (Numerical Aperture)가 큰 고 배율의 대물렌즈가 필요한데, 휴대폰 카메라의 렌즈 성능의 한계로 시야 전체에 초점을 맞추기 어렵기 때문이다. 그림 1 은 휴대폰 카메라로 유해물질 시료를 촬영한 결과인데, 영상 전역에 퍼진 빛의 분산과 높은 화소값을 가진 잡음이 있어 영상의 밝기를 이용하여 농도 검출을 할 경우 그 정확도가 좋지 않았다. 본 논문에서는 휴리스틱 접근을 통한 관심영역의 고속 검출 알고리즘을 제안한다. 전처리 과정을 통해 관심영역 외부의 잡음을 제거한 후, 영상 전반에 퍼진 산란광에도 불구하고 관심영역을 잘 구별하는 휴리스틱 접근을 통해 검출 속도를 감소시키면서도 검출 정확도는 높이는 방법을 연구하였다.

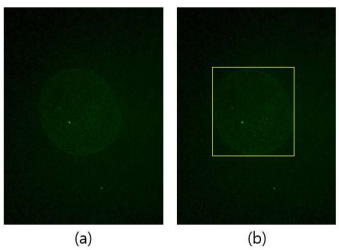

그림 1. (a) 원본영상 (b). ROI 영역

2. 유해물질 검출

이 절에서는 알고리즘 최적화를 위한 휴리스틱 접근법과 검출 방법을 소개한다.

2.1 휴리스틱 접근법

기존에는 Haar[2], SIFT[3], SURF[4] 그리고 머신러닝[5] 등의 알고리즘을 사용하여 영상으로부터 특정 타겟을 검출해왔다. 이는 타겟과 특정 마스크를 공간 필터링한 후, 형태의 유사성을 계산하여 타겟을 검출하는 방법이다. 이 경우 알고리즘은 화소값에 따른 잡음의 영향을 적게 받으나, 시간 복잡도가 높아 처리시간이 길다. 반면 화소의 밝기 특징을 이용하여 검출할 경우 시간 복잡도가 낮아 처리시간은 짧으나, 영상 내 잡음의 위치에 따른 영향을 크게 받는다. 따라서 형태학적인 특징과 화소의 밝기특징을 각각 계산하여 사용하여 한다. 먼저 관찰하고자 하는 관심 영상의 형태 및 잡음의 형태를 관찰한다. 실험에 사용된 샘플에서 전체적으로 잡음의 밝기가 관심영역에서 보다 높으며 다양한 형태를 띄고 있으므로, 잡음의 형태에 적응적인 알고리즘을 적용한다. 이 경우의 알고리즘 복잡도 O(x) 는 수식 1 과 같다.

$$O(x) = pMNmn + (1-p)MNab, \ \ ab > mn \qquad (1)$$

여기에서 MxN 은 영상의 크기이며, m x n 은 선형 공간 필터링에 사용되는 필터의 크기, ab 는 형태학적 필터의 마스크 크기이며 p 는 잡음이 관심영역보다 작을 확률이다. 본 논문에서 사용한 알고리즘의 mn 크기는 3 x 3이므로 항상 ab > mn 으로 가정한다. 이 경우 기존의 복잡도인 O(x) = MNab 보다 감소하며, p 가 상승할수록 더욱 감소되므로 복잡도를 최소화 할 수 있다.

2.2 관심영역 검출 방법

관심영역의 경계선이 주변과 구별되므로, 두개의 3x3 커널을 사용하여 1 차미분을 진행한 후 경계를 얻는다. 이 후, 적응적 경계추출법[6]을 사용하여 적절한 분산레벨을 이용하여 영상을 이진화 하여 최종 영상을 구한 후, 길이를 계산하여 길이가 가장 긴 영역을 검출한다. 과정 및 결과는 아래 그림 2. 와 같다.

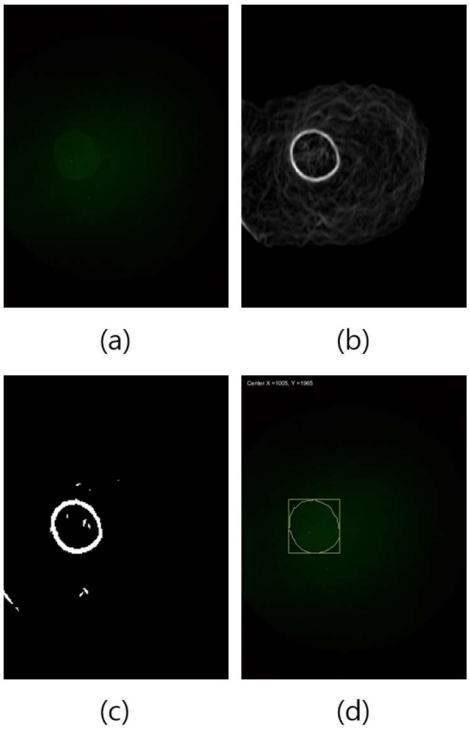

그림 2. (a) 원본 (b) 1 차 미분 영상 (c) 적응형 이진화 영상 (d) 관심영역 검출 결과

3. 실험 결과 및 분석

실험환경은 다음과 같다. Matlab 2017a 프로그램을 사용하여 실험을 진행하였으며, 36 개 샘플영상에 대해 원 허프 변환 알고리즘(CHT)과 제안한 알고리즘(HG)를 비교하였다. 먼저 각 알고리즘의 수행시간의 평균을 계산하였으며, 손으로 찍은 관심영역의 실재 중심값과 검출된 중심값 간의 RMSE 를 비교하였다. 각각의 실험 결과는 표 1 과 같다.

표 1. 검출 속도 및 정확도

	HG	CHT
수행시간 (초)	0.024	0.080
검출 정확도 (화소)	10.12	11.08

4. 결론

본 논문에서는 휴리스틱한 접근을 통해 관심영역을 검출하는 알고리즘을 수행하였다. 기존 알고리즘과 비교 결과 수행시간은 70% 감소하였으며, RMSE 가 약 1 화소 증가하였다. 영상의 형태와 화소 값을 보간하는 알고리즘을 사용할 경우 그 정확도와 속도가 증가함을 확인하였으며, 제안하는 알고리즘에서 이용한 공간 필터링을 1 차원 도메인에서 진행하여 복잡도 O(x) 의 차수를 낮춘다면 속도는 더욱 증가할 것이다.

감사의 글

본 논문은 2017 년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단-나노 · 소재기술개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2016M3A7B4910554).

참고문헌

[1] Lehmussola, Antti, et al., "Computational framework for simulating fluorescence microscope images with cell populations," IEEE Trans. on medical imaging 26.7, pp.1010-1016, 2007.

[2] Han, J. W., et al. "Radicular cysts and odontogenic keratocysts epithelia classification using cascaded haar classifiers," Proceedings of the Twelfth Annual Conference of Medical Image Understanding and Analysis 2008.

[3] Yang, Jianchao, et al. "Linear spatial pyramid matching using sparse coding for image classification, " Proc. of IEEE Computer Vision and Pattern Recognition(CVPR), 2009.

[4] Knopp, Jan, et al. "Hough transform and 3D SURF for robust three dimensional classification" Proc. European Conference on Computer Vision. Springer, Berlin, Heidelberg, 2010.

[5] Girshick, Ross, et al. "Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation," Proc. of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 2014.

[6] Otsu, Nobuyuki "A threshold selection method from gray-level histograms," IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics 9.1,pp. 62-66, 1979.

[7] 이재린, 박영현, 전병우, "형태학적 배경분리를 이용한 박테리아 검출," 제 30 회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵, 2017.02.7 - 9.