

<https://doi.org/10.7236/JIIBC.2022.22.2.97>
JIIBC 2022-2-14

K-means와 Sobel-mask 윤곽선 검출 기법을 이용한 미세먼지 측정 방법

A Fine Dust Measurement Technique using K-means and Sobel-mask Edge Detection Method

이원형*, 서주완*, 김기연*, 인치호**

Won-Hyeung Lee*, Ju-Wan Seo*, Ki-Yeon Kim*, Chi-Ho Lin**

요약 본 논문에서는 CCTV를 활용하여 K-means, Sobel-mask 기반의 윤곽선 검출 기법을 이용한 영상 속 미세먼지 측정 방법을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 CCTV 카메라를 이용하여 이미지를 수집하고 관심영역을 통해 이미지 범위를 지정한다. K-means 알고리즘을 적용하여 군집화가 완료되면 Sobel-mask를 통해 윤곽선을 검출하고 윤곽선 강도를 측정하며, 측정된 데이터를 바탕으로 미세먼지의 농도를 파악한다. 제안하는 방법은 대각선 측정에 장점을 가지는 Sobel-mask의 특성을 활용하여 산맥의 윤곽선을 추출하고 실험 결과로 미세먼지 농도에 따른 검출의 차이를 보여준다.

Abstract In this paper, we propose a method of measuring Fine dust in images using K-means and Sobel-mask based edge detection techniques using CCTV. The proposed algorithm collects images using a CCTV camera and designates an image range through a region of interest. When clustering is completed by applying the K-means algorithm, outline is detected through Sobel-mask, edge strength is measured, and the concentration of fine dust is determined based on the measured data. The proposed method extracts the contour of the mountain range using the characteristics of Sobel-mask, which has an advantage in diagonal measurement, and shows the difference in detection according to the concentration of fine dust as an experimental result.

Key Words : CCTV, Edge detection, Fine dust, K-means, ROI

1. 서론

최근 국내외적으로 미세먼지(Fine dust)로 인한 환경 문제는 높은 관심도를 갖게 되었고 현대사회의 주요한 문제로 대두되고 있다.

미세먼지 측정소는 주로 구청, 주민센터 등 소수 관공서에만 설치 및 운영되고 있으며, 미세먼지 측정 방법에

는 여러 방법이 있는데 국내에 있는 측정기기는 대부분 외국에서 제작된 수입품으로 활용되어 제작되기 때문에 제품 설치 및 유지에 막대한 비용이 든다. CCTV는 늘어나고 있지만, CCTV가 미세먼지 측정소보다 훨씬 많이 설치되어 있다는 것에 착안하여 추가 장비 적은 비용으로 CCTV 이미지를 활용해 미세먼지를 측정하고 사각지대를 줄이며 미세먼지 측정 장비를 대체할 수 있는 시스

*학생회원, 세명대학교 컴퓨터학과

**정회원, 세명대학교 컴퓨터학과

접수일자 2022년 3월 16일, 수정완료 2022년 4월 3일

계재확정일자 2022년 4월 8일

Received: 16 March, 2022 / Revised: 3 April, 2022 /

Accepted: 8 April, 2022

**Corresponding Author: ich410@semyung.ac.kr

School of Computer Science, Semyung University, Korea

템 구현이 필요하다.

본 논문에서는 CCTV를 활용하여 새로운 미세먼지 측정할 수 있는 K-means와 Sobel-mask 기반 윤곽선 검출 기법을 이용한 영상 속 미세먼지 측정 알고리즘 제안한다.

제안하는 알고리즘은 CCTV 카메라를 이용하여 관심 영역(Region of Interest, ROI)을 통해 이미지를 수집하고, K-means 알고리즘을 적용하여 검출 대상이 아닌 부분을 군집화하여 균일화를 한다. 군집화(clustering)가 완료되면 Sobel-mask를 사용하여 윤곽선(edge)을 검출하고 윤곽선 강도를 측정하며, 측정된 데이터를 바탕으로 미세먼지의 농도를 파악한다. 제안하는 알고리즘은 대각선 측정에 장점을 가지는 Sobel-mask의 특성을 활용하여 산맥의 윤곽선을 추출한다.

위의 시스템을 이용한다면 미세먼지와 공존하는 현대 사회의 환경에서 K-means 알고리즘이 미세먼지 측정에 사용됨으로써 효과를 볼 수 있는지 확인하고 기존 CCTV와 K-means를 활용하여, 보다 효율적으로 미세먼지를 측정할 수 있다. [1-11]

II. K-means와 Sobel-mask 윤곽선 검출 기법을 이용한 미세먼지 측정 방법

본 논문에서는 CCTV를 활용하여 미세먼지 측정을 하기 위해 k-means 군집화를 활용한 윤곽선 검출 기법을 사용한다. 윤곽선 검출을 위해 사용한 Sobel-mask는 수직과 수평보다 대각선 방향에 더욱 민감하다. 이러한 특성은 돌출된 화소값을 처리하는데 강점이 있다.

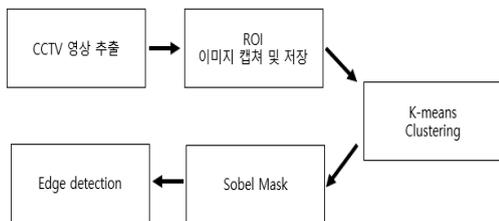


그림 1. 윤곽선 검출 과정
Fig. 1. Edge detection process

CCTV 영상 속 산맥의 윤곽선 검출을 위한 과정으로는 그림 1과 같다. CCTV로부터 얻은 이미지에 대하여 전체 이미지 중 특정 관심 영역을 의미하는 ROI를 설정

한다. 본 논문에서는 윤곽선의 강도를 판별할 수 있는 영역이 관심의 대상이므로 윤곽선이 많고 또렷한 산맥으로 설정한다.

그림 2는 ROI로 설정한 산맥의 결과를 보여주며, 미세먼지 농도가 적은 이미지와 미세먼지 농도가 많은 이미지를 이용하여 각 이미지들의 ROI를 설정한다.

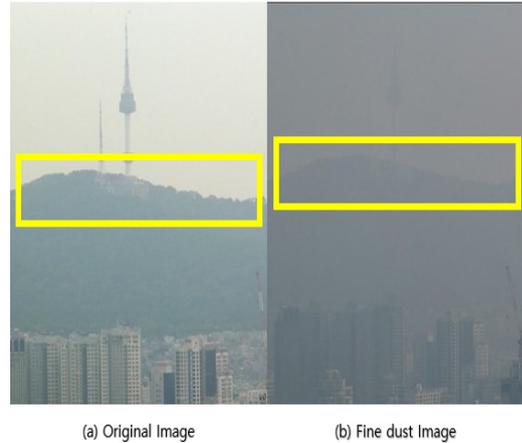


그림 2. 이미지 관심영역 추출
Fig. 2. Image ROI extraction

K-means 알고리즘은 사전에 정해진 클러스터의 수를 통해 데이터 집합을 분류하는 방법이다.

4단계로 이루어진 K-means 알고리즘은 첫째, 무작위의 K개 군집수를 결정하고 각 군집에 초기 군집 중심을 1씩 할당하여 위치를 설정한다.

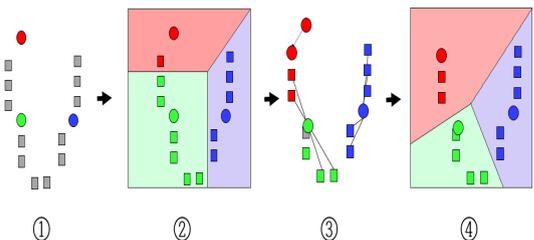


그림 3. K-means 군집화 4단계 과정
Fig. 3. K-means clustering four processes

위 그림 3의 K는 3이라는 것을 나타낸다.

둘째, 군집의 유클리드 거리를 이용하여 각 데이터에 대해 K개의 위치까지 거리를 구한 뒤 가까운 군집에 포함한다. 셋째, 각각의 군집으로 나누어진 데이터를 기준으로 하여 새로운 군집 중앙의 위치를 최소가 될 수 있도록

록 재설정해준다.

끝으로 새롭게 설정한 군집 중앙 위치가 기존 위치와 동일하다면 알고리즘을 종료, 다르면 두 번째부터 수행한다.

이러한 과정을 통해 각각의 원본 이미지와 미세먼지 이미지의 ROI 영역을 군집화한다.

K-means 군집화 과정을 통해 CCTV 영상 속 산맥의 군집화가 완료되면, 윤곽선 검출에 활용되는 대표적인 미분 연산자인 Sobel-mask를 활용하여 윤곽선 검출을 한다. Sobel-mask는 윤곽선의 수직과 수평보다 대각선 방향 추출에 민감하며 또한, 돌출된 화소 값을 평균화하기 때문에 잡음에 강한 특징이 있다. Sobel-mask는 비선형 연산자이며, Mask window 영역 양 끝의 화소 사이의 합의 차이를 구한 뒤, 수평과 수직 방향에 대해 평균 크기를 구하여 경계 부위를 강조한다.

그림 4는 Sobel-mask의 수직과 수평 마스크를 나타낸 것이며, 3x3 크기의 창, 5x5 크기의 창으로 정의된 것을 나타낸다. 일반적으로 3x3 크기의 Window를 많이 쓰지만, Window의 크기가 3x3으로 고정되는 것은 아니며, 5x5, 7x7 크기의 마스크도 존재한다. 마스크의 크기가 커지면 윤곽선은 두꺼워져 선명해진다. 반면에 윤곽선의 구간이 촘촘하거나 복잡한 영상일 때는 효과가 낮다.

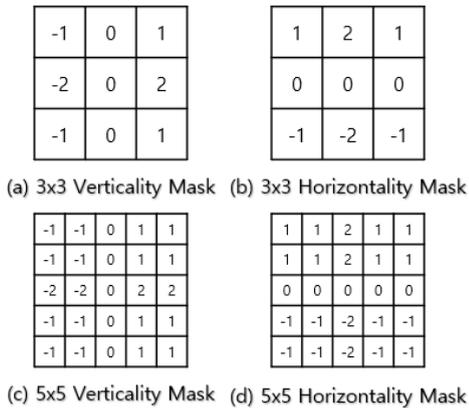


그림 4. Sobel-mask Window
 Fig. 4. Sobel-mask Window

Sobel-mask의 윤곽선 검출이 완료되면 윤곽선의 강도(edge strength)를 측정해야 한다. 윤곽선 강도는 CCTV 영상의 산맥 내에서 x 축 방향의 전 좌표에 대해 각각 수직(열) 방향으로 픽셀 간의 기울기 (상하 인접 픽셀 간의 차이 값)를 계산하고 가장 큰 값을 찾은 후 모두

더하는 방식으로 계산한다. CCTV의 컬러 값의 영역 내에서 R, G, B 컬러값을 평균하여 그레이 스케일의 이미지로 변환한 뒤 상기 과정을 실시한다.

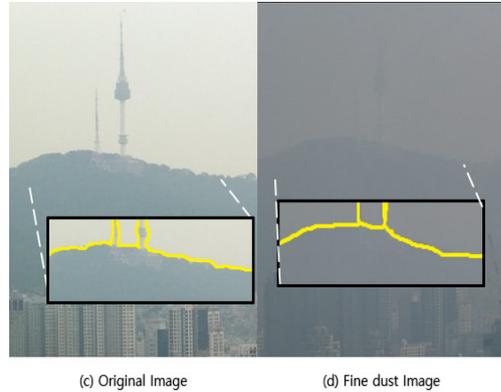


그림 5. 원본 이미지 윤곽선 검출
 Fig. 5. Original image edge detection

그림 5는 Sobel-mask를 이용하여 윤곽선을 검출할 때 ROI 영역의 산맥 부분이 아닌 곳도 검출이 되는 것을 확인할 수 있다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 K-means 군집화를 활용하여 윤곽선을 검출한다.

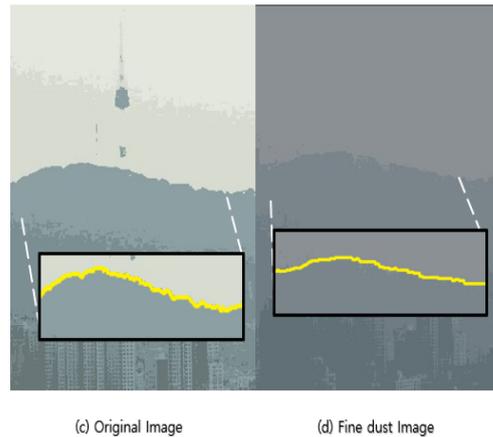


그림 6. 군집화한 이미지 edge 검출
 Fig. 6. Cluster image edge detection

그림 6은 군집화된 이미지의 산맥 윤곽선 부분의 픽셀별 최대 기울기 값을 갖는 픽셀을 노란색으로 표시한 것이다.

미세먼지가 없는 날 (농도가 낮은 날) 일정 크기의 박스를 이용하여 윤곽선 이미지 내에서 랜덤하게 박스를

이동시키면서 그 박스 영역 안에서 윤곽선의 강도를 계산시에 최대의 값을 가지는 박스 영역을 ROI로 선정하고 이후로는 항상 같은 영역을 ROI로 사용한다.

설정된 ROI 영역에 대해 한 달에 걸쳐 윤곽선 강도를 계산하고 미세먼지 농도별로 나열해 보았을 때 통상 미세먼지 농도가 적은 날은 그 값이 크고 농도가 높은 날은 그 값이 작게 나온다.

III. 실험 및 결과

본 논문에서는 CCTV를 활용하여 미세먼지 측정을 하기 위해 K-means 군집화와 Sobel-mask를 활용하였으며 지금까지 설명한 알고리즘을 한 달 동안 캡처한 CCTV 이미지들에 적용하였다. x 축을 ROI 영역의 윤곽선 강도 값으로 하고 y축을 같은 날 같은 시간에 에어코리아가 해당 지역에서 실제 관측하고 공표한 미세먼지 농도로 하는 그래프를 나타내면 그림 7, 8과 같다.

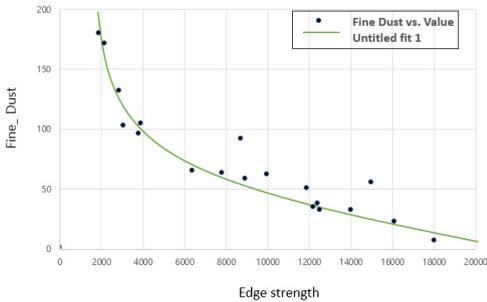


그림 7. 미세먼지
Fig. 7. Fine dust

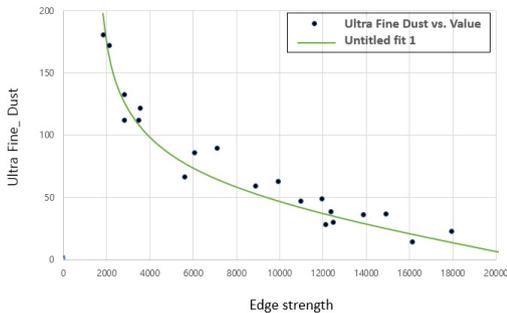


그림 8. 초미세먼지
Fig. 8. Ultra-fine dust

상기 그림에서 상단은 미세먼지 농도에 대한 그래프이며 하단은 초미세먼지(Ultra-fine dust) 농도에 대한 그래프이며 x 축 데이터와 y 축 데이터간 상호 상관관계를 MATLAB을 이용하여 거듭제곱 방정식 형태로 추출한 추세선이 파란색 곡선이다.

본 그래프를 통해 두 데이터 간 깊은 상관관계가 있음을 알 수 있다. 본 추세선 방정식에 CCTV 영상으로부터 얻은 이미지의 ROI 영역의 윤곽선 강도값을 x 값으로 넣어주면 미세먼지 및 초미세먼지 농도 값을 유추할 수 있게 된다.

IV. 결론

본 논문에서는 미세먼지가 심한 도심에서의 CCTV를 활용하여 새로운 측정 방법을 제안하였다.

제안한 방법은 기존 제한적인 미세먼지 측정기의 수량의 문제점을 해결하기 위해 국내에 설치되어 있는 CCTV를 활용하여 K-means 군집화 및 Sobel-mask를 통한 미세먼지 측정 알고리즘을 설계하였다.

원본 이미지에서의 윤곽선 검출은 ROI 영역의 산맥 부분이 아닌 곳도 같이 검출되었다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 K-means 군집화를 적용해 이미지의 색상을 단순화하였고 불필요한 부분을 균일화하여 윤곽선을 검출하였다.

미세먼지가 많은 경우는 ROI 영역의 윤곽선 굴곡이 완만하며 Sobel-mask를 활용하였을 시 적은 강도 값이 나타난다. 미세먼지가 적은 경우는 윤곽선 굴곡의 변화가 크므로 큰 강도 값이 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 이러한 결과값을 K-means 군집화를 통하여 윤곽선과의 거리에 따른 측정값의 변화에 따라서 미세먼지 농도를 판별이 가능하다는 것을 확인하였다. 실험의 결과 전반적으로 추세선 그래프와 실측 데이터 간의 이격도가 낮은 편이고 추세선으로부터 이탈한 점들의 비율이 적었다.

향후 연구 방향으로 매우 긴 시간에 걸쳐 자료를 수집하고 분석을 실시하며 추세선들을 이탈한 점들에 대해 좀 더 깊이 있게 연구하여 이탈률을 낮출 수 있는 방안을 고안하여 유추 정확도를 더욱 높일 예정이다.

References

[1] Nausheen Nazma, Seal Ayan, Khanna Pritee, and Halder Santanu. "A FPGA based implementation of

Sobel edge detection." Microprocessors and Microsystems Vol. 56 No. 1 pp. 84-91, 2018.
 DOI:https://doi.org/10.1016/j.micpro.2017.10.011

[2] Kim Jong-hwan, Lee Byung-chan, Lee Sung-hwa, and Kim Jin-tae, Implementation of IoT-based quadcopter fine dust measurement system using open SW. Journal of the Korea Internet Broadcasting and Communications Association, Vol. 21, No. 2, pp.33-39, 2021.
 DOI:https://doi.org/10.7236/JIIBC.2021.21.2.3

[3] Lee Seung-mok, Kim Young-hyung, and Lim Jae-kwon. "How to detect edge lines in noisy panel module images." Vol. 18, No 7, pp. 75-80, 2020.
 DOI:https://doi.org/10.14801/jikit.2020.18.7.75

[4] Lee Sa-rang, No Eun-sol, and Hong Seok-moo. "Development of intersection detection algorithms for CNN-based air conditioning duct cleaning robots." Journal of the Korean Society of Industrial Technology Vol. 21, No. 8, pp. 1-8, 2020.
 DOI:http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2020.21.8.1

[5] S. Agarwal, S. Yadav and K. Singh, "Notice of Violation of IEEE Publication Principles: K-means versus k-means ++ clustering technique," 2012 Students Conference on Engineering and Systems, pp. 1-6, 2012.
 DOI:http://10.1109/SCES.2012.6199061.

[6] Ting Su and J. Dy, "A deterministic method for initializing K-means clustering," 16th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence, pp. 784-786, 2004.
 DOI:http://10.1109/ICTAI.2004.7

[7] A. Wakatani, "Digital watermarking for ROI medical images by using compressed signature image," Proceedings of the 35th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, pp. 2043-2048, 2002.
 DOI:http://10.1109/HICSS.2002.994129.

[8] M. Sharifi, M. Fathy and M. T. Mahmoudi, "A classified and comparative study of edge detection algorithms," Proceedings. International Conference on Information Technology: Coding and Computing, pp. 117-120, 2002.
 DOI:http://10.1109/ITCC.2002.1000371.

[9] ISRANI, Sheetal; JAIN, Swapnil. Edge detection of license plate using Sobel operator. In: 2016 International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques (ICEEOT). IEEE, p. 3561-3563, 2016.
 DOI:http://10.1109/ICEEOT.2016.7755367

[10] Vanishree and K. V. Ramana Reddy, "Implementation of pipelined sobel edge detection algorithm on FPGA for High speed applications," 2013 International Conference on Emerging Trends in Communication, Control, Signal Processing and Computing Applications (C2SPCA), pp. 1-5, 2013.

DOI:http://10.1109/C2SPCA.2013.6749364

[11] Vincent, Olufunke, and Olusegun Folorunso. "A Descriptive Algorithm for Sobel Image Edge Detection." In SITE 2009: Informing Science+ IT Education Conference. Vol. 9, 2009.
 DOI:https://doi.org/10.28945/3351

저 자 소 개

이 원 형(학생회원)



- 2017년 ~ 현재 : 세명대학교 컴퓨터 학부 재학
- 관심분야 : 안드로이드, 머신러닝

서 주 완(학생회원)



- 2017년 ~ 현재 : 세명대학교 컴퓨터 학부 재학
- 관심분야 : 빅데이터, 머신러닝

김 기 연(학생회원)



- 2017년 ~ 현재 : 세명대학교 컴퓨터 학부 재학
- 관심분야 : 임베디드 시스템 신경, 머신러닝

인 치 호(정회원)



- 2021년 12월호 참조

※ 본 과제(결과물)는 2021년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지 자체-대학 협력기반 지역혁신 사업의 결과입니다. 2021RIS-001(1345341783)