

<https://doi.org/10.7236/JIIBC.2022.22.5.69>
JIIBC 2022-5-11

LoG 윤곽선 검출 기법을 적용한 새로운 미세먼지 측정 방법 설계

Design of New Fine Dust Measurement Method applying LoG Edge Detection Technique

장택진*, 인치호**

Taek-Jin Jang*, Chi-Ho Lin**

요약 본 논문에서는 LoG(Laplacian of Gaussian) 기반의 윤곽선 검출 기법을 통한 새로운 미세먼지 측정 방법을 제안한다. 미세먼지 측정을 위하여 CCTV 기반의 영상 이미지를 수집하고, RoI(Region of Interest)를 통해 이미지 범위를 지정한다. 지정된 영역에 GMM(Gaussian Mixture Model)을 적용하여 군집화 후, LoG 알고리즘을 통해 윤곽선을 검출하고 검출된 윤곽선 강도를 측정한다. 측정된 윤곽선의 강도 데이터를 기반으로 미세먼지의 농도를 결정한다. 본 논문에서 제안하는 알고리즘의 효용성을 입증하기 위하여 본교 연구실 주위에 설치된 CCTV 영상 이미지를 6~7월 한 달간 수집하여 적용한 결과, 측정된 결과값은 미세먼지 농도와 범위를 계산하기에 충분한을 본 실험을 통해 입증하였다.

Abstract In this paper, we propose a new method for measuring fine dust through a LoG(Laplacian of Gaussian)-based edge detection technique. CCTV-based images in a video are collected for fine dust measurement, and image ranges are designated through RoI(Region of Interest). After clustering by applying the GMM(Gaussian Mix Model) to the specified area, we detect edge through the LoG algorithm and measure the detected edge strength. The concentration of fine dust is determined based on the measured intensity data of the edge. In this paper, we propose algorithm as the effectiveness of experiment. As a result of collecting and applying CCTV image in the video installed around the laboratory of this school for a month from June to July, the measured result value was proved through this experiment to be sufficient to calculate the concentration and range of fine dust.

Key Words : Fine Dust, Edge detection, LoG, RoI, CCTV

1. 서론

최근 미세먼지로 인한 환경문제가 국내외적으로 심각한 사회적 문제로 대두되고 있다. 현재 미세먼지 측정소는 주로 주민센터, 구·시청 등 소수 관공서에 설치 및 운영되고 있다. 사각지대 속 미세먼지는 측정하지 못하고

있는 문제점이 발생한다.^[1-2] 또한, 미세먼지 측정 방법은 다양하지만, 현재 국내에서 사용하는 측정기기는 대부분 외국에서 제작된 수입 기기를 활용하여 제작하기 때문에 제품 설치 및 유지 보수에 막대한 비용이 든다.^[3-4] 따라서 미세먼지 측정소보다 많이 설치되어 있는 CCTV를 활용해 미세먼지를 측정하고 미세먼지 측정 기기를 대체

*학생회원, 세명대학교 컴퓨터학부

**정회원, 세명대학교 컴퓨터학부

접수일자 : 2022년 9월 21일, 수정완료 : 2022년 10월 5일

게재확정일자 : 2022년 10월 7일

Received: 21 September, 2022 / Revised: 5 October, 2022 /

Accepted: 7 October, 2022

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

School of Computer Science, Semyung University, Korea

할 수 있는 시스템 구현이 필요하다.^[5-6]

기존의 연구 방식인 GMM 알고리즘^[7]은 1차 미분을 통한 수행 결과값을 측정하기 때문에 수평, 수직, 대각선 방향에 놓인 윤곽선에서 민감한 반응을 보인다. 특히 대각선 방향에 놓인 윤곽선에 민감하다. 입자가 작은 미세 먼지의 경우 민감한 검출 방법은 치명적인 단점으로 이어진다. 본 논문에서는 이를 보완하기 위해 2차 미분을 이용한 윤곽선 검출 기법을 사용한다. 윤곽선 부분에서 부호가 바뀌는 것을 영교차(Zero Crossing)라고 하며 영교차를 이용하여 윤곽선을 검출한다.

제안하는 알고리즘은 CCTV의 영상 이미지를 추출하여 RoI^[8]를 지정하고 GMM 알고리즘을 통하여 검출 대상들을 군집화 및 균일화시킨다. 군집 결과에 LoG 알고리즘^[9]을 적용하여 윤곽선을 검출한 후 영상처리로 얻은 데이터와 에어코리아^[10]의 데이터를 분석하고 미세먼지 측정 데이터를 비교한다. 본 시스템을 이용하여 사회적인 문제로 손꼽히는 미세먼지를 측정 및 분석하여 효과적인 결과를 나타내는지 확인한다.

II. LoG 윤곽선 검출 기법을 이용한 새로운 미세먼지 측정 방법

본 논문에서는 CCTV와 LoG를 활용한 윤곽선 탐지를 기반으로 하여 미세먼지 측정 방법을 제안한다.

그림 1은 CCTV 영상 이미지의 윤곽선을 검출하는 알고리즘의 흐름도이다.

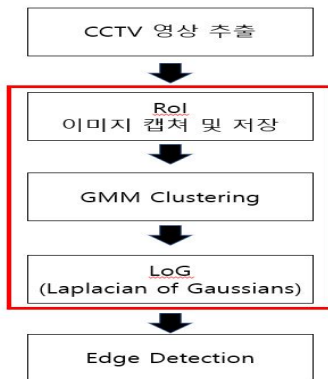


그림 1. 미세먼지 측정 시스템 알고리즘 흐름도
Fig. 1. Flow chart of fine dust measurement system algorithm

CCTV로부터 얻은 이미지 중 특정 관심 영역을 의미하는 ROI를 설정한다. 본 논문에서는 윤곽선의 강도를 판별하는 것이 관심 영역이므로 실험 이미지를 윤곽선이 많고 또렷한 산맥으로 설정한다.

군집분석은 대상의 특성을 분석하여 유사한 성질을 띠는 대상들을 동일한 하나의 집단으로 분류하는 방법이다. 군집의 구조에 대한 특별한 가정 없이 개체 간 거리와 유사성을 근거로 알맞은 군집을 찾고 분석하는 통계 분석 기법이다. 본 논문에서는 미세먼지 농도에 대한 온도, 습도, 풍속에 대한 GMM 군집화를 결정하였다.

그림 2는 샘플 데이터를 가지고 GMM 군집화를 측정하여 그래프로 나타낸 결과이다. GMM은 Parametric 모델로서 EM (Expectation Maximization) 알고리즘^[11]을 이용한 대표적인 군집화 모델이다. 전체 데이터의 확률 분포가 여러 개의 가우시안 분포의 조합으로 이루어져 있다고 가정할 때 각 분포에 속할 확률을 비교해 데이터를 군집하는 방법이다. 확률 분포의 차이를 고려하기 때문에 다른 군집화 알고리즘보다 통계적으로 엄밀한 결과를 얻을 수 있다.

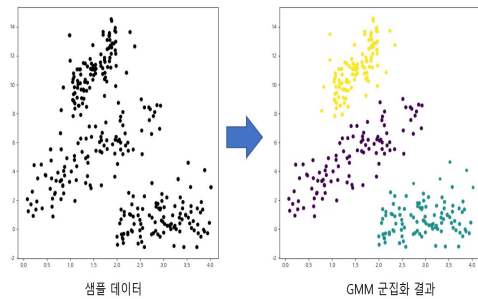


그림 2. GMM 군집화 성능 비교
Fig. 2. Comparison of GMM Clustering Performance

본 논문에서는 CCTV 영상 추출을 통해 얻은 이미지의 온도, 습도, 풍속 등 다양한 환경을 데이터로 GMM 군집화를 완료하고, LoG 알고리즘을 활용하여 윤곽선을 검출한다.

LoG 알고리즘은 라플라시안을 적용하기 전 Gaussian Smoothing 함수^[12]를 적용하기 때문에 기존 라플라시안의 잡음을 줄일 수 있다. 이 방법은 인간의 시각과 유사한 특성을 가지고 있으며, 시그마 값에 따라 함수의 폭과 최대, 최소값이 변화하게 된다. 시그마 값이 커지면 최댓값이 작아지고 윤곽선이 넓게 검출되는 반면, 시그마 값이 작아지면 최댓값이 커지고 경사가 급격한 윤곽선과 정확한 윤곽선이 검출된다.

LoG 연산자는 $\nabla^2 G$ 로 구성된다. 여기서 ∇^2 는 Laplacian 연산자이며, G 는 Gaussian 필터를 의미하며 이를 수식으로 표현하면 수식 (1)과 같다. 해당 수식을 근사화하여 5 x 5 마스크로 표현하면 그림 3과 같다.

$$\nabla^2 G(x,y) = \left[\frac{x^2 + y^2 - 2\sigma^2}{\sigma^4} \right] e^{-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}} \dots(1)$$

0	0	1	0	0
0	1	2	1	0
1	2	-16	2	1
0	1	2	1	0
0	0	1	0	0

그림 3. LoG 수식의 근사화 마스크
 Fig. 3. Approximated mask of LoG Formula

5 x 5 마스크를 예로 LoG 공식에 적용하면 중심 화소를 16배로 하고 상하좌우 화소를 중심 화소와 반대 부호를 갖게 구성한다. 또한, 마스크 원소의 전체 합이 0이 되어야 한다. 마스크의 크기가 커지면 윤곽선이 선명해지며 두꺼워진다. 반면 복잡한 영상이나 윤곽선의 구간이 촘촘할 때는 효과가 낮다.

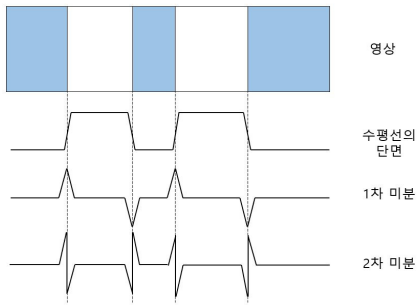


그림 4. 윤곽선 검출 과정
 Fig. 4. Edge detection process

그림 4는 1차 미분과 2차 미분의 차이점이다. 1차 미분 값의 크기는 윤곽선의 유무를 알기 위해 사용한다. 반면 2차 미분 값의 부호는 윤곽선 화소색상이 밝은지 어두운지를 결정하는 데 사용된다. 이러한 방식으로 검출하면 영상에 대한 미분을 두 번 수행하기 때문에 윤곽선 중심 방향에 가늘게 형성되어 검출된 윤곽선이 폐곡선을 이루게 된다. 폐곡선을 이루면 저주파 성분에 해당하는

값들은 소거가 되며 고주파 성분들은 더 선명하게 나타나기 때문에 기존 GMM 알고리즘보다 효과적으로 윤곽선을 강조할 수 있다.

2차 미분을 사용한 알고리즘의 단점으로는 잡음에 민감하다는 점이다. 본 논문에서는 2차 미분을 이용한 라플라시안 알고리즘의 단점을 보완한 LoG 알고리즘을 사용하여 윤곽선을 추출한다.



그림 5. LoG 윤곽선 검출 비교
 Fig. 5. Comparison of LoG Edge detection

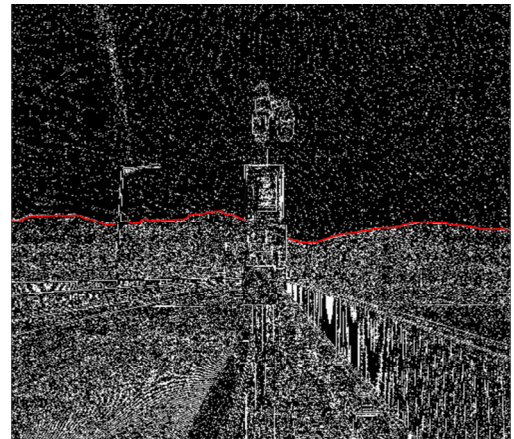


그림 6. LoG 윤곽선 검출
 Fig. 6. LoG Edge detection

CCTV 영상 이미지에 관하여 전체 이미지 중 특정 관심 영역(RoI)을 설정한다. 윤곽선이 또렷한 산맥을 RoI로 설정하여 윤곽선의 강도를 판별한다.

그림 5는 CCTV 카메라에 담긴 이미지이다. Original image와 LoG을 통해 윤곽선을 검출해낸 이미지이다. 1차 미분 값에선 기울기의 크기로 밝고 어두움을 판단하지만 2차 미분 값에서는 기울기의 부호로 밝고 어두움을 판단한다.

그림 6는 윤곽선을 검출해낸 이후 또렷한 차이를 위해 픽셀별 최대 기울기 부호 값을 갖는 픽셀을 빨간색으로 표시한 것이다. 윤곽선 이미지 내에서 랜덤하게 박스를 이동시키며 박스 영역 안 윤곽선의 강도를 계산한다.

윤곽선의 강도는 CCTV 영상 이미지의 산맥 내에서 영교차 검출을 통해 측정한다. 여덟 개의 이웃 중 마주 보는 네 개의 쌍을 조사하여 2개 이상 서로 다른 부호 값을 확인하고 부호가 다른 쌍의 값 차이가 임계값을 넘을 경우 가운데 화소를 영교차 점에 해당한다.

III. 실험 및 결과

본 논문에서는 CCTV 이미지를 활용하여 GMM 군집화와 LoG 윤곽선 검출 기법을 통해 미세먼지와 초미세먼지를 측정하였으며, 본교 연구실 주위의 설치된 CCTV 영상 이미지를 6~7월 한 달간 수집하여 알고리즘에 적용하였다.

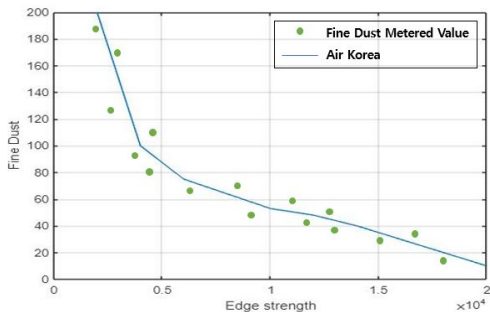


그림 7. 미세먼지
Fig. 7. Fine_Dust

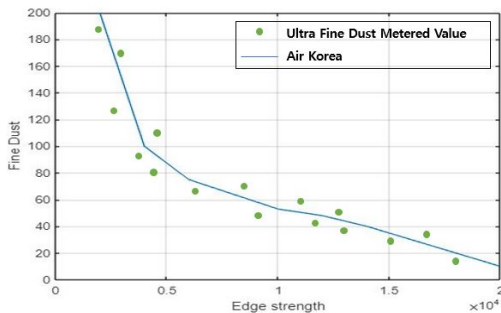


그림 8. 초미세먼지
Fig. 8. Ultra_Fine_Dust

그림 7, 8은 에어코리아가 실제 관측한 미세먼지 농도와 초미세먼지 농도에 대한 측정값을 초록색 실선으로, 알고리즘을 적용해 얻어진 측정값을 DOT로 표현한 값이다. 그림 7은 미세먼지 농도에 대한 그래프이며 그림 8은 초미세먼지 농도에 대한 그래프이다. x 축 데이터와 y 축 데이터의 상관관계를 MATLAB을 통하여 거듭제곱 방정식 형태로 추출한 추세선을 파란색 곡선으로 나타내었다. 본 그래프를 통하여 두 데이터의 상관관계가 깊음을 알 수 있다. 본 추세선 방정식은 CCTV 영상 이미지로부터 RoI 영역의 윤곽선 값을 x값으로 지정하여 미세먼지, 초미세먼지 농도 값을 유추할 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 미세먼지 측정기기의 제한적인 수량 문제점을 해결하기 위하여 국내에 설치되어 있는 CCTV를 활용한 새로운 미세먼지 측정 방법을 제안하였다.

제안한 방법은 CCTV 영상 이미지를 활용하여 GMM 군집화, LoG 윤곽선 검출 기법을 통한 미세먼지 측정 알고리즘을 설계하였다.

원본 이미지는 ROI 영역인 산맥 부분을 제외한 곳에서도 윤곽선이 같이 검출되었다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 2차 미분을 통해 이미지의 색상을 단순화하고 불필요한 검출 부분을 균일화하여 문제점을 해결하였다. 미세먼지의 농도가 짙은 경우는 ROI 영역의 윤곽선 부호값이 높으며 LoG를 활용하였을 시 적은 강도 값이 나타난다. 미세먼지 농도가 옅은 경우에는 윤곽선 부호의 변화가 적으므로 큰 강도 값이 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 이러한 결과값을 LoG 알고리즘을 통하여 윤곽선 측정값의 변화와 강도에 따라 미세먼지 농도 측정이 가능하다는 것을 확인하였다. 실험의 결과 추세선 그래프와 실측 데이터 간의 이격도가 낮고 추세선에서 이탈한 점들의 비율이 낮았다.

향후 연구 방향으로 현재 주간 영상의 경우 다양한 텍스처와 밝기 정보를 잘 표현하고 있어 학습에 영향을 주는 정보가 뚜렷하지만 야간 영상은 주간 영상에 비하여 정보가 미흡하고 관련 연구가 드물다. 따라서 가로등과 날씨와 같은 광원의 원리 현상에 의해 특징이 균일하지 못한 야간 CCTV 영상을 딥러닝 기반 미세먼지 농도 측정이 가능한지에 관한 상관도를 분석할 예정이다.

References

- [1] Jeong-Joon, Kim, Kwang-Jin Kwak, Jeong-Min Park. NoSQL-based Sensor Web System for Fine Particles Analysis Services. The Institute of Internet, Broadcasting and Communication(IIBC) .Vol. 19, No2, pp. 119-125, 2019.
DOI:https://doi.org/10.7236/JIIBC.2020.20.5.127
- [2] Jong-hwan Kim, Byung-chan Lee, Sung-hwa Lee, and Jin-tae Kim, Implementation of IoT-based quadcopter fine dust measurement system using open SW. Journal of the Korea Internet Broadcasting and Communication(IIBC) Vol. 21, No. 2, pp.33-39, 2021.
DOI:https://doi.org/10.7236/JIIBC.2021.21.2.3
- [3] Seung-Mok Lee, Young-Hyung Kim, Jae-Kwon Eem."A Method of Edge Line Detection for Noisy Panel Module Images"The Journal of Korean Institute of Information Technology(JKIIT) Vol.18, No. 7, pp. 75-80, 2020.
DOI:https://doi.org/10.14801/jkiit.2020.18.7.75
- [4] Sa-rang Lee, Eun-sol No, and Seok-moo Hong. "Development of intersection detection algorithms for CNN-based air conditioning duct cleaning robots." Journal of the Korean Society of Industrial Technology(JKAIS) Vol. 21, No. 8, pp. 1-8, 2020.
DOI:http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2020.21.8.1
- [5] Min-chul Kim, et al. Topic modeling on fine dust issues using LDA Analysis.Journal of energy engineering, Vol. 29, No. 2, pp.23-29, 2020.
DOI:https://doi.org/10.5855/ENERGY.2020.29.2.023
- [6] GUPTA, Pratima, et al. Exposure to respirable and fine dust particle over North-Central India: chemical characterization, source interpretation, and health risk analysis.Environmental Geochemistry and Health, Vol. 42, No. 7, pp. 2081-2099, 2020
- [7] PATEL, Eva; KUSHWAHA, Dharmender Singh. Clustering cloud workloads: K-means vs gaussian mixture model.Procedia computer science, Vol. 17, No. 1, pp. 158-167, 2020
DOI:https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.04.017
- [8] GENTILI, Claudio, et al. The case for preregistering all region of interest (ROI) analyses in neuroimaging research. European Journal of Neuroscience, Vol. 53, No. 2, pp. 357-361, 2021.
DOI:https://doi.org/10.1111/ejn.14954
- [9] LI, Zhengguo; SHU, Haiyan; ZHENG, Chaobing. Multi-Scale Single Image Dehazing Using Laplacian and Gaussian Pyramids. IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 30, pp. 9270-9279, 2021
DOI:https://doi.org/10.1109/TIP.2021.3123551
- [10] Ministry of Environment, AirKorea(www.airkorea.or.kr)
- [11] MALAN, Linda, et al. Missing data imputation via the expectation-maximization algorithm can improve principal component analysis aimed at deriving biomarker profiles and dietary patterns. Nutrition Research, Vol. 75, pp. 67-76, 2020.
DOI:https://doi.org/10.1016/j.nutres.2020.01.001
- [12] GAO, Katelyn; SENER, Ozan. Generalizing Gaussian Smoothing for Random Search. In: International Conference on Machine Learning. PMLR, pp. 7077-7101, 2022.

저 자 소 개

장택진(학생회원)



- 2018년 ~ 현재 : 세명대학교 컴퓨터 학부 재학
- 관심분야 : 웹, 안드로이드, 빅데이터, 머신러닝

인치호(정회원)



- 2022년 4월호 참조

※ 본과제(결과물)은 2022년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지자체-대학 협력기반 지역혁신 사업의 결과입니다(2022RIS-001(1345341783))