

RGB-IR 이미징 드론을 사용한 PV 패널 탐지 방법

심규동, 김재국, *이상화, 박종일¹
 한양대학교, *서울대학교

kdsim@mr.hanyang.ac.kr, smile6429@naver.com, lsh529@snu.ac.kr,
 jipark@hanyang.ac.kr

A Method of Detecting PV Panel Using RGB-IR Imaging Drone

Kyudong Sim, Jaeguk Kim, Sang Hwa Lee, Jong-Il Park
 Hanyang University *Seoul National University

요 약

본 논문에서는 RGB-IR 이미징 센서가 탑재된 드론을 사용하여 태양광 발전소의 태양광(PV) 패널을 탐지하는 방법을 제안한다. 태양광 발전소에서 드론에 설치된 IR 영상의 활용은 PV 패널의 결함 여부를 판단하는데 큰 도움이 된다. 그러나 IR 영상만을 사용해서 태양광 패널을 탐지하고 결함 여부를 판단하는 것은 태양광에 의해 생긴 정반사로 인해 정확도가 떨어진다. 본 논문에서 제안하는 시스템은 드론을 이용해서 IR 영상과 RGB 영상을 동시에 획득하고 활용하는 시스템을 제안한다. 제안된 시스템으로부터 IR 영상과 RGB 영상으로 패널 탐지의 정확도를 향상시키고, 태양광에 의한 정반사와 같이 오검출 될 수 있는 문제를 극복할 수 있다.

1. 서론

태양광 발전은 신재생 에너지 발전 방법 중 하나로 오염물질을 배출하지 않아 큰 주목을 받고 있는 발전 방법이다. 태양광 발전에 큰 관심으로 태양광 발전의 규모가 성장하고 발전의 효율을 위한 연구도 활발히 진행되고 있다.

태양광 발전의 효율을 향상시키기 위한 연구는 다방면으로 진행되고 있다. 패널의 에너지 변환 효율과 발전의 효율에 영향을 주는 환경, 그리고 태양광 패널의 관리 등의 연구가 진행되고 있는데 발전소의 발전량을 유지하기 위해서는 태양광 패널 관리 연구가 중요한 주제 중 하나이다.

태양광 패널의 관리는 다양한 측면에서 필요하다. 환경적으로는 태양을 향하게 하고 사이에 장애물이 없어야 하며, 패널은 정상적으로 작동해야 한다. 이 중에서 패널의 작동 여부는 맨 눈으로 확인하기 쉽지 않다. 패널의 결함으로 인해 정상적으로 작동하지 않는 문제를 확인하는 일반적인 방법은 각 패널의 발전량을 측정하는 장비를 활용함으로써 가능하다. 하지만 발전량을 측정할 수 있는 장치를 사용하는 것은 비용적으로 큰 단점이 된다.

IR 카메라를 이용한 온도 측정은 넓은 분야에서 활용되고 있고 태양광 패널을 검사하는 방법으로도 활용도가 높다. IR 카메라로 PV 패널의 영상을 획득하면 PV 패널의 온도를 알 수 있다. PV 패널의 온도는 정상적으로 작동하는 패널과 정상적으로 작동하지 않는 결함이 있는 패널에서 서로 다르다. 결함이 있는 패널의 온도가 더 높게 관측된다. 이로부터 온도를

측정할 수 있는 IR 카메라를 이용해서 PV 패널의 결함을 찾는 것은 태양광 발전소에서 필요한 과제 중 하나이다.

본 논문에서는 IR-RGB 이미징 드론을 이용해서 태양광 패널을 찾고 오검출 영역을 제외하는 방법을 제안한다. 드론을 이용해서 넓은 영역에서 획득한 PV 패널의 RGB 영상과 IR 영상으로부터 패널의 위치를 찾고 두 영상의 패널 정보를 상호 보완하여 패널 검출 정확도와 결함 여부 판정의 정확도를 높이는 방법을 제안한다.

2. IR 영상을 이용한 PV 패널 탐지

드론에 탑재된 열화상 카메라로부터 획득되는 영상은 iron palette 방법으로 색을 표현한다. Iron palette 는 1 차원 정보인 온도 정보를 시각적으로 구분이 쉽도록 3 색을 이용해서 표현하는 방법으로 온도가 높을수록 하얀색으로, 온도가 낮을수록 검정색, 그리고 그 사이는 보라색에서 붉은색으로 표현된다. 영상처리를 이용하기 위해서는 3 색보다 온도 정보인 1 개의 색이 편리하기 때문에 그레이 스케일링을 수행한다.

Iron palette 방법은 적색이 온도와 일대일 대응관계이기 때문에 적색의 정보를 사용해서 그레이스케일링을 수행할 수 있다. 열 영상으로부터 그레이스케일링된 영상을 그림 1 에서 확인할 수 있다. 단색으로 표현된 영상으로부터 패널을 검출하는 방법은 패널에서 반복적으로 나타나는 특징을 이용한다.

¹ 교신저자

패널의 온도 특성을 보면, 영상에서의 패널의 가장자리는 온도가 낮고 패널의 내부에서는 온도가 높다. 그리고 드론을 이용해서 고도를 일정하게 유지할 경우 패널의 크기는 크게 변하지 않는다. 이 점을 이용해서 패널의 가장자리를 없앨 수 있도록 온도 기준의 필터링을 수행하고 남은 영상에서 패널 영역에 해당하는 범위의 면적과 가로, 새로 크기를 기준으로 필터링 하면 패널 영역만을 남길 수 있다.

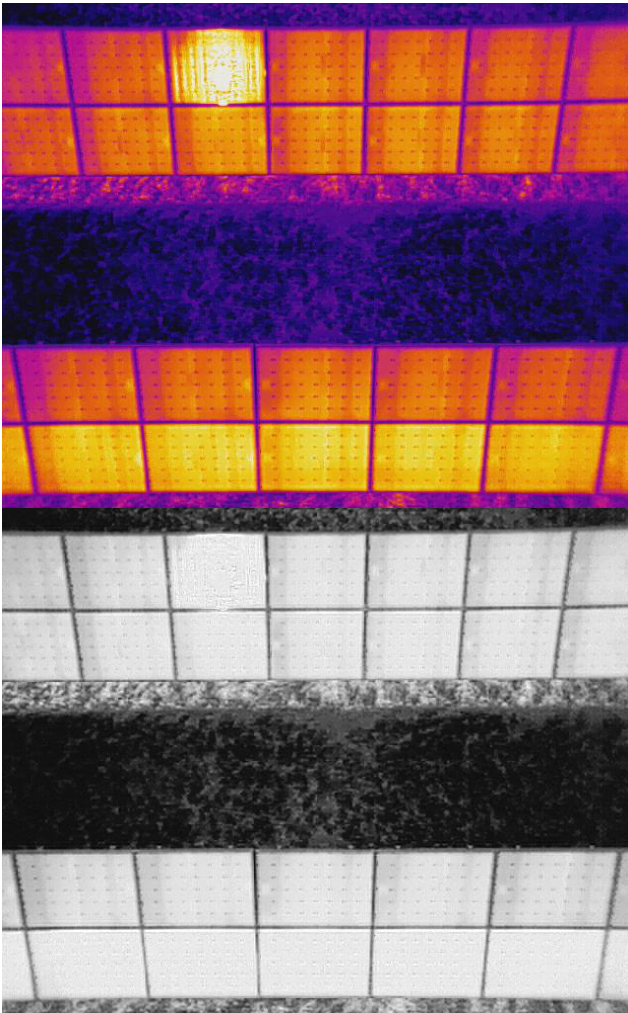


그림 1. 열영상과 그레이스케일링 영상

3. RGB 영상을 이용한 PV 패널 탐지

결함이 있는 PV 패널을 정확하게 판단하는 것은 매우 중요하고 IR 영상이 제공하는 온도 정보로 결함을 검출하는 방법의 유용해 보인다. 하지만 열 영상에서 제공하는 온도 정보는 항상 정확하지 않고 다양한 원인으로 온도가 더 높게 측정된다. 그 중 하나의 예는 태양광에 의한 정반사이다. 이러한 문제를 극복하기 위해서 RGB 영상을 이용할 수 있다. 태양광의 정반사는 RGB 영상에서도 관측되기 때문에 RGB 영상과 IR 영상의 공통적인 정반사 문제를 확인하면 IR 영상에서 발생하는 고온의 문제를 해결할 수 있다.

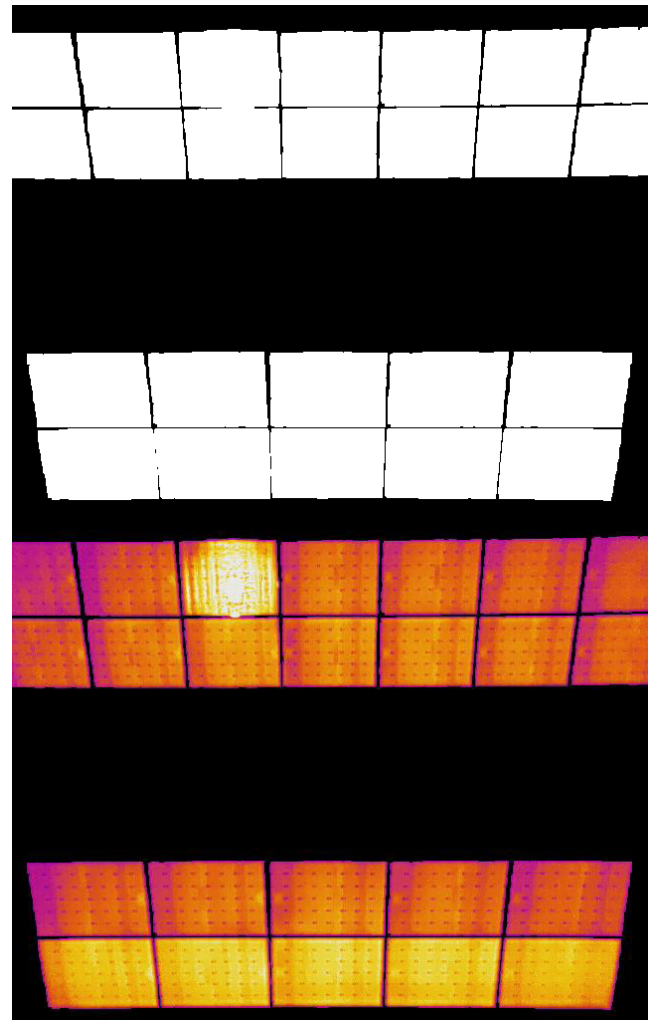


그림 2. 열 영상에서 검출된 패널 영역

RGB 영상에서 패널을 검출하는 방법으로 제안하는 방법은 Resnet 구조를 이용한 패널 탐지이다. Resnet 은 딥러닝 아키텍처중 하나로 충분한 데이터를 사용해서 트레이닝 할 경우 원하는 객체를 높은 정확도로 찾아준다. 트레이닝에 사용한 데이터는 64x64 크기의 이미지 패치를 사용했다. 패널에서는 11,850 개의 패치를, 그 외의 영역에서는 25,250 개의 패치를 사용했다. 패치는 90%를 트레이닝 세트로, 10%는 검증 용 세트로 사용했다. Loss functions 은 cross entropy 를 사용하고 weights 는 stochastic descent 방법을 사용했다. 32 배치의 101 레이어의 Resnet 을 사용했고 잘못분류된 패치는 반복적으로 추가되어 학습의 정확도를 높여주었다.

Resnet 을 사용한 RGB 영상으로부터 PV 패널 검출은 그림 3 에서 확인할 수 있다. 그림 3 과 같이 패널 영역이 정확히 검출되었지만 정반사 영역은 제외되었다. 이로부터 RGB 이미지에서 패널이 아니면서 IR 영상에서 패널인 영역은 태양광에 의해 발생한 정반사 영역으로 확인할 수 있다.

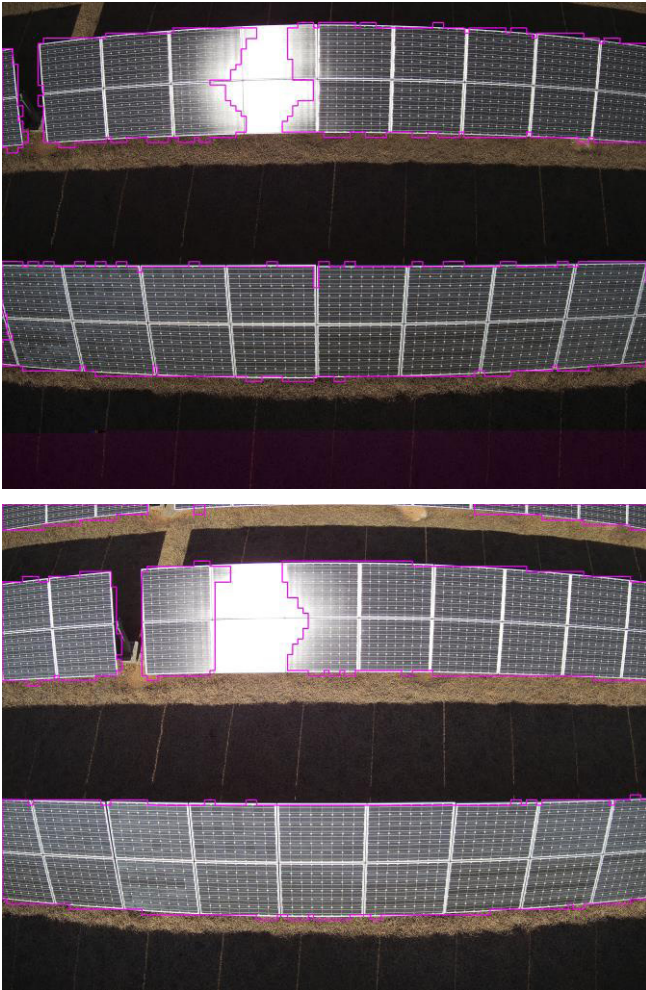


그림 3. RGB 영상에서 검출된 패널 영역

참고문헌

- [1] Alsafasfeh, Moath, et al. "Unsupervised Fault Detection and Analysis for Large Photovoltaic Systems Using Drones and Machine Vision." *Energies* 11.9 (2018): 2252.
- [2] Tsanakas, John A., et al. "Fault diagnosis of photovoltaic modules through image processing and Canny edge detection on field thermographic measurements." *International Journal of Sustainable Energy* 34.6 (2015): 351–372.
- [3] Zhang, Peng, et al. "Detection and location of fouling on photovoltaic panels using a drone-mounted infrared thermography system." *Journal of Applied Remote Sensing* 11.1 (2017): 016026.
- [4] Dotenco, Sergiu, et al. "Automatic detection and analysis of photovoltaic modules in aerial infrared imagery." *Applications of Computer Vision (WACV), 2016 IEEE Winter Conference on. IEEE, 2016.*

4. 결론

본 논문에서는 IR- RGB 이미징 드론을 사용해서 PV 패널과 결함을 검출하는 방법을 제안한다. 열 영상의 특징을 이용해서 PV 패널 영역을 검출하고 딥러닝 아키텍처 중 하나인 Resnet 을 이용해서 RGB 영상으로부터 패널의 영역을 검출하였다. RGB 영상과 IR 영상을 동시에 사용함으로써 PV 패널의 검출 정확도를 높일 수 있었고 RGB 영상의 정반사 정보로부터 IR 영상에서 잘못 측정된 결함 정보를 보완할 수 있었다.

감사의 글

본 논문은 산업통상자원부 신재생에너지핵심기술개발사업의 “태양광발전소 현장에서 적용 가능한 이미지 빅데이터 기반 불량 모듈 실시간 검출 시스템개발” 과제 지원으로 연구되었