

접이식 로봇팔을 이용한 태양광 패널 청소 실험

최예진, 정슬
충남대학교 메카트로닉스공학과

Experiment of a Solar Panel Cleaning Task Using Foldable Robot Arm

Ye-Jin Choi, Seul Jung
Department of Mechatronics Engineering, Chungnam National University

Abstract - 본 논문에서는 Foldable Robot Arm(FRAD)을 가진 드론을 이용하여 태양광 패널의 분비물을 청소하기 전 X-Y테이블에서 청소 실험을 진행하였다. K-Means와 Self-Organizing Map기법을 사용하여 태양광 위의 분비물 검출을 검출하고 군집화하고 청소시간을 계산하여 성능을 비교하였다. 실제 GUI를 구성하여 X-Y 테이블의 로봇팔을 태양광 위에서 움직이며 청소하는 실험을 구현하고 각 클러스터링 알고리즘을 검증하였다.

본 논문에서는 접이식 로봇팔을 드론에 부착하여 실험하기 전에 X-Y테이블에서 실험을 진행하였다. 접이식 로봇팔(FRAD)을 제작하고 부착된 카메라를 이용하여 청소가 필요한 부분을 찾아내고 군집화(Clustering)하는 실험을 수행하였다. GUI를 이용하여 실시간으로 카메라 영상과 X-Y 테이블 구동 및 로봇팔 구동을 할 수 있도록 제작하였다. 각기 다른 클러스터에 K-Means와 Self-Organizing Map 기법을 적용하고 결과를 비교 분석하였으며, 마지막으로 실험을 통한 검증 결과를 제시하였다.

1. 서 론

최근에 재생에너지의 하나로 태양광이 많이 사용되고 있다. 태양광의 효율을 극대화하기 위해서는 유지 및 관리가 필요한데 정기적인 청소가 필요하다.

태양광 패널 청소 로봇들은 로봇이 패널에서 떨어지지 않는다는 장점이 있었으나, 태양광 패널의 크기에 따라 로봇의 크기가 변형되어야 하는 문제점이 있다 [1,2]. 현재 많이 연구되고 있는 로봇은 태양광 패널에 흡착되어 청소하는 로봇이다. 진공 펌프를 사용하여 태양광 패널에 안정적으로 흡착할 수 있다는 장점이 있으나, 다른 패널로 이동할 때 턱을 넘어가는 문제점이 있으며, 이를 해결하기 위한 연구가 대부분이다[3].

본 논문에서는 그림 1과 같이 드론에 로봇팔을 부착하여 태양광 패널을 청소하는 것을 고려하였다. 태양광 패널이 기울어져 있으므로 크기가 큰 드론일 경우 태양광 패널의 아랫부분까지 청소하기 어려움이 있다. 이를 해결하기 위해 로봇팔은 접이식 로봇팔로 설계하여, 드론 크기의 제약을 극복할 수 있도록 제작되었다.

전체 패널을 청소하는 개념으로 로봇이 모든 영역을 움직이며 청소를 하지만 조류 분비물의 경우에는 청소가 어렵다. 일반 먼지 제거를 위해서는 청소 로봇을 사용하고 조류 분비물을 제거하기 위해서는 드론의 로봇팔을 사용하는 등 청소의 방법을 두 가지로 나눌 필요가 있다. 조류 분비물의 경우 모든 영역을 청소할 필요가 없이 태양광 패널에서 조류 분비물의 위치만을 파악하고 청소를 하는 것이 더욱 효율적이다.

그러므로 청소가 필요한 부분을 찾아내고 군집화(Clustering)하는 것이 중요하다. 군집화를 통해 조류 분비물의 위치를 알아내고 청소 패턴을 정해 빠른 시간 내에 청소하는 것이 필요하다. 군집을 특징짓는 방법으로 K-Means 방법과 Self-Organizing Map(SOM)을 사용한다 [4-6].



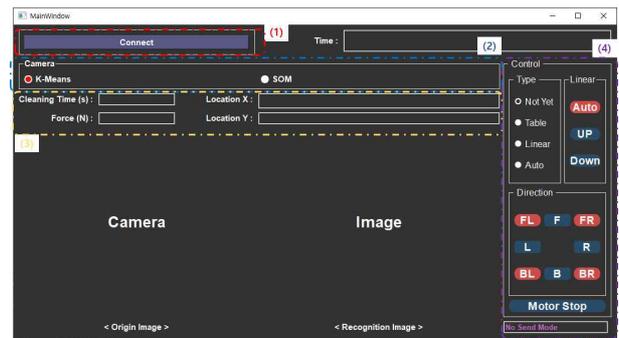
〈그림 1〉 드론 접이식 청소 로봇팔(FRAD)

2. 본 론

2.1 GUI

그림 1은 실험을 위한 GUI이다. 영상 정보에 따라 두가지 클러스터 방식의 연산을 비교하고 빠른 기법의 방식을 기준으로 X-Y테이블을 자동으로 움직이고, FRAD를 구동시켜 분비물을 청소한다.

그림 2의 왼쪽 아랫부분과 같이 현재 카메라의 영상과 K-Means 또는 SOM 코드의 결과를 오른쪽 Recognition Image 부분에 출력해준다. 사용자는 GUI를 이용하여 카메라 영상을 확인하면서 무선통신으로 로봇팔을 실시간으로 제어할 수 있다.



〈그림 2〉 GUI.

〈표 1〉 GUI 개발 환경

개발환경	버전
Python	3.7.11
OpenCV	4.5.4
PYQT	4.11.4

2.2 실험 환경

제작한 접이식 로봇팔(FRAD)를 X-Y 테이블에 부착하여 그림 3과 같이 실험을 진행하였다. X-Y 테이블은 340mm × 340mm를 움직일 수 있다. X-Y 테이블에 접이식 로봇팔(FRAD)를 부착하고 사용자는 GUI의 화면으로 출력되고 있는 라즈베리파이 카메라 영상을 보면서 X-Y 테이블을 제어한다. 2.3에서 설명한 GUI의 기능 중 Type에 위치한 Auto 버튼을 클릭하여 K-Means와 Self-Organizing Map을 이용하여 분비물을 인식하고, 청소시간을 측정하여 두 개의 기법의 시간을 비교

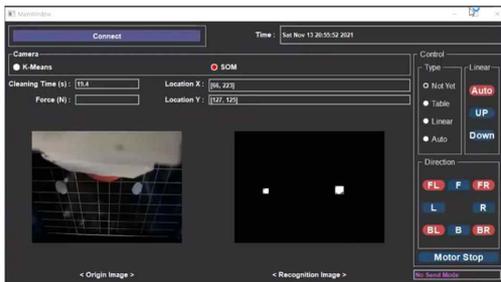
하여 청소시간이 좀 더 빠른 기법을 선택하여 청소를 자율적으로 진행한다. 첫 번째 실험은 분비물이 멀리 떨어져 있는 경우 실험이며, 두 번째 실험은 분비물이 가까이 있을 경우의 실험을 진행하였다.



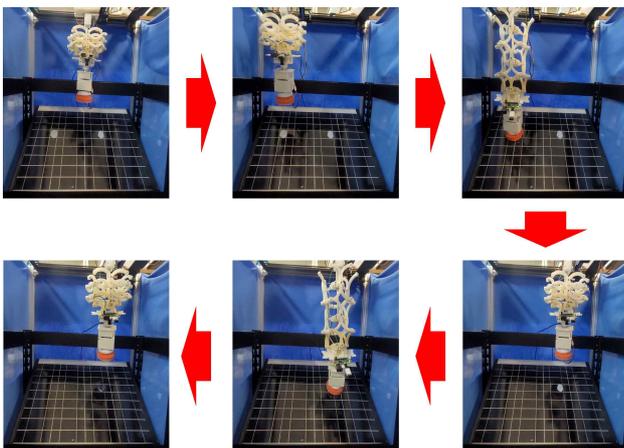
<그림 3> X-Y 테이블에 부착된 FRAD.

2.3 떨어져 있는 분비물 청소 실험

첫 번째 실험은 그림 4와 같이 두 개의 조류 분비물이 멀리 떨어져 있어, 두 알고리즘을 비교하였을 경우 SOM 알고리즘이 선택되어 자동으로 청소를 진행하는 것을 확인할 수 있으며, 그림 5는 청소 전과 청소 후의 태양광 패널의 이미지이다. 태양광 패널을 청소하는데 걸린 시간은 90초이다.



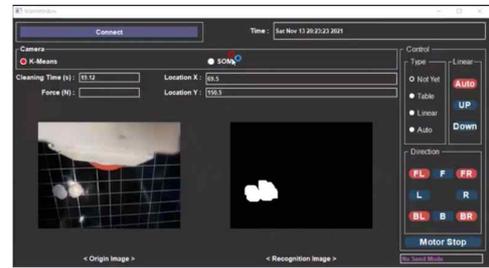
<그림 4> SOM 알고리즘 GUI 결과.



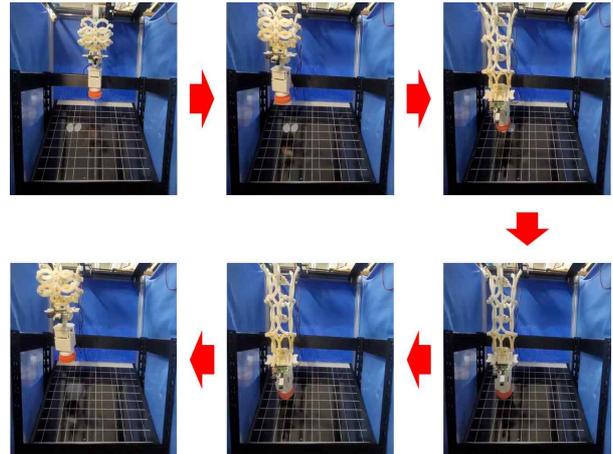
<그림 5> SOM 알고리즘을 이용한 청소 경로 및 결과 이미지.

2.4 가까이 붙어 있는 분비물 청소 실험

그림 6과 같이 두 개의 조류 분비물이 가까이 붙어 있어, 두 알고리즘을 비교하였을 경우 K-Means 알고리즘이 선택되어 자동으로 청소를 진행하는 것을 확인할 수 있으며, 그림 7은 청소 전과 청소 후의 태양광 패널의 이미지이다. 태양광 패널을 청소하는데 걸린 시간은 60초다.



<그림 6> K-Means 알고리즘 GUI 결과.



<그림 7> K-Means 알고리즘을 이용한 청소 경로 및 결과 이미지.

3. 결 론

본 논문에서는 태양광 패널 위의 조류 분비물을 청소하기 위해 조류 분비물을 인식하고 자동으로 X-Y테이블을 움직이고 접이식 로봇팔(FRAD)를 이용하여 청소를 진행하였다. 군집이 떨어져 있을 경우에는 SOM을 선택하고 붙어 있을 경우에는 K-means방법을 선택하여 실험하였다. 본 연구 결과를 향후 적용할 수 있기 위해서는 로봇팔의 강성도를 높이고 실제 드론에 부착하여 청소 실험을 수행하는 것이 필요하다.

감사의 글

본 연구는 2019년도 연구재단의 일부 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사 드립니다.

[참 고 문 헌]

- [1] Ecobright, <http://www.ecobright.co.kr/>.
- [2] ES-SPCR, <http://www.solartodaymag.com/news/articlePrint.html?idxno=4724>.
- [3] D. W. Kwon and S. Jung, "Implementation of a Mobile Robot Using Ducted Fans for Cleaning Solar Panel", *KIEE Conference*, 2020.
- [4] Inmook Lee, Jaehong Min, Kyoungtae Kim, Seung-Young Kho, "Generating Travel Patterns of Public Transportation Users a K-Means Clustering Based on Smart Card Data", *The Korean Society For Railway*, pp. 204-215, 2020.
- [5] J. W. Kim and J. H. Cho, "Real-Time Change Detection Architecture Based on SOM for Video Surveillance Systems", *Korean Institute of Information Technology*, pp. 109-117, 2019.
- [6] Y. J. Choi, S. Jung, "A Study on Clustering Bird's Droppings on a Solar Panel for a Cleaning Task Using a Foldable Robot Arm", *Institute of Control Robotics and Systems(ICROS)*, pp. 1008-1015, 2021.