

심층 학습 기반의 버섯 성장 모니터링 시스템 구현

김근식, 구종회, 차의영*
부산대학교

r41212@pusan.ac.kr, ninebell@pusan.ac.kr, *eycha@pusan.ac.kr

Implementing a Deep Learning-based Mushroom Growth Monitoring System

Kim Geun Sik, Ku Jong Hoe, Cha Eui Young*
Pusan National Univ.

요 약

본 논문은 심층 학습과 센서 네트워크를 이용하여 버섯의 성장을 모니터링하는 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 버섯 인식에 약 98.24%의 정확도를 보여주었으며, 이를 유사한 기하학적 구조를 가진 다양한 버섯에도 적용할 수 있다. 시스템은 간단한 구조로 인해 비교적 저렴한 비용으로 구성이 가능하고, 사용자가 기계 학습 및 심층 학습에 대한 사전지식이 없더라도 손쉽게 사용할 수 있도록 구현되었다.

I. 서 론

전통적인 농업 환경에서 온실 관리는 경험적인 측면에 의존할 수밖에 없었다. 여기에는 온도, 습도와 같은 다양한 매개변수가 있지만, 우리는 이러한 요인이 온실의 농작물에 어떠한 영향을 끼치는지 명확하게 정량화하는 것이 힘들었다. 즉, 우리는 농작물의 성장 상태와 온도, 습도, 이산화탄소와 같은 환경적인 요인과의 관계를 명확하게 알지 못했다. 하지만 정보 통신 기술의 비약적인 발전으로 기존의 농업 구조도 큰 변화를 맞이했다.

스마트 팜은 비닐하우스나 축사 등에 이러한 정보 통신 기술을 접목하여 원격, 자동으로 작물의 생육환경을 적절하게 유지하고 관리할 수 있는 농장을 말한다. 여기서는 농작물의 생육 정보와 환경정보에 대한 데이터를 기반으로 최적 환경을 조성한다.

본 논문에서는 스마트 팜에 기계 학습을 적용하여 버섯의 성장을 측정하고, 성장률을 추정할 수 있는 성장 상태 분석 시스템을 제안한다. 온실 기술에 관해서는 지금까지 다양한 연구가 진행되어 왔지만, 버섯의 성장을 자동으로 측정하는 기술에 대한 연구는 거의 없다[1]. 제안된 시스템은 인공지능을 통해 성장 중인 버섯을 자동 검출하고, 성장 상태를 인식한다. 그리고 인식 결과를 센서 데이터와 연동하여 최적의 재배 환경을 조성할 수 있다. 이를 통해 버섯의 수확 여부 결정과 상품성 극대화를 위한 성장 진행 상태 분석이 가능하다. 단순히 노동력 절감 차원을 넘어서 농작업의 시간적, 공간적 구속으로부터 자유로워져 농업인의 여유시간이 늘고, 삶의 질 개선으로 우수한 신규인력의 농촌 유입 가능성도 증가할 것으로 기대된다.

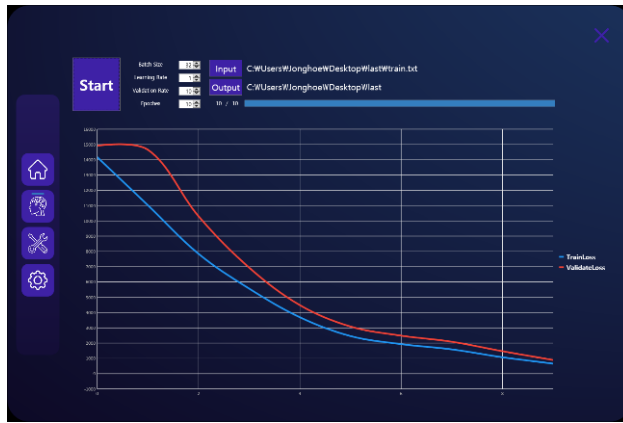
II. 본론

버섯의 성장 정보는 온실 내부에 설치된 카메라로부터 획득한 영상을 분석하여 파악할 수 있다. 획득한 영상을 서버로 전송하면, 서버에서는 수집된 정보를 바탕으로 기계 학습을 이용하여 버섯의 성장 상태를 파악, 분석하고, 이를 통해 사용자는 버섯별 성장 상태 및 수확 가능 여부를 확인할 수 있다. 마지막으로 서버에서 분석된 결과를 통해 사용자가 재배 환경을 조절한다. 아래 표 1.은 설계된 시스템의 동작 과정을 도식화한 것이다.

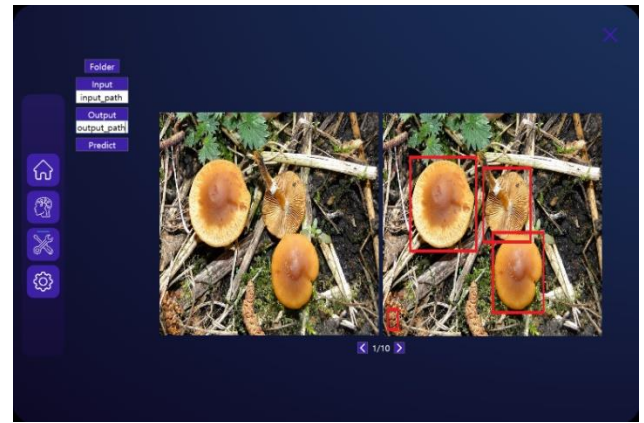
| 동작 과정 | 동작 내용 |
|-------|-------------------------------|
| 영상 획득 | 근접 RGB 카메라를 사용한 영상 획득 |
| 전처리 | 왜곡 보정, 잡음 제거 및 정규화 |
| 영역 검출 | 합성곱 신경망을 기반으로 영상 내의 버섯 위치 영역화 |
| 상태 인식 | 버섯의 성장 상태 인식 |
| 상태 알림 | 버섯별 성장 상태 표시 및 수확 가능 여부 알림 |
| 환경 조절 | 상태 인식 결과를 분석하여 사용자가 재배 환경 조절 |

표 1. 모니터링 시스템 동작 과정

영역 검출 방법으로는 기계 학습 기법 중 심층 학습 기법을 적용하였고, 학습 모형 중 객체 인식에 대하여 속도와 성능 양 쪽 모두 우수한 YOLO[4]를 사용하였다. YOLO는 인간의 시각 체계에서 개념을 착안하여 이를 단일 회귀 문제로 간주하고, 단일 합성곱 신경망을 통해 다중 경계 상자에 대한 확률을 계산하는 방식이다.



(a)



(b)

그림 1. (a) 학습 결과 (b) 영역 검출 결과

R-CNN[3]과 같은 기존 객체 검출 방법과 비교해 이 방법이 가지는 상대적인 장점은 처리 과정이 간단하여 속도가 매우 빠르고, 인식할 객체에 대해 좀 더 일반화된 특징을 학습한다는 것이다.

영역 검출 시 특정 부분에 여러 객체가 동시에 검출될 경우에는 IOU(Intersection over union)를 기준으로 하여 새로운 버섯이 자라난 것인지, 기존의 버섯이 성장한 것인지를 판단한다. IOU 는 두 영역이 얼마나 겹쳐 있는지 판단하는 척도로 식 (1)과 같이 계산되며, 시스템에서는 식 (2)와 같이 검출된 두 영역이 70% 이상 겹친다면 버섯이 성장한 것으로 판단하고, 그렇지 않다면 새로운 버섯이 자라는 것이라 판단하여 겹치는 영역에 자라난 버섯의 위치를 보정한다.

$$IOU = \frac{\text{area of overlap}}{\text{area of union}} \quad (1)$$

$$\text{object } m = \begin{cases} m = n, x, y, w, h & \text{if } IOU \geq 0.7 \\ m = \text{new object} & \text{if } IOU < 0.7 \end{cases} \quad (2)$$

프로그램은 해당 모형에 대해 수집한 정보를 바탕으로 학습이 가능하고, 학습된 모형을 이용하여 버섯의 성장을 쉽고 빠르게 예측할 수 있도록 구현하였다. 또한, 그래픽 사용자 인터페이스를 채택하여 사용자가 학습과 평가에 대한 조작을 용이하게 할 수 있도록 하였다. 학습 결과는 그림 1. (a)와 같은 형태로 학습 세대에 따른 결괏값이 그래프로 표시되며, 이를 통해 학습이 제대로 진행되었는지, 문제가 있다면 어떤 부분에서 문제가 되었는지 좀 더 명확하게 파악할 수 있다.

학습에는 직접 촬영한 약 100 여장의 이미지와 다양한 버섯 이미지를 학습하여 정확도를 향상시키기 위해 2018 FGCVx Fungi Dataset[5]에서 유사한 구조를 가진 약 1,000 장의 이미지를 선택하여 사용하였다. 이 이미지를 L2 loss 함수와 Adam optimizer를 사용하여 300 세대 간 학습을 진행하였다.

최종적으로 제안된 시스템은 버섯 인식에 약 98.24%의 정확도를 보여주었으며, 이는 유사한 기하학적 구조를 가진 다른 버섯에도 적용할 수 있다. 영역 검출 결과는 학습된 모형을 기반으로 하여 카메라로부터 획득한 이미지를 입력하면 실시간으로 추론되며, 사용자는 프로그램을 통해 이를 확인할 수 있다. 영역 검출 결과는 그림 1. (b)와 같이 사용자에게 제공되며, 사용자는 여기서 성장률, 성장시간 등의 정보를 확인할 수 있다.

III. 결론

본 논문에서는 심층 학습과 센서 네트워크를 이용하여 버섯의 성장을 모니터링할 수 있는 시스템을 설계하고 구현하였다. 시스템은 버섯의 크기와 성장률을 자동으로 측정하고 기록하며, 예측 결과는 온실 환경을 조절하는데 이용될 뿐만 아니라, 생산 관리에서도 중요한 지표가 될 수 있다. 해당 정보는 자체적으로 구현한 프로그램을 이용하여 사용자에게 좀 더 빠르고 명확하게 전달되며, 이를 최적 환경 조성에 활용할 수 있도록 하였다.

제안된 시스템은 비교적 저렴한 비용으로 구성할 수 있으며, 버섯 이미지 인식에 있어 좋은 성능을 가지고 있다는 것을 실험적으로 입증하였다. 이 시스템은 한 종류의 버섯뿐만 아니라 유사한 기하학적 구조를 가진 다양한 버섯에 적용될 수 있다.

향후 연구 과제로는 학습 모형 개선을 통한 인식 성능 향상과 온실 환경 조절 시스템과의 연동을 통해 사용자가 직접 환경을 조절하는 것이 아니라, 버섯의 상태에 따라 자동으로 온실 환경을 조정하도록 하는 연구를 통해 실용화 시스템으로의 발전이 필요하다. 또한, 버섯뿐만 아니라 수집된 데이터와 알고리즘을 통해 농업 시스템 개선을 위한 인공지능 개발을 가능하게 할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] Lu C. P., Liaw J. J., Wu T. C., and Hung T. F. "Development of a Mushroom Growth Measurement System Applying Deep Learning for Image Recognition.," *Agronomy*, January 2019.
- [2] Rahmat R. F., Aruan T., Purnamawati S., Faza S., Lini T., and Onrizal O. "Fungus image identification using K-Nearest Neighbor.," *Materials Science and Engineering*, pp. 012097, September 2018.
- [3] He K., Gkioxari G., Dollar P., and Girshick R. "Mask R-CNN.," In *proceedings of the 2017 IEEE International Conference on Computer Vision*, Venice, Italy, pp. 2980-2988, 22-29 October 2017.
- [4] Redmon J., and Farhadi A. "YOLOv3: An Incremental Improvement (Tech Report).," *arXiv:1804.02767*, April 2018.
- [5] Danmarks svampeatlas, "2018 FGCVx Fungi Classification Challenge," *Kaggle*, 2018, (<https://kaggle.com/c/fungi-challenge-fgvc-2018>).