

인공지능과 IoT 기술을 활용한 택내 스마트팜 구축

문지예[°], 권가은[°], 김하영[°], 문재현^{*+}

[°]이화여자대학교, ^{*}한국기술거래사회

⁺교신저자

jym1997318@ewhain.net, aileen1007@ewhain.net, gfkdglddl@ewhain.net,
smjhoon@gmail.com

Building a Smart Farm in the House using Artificial Intelligence and IoT Technology

Ji-Ye Moon[°], Ga-Eun Gwon[°], Ha-Young Kim[°], Jae-Hyun Moon^{*+}

[°]Ewha Womans University

^{*}Korea Technology Transfer Association

⁺Corresponding author

요 약

The artificial intelligence software market is developing in various fields world widely. In particular, there is a wide variety of applications for image recognition technology using deep learning. This study intends to apply image recognition technology to the 'Home Gardening' market growing rapidly due to COVID-19, and aims to build a small-scale smart farm in the house using artificial intelligence and IoT technology for convenient crop cultivation for busy people living in cities. This intelligent farm system includes an automatic image recognition function and recommendation function based on temperature and humidity sensor-based indoor environment analysis.

1. 연구 배경

딥러닝을 활용한 이미지 인식 기술은 인공지능 기술을 기반으로 인간의 시각적인 인식 능력까지 재현하는 단계까지 가능하게 하고 있으며[1], 이미지 내의 객체 인식뿐만 아니라 영상 데이터 기반 객체 인식까지 확장되고 있다.

최근 세계적으로 코로나 19로 인해택내에서 반려식물을 키우는 '홈가드닝' 시장이 급속도로 성장하고 있다. 이러한 수요에 발맞춰 홈가드닝 분야에 이미지 인식 기술과 더불어 각종 사물을 센싱하고, 인터넷과 연결되어 사물을 제어하는 IoT 기술을 함께 활용하고자 한다[2]. 이에 본 연구에서는 인공지능과 IoT 기술을 활용하여 편리하고 효율적인 농작물 재배를 위해택내에 소규모 스마트팜을 구축하여 사용자들의 편리한 농작물 재배 생활을 도모하고자 한다.

2. 기존 서비스 문제점 및 제안 시스템의 필요성

시장 조사 결과, 현재 대부분의 가드닝 관련 어플리케이션이 가정이 아닌 대규모 농장을 대상으로 하고 있는 것으로 밝혀졌다. 따라서 코로나 이후 홈가드닝 인구가 급격히 늘어나고 있는 현 상황에서,택내 농작물 재배 인구를 대상으로 하는 서비스의 필요성이 대두되고 있다.

또한, 기존에 출시되어 있는 홈 가드닝 대상 어플리케이션으로 차세대 스마트팜 모바일 어플리케이션 '심플그로우(Simple Grow)'가 있다. '심플그로우'는 사용자가 생장 모니터링 기능을 통해 식물의 생장 과정을 확인하고, 물과 배양액을 공급해야 할 때 알림을 받을 수 있다는 장점이 있다. 그러나 해당 서비스는 농작물의 종류를 자동으로 인식하여 분류하는 기능과 사용자가 키우기에 적합한 농작물을 추천해주는 기능이 없어 사용자가 농작물에 대해 스스로 학습해야 한다는 불편함이 있다.

단순한 제어만이 아닌택내에 필요한 모든 요소들에 대한 정보수집을 기반으로 한 인공지능 솔루션이

필요하다. 따라서 본 연구에서는 더욱 편리한 농작물 재배를 위해 농작물의 이미지 인식을 통한 농작물 상태 자동 확인기능과 온습도 센서 기반의 맥내 환경 분석에 따른 농작물 추천기능을 포함한 지능형 서비스를 제안한다.

3. 제안 서비스

3.1 맥내 스마트팜 서비스 구성

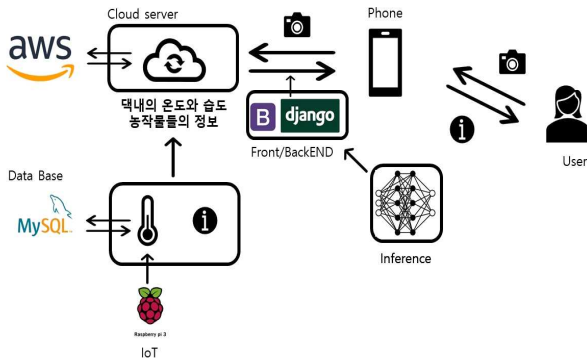


그림 1. 맥내 스마트팜 구성도

그림 1은 맥내 스마트팜 기술의 S/W, H/W의 전체적인 구성도이다. S/W 기술은 이미지 데이터 수집 및 학습, 데이터베이스 구축, 농작물 추천기술, H/W 기술은 온습도 측정 기술을 포함한다.

3.2 인공지능 기술을 이용한 스마트팜 서비스

3.2.1 이미지 데이터 수집 및 전처리

인공지능 데이터 학습에서 가장 중요한 부분은 학습할 데이터의 수집과 전처리과정이다. 아무리 학습 알고리즘이 뛰어나다고 하더라도, 학습시킬 데이터가 유의미하지 않거나 데이터의 개별 특성을 발견해 내지 못한다면 결과적으로 정확도는 현저히 떨어지게 된다.

본 서비스는 농작물의 모종 상태와 농작물이 모두 자란 재배 시점의 이미지 데이터들이 필요하기 때문에 데이터 수집의 어려움을 겪었다. 구글, 네이버, kaggle등의 사이트에서도 서비스에 필요한 충분한 데이터를 얻지 못하였다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 학습에 필요한 데이터를 직접 웹사이트에서 크롤링하고 부족한 이미지 데이터를 직접 촬영하여 총 1200장의 데이터를 확보하였다. 또한, 이미지 데이터에 임의로 변형을 가함으로써 훨씬 더 많은 이미지를 보고 학습하는 효과를 내는 Augmentation을 통하여 이미지 데이터 수를 증폭시켰다. 이를 통해 해

당 서비스는 과적합을 방지하고 이미지들을 잘 분류할 수 있는 것을 확인하였다.

3.2.2 이미지 데이터 학습 및 추론

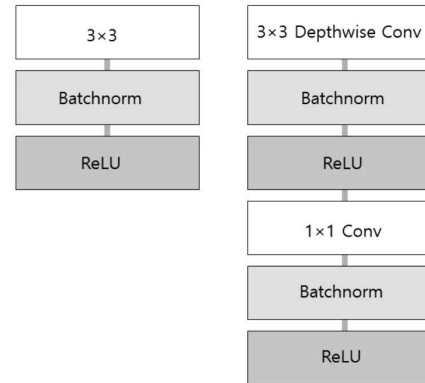


그림2. CNN과 MobileNet의 구조 [4]

본 서비스의 가장 중요한 기술적 요소인 이미지 데이터 학습 및 추론기술은 높은 정확도와 현재 이미지 학습 분야에서 가장 많이 사용되는 CNN 기술의 경량화 버전인 MobileNet 기술을 활용하였다.

CNN 기술은 CPU가 많은, 즉 연산처리 성능이 높은 고성능 환경에서 잘 작동되는데, 다수 사용자의 휴대전화에는 CPU가 탑재되어 있지 않고 GPU가 없는 경우도 있어 CNN 기술의 탑재가 어려운 경우가 많다. 이런 단점을 보완하기 위해 등장한 기술이 MobileNet 기술이다[4]. MobileNet은 기존의 CNN 모델에서 연산량을 줄여 경량화된 효율을 제공한다. 모바일 환경에서는 동작하기 어려운 Convolution을 채널별로 분리하여 각 채널을 채널별로 Convolution하는 방식인 Depthwise Convolution으로 변경하였다. 해당 방식은 채널을 하나로 줄이는 Pointwise Convolution을 혼합한 Depthwise Separable Convolution 구조를 사용하여 3x3 필터 기준으로 기존 신경망 모델 대비 약 8~9배 경량화된 효율을 제공한다[5][6].

제안 서비스에서는 MobileNet 기술을 이용하여 이미지 데이터를 학습하고 학습모델을 웹 어플리케이션에 탑재하여 서비스를 운영한다. 사용자가 농작물 이미지를 촬영하면 웹 어플리케이션에 탑재된 MobileNet 모델은 사전에 학습한 이미지 데이터를 기반으로 사용자의 농작물 이미지 데이터를 추론한다. 추후 이 기술을 발전시켜 해당 서비스 내 ‘실시간 맥내 농작물 상황 보기’ 기능에 Object Detection 기술을 탑재하여 여러 가지 농작물들의 상황을 모니

터링하고 상황별로 분류할 수 있을 것으로 기대된다.

3.2.3 데이터베이스 구축

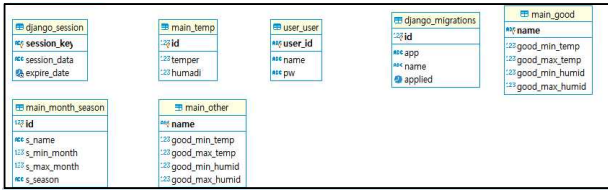


그림 3. 'city_farm_ec22' ERD

본 서비스는 AWS EC2 MySQL 데이터베이스 서버를 구축하여 사용하였다. 라즈베리파이 4B와 Django가 같은 데이터베이스 서버 'city_farm_ec22'를 사용할 수 있도록 연동하고, Django는 ORM(Object Relation Mapping), 라즈베리파이 4B는 PyMySQL을 통해 데이터베이스 내 정보를 이용하도록 하였다.

city_farm_ec22에는 15개의 테이블이 존재하고, 서비스에 사용되는 주요 정보를 담고 있는 테이블 5개는 main_good, main_month_season, main_other, main_temp, user_user 테이블이다. main_good 테이블은 이미지 추론을 진행한 농작물들의 최적 생육 온도 및 습도 정보를 저장하고 있다. 웹 어플리케이션을 통해 추론된 농작물의 정보를 출력할 때 사용된다. main_month_season 테이블은 계절별로 키우기 적합한 농작물의 정보를 저장하고 있다. 서비스 사용자에게 현재 계절에 새롭게 키우기 시작하면 좋을 농작물을 추천할 때 사용된다. main_other 테이블은 다양한 농작물의 생육 적정 온도 및 습도 정보를 담고 있는 테이블이다. 사용자 맥내의 온습도 정보와 비교하여, 해당 환경에서 키우기 적합한 농작물을 추천하는 데 사용된다. main_temp 테이블은 라즈베리파이 4B와 연결된 온습도 센서 DHT11를 통해 측정된 사용자의 맥내 온도와 습도 정보를 저장하는 테이블이다. 1시간 주기로 사용자가 재배 중인 농작물 근처의 온습도 정보가 저장되도록 설정되어 있다. 웹 어플리케이션에서 해당 테이블의 데이터를 이용하여 사용자 맥내 환경 정보 및 해당 환경에 적합한 농작물 추천기능을 구현하였다. user_user 테이블은 웹 어플리케이션을 통해 회원가입한 사용자의 id, 이름, 패스워드가 저장된 테이블이다. 특히, 해당 테이블의 패스워드 데이터는 암호화 알고리즘 bcrypt를 이용하여 city_farm_ec22에 암호화된 형태로 저장된다. 대부분의 사용자가 다양

한 웹사이트에서 동일한 아이디와 비밀번호를 이용하기 때문에, 본 서비스의 보안성을 높이기 위해 해당 기능이 필요하다고 판단하였기 때문이다. bcrypt는 단방향 암호화 알고리즘이기 때문에 복호화가 불가능하며, 저장 후 제 3자가 데이터를 볼 때 원본 데이터 값을 알 수 없어 보안성이 높다.

3.2.4 농작물 추천



그림 4. 농작물 추천 데이터 흐름

위의 데이터베이스 서버를 기반으로 사용자의 맥내 환경과, 현재 계절에 키우기 적합한 농작물을 추천하는 기술이다.

첫 번째 추천기능은 현재 계절에 키우기 적합한 농작물을 추천하는 기능이다. 웹 어플리케이션에 연동된 데이터베이스에 여러 가지 농작물이 자라기 적합한 최소, 최대 월을 저장하고, 데이터베이스에서 작물들의 정보를 가져와 현재 월과 비교하여 사용자에게 현재 키우기 좋은 농작물을 추천한다.

두 번째로 맥내 환경에 키우기 적합한 농작물의 경우 사용자에게 현재 사용자의 맥내 환경에서 자라기 쉬운 농작물을 추천한다. 웹 어플리케이션에 연동된 데이터베이스에 여러 가지 농작물이 자라기 위한 최소 및 최대 온습도 정보를 저장한다. 웹 어플리케이션은 라즈베리파이에서 측정된 현재 맥내 온도와 습도 정보를 읽어와, 데이터베이스에서 현재 맥내 상황에서 잘 자라는 농작물들을 추천한다. 이때, 웹 어플리케이션은 ORM(Object Relation Mapping)을 이용하여 농작물 정보의 최소온도와 최대온도에 사이에 현재 맥내의 온도가 있고, 최소습도와 최대습도에 사이에 맥내 습도가 있는 경우, 현재 맥내 상황에 잘 자라기 쉬운 농작물이라고 판단하여 사용자에게 농작물을 추천한다.

이 기능은 추후 농작물별 상관관계를 파악하여 사용자가 키우는 농작물과 상관관계가 높은 농작물을

추천해주는 기능을 추가하여 기능의 다양성을 확장할 예정이다.

3.3 IoT와 인공지능 기술의 연계

id	temper	humadi
1	25	65
2	26	66
3	27	67

그림 5. 'main_temp'테이블

```
try:
    db = pymysql.connect(host = #closed for security,
                        user = #closed for security,
                        password = #closed for security,
                        db = 'city_farm_ec22')
    cursor = db.cursor()
```

그림 6. 라즈베리파이-데이터베이스 연결

본 서비스에서는 사용자의 실내 환경 정보 모니터링을 위해 라즈베리파이 4 모델 B와 온습도 센서 DHT11를 연결하여 사용하였다.

센서를 이용하여 실내 온습도 데이터를 받아오는 기능을 구현하기 위해 라즈베리파이가 아닌 아두이노를 사용할 수도 있었다. 하지만 본 프로젝트에서는 실내 온도 및 습도를 측정하는 것뿐 아니라 농작물의 상황을 카메라로 실시간 모니터링 기능까지 확장할 예정이 있기에 라즈베리파이를 사용하였다. 라즈베리파이는 센서와 모터의 간단한 제어에 특화된 아두이노와 달리 복잡한 연산과 그래픽 처리까지 가능하다. 또한, C언어 기반으로 사용되는 아두이노에 비해 C, JAVA, Python 등 여러 가지 소프트웨어 기반 어플리케이션 확장이 가능하다는 장점이 있다.

라즈베리파이는 저가형 싱글 보드 컴퓨터로, 본 서비스에서 사용된 라즈베리파이 4B는 1.5GHz의 쿼드코어 Cortex-A72 64bit CPU와 Videocore VI GPU가 들어간 Broadcom BCM2711 SoC를 지원한다.

DHT11 센서는 온도와 상대 습도 정보를 정수 단위로 측정하는 센서로 온도 측정 범위 0℃~50℃, 분해능 1℃, 정확도 ±2℃, 습도 측정 범위 0%~90% RH, 분해능 1%RH, 정확도 ±2 RH를 가진다. 라즈베리파이 4B에 DHT11 센서를 연결한 후 Python 코드를 실행하여 1시간마다 실내 온습도 정보를 측정하고, AWS EC2 MySQL 데이터베이스 서버 city_farm_ec22의 main_temp 테이블에 저장한다. 해당 기능을 구현하는 Python 코드에서는 DHT11를 이용하기 위해 Adafruit_DHT 라이브러리를 사용하고, 측정된 데이터를 데이터베이스 서버에 전송하기 위해 PyMySQL 라이브러리를 사용한다.

추후 라즈베리파이에 8MP 카메라를 추가로 연결하여 해당 서비스 내 '실시간 실내 농작물 상황 보기' 기능에 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

4. 결론

본 연구는 인공지능과 IoT 기술을 활용하여 사용자가 실내에서 편리하게 농작물을 관리할 수 있는 실내 스마트팜 기술을 제안하였다. 해당 기술이 제공하는 서비스 기능을 다음과 같이 정리할 수 있다.

본 연구에서 제안한 기능들은 사용자가 농작물 재배에 대해 스스로 학습해야 하는 번거로움과 소요 시간을 줄이고, 사용자 환경과 계절 정보를 기반으로 키우기 적절한 농작물을 추천해주어 사용자의 만족도를 증가시킬 수 있다. 특히, 코로나 19로 인해 실내에서 유기농 라이프를 즐길 수 있는 해당 기술의 활용성 및 수요가 클 것으로 예상된다.

참고문헌

- [1] 송재민, 이새봄, 박아름. "이미지 인식 기술의 산업 동향 연구." 한국콘텐츠학회논문지, 2020, 제20권 7호, 86-96
- [2] 이지웅(2019). 「아두이노를 이용한 저가형 스마트팜 제어시스템 구현」. 전남대학교 석사학위논문, pp.4-44
- [3] 박성현, 임병연, 정희경. "CNN 기반 동식 식물 관별 시스템." 한국정보통신학회논문지, 2020.8, 제24권 8호, 993-998
- [4] 정소영, 정민교. "CNN의 깊은 특징과 전이학습을 사용한 보행자 분류." 인터넷정보학회논문지 20.4 (2019), 91-102.
- [5] 소민혁, 한철수, 김학윤. "수정된 MobileNet을 이용한 과일 결점 분류 알고리즘." 한국정보기술학회논문지, 제18권 7호, 2020.7, 81-89
- [6] Mark Sandler, "MobileNetV2: Inverted Residuals and Linear Bottlenecks", The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2018, pp. 4510-4520

본 논문은 과학기술정보통신부
정보통신창의인재양성사업의 지원을 통해 수행한
ICT멘토링 프로젝트 결과물입니다.