

병 인식 및 보증금 환불을 위한 분류 알고리즘

정필성¹ · 조양현^{2*}

A Bottle Recognition and Classification Algorithm for Deposit Refund

Pil-seong Jeong¹ · Yang-Hyun Cho^{2*}

¹JNPSOLUTION B1 104, 64, Myeongnyungil, Jongno-gu, Seoul, Korea

²Division of Computer Science, Sahmyook University, Seoul 01795, Korea

요 약

세계 각국에서 환경규제를 강화하고 생활 폐기물을 줄이기 위해서 노력하고 있다. 우리나라 역시 자원의 절약과 재활용촉진을 위한 법률을 제정하여 에너지자원순환을 위해 노력하고 있다. 정부에서는 빈병 재활용을 위하여 빈용기 보증금 제도를 시행하고 있지만 인력을 통한 회수는 한계가 존재하며, 빈병무인회수기 또한 국산화가 되어 있지 않은 관계로 시행 효과가 미비한 상황이다. 본 논문에서는 에너지자원순환을 촉진하기 위해서 빈병무인회수기에서 필수적으로 요구되는 병 인식 및 보증금 환불을 위한 병 분류 알고리즘을 제안하였다. 제안 알고리즘은 OpenCV와 CNN을 이용한 복합 식별 알고리즘으로서 제안 알고리즘의 효용성 평가를 위하여 빈병무인회수기에서 동작하는 분류 시스템을 구현하여 다양한 디바이스에서 빈병 정보 및 무인회수기에 대한 정보를 쉽게 획득할 수 있도록 하였다.

ABSTRACT

We are striving to strengthen environmental regulations and reduce household waste in all countries around the world. Korea is also striving for the circulation of energy resources by enacting laws to promote resource saving and recycling. The government has implemented an empty bottle deposit system for the recycling of empty bottles, but there is a limit to the collection through manpower and the reverse vending machine is not localized. In this paper, we propose a recyclable bottle recognition and classification algorithm which is essential in the reverser vending machine to promote energy resource circulation. The proposed algorithm is a complex identification algorithm using OpenCV and CNN(Convolution Neural Network). In order to evaluate the effectiveness of the proposed algorithm, we implement a classification system that operates in an reverse vending machine, so that it can easily acquire information about bottles and reverse vending machine in various devices.

키워드 : 기계학습, 딥러닝, 무인회수기, 빈병재활용, 자원순환

Key word : Deep Learning, Machine Learning, Recycling, Bottle Recycling, Reverse Vending Machine, Recycling of Resources Due

Received 01 June 2017, Revised 19 June 2017, Accepted 31 August 2017

* Corresponding Author Yang-Hyun Cho((E-mail:yhcho@syu.ac.kr, Tel:+82-2-3399-1787)

Division of Computer Science, Sahmyook University, Seoul 01795, Korea

Open Access <https://doi.org/10.6109/jkiice.2017.21.9.1744>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서론

세계는 지금 산업화와 더불어 인구 증가, 도시화, 대량 소비 등으로 인하여 오염물질 배출량이 증가하고 있으며 이에 따라서 환경오염이 점차 심화되고 있으며 그 피해 범위 또한 광역화되어 가고 있다. 이에 대한 대책으로 각국에서는 환경규제를 강화하고 생활 폐기물 문제를 해결하기 위해서 다양한 실천과 노력을 기울이고 있지만 몇몇 강대국의 노력만으로는 환경문제를 해결하기에는 역부족이다. 우리나라 역시 심각해지는 생활폐기물 문제를 해결하기 위해서 1990년대부터 폐기물 감량 및 재활용을 폐기물관리정책의 최우선 과제로 삼고 쓰레기 종량제, 폐기물 부담금 제도 등을 시행하고 있다. 또한 자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률을 제정하여 에너지자원순환을 위해 노력을 기울이고 있다[1-3].

에너지 자원순환이란 환경정책상의 목적을 달성하기 위해 필요한 범위에서 폐기물의 발생을 억제하고 발생된 폐기물을 적정하게 재활용 또는 처리하는 등 자원의 순환과정을 환경 친화적으로 이용·관리하는 것을 말한다. 현재 우리가 일상생활 속에서 손쉽게 실천할 수 있는 방법으로는 재활용이 가능한 빈용기를 분리 선별하여 생활 폐기물을 줄이는 것이다. 정부에서는 이러한 실천 운동을 장려하기 위해서 빈용기 보증금 제도를 시행하고 있다. 빈용기 보증금 제도란 소비자가 부담하는 보증금이라는 경제적 유인을 통해 빈용기 회수 및 재사용을 촉진하기 위한 제도로서 생산자는 재사용을 위한 도소매업소의 회수 및 보관 등에 소요되는 일정 비용을 취급수수료로 지급하는 제도이다[4,5].

빈용기 재활용을 위해서 빈용기 보증금제도를 시행하고 있지만 대부분의 소규모 마트에서 인력으로 빈용기를 회수하고 있기 때문에 하루에 한명이 30명 이상 반환하지 못하도록 하고 있으며, 대형 마트에 설치된 무인회수기는 노르웨이에서 제작된 톱라 제품으로서 해외에서 생산된 제품을 국내에서 사용하는 관계로 빠른 보증금 정보 업데이트와 국내 현지화에 어려움을 겪고 있다. 또한 고장 제품에 대한 유지보수가 어려워 환경부 홈페이지에 소개된 무인회수기가 배치된 마트에서 실제로는 운영이 정지된 것들도 있다. 이에 따라서 국산화에 대한 논의가 활발하게 진행되고 있지만 소수병 이외에는 통일되지 못하고 제각각 다른 크기와 모양

을 가지고 있는 병이 많아서 무인회수기에서 중요한 역할을 담당하고 있는 식별 모듈 개발에 어려움을 겪고 있는 것이 국내 무인회수기 개발의 실정이다[2].

본 논문에서는 무인회수기에서 중요한 역할을 담당하는 식별 모듈에 사용되는 기술에 대한 초석 연구로서 활용하기 위하여 빈용기를 구분할 수 있는 특징인 주요 색과 모양, 바코드, 라벨 이미지, 보증금 라벨 등을 활용하여 빈용기를 효과적으로 식별할 수 있는 OpenCV와 합성곱 신경망(CNN, Convolution Neural Network)을 이용한 복합 식별 알고리즘을 제안하고, 무인회수기에서 동작하는 분류 시스템을 구현하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장 관계 이론에서는 이미지 정보 분석을 위한 합성곱 신경망 알고리즘에 관하여 알아본다. 3장에서는 제안하는 복합 식별 알고리즘에 대해서 알아본다. 4장에서는 빈용기 식별을 위한 시스템 설계 및 구현에 대해서 알아본다. 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

II. 관계 이론

2.1. 딥러닝(Deep Learning)

딥러닝에서는 여러개의 비선형 변환 기법을 이용해서 학습 데이터를 높은 수준의 추상화로 변환한 후 이를 이용하여 데이터의 주요 특징들을 추출한다. 그 후 추출된 데이터 군집 및 분류를 수행하는 Auto Encoder, DBN (Deep Belief Network), CNN 등의 기계 학습(Machine Learning) 알고리즘을 활용하게 된다. 딥러닝은 최근 영상인식을 포함한 여러 영역에서 탁월한 성능을 보이고 있으며, 국제 영상 인식 대회인 ImageNet Challenge에서는 2012년 이후 딥러닝을 적용한 모델이 상위권을 차지하고 있다.

합성곱 신경망(CNN, Convolutional Neural Network)은 1989년 얀 리쿤 교수가 손글씨 문자 인식을 위해 제안한 딥러닝 기술로서 인간이 비전 정보를 처리하기 위한 시신경 구조를 모방하여 나열된 모델을 이용한다. 합성곱 신경망은 입력 이미지로부터 정보를 손쉽게 분류하기 위해 저차원의 정보를 고차원으로 확장해서 분류한다. 합성곱 신경망의 구조는 그림 1과 같이 컨볼루션 계층(Convolutional Layer), 풀링 계층(Pooling Layer 또는 Sub-sampling Layer), 그리고 분류

계층(Classification Layer)으로 구성된다.

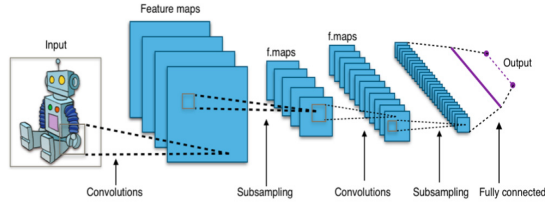


Fig. 1 Convolutional Neural Networks

합성곱 신경망은 컨벌루션 계층과 풀링 계층을 번갈아가며 수행함으로써 학습 영상으로부터 인식 대상의 특징을 추출한다.

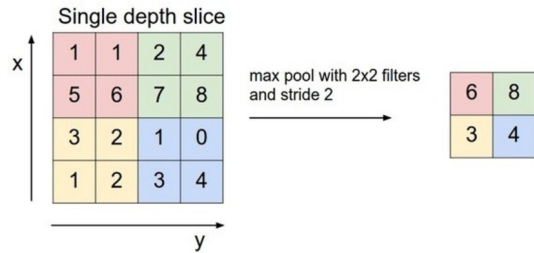


Fig. 2 Max Pooling

컨벌루션 계층은 원본 영상이나 이전 계층의 출력인 특징맵을 입력으로 사용하며 $N \times N$ 크기의 필터를 슬라이딩 윈도우 방식으로 움직이면서 컨벌루션 연산을 수행하여 객체의 위치나 크기에 영향을 받지 않고 입력 정보를 찾아내기 위해 객체의 에지, 코너, 선의 끝 부분과 같은 특징을 추출하여 특징맵(Feature Map)으로 표현하기 위한 계층이다. 풀링 계층은 입력 픽셀을 2×2 크기의 서브 영역으로 분할하고 각 서브 영역에서 픽셀의 최대 풀링(Max Pooling), 평균 풀링(Average Pooling), 최소 풀링(Min Pooling) 등의 방법을 통하여 해당 영역의 한 점으로 매핑하게 된다. 풀링 계층에서는 가장 큰 특징을 취득하기 위해서 일반적으로 최대 풀링을 사용하게 된다. 그림 2는 2×2 필터를 이용한 최대 풀링 연산 과정을 나타낸다. 컨벌루션계층과 풀링 계층이 번갈아가며 여러 차례 수행되고 나면 주요 패턴 정보를 가진 특징들이 추출되며 이 특징을 기반으로 분류 계층에서 최종적으로 분류된 영상의 인식 결과를 출력하게 된다 [6,7].

III. 제안 알고리즘

3.1. 병 학습 알고리즘

빈병을 효과적으로 분류하기 위해서 목적에 맞는 학습 모델 선별과정이 필수적이다. 현재 환경부 공표에 따르면 보증금 지급이 가능한 병은 약 120종류이며, 재활용이 가능한 병까지 합치면 500 종류 이상으로 조사되고 있다. 본 논문을 위한 선행 연구에서 200 종류의 병을 모아서 학습을 시킨 결과 경쟁 후보군이 많아져 정확도가 85% 미만으로 나오는 결과를 볼 수 있었다. 정확도가 낮아지는 이유에 대한 분석은 다음과 같다.

① 모양의 유사성

병모양은 입구가 작고 바닥으로 갈수록 두꺼워지며 유선형의 모양으로 비슷한 모양을 가지고 있다.

② 라벨의 유사성

투입 과정에서 라벨이 항상 고정 위치로 향하도록 투입하는 것이 아니므로 라벨이 일부만 보이는 경우가 많이 있었다. 이에 따라서 병에 붙어있는 라벨이 유사한 경우가 많아서 인식에 있어서 정확도가 떨어지는 현상이 발생한다.

③ 색의 유사성

비슷한 모양과 색을 가진 병들이 많이 존재하여 유사성으로 인한 정확도가 낮아지는 경우가 발생한다.

무인회수기는 사용자가 본인이 원하는 방향(병 입구를 먼저 투입 또는 병 바닥을 먼저 투입)으로 투입하며 고정적인 위치가 아니라 특정 범위 내에 병이 투입되면 인식을 시작하는 방식이다. 이러한 기기 동작의 특수성 때문에 기준을 정하여 그룹화 하여 학습을 진행하여 경쟁 후보군을 줄이는 것이 중요하다. 본 논문에서는 병을 효율적으로 식별하기 위해서 이미지를 주요색에 따라 분류하고 분류한 이미지에 대해서 전처리 과정을 진행한다.

표 1은 환경부에서 발표한 빈용기 보증금 제품현황 [5]을 참고하여 본 논문에서 학습 효과를 높이기 위한 주요색을 분류한 예시이다. 주요색은 갈색, 녹색, 파란색, 투명으로 분류하였다. 주요색을 이용하여 1차 분류를 진행하게 되면 비교할 경쟁 대상이 줄어들기 때문에 식별 확률을 높일 수 있다.

Table. 1 ADMIN Table Schema

Color	Type	Etc
Brown	Beer, Bokbunja	330ml, 500ml, 640ml
Green	Soju, Baekhwasoobok, Seoljoongmae	360ml, 700ml
Blue	Dokdo Charm	330ml
Transparent	Beer, Beverage, Seoljoongmae gold	330ml, 360ml

학습 효과를 높이기 위해서는 주요색에 따라 분류된 이미지를 전처리 과정을 진행한다. OpenCV의 캐스케이드 분류기를 통해 병 이미지만 잘라낸다. 배경 이미지가 너무 강조될 경우 최대 풀링 과정에서 배경이 특징으로 분류될 가능성을 배제하기 위해서이다.

학습 데이터의 양은 식별 확률에 영향을 미칠 수 있기 때문에 데이터셋 처리 과정을 통해 준비된 이미지보다 더 많은 이미지로 늘리는 과정을 진행한다. 이를 위해서 keras에서 제공하고 있는 ImageDataGenerator를 사용하였다[8]. 그림 3은 본 논문에서 학습을 위해 사용된 datagen을 활용한 소스 코드 중 일부이다. 이미지 생성을 위해서 넓이 조절, 높이 조절, 확대, 회전 등의 다양한 변화를 주었다

```

keras.preprocessing.image.ImageDataGenerator(
    samplewise_center=False,
    featurewise_std_normalization=False,
    samplewise_std_normalization=False,
    zca_whitening=False,
    rotation_range=10,
    width_shift_range=0.1,
    height_shift_range=0.1,
    shear_range=0.1,
    zoom_range=0.1,
    channel_shift_range=0.1,
    fill_mode='nearest',
    horizontal_flip=False,
    vertical_flip=False,
    rescale=None,
    preprocessing_function=None)
    
```

Fig. 3 Image Data Generator

그림 4는 병 학습을 위한 진행 과정을 나타낸다. 주요색을 기준으로 그룹을 나눈 이미지를 ImageData

Generator를 통해 추가 이미지를 생성하고 학습하여 CNN 모델을 생성하는 과정을 나타낸다.

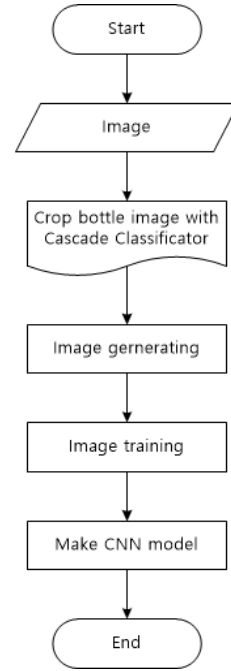


Fig. 4 Proposed Bottle Training Algorithm

이미지 학습을 위해서 텐서플로우(tensorflow)에서 제공하는 Inception v3 모델을 이용하였다[9]. 그림 5는 데이터셋 이미지의 학습 결과를 보여주는 화면이다. 사용된 주요색 그룹은 녹색이며 소주(참이슬, 처음처럼 등), 백화수복, 칠성사이다, 설중매 등 22 종류의 병 이미지를 학습시킨 결과이다.

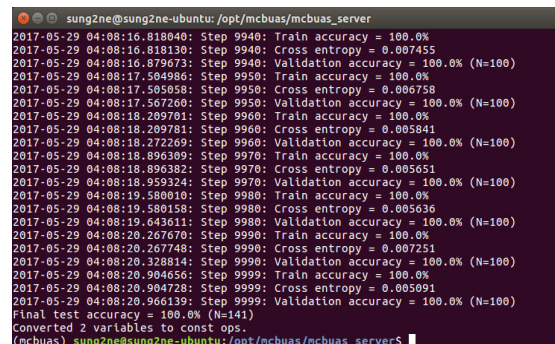


Fig. 5 Train Dataset Image Screen

학습을 위한 이미지는 한 종류당 30~40장으로 촬영하였으며, ImageDataGenerator를 사용하여 확장 이미지 생성과정에서 200~300장으로 늘어나게 된다. 학습을 위한 learning rate는 0.001 이며, epoch는 10,000으로 설정하였다. Inception V3 모델은 오버피팅을 해결하기 위해서 기본적으로 dropout 레이어를 포함하고 있다.

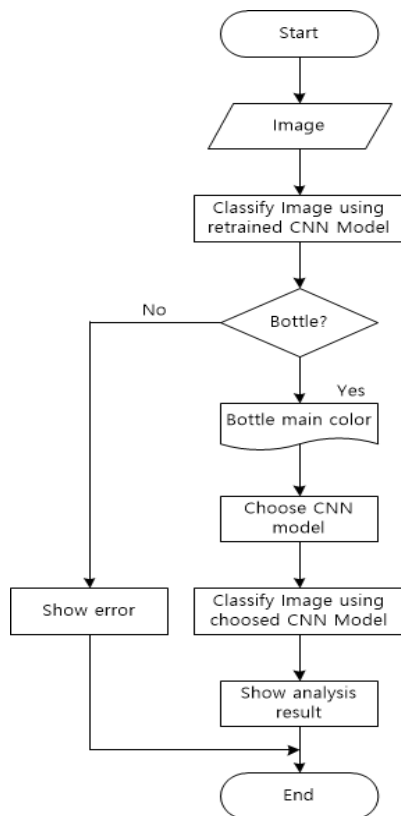


Fig. 6 Proposed Bottle Classification Algorithm

3.2. 병 식별 알고리즘

그림 6은 병 식별 알고리즘을 나타낸다. 병 이미지를 받아들이면 텐서플로를 이용해서 미리 학습된 Inception 모델을 이용하여 병이 맞는지 확인한다. 병 이미지가 아니거나 식별이 불가능한 이미지일 경우 사용자의 디바이스로 오류 메시지를 전송한다. 병 이미지로 판별된 경우 병이 가지고 있는 주요색을 분석한다. 주요색을 분석하는 방법은 OpenCV의 calcHist 함수를 이용한 컬러 히스토그램 분석 방법을 이용한다[10]. 병에 대한 CNN 판별 진행 전에 컬러 히스토그램 분석을

통한 주요색을 구하게 되면 CNN 판별에 사용될 학습 모델을 정확하게 선택 가능하며, 이미지 판별을 위한 후보 이미지가 줄어들어 오류를 줄일 수 있는 이점이 있다.

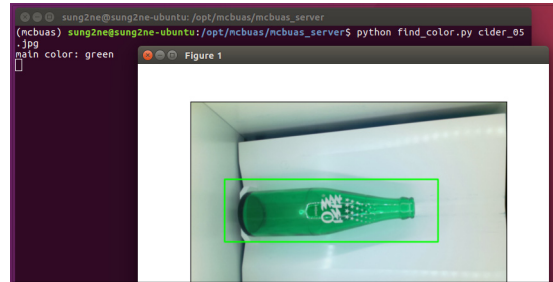


Fig. 7 Find Main Color Screen

그림 7은 입력된 이미지와 주요색의 결과를 보여주는 화면이다. 주요색을 구한 후 주요색을 가진 병을 학습시킨 모델을 이용하여 CNN 판별을 진행한다.

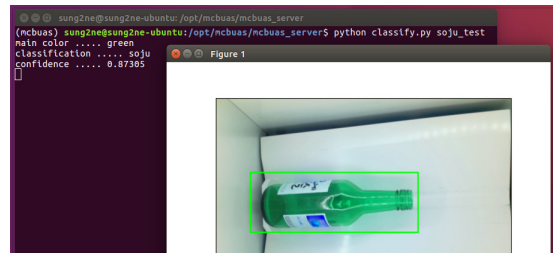


Fig. 8 Image Classification Screen

그림 8은 최종적으로 식별된 이미지의 결과이다. 입력된 사진과 일치하는 식별결과가 출력되었다.

Table. 2 Bottles Table Schema

Field	Type	ETC
idx	int(11)	Primary Key Auto Increment
name	varchar(100)	not null
type	varchar(100)	not null
capacity	int(11)	not null
deposit	int(11)	not null
color	enum	(brown, green, blue, etc) not null
created_at	timestarmp	not null
upadted_at	timestamp	not null

3.3. 병 식별 알고리즘 성능 평가

병 식별을 위해서 갈색, 녹색, 파란색, 투명으로 주요 색을 분류한 후 학습을 진행하였다. 사용된 병의 수는 환경부에서 공시한 제조사별 빈용기보증금 포함제품과 한국순환지원유통지원센터 공지를 기준으로 분류하여 총 173종으로서 병 이미지는 각 30~40장씩 총 6,727개이며, keras 이미지 생성 알고리즘에 의해 생성된 후 총 이미지는 67,7270개이다. 성능평가 결과로 갈색은 98%, 녹색은 100%, 파란색은 97%, 투명은 98%, 모든 이미지를 함께 평가했을 때는 95%의 성능 평가 결과를 확인할 수 있었다. 100%가 되지 않는 이유로는 병에 붙어 있는 라벨이 생산년도별로 다르고, 이벤트를 위해 잠깐 동안 한정판으로 생산되는 경우가 있기 때문에 같은 종류라고 해도 라벨 이미지가 다를 수 있기 때문이다.

IV. 병 정보 식별 시스템

4.1. 데이터베이스

표 2는 병 정보 테이블을 나타낸다. 병 정보 제공을 위한 테이블은 기본 키, 상품명, 병 종류, 용량, 보증금, 주요색, 정보 등록일, 정보 갱신일 필드로 구성하였다.

Table. 3 Images Table Schema

Field	Type	ETC
idx	int(11)	Primary Key Auto Increment
bottle_idx	int(11)	(bottles idx) not null
base64	longtext	not null
created_at	timestamp	not null
upadted_at	timestamp	not null

표 3은 학습을 위한 이미지를 저장하는 이미지 정보 테이블을 나타낸다. 학습 과정에서 이미지 정보 테이블에 있는 bottle_idx를 이용하여 병 정보 테이블의 병 이름을 이용하여 디렉터리를 생성하고 이미지 정보 테이블의 이미지의 base64 인코딩 정보를 jpg 이미지로 디코딩하여 저장한다. 저장된 이미지는 ImageData Generator를 이용하여 많은 데이터셋으로 구성된 후 CNN 학습을 진행한다.

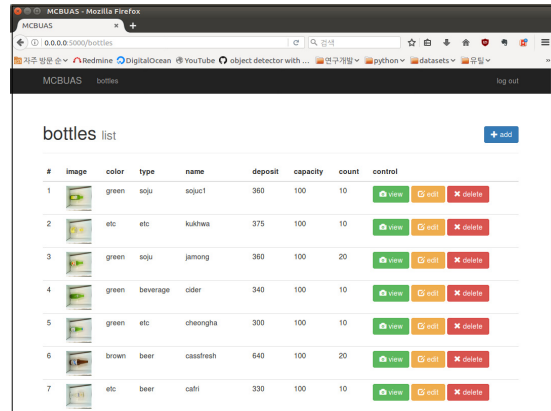


Fig. 9 Bottle List Screen

4.2. 병 정보 식별 시스템

학습을 위한 이미지를 관리하고, 식별을 위한 병 정보를 관리하기 위한 관리자 홈페이지를 구현하였다. 구현 홈페이지는 파이썬 플라스크 프레임워크를 이용하여 프론트 엔드와 백엔드 기능을 구현하였으며, 미들웨어에서 텐서플로우를 이용하여 이미지 식별이 처리되도록 구현하였다. 그림 9는 병 정보 목록을 보여주는 화면이다. 주요색에 따라서 이미지 정보를 등록, 수정, 삭제하는 기능을 구현하였다. 그림 10은 해당 병에 대한 이미지를 보여주는 화면이다. 이미지를 등록하고 삭제 하는 기능을 구현하였다.

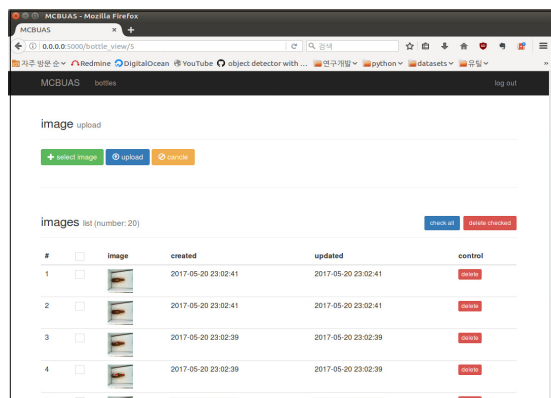


Fig. 10 Image List Screen

그림 11은 이미지를 이용한 병 정보 식별을 위해 구현된 화면이다. 이미지를 업로드하면 해당 이미지를 분석하여 정보를 출력한다.

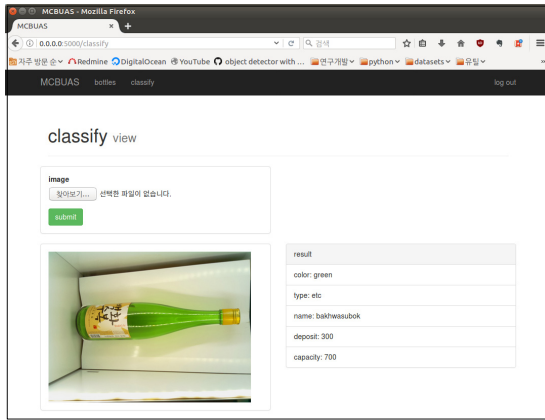


Fig. 11 Image Classification Screen

V. 결 론

점점 심각해지는 환경 폐기물 문제를 해결하기 위해 우리나라는 폐기물 감량 및 재활용을 환경 문제 우선 과제로 선정하고 자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률을 제정하여 시행하고 있다. 또한 에너지자원순환을 위해 생활속에서 발생하는 환경 폐기물 중 일부인 빈용기를 재활용하기 위해서 빈용기 회수 및 보관에 소요되는 일정 비용을 취급수수료로 지급하는 빈용기 보증제도를 시행하고 있다. 하지만 빈용기를 수거하는데 많은 인력이 소요되고 무인회수기의 국산화가 어려운 관계로 회수에 어려움을 겪고 있다. 이를 위해서 국산화된 무인회수기의 도입이 시급하다.

본 논문에서는 무인회수기에서 핵심 모듈로서 동작하는 효율적인 빈병 식별 알고리즘을 제안하고 이를 이용한 빈병 식별 시스템을 구현하였다. 제안 알고리즘은 OpenCV를 이용하여 주요색을 구하고, 주요색에 따라 선별적으로 학습된 합성곱 신경망 학습 모델을 이용하여 병을 식별하는 복합 식별 알고리즘이다. 또한 제안 알고리즘이 적용하여 현재 향후 연구로서 진행 중인 실제 개발되고 있는 무인회수기에 적용 가능한 시스템을 구현하였다. 제안 알고리즘과 구현된 시스템은 현재 연구 진행 중인 빈병 무인회수기를 위해서 구현되었으며, 기존의 운영 중인 독립형 무인회수기의 문제점인 인식 문제 및 정보 관리의 문제점을 개선하기 위한 연구 초석으로 평가할 수 있다. 향후 서버를 경유하는 것이 아

닌 스마트폰 애플리케이션에 직접 모델을 적용하여 실시간으로 빈병 식별이 이루어지도록 하여 빈병을 회수하는 편의점 및 대형 마트의 운영자용 애플리케이션으로 연구를 진행할 예정이다.

REFERENCES

- [1] K. H. Park, I. H. Sung, D. K. Min, and J. G. Kim, "A Study on the active plans for the returnable glass bottles," *Journal of the Korea Society of Environmental Administration*, vol. 3, pp. 203-216, Feb. 1997.
- [2] P. S. Jeong, and Y. H. Cho, "A bottle recycling information management system for the promotion of saving and recycling of resources due," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 20, no. 11, pp. 2155-2161, Nov. 2016.
- [3] K. C. Lim, "A study on development of evaluation indicators to collaborative energy saving projects with NGO," *Journal of Energy Engineering*, vol. 24, no. 3, pp. 142-149, Sep. 2015.
- [4] J. H. Lee, and C. H. Kim, "Development and application of environmental convergency education prototype for resources recycling," *Korea Science & Art Forum*, vol. 22, pp. 275-286, Dec. 2015.
- [5] Ministry of Environment. Empty Bottle Refund Institution [Internet]. Available: <https://www.me.go.kr/issue/reuse/>.
- [6] S. C. Lim, S. H. Kim, Y. H. Kim, and D. Y. Kim, "Training Network Design Based on Convolution Neural Network for Object Classification in few class problem," *Journal of Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 21, no. 1, pp. 144-150, Jan. 2017.
- [7] Y. G. Kim, and E. Y. Cha, "Streamlined GoogLeNet Algorithm Based on CNN for Korean Character Recognition," *Journal of Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 20, no. 9, pp. 1657-1665, Sept. 2016.
- [8] Tensorflow - How to Retrain Inception's Final Layer for New Categories [Internet]. Available: https://www.tensorflow.org/tutorials/image_retraining.
- [9] Keras Image Preprocessing - ImageDataGenerator [Internet]. Available: <https://keras.io/preprocessing/image/>.
- [10] OpenCV - calcHist [Internet]. Available: http://docs.opencv.org/3.1.0/d1/db7/tutorial_py_histogram_begins.html.



정필성(Pil-Seong Jeong)

2004년 2월 : 서울과학기술대학교 전자공학과(공학사)
2007년 8월 : 광운대학교 전자통신공학과(공학석사)
2013년 8월 : 광운대학교 전자통신공학과(공학박사)
2017년 6월 ~ 현재 : 제이앤피솔루션 기술이사
※관심분야 : 임베디드 시스템, WSN, WBAN, 머신러닝



조양현(Yang-Hyun Cho)

1982년 2월 : 광운대학교 전자통신공학과(공학사)
1985년 2월 : 광운대학교 전자통신공학과(공학석사)
2012년 2월 : 광운대학교 전자통신공학과(공학박사)
1987년 9월 ~ 1997년 8월 : LG정보통신 전송기술개발실 과장
1997년 9월 ~ 현재 : 삼육대학교 컴퓨터학부 교수
※관심분야 : 컴퓨터네트워크, 통신망(BcN), GMPLS