

IoT 기반 스마트 냉장고 시스템

A Smart Refrigerator System based on Internet of Things

김 한 진*, 이 승 기*, 김 원 태*

Hanjin Kim*, Seunggi Lee*, Won-Tae Kim*

Abstract

Recently, as the population rapidly increases, food shortages and waste are emerging serious problem. In order to solve this problem, various countries and enterprises are trying research and product development such as a study of consumers' purchasing patterns of food and a development of smart refrigerator using IoT technology. However, the smart refrigerators which currently sold have high price issue and another waste due to malfunction and breakage by complicated configurations. In this paper, we proposed a low-cost smart refrigerator system based on IoT for solving the problem and efficient management of ingredients. The system recognizes and registers ingredients through QR code, image recognition, and speech recognition, and can provide various services of the smart refrigerator. In order to improve an accuracy of image recognition, we used a model using a deep learning algorithm and proved that it is possible to register ingredients accurately.

요 약

최근 인구가 급격히 증가하면서 음식물의 부족 및 낭비의 심각성이 대두되고 있다. 이를 해결하기 위해 다양한 국가 및 기업에서는 소비자의 식재료 구매 패턴 연구 및 IoT 기술이 적용된 스마트 냉장고 제품개발 등의 시도를 진행 중에 있다. 그러나, 현재 판매되고 있는 스마트 냉장고들은 기존에 비해 상당한 가격대를 형성하고 있으며, 복잡한 구성으로 인한 오작동 및 과손으로 또 다른 낭비를 초래한다. 본 논문에서는 음식물 부족 및 낭비 해결과 가정 내 원활한 식재료 관리를 위한 저비용의 IoT 기반 스마트 냉장고 시스템을 제안한다. 본 시스템은 QR코드, 이미지 인식, 음성 인식을 통해 식재료를 인식하여 등록하고 이를 바탕으로 다양한 서비스를 제공할 수 있다. 이미지 인식의 정확도를 높이기 위해 우리는 딥 러닝 알고리즘을 사용한 모델을 활용하였으며 정확한 식재료 등록이 가능함을 검증하였다.

Key words : Internet of Things, Deep learning, Refrigerator, Smart system, Smart home, Artificial Intelligence, Convolution Neural Network (CNN)

* Dept. of Computer Science and Engineering, Koreatech University

★ Corresponding author

e-mail: wtkim@koreatech.ac.kr, Tel: +82-41-560-1485

※ Acknowledgment

This paper was supported by the Institute for Information & communications Technology Promotion(IITP) (No. 2015-0-00816) and the Education & Research Promotion Project of the Koreatech University in 2018.

Manuscript received Mar. 10, 2018; revised Mar. 24, 2018 ; accepted Mar. 27, 2018

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.

I. 서론

최근 인구가 급격히 증가하면서 음식물의 부족 및 낭비의 심각성이 대두되고 있다. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)에 따르면, 전 세계적으로 소비를 위해 생산된 식품의 1/3은 손실되거나 낭비되며, 이는 연간 약 13억 톤에 이른다 [1]. 이러한 문제를 해결하기 위해 다양한 국가 및 기업에서 연구 및 제품개발을 통해 노력하고 있다. 특히, 미국 의회에서는 부적절한 유통기한 날짜 표시와 같은 사소한 것도 소비자들의 음식물 낭비에 중대한 영향을 끼친다고 판단하고 Cornell 대학, Auburn 대학 등에서 관련 연구를 진행 중에 있다 [2]. 삼성, LG와 같은 기업들은 사물인터넷(Internet of Things) 시대에 맞추어 가정 내 스마트 홈 관련 생활 전반의 기술 개발을 통해 문제 해결에 기여하고 있다. 다양한 기업들이 스마트 냉장고라는 이름하에 출시한 냉장고들은 기존 식재료의 신선도 유지 및 보관 기능을 넘어 재료 관리 및 구매, 레시피 추천 등의 기능들이 추가되어 사용자의 편리성과 음식물 쓰레기 절약 등에 큰 장점을 보인다. 그러나 스마트 냉장고들의 가격은 일반 냉장고들에 비해 상당한 가격대를 형성하고 있으며, 추가적인 기능을 위한 소프트웨어, 하드웨어들의 오작동 및 파손으로 발생한 불필요한 교체는 새로운 낭비를 초래한다 [3].

본 논문에서는 앞서 언급한 문제들을 해결하기 위해 IoT 기반의 스마트 냉장고 시스템을 제안한다. 우리의 시스템은 안드로이드 OS를 기반으로 설계되어 기존 사용자들의 스마트폰 및 태블릿 PC 등에서 동작이 가능하여 이식성 및 가격적인 장점을 보인다. 또한, 한 가지 방식만 제공하는 기존의 냉장고들과 달리 QR코드 인식, 이미지 인식, 음성 인식, 3가지 방식의 식재료 등록은 사용자들의 편리하고 정확한 식재료 관리가 가능하다.

II. 제안하는 스마트 냉장고 시스템

2.1 전체 시스템 구성도

우리가 제안하는 IoT 기반의 스마트 냉장고 시스템 구성도는 그림 1과 같다.

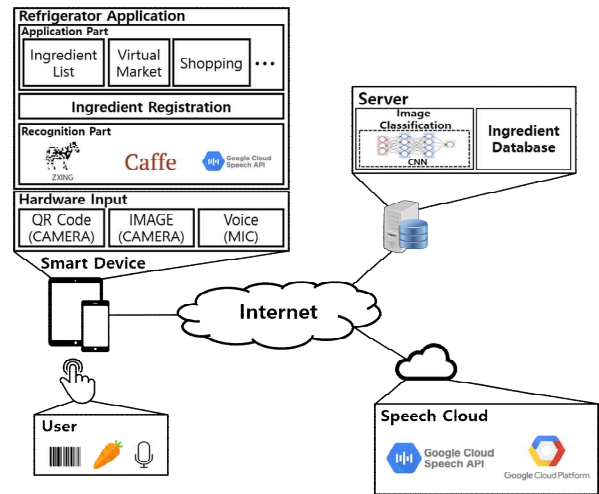


Fig. 1. The structure of the smart refrigerator system
 그림 1. 스마트 냉장고 시스템 구성도

우리의 시스템은 스마트폰 및 태블릿 PC 등 냉장고 어플리케이션이 설치된 디바이스를 통해 사용자에게 서비스를 제공한다. 냉장고 어플리케이션은 인식부와 인식된 식재료의 등록, 이를 활용하는 어플리케이션부로 나누어진다. 인식부는 하드웨어 입력으로 들어온 식재료를 연동된 서버와 Speech Cloud를 통해 판별한다. 판별된 식재료 데이터들은 데이터베이스 서버에서 등록 및 관리된다.

2.2 스마트 디바이스 (Smart Device)

가. 하드웨어 입력 (Hardware Input)

우리는 현재 스마트 냉장고의 높은 가격 문제와 기존의 냉장고와 호환성을 고려하여 냉장고에 하드웨어를 추가로 설치하는 방식이 아닌 별개의 스마트 디바이스를 하드웨어로서 사용한다. 스마트 디바이스는 식재료 인식을 위해 카메라 및 마이크로 입력을 받으며 인터넷을 통해 서버와 연결되어 식재료 판별 및 관리를 수행한다.

나. 인식부 (Recognition Part)

인식부는 제안하는 시스템의 핵심부로 시스템 내 모든 기능들의 기반이 된다. 식재료의 관리, 구매, 레시피 추천 등의 스마트한 기능들은 냉장고 내 식재료들의 정확한 등록이 우선시 되어야 한다. 우리의 시스템은 QR코드 인식, 이미지 인식, 음성 인식 3가지 방식을 통해 냉장고 내 재료를 정확하고 빠르게 입력받을 수 있다.

(1) QR코드 인식

QR코드 인식은 바코드 및 QR코드가 부착된 식재료 및 제품을 인식하는데 활용된다. 어플리케이션이 설치된 디바이스 하드웨어의 카메라(전면, 후면)로 입력받을 수 있어 바코드 스캐너와 같은 추가적인 하드웨어가 필요하지 않다. 사용자는 QR코드 인식을 통해 코드 내 저장된 물품명, 권장 유통기한 등의 정보를 냉장고에 자동으로 입력할 수 있다.

(2) 이미지 인식

이미지 인식은 QR코드, 바코드, 라벨 등 어떤 재료임을 식별할 수 태그가 붙지 않은 식품들을 인식하는데 사용된다. 다양한 식품들을 보다 정확하게 인식하기 위해 우리는 딥 러닝 알고리즘을 적용하였다. 사용자가 디바이스의 카메라를 이용하여 재료를 촬영하면, 그 이미지는 연동된 서버로 전송된다. 서버는 수신한 이미지를 분류하여 그 결과를 데이터베이스에 저장한다. 본 논문에서 사용한 딥 러닝 모델 및 결과는 구현 및 결과에서 확인할 수 있다.

(3) 음성 인식

사용자는 QR코드 및 이미지 인식 외에도 음성으로 식품을 등록할 수 있다. 사용자가 등록할 식재료를 말하면 해당 음성은 Speech Cloud에서 분석되어 식재료 등록 데이터베이스에 자동으로 저장된다. 음성 인식은 식재료 등록 외에도 사용자의 편의 서비스인 음성 인식 물품조회로도 활용되며 냉장고 내 식재료의 유무 및 알림을 받을 수 있다.

다. 어플리케이션부 (Application Part)

어플리케이션부에서는 사용자에게 최종적인 서비스를 제공하며 각각의 서비스들은 이전 과정을 통해 등록된 식재료를 활용한다. 구현된 어플리케이션 기능들은 구현 및 결과에서 확인할 수 있으며, 현재 출시된 스마트 냉장고들의 서비스 대부분을 제공하고 있다. 제안하는 시스템과 현재 출시중인 스마트 냉장고들의 서비스 비교는 표 1에서 확인할 수 있다.

Table 1. A comparison of the services of the legacy refrigerators and those of the proposed system

표 1. 냉장고 서비스 비교

	Proposed System	Samsung Family Hub	LG Signature
Display	○	○	X
Speech recognition	○	○	○
Ingredient management	○	○	X
Ingredient reminder	○	○	X
Online Shopping	○	○	X
Recipe	○	○	X

2.3 서버 (Server)

서버는 이미지 분류와 식재료 데이터들의 데이터베이스로서 사용된다. 딥 러닝 알고리즘을 활용한 이미지 인식은 프로세스 요구사항이 크기 때문에 빠른 서비스 제공을 위해 별도의 서버에서 처리하였다.

서버는 이미지 분류와 식재료 데이터베이스로 구분된다. 서버의 이미지 분류에서는 이미지 처리 모듈에서 스마트 디바이스로부터 이미지를 수신하고 이미지 분류를 위한 처리 과정을 진행한다. 처리된 이미지는 분류 모듈에서 딥 러닝 알고리즘으로 미리 학습된 모델에 입력되어 어떤 재료인지 판별된다. 판별된 데이터는 등록 처리 모듈에서 식재료 데이터베이스에 저장한다.

식재료 데이터베이스는 사용자 ID로서 시스템 사용자를 확인하고, 각각의 식재료 인식 방식으로 분류된 식재료들의 등록과 등록된 식재료들의 관리를 담당한다. 서버의 구성은 그림 2와 같다.

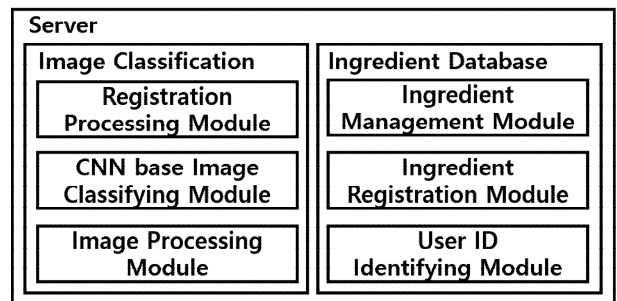


Fig. 2. The structure of the server

그림 2. 서버 구성도

Table 2. The ingredient dataset

표 2. 식재료 데이터셋

Total Image	Class num	Image num per class
31351	30	861-1315

우리는 식재료 데이터를 분류하기 위해 AlexNet, GoogLeNet, VGG-16 모델을 사용하였다 [7-9]. 학습에 사용된 hyperparameter들은 세 가지 모델 모두 learning rate 0.01, momentum rate 0.9, dropout rate 0.5로 동일한 값을 사용하였다. 학습된 모델들의 정확도는 표 3과 같으며, GoogLeNet 모델이 가장 높은 정확도를 보였다. GoogLeNet 모델은 67.4 %의 정확도(top-1 accuracy)와 92.2 %의 top-5 정확도를 보였다. 학습 정확도는 학습된 모델을 검증 데이터(validation data)로 검증 시 모델이 분류한 결과의 가장 높은 클래스가 실제 해당 클래스로 분류된 확률이다. Top-5 정확도는 모델 검증 시 모델이 분류한 결과 중 가장 높은 5개의 클래스들이 실제 해당 클래스로 분류된 확률 결과이다. 즉, 본 논문에서 학습에 사용한 식재료 데이터셋은 30개의 클래스로 구성되는데, 학습된 모델의 검증 데이터 분류 결과 30개 클래스 중 가장 높은 5개의 클래스에 실제 해당 클래스(식재료)가 포함된 확률이다.

Table 3. The accuracy of the trained model

표 3. 학습 모델 정확도

Training Model	Accuracy	Top-5 Accuracy
AlexNet	58.2 %	81.1 %
VGG-16	63.8 %	88.2 %
GoogLeNet	67.4 %	92.2 %

실제 시스템 서비스 구현을 위해 우리는 가장 높은 정확도를 보인 GoogLeNet 모델을 사용하였다. 구현된 시스템의 실제 식재료 이미지 인식 테스트를 위해 고구마를 촬영하여 분류된 결과가 자동으로 리스트에 등록되는 것을 확인하였다. 확인된 결과는 그림 5와 같다.

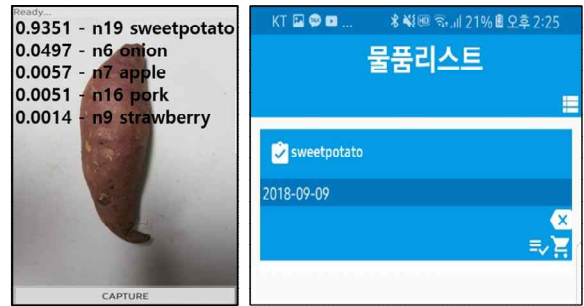


Fig. 5. The recognition result of the actual ingredient picture

그림 5. 실제 식재료 사진 인식 결과

IV 결론

본 논문에서는 음식물 부족 및 낭비와 가정 내 식재료 관리의 어려움을 해결하기 위한 IoT 기반의 스마트 냉장고 시스템을 제안하였다. 우리의 시스템은 스마트 디바이스를 통해 기존의 기본 냉장고와 호환되며 시스템 구현 결과 현재 판매 중인 스마트 냉장고들의 서비스 다수를 30만원(갤럭시 탭 A6 10.1) 내에서 구현할 수 있었다. 제안하는 3가지 인식 방식은 사용자들에게 편리하고 정확한 식재료 등록 및 관리를 제공한다. 이미지 인식에 활용한 CNN 알고리즘은 67.4 %의 top-1 정확도와 92.2%의 top-5 정확도를 보였다. 실제 시스템 서비스에선 식재료를 직접 촬영하였으며 촬영된 이미지에 노이즈가 적어 보다 정확한 식재료 등록이 가능함을 확인하였다.

References

[1] FAO, "Food Loss and Food Waste," <http://www.fao.org/food-loss-and-food-waste/en/>
 [2] N. L. Wilson, B. J. Rickard, S. Rachel, and H. Shuay-Tsyr, "Food waste: The role of date labels, package size, and product category," *Food Quality and Preference*, vol. 55, pp. 35-44, 2017.DOI:10.1016/j.foodqual.2016.08.004
 [3] B. Swapnil, "Your smart fridge may kill you: The dark side of IoT," <https://www.infoworld.com/article/3176673/>

- [4] Google, "Google Cloud Platform," <https://cloud.google.com/>
- [5] Y. LeCun, B. Boser, J. S. Denker, D. Henderson, R. E. Howard, W. Hubbard, and L. D. Jackel, "Backpropagation applied to handwritten zip code recognition," *Neural computation*, vol. 1, no. 4, pp. 541–551, 1989. DOI: 10.1162/neco.1989.1.4.541
- [6] J. Deng, W. Dong, R. Socher, L. Li-Jia, K. Li, and L. Fei-Fei, "Imagenet: A large-scale hierarchical image database," In *the IEEE Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR2009)*, pp. 248–255, 2009. DOI: 10.1109/CVPR.2009.5206848
- [7] A. Krizhevsky, I. Sutskever, and G. Hinton, "ImageNet classification with deep convolutional neural networks," *NIPS*, 2012.
- [8] C. Szegedy, W. Liu, Y. Jia, P. Sermanet, S. Reed, D. Anguelov, D. Erhan, V. Vanhoucke, and A. Rabinovich, "Going deeper with convolutions," in *2015 IEEE Conference on Computer Vision, Jun. 2015.*
and Pattern Recognition (CVPR), 2015.
- [9] K. Simonyan and A. Zisserman, "Very deep convolutional networks for large-scale image recognition," in *ICLR*, 2015.

Seunggi Lee (Member)

2012~ : Under BS degree in
Computer Engineering,
Koreatech University

Won-Tae Kim (Member)

1994 : BS degree in
Electronics Engineering,
Hanyang University
1996 : MS degree in
Electronics Engineering,
Hanyang University
2008 : PhD degree in
Electronics Engineering, Hanyang University
2001~2005 : CTO, Rostic Technologies Inc.
2005~2015 : CPS Team Manager, ETRI
2015~ : Assistant professor, Koreatech
University

BIOGRAPHY

Hanjin Kim (Member)

2017 : BS degree in
Mechatronics Engineering,
Koreatech University
2017~ : Course of MS degree
in Computer Engineering,
Koreatech University