KOSIPER (사)한국지식재산교육연구학회 지식재산 교육과 연구 13권 1호, 2025년 6월, 61-72면
Journal of Intellectual Property Education & Research Volume 13, Issue 1, June 2025, Pages 61-72.
Print ISSN 2288-3363
Online ISSN 2586-0267

RESEARCH ARTICLE

Research on the technological development of smart refrigerators based on patent analysis

Ji Eun Kim[1], Dong Bin Noh[1], Ji Yeon Lee[1], Jong Hoon Park[2]

[1]Department of Electronic Engineering, Hanyang University ERICA, Republic of Korea
[2]Region-Industry-University Cooperation Foundation, Hanyang University ERICA, Republic of Korea

Corresponding Author: Jong Hoon Park (jhpark11@hanyang.ac.kr)

ABSTRACT

With the advancement of AI technology in home appliances, various products are being developed, and research is actively being conducted to integrate AI into household appliances used in daily life, minimizing user intervention and enhancing convenience. In particular, the demand for AI-powered refrigerators has surged, and accurate food identification technology has the potential to address issues such as the inability to identify unspecified containers, the lack of quantitative analysis on changes in food condition, and information redundancy and errors that occur during restocking. This paper explores product development directions through patent analysis, focusing on AI home appliance technology, and analyzes the expected effects of applying AI food identification technology to refrigerators. It aims to present ways to offer more convenient refrigerator products to users.

KEYWORDS

AI home appliance, artificial intelligence (AI), refrigerator

Check for updates

Open Access

Citation: Kim JE, Noh DB, Lee JY, et al. 2025. Research on the technological development of smart refrigerators based on patent analysis. Journal of Intellectual Property Education & Research 13(1):61-72.

DOI: https://doi.org/10.12972/kosiper.2025.13.4

Received: May 08, 2025
Revised: May 14, 2025
Accepted: June 13, 2025
Published: June 19, 2025

Copyright: © 2025 The Korean Society of Intellectual Property Education & Research

Funding: The author received no financial support for this article.

Conflict of interest: No potential conflict of interest relevant to this article was reported,

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

식품 관리 기술은 최근 자동화와 지능화를 중심으로 빠르게 발전하고 있다. 특히 1인 가구의 증가와 함께 스마트 주방 시스템, 자동 조리 기기, 무인 냉장고 관리 시스템 등이 확산되면서, 정확한 식품 인식과 재고 관리 기술에 대한 필요성이 커지고 있다. 그러나 현재 시스템은 다음과 같은 문제점을 갖고 있다.

첫째, 불특정 용기에 담긴 식품의 종류를 정확히 판별하기 어렵다는 점이다. 다양한 형태와 재질의 용기에 식품이 보관되거나 외부 라벨이 훼손되거나 부착되지 않은 경우, 기존의 바코드나 인식 기반 시스템으로는 내부 식품을 정확하게 구분하기 어려워진다. 이는 자동 조리 시스템이나 냉장고 내 식품 인식 기능에서 정확도의 저하와 사용자 불편을 초래한다. 둘째, 외형이 유사한 식품들 간의 혼동으로 인해 재입고 오류나 소비 혼란이 발생한다는 점이다. 동일한 포장 디자인을 사용하는 식품군의 경우, 사용자가 잘못된 제품을 식별하거나 중복 구매하는 사례가 자주 발생한다.

본 논문은 두 가지 해결책을 제안한다. 첫 번째는 비열(Specific Heat) 특성 측정 기술을 이용하여 식품 고유의 열용량 특성을 측정하여 외부 포장과 관계없이 식품을 정밀하게 식별하는 방법이다. 이 기술은 포장 상태에 영향을 받지 않으며, 비접촉·비파괴 방식으로 다양한 식품군에 대해 높은 신뢰도를 보인다. 두 번째는 컬러 세그먼트 기반 식별 기술을 이용하여 포장 표면의 색상 영역을 분할하고 분석하여 유사한 제품들 간의 구분을 가능하게 하는 영상 처리 기반 기술이다. 이 기술은 스마트 냉장고나 자동 정리 시스템 등에 적용될 경우, 제품 오인식을 방지하고, 식품 재입고 오류를 크게 줄일 수 있다.

본 논문은 위의 두 기술을 중심으로 가정 내 식품 판별 및 정리 과정에서 발생하는 문제점을 해결할 수 있는 기술적 방안을 제시하며, 이를 통해 향후 개인화된 주방 자동화 시스템 설계와 구현에 기여할 수 있는 방향을 탐색하고자 한다.

2. 본론

2.1. 특허 동향 분석

Vision AI 기술을 활용하여 냉장고 내부의 식품 입출고를 판별하고 관리하는 기술 동향을 파악하기 위해, 다음과 같은 복합 키워드를 기반으로 검색식을 사용하여 특허 데이터를 수집하였다. 검색식은 다음과 같다: “(refrigerator 냉장고) and (인공지능 ‘인공 지능’ 딥러닝 학습 AI (artificial adj intelligence) (deep adj learning) learning) and (영상 이미지 비전 비젼 카메라 포토 camera photo vision image) and (식품 물품 푸드 음식 식자재 food grocery)”. 이 검색식을 바탕으로 WIPS ON을 통해 한국, 일본, 미국, 유럽의 특허를 검색하였고, 그 결과 총 852건의 특허를 도출할 수 있었다. 이 특허들은 Vision AI, 즉 영상 기반 인공지능 분석 기술이 냉장고에 적용된 사례를 중심으로 구성되어 있다. 수집된 특허 중 일부는 중복되거나 관련성이 낮은 항목이 포함되어 있었기에, 중복 특허 제거와 1차 및 2차 노이즈 제거 과정을 통해 정리하였다.

Figure 1은 209건의 유효 특허를 국가별로 분석한 내용이다. 분석 결과, 미국은 110건, 한국은 55건, 유럽은 40건, 일본은 4건의 특허를 보유하고 있으며, 가전 제품의 주요 기업들이 위치한 한국과 미국이 상대적으로 많은 특허를 보유하고 있음을 알 수 있다.

Figure 1. Country-wise analysis result of patents related to Vision AI refrigerators

Figure 2는 AI 냉장고 관련 특허의 연도별 분석을 나타내는 그래프이다. 2016년부터 본격적으로 인공지능(AI) 기술이 냉장고에 적용되기 시작하면서, 그와 관련된 기술 연구와 특허 출원이 활발해졌다. 2016년부터 2018년까지는 여러 나라의 주요 기업들이 핵심 기술을 선점하기 위해 기초적인 특허를 많이 출원했다. 그리고 2019년을 기점으로 특허 출원이 급증했다. 특히 2019년은 미국에서 관련 특허 출원이 가장 많았던 시기로, AI를 기반으로 한 식자재 인식, 레시피 추천, 재고 관리, 자동 구매 시스템 등 다양한 응용 기술들이 본격적으로 나오기 시작했다. 한국도 2019년에 가장 많은 특허 출원을 기록했으며, 삼성전자와 LG전자는 식자재 자동 분류 및 보관 기한 분석과 같은 기술 연구에 집중했다. 2020년 이후로는 미래 시장에서 선도적 위치를 유지하기 위해 AI 냉장고 기술 연구와 투자를 계속하고 있는 것으로 나타났다. 최근에는 음성 인식 기반 제어, 맞춤형 건강관리 서비스, 사용자 행동 분석을 통한 인터페이스 최적화 같은 기술들이 등장하고 있고, 이에 대한 특허들도 출원되고 있다. 단순한 재고 관리 기능을 넘어서 사용자 편의성 향상을 위한 스마트 홈 및 스마트 냉장고의 발전이 계속될 것으로 보인다.

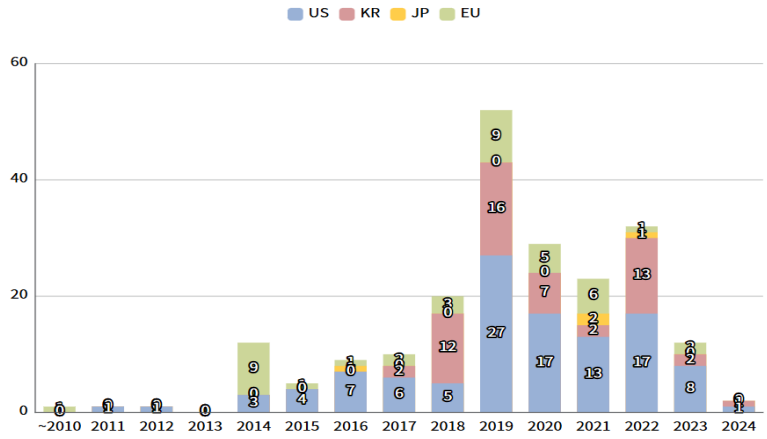

Figure 2. Year-wise analysis of patents related to AI refrigerators

Figure 3은 'AI 기반 냉장고', '이미지 기반 식품 인식', '센서 기반 상태 판단', '냉장고 제어 알고리즘', '사용자 인터페이스(UI)' 등 여섯 가지 세부 기술 범주로 분류하여 연도별 출원 추이를 분석한 결과이다. 가장 두드러진 기술 트렌드는 'AI 기반 냉장고' 분야에서 확인되었다. 이 기술은 2014년까지는 소수의 출원에 그쳤으나, 2019년에 29건으로 급증하였고, 이후 2020년 13건, 2021년 14건, 2022년 9건으로 지속적인 연구 개발이 이루어지고 있음을 보여준다. 이러한 추세는 냉장고 내부의 식품을 자동으로 분류하거나, 사용자 패턴을 분석하여 맞춤형 저장/소비 관리 기능을 제공하는 AI 응용 기술이 빠르게 확산되고 있음을 시사한다. 또한, 해당 데이터는 공개된 특허를 기준으로 분석되었기 때문에, 2019년 이후의 미공개 특허가 분석에서 제외되었음을 고려하면, 실제 AI 기반 냉장고 기술의 출원 수는 더 많을 것으로 판단된다.

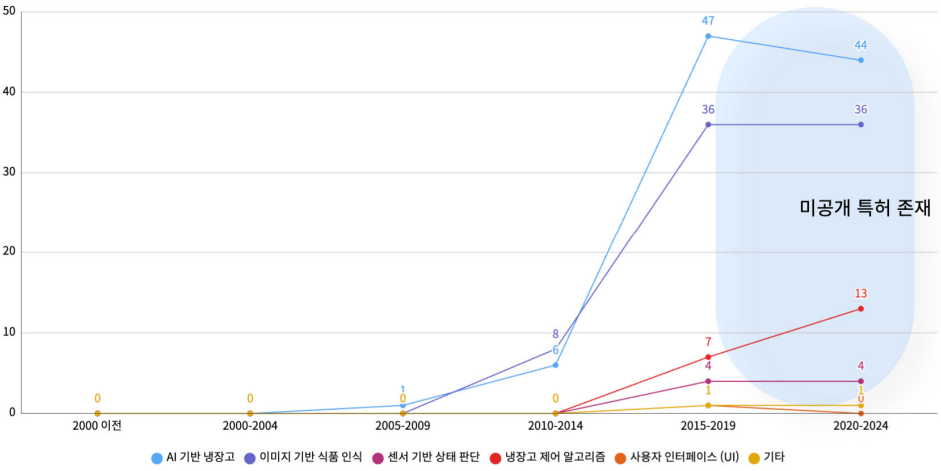

Figure 3. Yearly patent filing trend analysis categorized by specific technology areas

2.2. 시장 동향 분석

글로벌 냉장고 시장은 다양한 요인에 힘입어 뚜렷한 성장세를 보이고 있다. 시장조사 기관인 GMI(Global Market Insights)에 따르면, 2023년 기준 냉장고 시장 규모는 약 1,230억 달러(한화 약 180조 원)로 추산되며, 2034년까지 약 2,850억 달러(약 416조 원)로 성장할 것으로 예상된다[1]. 이는 연평균 성장률(CAGR) 약 9%에 해당하며, 가전 산업 전체 평균을 초과하는 수준이다. 시장 구성 비율은 가정용 냉장고가 약 70%, 상업용이 약 30%로 나타나, 일상생활과 산업 전반에 걸쳐 폭넓은 수요 기반이 존재함을 시사한다.

Figure 4는 국내외 AI 가전 시장의 양적 성장 추이를 보여주는 지표로, 특히 냉장고와 같은 필수 가전에서 AI 기술이 단순한 자동화 수준을 넘어 지능화 단계에 접어들고 있음을 나타낸다. 국내 시장을 살펴보면, AI 가전 출하량은 2019년 대비 2024년에 약 두 배 가까이 증가할 것으로 보이며, 냉장고가 모든 기간 동안 출하 비중 1위를 차지하고 있다[2]. 이는 생활에서의 접촉 빈도가 높고, 민감한 식품을 보관하는 냉장고에서 AI 기술이 제공할 수 있는 가치가 크다는 점을 반영한다.

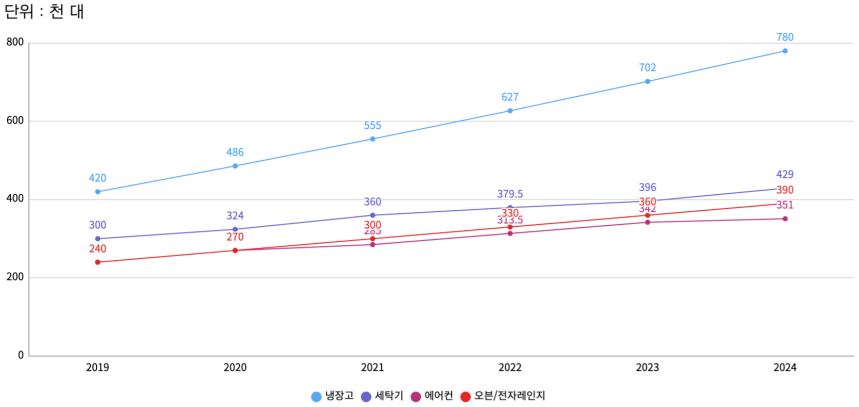

Figure 4. Domestic AI appliance shipment volume and market share by product category (2019–2024)

Figure 5는 글로벌 시장 흐름을 나타낸다. 2019년 248억 달러 규모였던 AI 가전 시장은 2026년에는 560억 달러에 이를 것으로 예상되며, 출하량 기준으로도 같은 기간 동안 1억 2천만 대를 넘을 것으로 보

인다[3]. 이러한 급격한 성장은 AI 기술이 단순한 음성 인식이나 원격 제어 수준을 넘어, 사용자의 개입을 최소화하는 자율적 판단과 예측 기능 중심으로 진화하고 있기 때문이다.

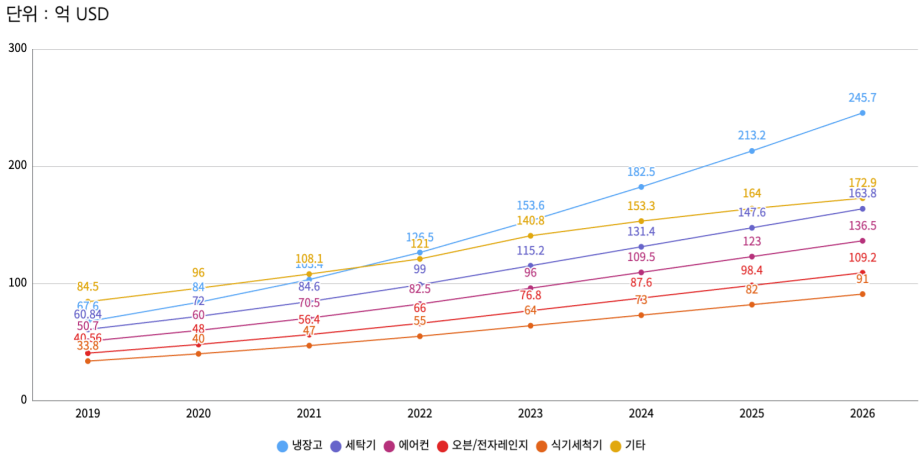

Figure 5. Global AI appliance market revenue forecast (2019–2026)

Figure 6이 제시하는 국내외 시장 성장 데이터는 이러한 기술들이 단순히 개별 기능에 그치지 않고, AI 가전의 핵심 구조로서 설계되어야 한다는 점을 뒷받침한다. 앞으로의 AI 가전은 더 이상 사용자가 '무엇을 눌러야' 작동하는 것이 아니라, '무엇도 하지 않아도' 정확히 수행되는 방향으로 발전할 것이다.

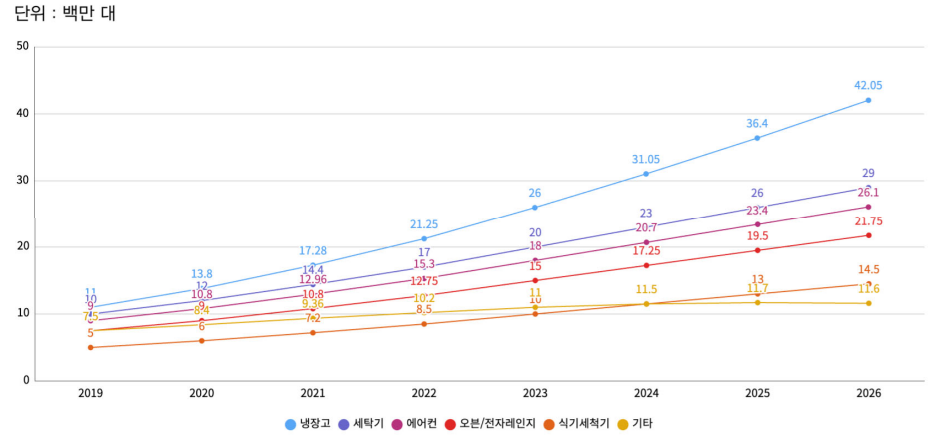

Figure 6. Global AI appliance market shipment forecast (2019–2026)

2.3. 선행 기술 검토

본 논문에서 제안하는 첫 번째 기술은 냉장고 내부의 식품 식별 및 관리 정확도를 향상시키기 위한 지능형 식품 인식 시스템에 관한 것이다. 이는 기존 기술의 한계인 불특정 용기의 식별 불가능성, 식품 상태 변화의 정량적 분석 미흡, 재입고 시 정보 중복 및 오류 발생 등의 문제를 해결하기 위한 기술적 수단으로 제시된다. 제안된 시스템은 냉장고 내부에 장착된 열화상 카메라, RGB 카메라, 그리고 무게 감지 센서를 활용하여, 외부 식별 정보가 없는 불특정 용기에 담긴 식품의 상태를 정량적으로 평가할 수 있다. 기존 연구에 따르면, 적외선 열화상 기술은 비접촉 방식으로 식품의 표면 온도를 측정할 수 있으며, 시간 경과에 따른 온도 변화 패턴을 정밀하게 시각화할 수 있다[4]. 이를 통해 일반 시각 이미지로 식별하기 어려운 불특정용기 내 식품의 종류를 식별할 수 있다. 열화상 카메라를 이용해 식품의 표면 온도 분포

를 시간에 따라 측정하고, 무게 센서를 통해 초기 질량과 시간 경과에 따른 질량 변화를 추적하며, RGB 카메라는 식품의 외형과 색상 정보를 수집한다. 이 복합 데이터를 활용하여, 열역학 공식을 기반으로 비열 계산, 온도 변화 분석, 흡수 또는 방출된 열량을 산출할 수 있다. 이를 통해 용기의 외형이나 재질에 관계없이 식품의 상태를 비접촉 방식으로 판별할 수 있다. 또한, RGB 카메라 기반의 시각 정보는 머신러닝 알고리즘의 입력값으로 활용되어, 수치 기반 분석 결과와 결합된 복합 특징(feature) 기반의 식품 상태 예측을 가능하게 한다. 이와 같은 구조는 기존의 단순 온도 및 습도 기반 시스템에 비해 정밀도와 확장성이 높으며, 식품 보관의 지능화에 기여할 수 있는 핵심 기술로 평가된다.

두 번째 기술인 컬러 세그먼트 기반 재입고 오류 방지 기술은 냉장고 내부 식품의 실시간 변화를 모니터링하여, 기존 식품의 재보관과 신규 식품의 보관을 명확히 구분하고, 정보 중복 또는 오류를 방지하는 것을 목표로 한다. 이 기술은 RGB 카메라로 촬영한 식품 이미지를 바탕으로, 컬러 세그먼트 기법을 적용하여 식품 단위의 경계를 식별하고, 각 경계 내 평균 픽셀 값을 통해 색상 코드를 도출한다. 동시에, 무게 센서를 활용하여 식품의 질량 변화를 실시간으로 추적한다.

이 과정에서 동일한 색상 코드가 유지되면서 무게가 감소한 경우에는 기존 식품의 잔여량을 보관한 것으로 인식하고, 색상 코드가 변경되거나 위치, 형상이 변하고 무게가 증가한 경우에는 신규 식품을 보관한 것으로 인식하는 조건 기반 식별 로직이 적용된다. 이 방식은 수집된 데이터의 융합 분석을 통해 정확한 식품 입출고 상황을 판단할 수 있으며, 식품 관리 데이터의 정확성과 신뢰도를 확보하는 데 기여한다. 따라서 센서 기반의 정량적 데이터와 정성적 데이터를 융합하여 식품 상태를 인식하고, 식별 정보를 체계적으로 저장 및 관리할 수 있는 지능형 식품 모니터링 기술로 정의된다.

Table 1과 Table 2는 선행 기술과 두가지 제안 기술과의 차이점을 검토한 내용이다.

LG전자에서 출원한 '인공지능을 이용하여 제품의 열용량을 추정하고 동작을 제어하는 냉장고 및 방법'은 인공지능 기반으로 제품의 열용량을 추정하고 이를 바탕으로 냉장고의 동작을 제어하는 기술을 다루고 있다[5]. 열화상 카메라를 이용하여 제품의 온도 및 열용량을 추정하고, 카메라로 획득한 이미지 데이터를 데이터베이스와 비교하여 제품을 식별하는 방식에서 본 연구의 제안 기술과 유사한 측면을 가진다. 그러나 제안 기술은 단순히 영상 데이터를 비교하는 방식에 그치지 않고, 온도 및 열용량, 카메라, 무게 센서 등의 복합적인 정보를 활용하여 제품의 비열을 계산함으로써 보다 정밀한 제품 식별이 가능하다는 점에서 차별성을 갖는다. 또한, 냉장고 외부에서 가해지는 열량을 측정하고 이를 제품의 비열과 비교함으로써, 불특정 용기 내에 존재하는 제품의 정체를 추정할 수 있다는 점에서 기술적 독창성이 있다.

Table 1. Difference in food classification technology based on specific heat characteristics

선행 기술	제안 기술
카메라가 촬영한 이미지를 분석하여 제품의 열용량 추정	카메라가 촬영한 이미지를 분석하여 외부에서 가한 열용량 추정
추정제품의 이미지와 열용량에 관한 데이터 저장	제품의 이미지와 온도 변화, 외부에서 가한 열용량에 관한 데이터 저장
제품의 종류를 식별한 후, 데이터베이스에 저장된 비열 정보 및 부피 정보를 사용해 열용량 계산	데이터베이스에 저장된 비열 정보 및 부피 정보를 사용하여 계산된 비열 정보와 비교하여 제품 식별

HAIER US Appliance Solutions, Inc.에서 출원한 'Multi-Camera Vision System Facilitating Authentication and Secure Data Transfer'는 가전기기, 특히 냉장기기를 대상으로 한 객체 인식 시스템에 관한 기술로써, 촬영된 음식 이미지를 사전에 학습된 이미지와 비교하여 식별하고, 해당 식품에 적합한 조리법을 추천하는 기능을 포함하고 있다[6]. 다중 카메라 기반의 Vision System을 통해 사용자와의 직접적인 상호작용 없이도 냉장고에 보관된 식품의 추가 및 제거를 자동으로 모니터링하고 재고 관리를 가능하게 한다는 점에서 제안 기술과 유사한 목적을 지닌다. 그러나 제안 기술은 색상 코드를 인식하여 제품을 라벨링하고, 무게 센서를 이용한 무게 변화 감지를 통해 식품의 재입고 여부까지 판단할

수 있어 정교한 재고 관리가 가능하다는 차별성을 갖는다.

Table 2. Difference in food classification technology based on color segmentation

선행 기술	제안 기술
색상 코드 라벨링 기능 없음	색상 코드 라벨링 기능 제공
무게 센서 기반 식별 기능 없음	무게 센서를 이용한 재입고 식별
화면 색상 분할 후 물체 식별	화면 색상 분할 후 물체 식별 및 색상 분리
픽셀 평균값 계산 및 색상 코드 추출하지 않음	픽셀 평균값 계산 및 생상 코드 추출을 통한 라벨링

2.4. 제품 응용 구체화

두 가지 핵심 기술의 제품 응용 방안을 구체적으로 제시하고자 한다.

비열을 활용한 식품 판별 기술은 동일한 조건 하에서 식품을 가열한 뒤 가열 시간과 온도 상승량을 바탕으로 식품 고유의 비열 특성을 유도하여 내부 물질을 식별하는 방식이다. 기존 시스템은 라벨이나 RFID 등의 외부 정보를 기반으로 식품을 식별했으나, 본 기술은 불특정 용기에 담긴 식품도 내용물 자체의 열물리적 특성을 이용해 판별할 수 있다는 점에서 기존 방식과 차별화된다.

세그먼트 기반 재입고 오류 검출 시스템 기술은 입고되는 식품의 색상 및 외관 정보를 기반으로 기존 품목 데이터와 비교하여 오입고 또는 중복입고 상황을 자동으로 판별하는 기술이다. 본 기술은 HSV 색 공간을 기반으로 한 이미지 분석 기법을 활용하여 식품의 고유한 색상 분포를 추출하고, 사전 등록된 상품 이미지 데이터와 비교하여 유사도를 계산한다. 이때, 일정 임계값 이하로 유사도가 낮은 경우에는 관리자의 확인을 요청하는 알림을 보내 정확도를 높이는 방식으로 운영된다.

먼저, 비열을 활용한 식품 판별 기술은 열화상 카메라, 무게 센서, 비열 데이터베이스 등을 활용하여 냉장고 내부에 보관된 불특정 용기의 식품을 자동으로 식별하는 것이다. 냉장고에 보관된 식품들은 각기 다른 물리적 특성(수분 함량, 밀도 등)으로 인해 열 전달 속도가 상이하다. 예를 들어, 수분 함량이 높은 채소류는 온도가 천천히 감소하는 반면, 지방 함량이 많은 식품은 상대적으로 빠르게 냉각된다. 이러한 특성은 열화상 카메라를 통해 시간에 따른 온도 변화 곡선으로 표현될 수 있으며, 이를 분석함으로써 식품의 종류를 예측할 수 있다. 이러한 열화상 기법을 활용하여, 온도 변화 곡선을 학습하고 식품을 식별하는 방법이다.

열화상 카메라를 사용하여 물체가 냉장고에 입고되는 시점의 초기 온도를 측정한다. 이는 냉장 환경에 의해 온도 변화가 발생하기 이전에 식품 고유의 온도 정보를 확보하는 것이 목적이다. 이후 동일 물체에 대해 일정한 시간 간격으로 온도를 지속적으로 측정하여 온도 변화 추이를 추적한다. 이러한 반복 측정을 통해 온도 변화 곡선을 구성하고, 해당 데이터를 기반으로 $c = \frac{Q}{m\Delta T}$ 식을 사용하여 물체의 비열 값을 역산할 수 있다. 산출된 비열 값은 사전에 구축된 식품별 비열 데이터베이스와 비교 분석되며, 이를 통해 용기에 담긴 식품의 정체를 더 정확하게 분류할 수 있다.

또한, 무게 센서를 활용하여 물체의 질량(m)을 측정하고, 냉장고 내부 냉각 장치나 열원에서 물체에 가해진 열량(Q)을 측정하거나 계산한다. 이후 열역학 공식을 사용하여 비열을 도출하고, 이를 데이터베이스와 대조하여 물체의 종류를 식별한다. 이러한 방법은 유사한 식품 간 구분 정확성과 불특정 용기에 담긴 물품의 판별 정확성을 높이는 데 기여할 수 있다.

예를 들어 검은 비닐 속에 들은 사과를 판별하는 경우, 초기 온도 T1 = 10℃, 시간 경과 후의 온도 T2 = 20℃라고 둔다. 선반을 통해 측정한 무게가 m = 0.5kg이고 외부에서 가한 열량 Q가 5000J일 때 계산한 비열은 1000J/kg℃ 로, 이는 사과의 비열과 거의 동일하다.

$$\triangle T = T_2 - T_1 = 20℃ - 10℃ = 10℃$$

$$c = \frac{Q}{m\Delta T} = \frac{5000J}{0.5kg \times 10℃} = \frac{5000J}{5kg℃} = 1000\frac{J}{kg℃}$$

Q: 물체가 흡수하거나 방출한 열량 [J]

m: 물체의 질량 : [kg]

c: 물체의 비열 [J/kg℃]

⊿T: 물체의 온도 변화 [℃] (⊿T = T1 - T2)

Figure 7은 비열을 활용한 식품 판별 기술의 적용 예를 보여준다.

Figure 7. Applications of food classification technology using specific heat

컬러 세그먼트 기술 기반 재입고 오류 방지 기술은 재입고 판별 오류로 인한 소비자 개입을 최소화하고, 식품의 재입고 및 판별 기술을 새롭게 정의하여 소비자의 불편을 개선하는데 목적이 있다. 냉장고 내부의 환경은 조명이 일정하고 배경이 단순하여, 컬러 세그먼트 기술을 적용하기에 유리한 조건을 갖는다. 이미지에서 특정 색상 영역을 분리하여 분석하며, 식품이나 제품의 고유한 색상 정보를 기반으로 신속하게 식별이 가능하다[7]. 색상 및 크기 기반 객체 분할 방법은 색상 공간 변환과 임계값 처리, 그리고 컨투어 탐지 기법을 통해 객체를 정확히 식별할 수 있다[8]. 특히, 냉장고 내 식품들은 색상과 크기에서 뚜렷한 차이를 보이므로, 이를 기반으로 한 식별 시스템을 구축하는 데 적합하다. 시스템의 구성 요소는 다음과 같다.

첫 번째로, 카메라 모듈을 통해 이미지를 획득한다. 이 모듈은 냉장고 내부에 설치된 고해상도 RGB 카메라로 구성되어 있으며, 주기적으로 이미지를 캡처함으로써 식품의 위치와 상태를 실시간으로 감시할 수 있다. 소프트웨어적으로는 이미지 캡처 프로그램이 사용되며, 각 이미지에는 픽셀 좌표 (x, y)에서의 색상 값 I(x, y)가 포함된다.

두 번째는 이미지 전처리 모듈로, 이 모듈은 획득된 이미지에서 불필요한 배경을 제거하고 관심 영역인 식품의 경계선을 검출하는 역할을 한다. 배경 제거는 알고리즘을 통해 수행되며, 고정된 배경과 식품을 구분한다. 이후 Canny Edge Detection 알고리즘을 사용하여 물체의 경계선을 추출하고, 배경과 배경 이미지의 경계선도 함께 검출한다.

세 번째는 이미지 전처리 모듈의 추가 기능으로, 배경 제거 및 경계선 검출 이후, 전처리된 이미지에서 물체의 색상 정보를 분할하여 각 영역의 색상을 추출하는 단계이다. 이를 위해 K-means 클러스터링 알고리즘을 사용하여 이미지의 각 픽셀을 색상 값에 따라 K개의 클러스터로 군집화한다.

네 번째는 픽셀 평균값 계산 모듈로, 각 색상 분할 영역의 픽셀 평균값을 계산하여 대표 색상 값을 산출한다. NumPy를 활용하여 각 클러스터에 포함된 모든 픽셀 값의 평균을 계산하며, 아래와 같은 식으로 표현된다.

$$J = \Sigma(i=1 \text{ to } m)\ \Sigma(k=1 \text{ to } K)\ wik \cdot \|pi - \mu k\|^2$$

이 계산을 통해 각 색상 군집의 대표 색상이 도출된다.

다섯 번째는 색상 코드 변환 및 라벨링 모듈이다. 이 모듈은 앞서 계산된 평균 색상 값을 HEX 색상 코드로 변환하고, 이를 데이터베이스에 라벨링하여 저장한다. 즉, RGB 형식의 색상 정보를 16진수 HEX 코드로 변환하여 데이터베이스에 기록함으로써 식품을 구분하는 식별 코드로 활용한다. RGB to HEX 변환은 다음과 같은 수식으로 표현된다:

$$HEX(R, G, B) = \#(R_{16}, G_{16}, B_{16})$$

(R_{16}, G_{16}, B_{16}는 각각 16진수로 변환된 R, G, B 값)

여섯 번째는 무게 센서 모듈이다. 이 모듈은 냉장고 내부 선반에 장착된 로드 셀 기반의 무게 센서를 통해, 식품의 무게 변화를 실시간으로 측정한다. 센서가 측정한 데이터는 수집 및 처리 소프트웨어를 통해 저장 및 분석되며, 시간에 따른 무게 변화는 다음과 같은 수식으로 표현된다:

$$W(t) = W_0 + \Delta W(t)$$

여기서 W_0는 초기 무게, $\Delta W(t)$는 시간 t에서의 무게 변화량이다. 이 데이터를 기반으로 식품의 소비 또는 재입고 여부를 감지할 수 있다.

일곱 번째는 데이터베이스 모듈로, 식별된 물체의 색상 코드 및 무게 정보를 저장하고 관리하는 역할을 한다. 사용하는 데이터베이스는 SQLite 또는 MySQL과 같은 관계형 데이터베이스이며, 테이블 구조는 색상 코드, 무게, 시간 등의 필드로 구성된다. 수집된 데이터는 다음과 같은 SQL 명령을 통해 삽입된다:

INSERT INTO items (color_code, weight, timestamp) VALUES (HEX(R, G, B), W(t), t)

여기서 무게는 시간에 따라 변하는 값으로, 식으로 표현하면 $W(t) = W_0 + \Delta W(t)$ 이며, W_0는 초기 무게, $\Delta W(t)$는 시간 t에서의 무게 변화량이다.

여덟 번째는 재입고 및 판별 모듈이다. 이 모듈은 새롭게 측정된 색상 코드를 기존 데이터베이스에 저장된 색상 코드와 비교하여 재입고 여부를 판단한다. 색상 코드 비교는 다음 식으로 표현되며:

match = (new_color_code == stored_color_code)

즉, 새 색상 코드가 기존 코드와 일치하면 동일 품목으로 판단한다. 또한, 무게 변화 감지는 다음과 같이 계산된다:

$$\Delta W = W(t) - W_0$$

이 값을 통해 식품의 양이 줄어들었는지, 혹은 새로 입고되었는지를 확인할 수 있다.

Figure 8은 컬러 세그먼트 기술을 사용한 재입고 여부 판별 예를 보여준다.

Figure 8. Example of restock determination using color segmentation technology

3. 결론

식품 관리 기술에 주요 문제점인 불특정 용기에 담긴 식품의 종류를 정확히 판별하기 어렵다는 점과 외형이 유사한 식품들 간의 혼동으로 인해 재입고 오류나 소비 혼란이 발생한다는 점을 해결하기 위한 두 가지 기술 방안을 제시하였다.

첫 번째 기술은 동일 용기에 담긴 식품이라 하더라도 각기 다른 비열 차이를 활용하여 종류를 판별하는 방식이다. 이 기술은 별도의 사용자 선택이나 태그 입력 없이도 내부 식재료를 자동으로 인식할 수 있어 사용자 개입을 실질적으로 제거할 수 있다. 특히 투명하지 않은 용기에 담긴 식재료를 식별해야 하는 실제 가정 환경에서 높은 실용성을 제공한다.

두 번째 기술은 컬러 세그먼트 기반 판별 기술로, 동일 제품의 다중 재입고 과정에서 발생하는 재고 인식 오류를 방지하는 데 큰 효과를 보인다. 사용자가 동일 식재료를 추가로 넣을 경우, 기존 센서 기반 시스템은 이를 구분하지 못하고 단일 항목으로 간주하는 문제가 발생할 수 있다. 하지만 색상 분포 패턴의 변화를 통해 신규 식품의 삽입을 감지하고, 이를 시점별로 기록함으로써 누적 데이터의 오류 없이 재고를 관리할 수 있게 된다. 이 기술은 또한 별도의 버튼 입력이나 수동 설정 없이 실시간으로 작동하여 사용자의 개입을 최소화한다는 점에서 매우 중요한 의미를 가진다.

제안된 기술이 완성도 높은 스마트 냉장고 시스템의 상용화에 기여할 수 있을 것이라 판단된다. 향후, 공기 순환, 인접 식품 간 열 간섭, 측정 장치의 미세한 오차 등에 의한 비열 계산의 정확도 저하 문제 해결, 사용자의 식품 임의 배치에 따른 오류 가능성 제거 등 후속 연구를 통해 시스템의 신뢰성과 안정성을 확보해야 한다.

참고문헌 (REFERENCES)

[1] Global Market Insights. 2024. Refrigerator market size, share & trends analysis report, 2024-2034. https://www.gminsights.com/industry-analysis/refrigerator-market Accessed on 7 May 2025.

[2] Euromonitor International. n.d. Consumer appliances in South Korea. https://www.euromonitor.com/consumer-appliances-in-south-korea/report Accessed on 7 May 2025.

[3] Markets and Markets. n.d. Smart appliances market. https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/smart-appliances-market-8228252.html Accessed on 7 May 2025.

[4] Cuibus L, Castro-Giráldez M, Fito PJ, et al. 2014. Application of infrared thermography and dielectric spectroscopy for controlling freezing process of raw potato. Innovative Food Science & Emerging Technologies 24:80–87. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2013.11.007

[5] LG Electronics Inc. Refrigerator and method for controlling operation by estimating thermal capacity of product with artificial intelligence. Korea patent KR1020190089660A. 2019 Jul 31. Application no. 10-2018-0008490. https://doi.org/10.8080/1020180008490

[6] HAIER US Appliance Solutions, Inc. Multi-camera vision system facilitating authentication and secure data transfer. US patent application 17/958988. 2022 Oct 3.

[7] Sudheer C, Rashmitha K, Basheer M, et al. 2025. Color and size based object segmentation using image processing. SSRN. https://doi.org/10.2139/ssrn.5066075 Accessed on 7 May 2025.

[8] Kang HC, Han HN, Bae HC, et al. 2021. HSV color-space-based automated object localization for robot grasping without prior knowledge. Applied Sciences 11:7593. https://doi.org/10.3390/app11167593

원저

특허 분석을 통한 스마트 냉장고 제품 개발 방안 연구

김지은[1], 노동빈[1], 이지연[1], 박종훈[2]

[1]한양대학교 ERICA 전자공학부, [2]한양대학교 ERICA RISE지산학협력단

교신저자: 박종훈 (jhpark11@hanyang.ac.kr)

요약

가전 AI 기술의 발전에 따라 다양한 제품들이 개발되고 있으며, 이러한 제품들은 일상 생활에서 사용되는 가전제품에 AI를 내장하여 사용자 개입을 최소화하고 편의성을 높이기 위한 연구가 활발히 진행되고 있습니다. 특히 AI 냉장고에 대한 수요가 급증하고 있으며, 정확한 식품 식별 기술은 기존 기술의 한계인 불특정 용기의 식별 불가능성, 식품 상태 변화에 대한 정량적 분석 부족, 재입고 시 발생하는 정보 중복 및 오류 등의 문제를 해결할 수 있는 잠재력을 가지고 있습니다. 본 논문은 AI 가전 기술을 중심으로 특허 분석을 통해 제품 개발 방향을 모색하고, AI 식품 판별 기술이 냉장고에 적용될 경우 기대할 수 있는 효과를 분석하여, 사용자에게 보다 편리한 냉장고 제품을 제공하기 위한 방안을 제시합니다.

주제어

AI 가전, 인공지능, 냉장고

AUTHORS INFORMATION

김지은 (Jieun Kim)

2022년 03월 – 현재 한양대학교 ERICA 전자공학부

관심분야 : 지식재산융합, AI, 반도체

노동빈 (Dongbin Noh)

2022년 03월 – 현재 한양대학교 ERICA 전자공학부

관심분야 : 지식재산융합, 전력 변환, 전기

이지연 (Jiyeon Lee)

2022년 03월 – 현재 한양대학교 ERICA 전자공학부

관심분야 : 지식재산융합, 반도체, IoT

박종훈 (Jong Hoon Park)

2012년 09월 – 현재 한양대학교 ERICA RISE지산학협력단 교수

1996년 01월 – 2012년 02월 SK Telecom

1996년 02월 연세대학교 컴퓨터과학과 이학석사

1994년 02월 연세대학교 전산과학과 이학사

관심분야 : 지식재산교육, 융복합기술, AI