

딥러닝 이미지 분석을 통한 당뇨병 환자 식이요법 서포팅 서비스 개발

서시현* · 양희범 · 김기용 · 박현준

청주대학교

Developing Diet Supporting Service for Diabetes Patients through Deep Learning Image Analysis

Si-hyun Seo · Hee-beom Yang · Ki-yung Kim · Hyun-jun Park

¹Cheongju University

E-mail : tjtlgus5@gmail.com / takeny1998@gmail.com / kky6720@gmail.com / hyunjun@cju.ac.kr

요 약

당뇨병은 전 세계적으로도 발병률 및 유병률이 매년 증가하는 사회적 중대한 문제이다. 혈중 포도당의 농도가 높아지는 고혈당을 특징으로 한 당뇨병은 여러 증상 및 징후를 일으키고 있다. 그로 인해 환자들이 일상생활에서의 자가관리 강화를 인지하고 실천해야 한다. 하지만 환자들이 자가관리에 있어서 실패하는 가장 큰 요인을 식이요법 실패로 꼽고 있다. 이에 본 논문에서는 사진 촬영 또는 이미지 업로드를 통해 식단을 입력하고 섭취지표와 혈당 통계를 통해 사용자들의 식단을 분석해주는 애플리케이션을 설계 및 구현하였다.

ABSTRACT

Diabetes is a major social problem in which the incidence and prevalence of diabetes increase every year around the world. Diabetes, characterized by high blood sugar, which increases the concentration of glucose in the blood, causes various symptoms and signs. As a result, patients should strengthen self-management in their daily lives. However, the biggest factor that patients fail in managing blood sugar is diet failure. Therefore, in this paper, an application was designed and implemented to input a diet through photography or image upload and analyze users' diets through intake indicators and blood sugar statistics.

키워드

Diabetes, diet, blood sugar management, chronic disease

1. 서 론

당뇨병은 전 세계적으로 발병률과 유병률이 빠르게 증가하면서 이환율, 장애 및 사망률을 초래하는 주요 공중 보건 문제다.

2021년 대한당뇨병학회에서 발간한 Diabetes Fact Sheet in Korea[1]에 따르면 2020년 우리나라 30세 이상 성인 중 당뇨병 환자는 약 605만 명으

로 16.7%(남자 19.2%, 여자 14.3%)가 당뇨병을 앓고 있다. 그리고 당뇨병 유병률은 연령이 증가함에 따라 증가하였다. 이처럼 세계적으로도 사회적 중대한 문제임이 분명한 걸 알 수 있다.

당뇨병을 효과적으로 관리하고 합병증을 예방 또는 지연시키기 위해 자가관리를 강화하는 것이 중요한데 당 조절이 되지 않는 지역사회 제2형 당뇨병환자에서의 혈당 수준과 자가관리 실천 정도 간의 관계[2]에 따르면 개인이 지각한 혈당 관리의 실패 원인 중 가장 높은 비율을 차지하는 것은 '식

* speaker

이요법 실패로'가 32.9%로 가장 많았다.

따라서, 실패비율이 가장 높았던 식이요법 실패에 대한 해결방안으로 딥러닝 이미지 분석을 이용하여 식단 및 혈당 관리 서비스를 제안한다. 본 연구에서는 식단 사진을 촬영 또는 이미지를 업로드 하면 자동으로 식단을 입력 및 분석해주는 방법을 제안한다. 또한 영양성분 데이터베이스를 활용하여 식단의 섭취지표를 제공하고 혈당의 변화를 시각적으로 제공함으로써 식이요법 실천 활성화를 기대할 수 있다.

II. 당뇨병 식이요법 서포팅 서비스 설계

2.1 제안 서비스 구조

본 연구에서 제안하는 사용자의 식이요법 서포팅을 위해 딥러닝으로 사용자의 식단을 인식하고, 영양정보를 계산할 수 있도록 서비스를 설계한다. 사용자가 애플리케이션에서 인식할 데이터를 http request로 서버에 전송하면, 서버의 이미지 인식 모델이 식단 사진을 인식하고 그 결과를 데이터베이스에 저장 후 결과를 http response로 답신하는 구조이다.

본 연구에서는 아키텍처 패턴으로 클라이언트-서버 패턴(client-server pattern)을 적용하여 사용자가 서비스를 이용할 수 있는 애플리케이션과 이미지 인식과 계산이 이뤄지는 서버로 모듈화(modularity)하여 개발한다. 서버의 경우 ubuntu 시스템을 활용해 구축하고, 리눅스 패키징 도구인 docker로 각각의 기능별로 가상화(virtualization)하여 모듈 간 결합도(coupling)를 최소화한다. 설계된 모듈 구조도를 그림 1에 제시한다.

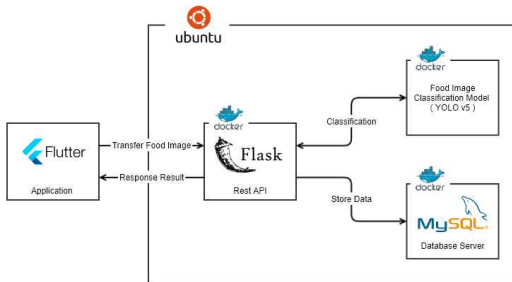


그림 1. 서비스 모듈 구조도

2.2 식단 이미지 분류 모델

2.2.1 모델 분석 및 선정

YOLO는 You Only Look Once의 약자로, 이름 그대로 이미지 전체를 한 번만 보고 객체를 탐지할 수 있는 실시간 객체 탐지 모델이다.

YOLO의 가장 큰 특징은 one-stage 검출기라는 점이다. 그림 2는 one-stage 검출기의 구조도로, 사물의 위치를 찾는 regional proposal 단계와 사물을

분류하는 classification 단계가 단계를 순차적으로 처리하는 two-stage 검출기와 달리, 사물의 위치와 분류를 하나의 회귀 문제로 정의하여 처리하는 것을 볼 수 있다.

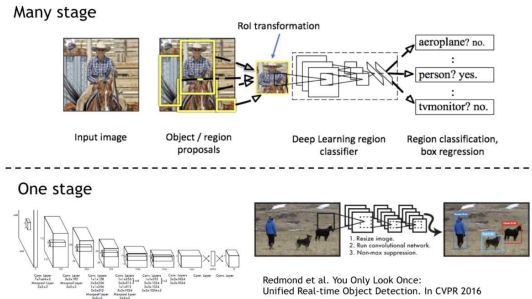


그림 2. One-Stage 검출기와 Two-Stage 검출기의 구조 비교

이에 파생되는 또 다른 장점이 있는데, YOLO는 학습 단계에서 이미지 전체를 처리하기 때문에, 분류할 클래스의 정보뿐만이 아니라 주변 정보까지 학습하여 R-CNN 계열 모델 대비 background error가 현저히 적어[3] 음식 이미지 분류에 적합하다.

그 중 YOLOv5를 사용했는데, YOLOv5는 2020년 6월에 발표된 모델로, Darknet 기반이었던 이전 YOLO와 달리 Pytorch로 구현되어 확장성이 뛰어나고, backbone으로 CNN의 학습능력을 향상하는 CSPNet을 사용하여 검출 성능이 높은 모델이다.

2.2.2 데이터셋 선정

본 연구의 데이터 세트는 NIA(한국지능정보사회진흥원)와 과학기술통신부가 주관하는 공공데이터 플랫폼인 AI-Hub의 음식 이미지 및 영양 정보 텍스트를 사용한다.

음식 이미지 및 영양 정보 텍스트는 한국인 다빈도 섭취 외식 메뉴와 한식 메뉴 400종 80여만 장의 이미지 데이터로, 식이요법을 위한 식단과 관련성이 높고 객체 검출을 위한 양질의 annotation 정보를 제공하고 있다.

본 연구에서는 추후 학습된 모델의 성능 분석을 위해 학습 데이터 세트를 8:2 비율로 나눠 시험 데이터 세트를 구축한다. 시험 데이터의 불균형 현상을 막기 위해 학습 데이터 세트를 섞은 뒤, 무작위로 선정한다.

2.2.3 모델 학습

본 연구에서는 학습 속도와 정확도 향상을 위해 전이 학습(transfer learning) 기법을 사용한다. 사전 학습 모델로는 COCO val 2017 데이터 세트 기준 mAP(mean Average Precision) 56.8인 YOLOv5 모델을 활용한다.

학습 옵티마이저는 Adam을 사용한다. Adam은 Momentum의 특징인 학습 관성 속도와 RMSProp의

특징인 적응적 학습률을 조합하여 학습의 갱신 강도를 조정하여 큰 데이터를 학습하기에 적합하다.

위 내용을 고려하여 배치 크기(batch size)는 32, 에폭(epoch)은 100회, 이미지 크기는 640으로 설정해 학습한다.

2.3 애플리케이션 모듈 설계

애플리케이션 모듈은 사용자가 서비스를 이용할 수 있도록 고안된 클라이언트-서버 패턴의 클라이언트 요소이다. 서비스의 기능 중, 사용자가 접근 가능한 기능을 다이어그램으로 도식화하여 그림 3에 제시한다.

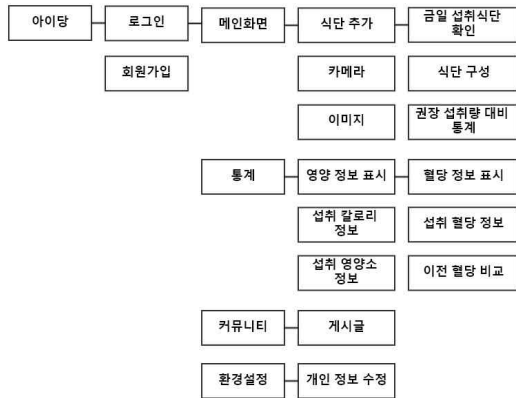


그림 3. AI Dang 기능 블록 다이어그램

2.4 섭취량 데이터 전처리기 설계

식단관리 서비스의 섭취량 통계 및 분석 서비스 구축을 위해 전처리 모듈을 설계한다. 주별로 데이터를 종합하기 위해 월요일부터 일요일까지를 1-7 사이의 인덱스를 i 에 할당하고, 탄수화물, 단백질, 지방, 당류 등의 영양 데이터를 $nutrition$ 으로 일반화한다. 각각의 음식 제공량을 $amount$ 라 했을 때, 식단 음식 k 개의 어떠한 영양 정보 합 N 을 구하기 위한 수식은 다음과 같다.

$$N = \sum_{i=1}^k (nutrition_i \times amount_i) \quad (1)$$

식단에 대한 영양 정보를 구한 후, MySQL의 ROLLUP 함수를 이용해 데이터를 주별, 월별로 나누는 계층적 데이터베이스 모델(hierarchical database model)을 구축하여 활용한다.

2.5 섭취 영양소 분석기 설계

사용자의 영양소 섭취량을 바탕으로 분석 서비스를 개발하기 위해 섭취 가중치 W 를 찾는 모듈을 설계한다. 위 섭취량 데이터 전처리기 같이 일반화한 영양 데이터 n 을 바탕으로 섭취 파라미터 W 를 구하는 수식은 다음과 같다.

$$W_{(i)} = \frac{avg\ nutrition_i}{recommend} \times \lambda \frac{working}{age} \quad (2)$$

이 중 하이퍼 파라미터 λ 는 섭취 파라미터 W 에 대하여 사용자의 운동량, 나이를 고려하여 계산된 값으로, 이 데이터는 회원가입시 얻은 데이터를 기반으로 한다.

계산된 섭취 파라미터 W 를 기반으로 W 가 1.0 초과이면 일반화된 영양소의 과다 섭취라고 판단하고, 반대로 1.0 미만이면 부족 섭취라고 판단해 W 가 1.0에 수렴할 수 있도록 애플리케이션 모듈에 요청을 보내도록 설계한다.

2.6 REST API 서버 설계

앞서 구현한 딥러닝 모듈을 다른 환경의 애플리케이션에서 동작하기 위해 REST API 서버를 구축해 활용한다. 구현 도구로는 Python의 마이크로 웹 프레임워크인 Flask를 사용한다.

2.6.1 식단 이미지 인식 프로세스 설계

이미지 인식 프로세스의 개략적인 설명을 그림 4에 제시한다.

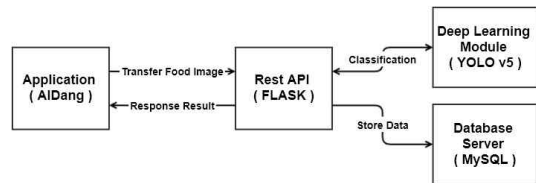


그림 4. 모듈 통신 다이어그램

애플리케이션 모듈에서 측정할 이미지를 암호화해 REST API에 POST method로 요청을 보내면, REST API 서버가 이미지를 받아 딥러닝 모듈로 인식한 후 결과를 데이터베이스 서버에 저장하는 구조이다.

2.6.2 기타 주요 기능 설계

REST API 서버에서는 식단 이미지 인식뿐만이 아니라, 로그인, 회원가입 등의 높은 보안 수준을 요구하는 기능 및 식단 사진 조회 등의 높은 자원 소모량을 요구하는 기능을 처리하도록 설계하였다. 세부 기능에 대한 정의는 표 1과 같다.

표 1. REST API 기능

URL	종류	설명
/predict	POST	식단 사진 인식
/images/{id}	GET	식단 사진 조회
/login	POST	로그인
/signin	POST	회원가입

III. 당뇨병 식이요법 서포팅 서비스 구현 결과 및 분석

3.1 식단 이미지 분류 모델 성능평가

본 연구에서 구축된 시험 데이터 세트로 학습된 모델을 임의값 IoU(Intersection over Union)를 0.5로 설정하고 성능을 분석한 결과, mAP 0.885, object loss 0.013을 기록하였다. 그림 5는 식단 이미지 분류 모델의 성능평가 결과를 보여준다.

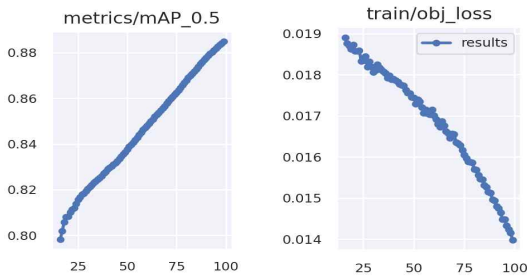


그림 5. 모델 학습 그래프

3.2 사용자 인터페이스 및 결과물

그림 6(a)는 당뇨병 환자 식이요법 서포팅 서비스의 메인화면에서 식단 입력 방법 선택 및 식단 인식 결과 화면 예시이다. 인식한 식단 결과를 토대로 데이터베이스에서 해당 식단에 대한 영양소 정보를 가져와 제공하고 제공량을 직접 선택하여 입력할 수 있다.

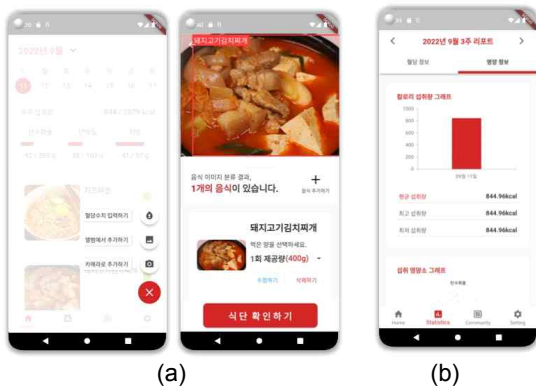


그림 6. 서비스 구현 결과 (a) 서비스 메인 및 식단 인식 결과, (b) 식단 통계 그래프

입력된 식단 및 혈당을 주간 데이터로 축적하고 축적된 데이터를 시각화하여 혈당 및 칼로리 섭취의 변화, 섭취 영양소의 분포도를 제공함으로써 식이요법 실천이 얼마나 잘 되었는지 확인할 수 있다. 그림 6(b)는 입력된 식단 데이터를 기반으로 생성된 통계 그래프 예시이다.

IV. 결 론

본 연구는 매년 증가하는 당뇨병 발병률, 즉 세계적인 관심 속에서, 식단 촬영 및 이미지 업로드를 통한 간단한 식단 입력, 혈당 입력과 입력된 식단분석을 통한 섭취 지표 및 혈당 변화 통계 제공을 통해 당뇨병 환자들 또는 식단조절의 필요성을 느끼는 사람들의 식이요법 실천 활성화 시스템을 제안하였다.

본 논문에서 제안한 시스템은 사용자 디바이스 카메라를 통해 식단에서 섭취하는 다양한 음식들을 인식하고 분석하여 섭취한 영양소를 자동으로 입력한다. 그리고 섭취한 영양소와 입력된 혈당 정보를 그래프로 시각화하여 사용자들이 섭취 현황 및 혈당의 변화를 확인하고 식습관에 있어 변화되어야 하는 부분에 대해서 인지시켜준다. 이처럼 식단 및 혈당 관리에 관련된 기능들을 사용자가 편리하게 사용할 수 있게 제공함으로써 식이요법 실천 활성화를 기대할 수 있다. 추가로 치료식 이미지, 식단 열량과 영양 정보 등 음식 분류 종류 개선·보완 및 DB 확장을 통해 애플리케이션의 기능을 향상할 것이다. 이는 향후 연구과제로 남긴다.

Acknowledgement

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. RS-2022-00166722).

References

- [1] Diabetes Fact Sheet in Korea, 2021 Available : <https://www.e-dmj.org/journal/view.php?number=2677>
- [2] Park Ju Young, Tae-Yong Lee, Kyung-sook Jang, Heeyoung Lee Oh, "A Study on Blood Glucose Level and Self Management among Community Dwelling Type II Diabetes Patients," KJAN, Vol. 22, No. 3, pp. 271-280, June. 2010.
- [3] Joseph Redmon, Santosh Divvala, Ross Girshick, Ali Farhadi, "You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection," The Computer Vision Foundation, CVPR, pp. 779-788, 2016.