

# 딥러닝에 의한 한글 필기체 교정 어플 구현

## (An Implementation of Hangeul Handwriting Correction Application Based on Deep Learning)

이재형<sup>1)</sup>, 조민영<sup>2)</sup>, 김진수<sup>3)\*</sup>

(Jae-Hyeong Lee, Min-Young Cho, and Jin-soo Kim)

**요약** 현재 디지털 기기의 확산과 함께 일상에서 손으로 쓰는 글씨의 비중은 점점 줄어들고 있다. 키보드와 터치스크린의 활용도 증가에 따라 한글 필기체의 품질 저하는 어린 학생부터 성인까지 넓은 범위의 한글 문서에서 관찰되고 있다. 그러나 한글 필기체는 여전히 개인적인 고유한 특징을 포함하면서 가독성을 제공하는 많은 문서 작성에 필요하다. 이를 위해 본 논문에서는 손으로 쓴 한글 필기체의 품질을 개선하고, 교정하기 위한 목적의 어플 구현을 목적으로 한다. 제안된 어플은 CRAFT(Character-Region Awareness For Text Detection) 모델을 사용하여 필기체 영역을 검출하고, 딥러닝으로서 VGG-Feature-Extraction 모델을 사용하여 필기체의 특징을 학습한다. 이때 사용자가 작성한 한글 필기체의 음절 단위로 신뢰도를 인식률로 제시하고, 또한, 후보 폰트들중에서 가장 유사한 글자체를 추천하도록 구현한다. 다양한 실험을 통해 제안한 어플은 기존의 상용화된 문자 인식 소프트웨어와 비교할만한 우수한 인식률을 제공함을 확인할 수 있다.

**핵심주제어:** 한글, 필기체, 교정, 딥러닝, 음절, 인식률

**Abstract** Currently, with the proliferation of digital devices, the significance of handwritten texts in daily lives is gradually diminishing. As the use of keyboards and touch screens increase, a decline in Korean handwriting quality is being observed across a broad spectrum of Korean documents, from young students to adults. However, Korean handwriting still remains necessary for many documentations, as it retains individual unique features while ensuring readability. To this end, this paper aims to implement an application designed to improve and correct the quality of handwritten Korean script. The implemented application utilizes the CRAFT (Character-Region Awareness For Text Detection) model for handwriting area detection and employs the VGG-Feature-Extraction as a deep learning model for learning features of the handwritten script. Simultaneously, the application presents the user's handwritten Korean script's reliability on a syllable-by-syllable basis as a recognition rate and also suggests the most similar fonts among candidate fonts. Furthermore, through various experiments, it can be confirmed that the proposed application provides an excellent recognition rate comparable to conventional commercial character recognition OCR systems.

**Keywords:** Korean, Handwritten Text, Correction, Deep-learning, Syllable, Recognition Rate

\* Corresponding Author: jskim67@hanbat.ac.kr  
Manuscript received April 16, 2024 / revised May 09, 2024 /  
accepted May 10, 2024

1) 국립한밭대학교 정보통신공학과, 제1저자  
2) 국립한밭대학교 정보통신공학과, 제2저자  
3) 국립한밭대학교 지능미디어공학과, 제3저자, 교신저자

## 1. 서론

지난 수십 년 동안 손으로 직접 작성한 필기체의 중요성은 디지털화된 시대에도 변함없이 큰 영향력을 유지해 왔다. 특히, 종이 문서 작성에 필요한 필기체는 개인의 특성, 감정, 그리고 복잡한 정보 전달을 가능하게 하는 독특한 도구로 그 가치를 여전히 인정받고 있다. 어린 학생부터 어른에게 이르기까지, 명확하고 정확한 필기체로 작성된 글씨는 정보의 왜곡을 최소화하고 효과적인 의사소통을 돕는 역할을 하고 있어 여전히 필수적인 매체의 지위를 유지하고 있다. 그러나 21세기 초반에 등장한 디지털 플랫폼에 키보드, 마우스, 또는 터치스크린 환경이 널리 보급되면서 손으로 직접 글을 쓰는 기회는 상실되고 있다. 이에 따라 한글을 처음 습득하여 손으로 글을 시작하는 어린이부터 노인에 이르기까지 필기체가 약필이 되어 오역되는 경우가 빈번히 발생하고 있다. 이에 종이 문서나 서류에 작성된 필기체의 한글 문자들을 적절한 디지털 매체로 인식하여 표현하거나 적정한 글자체로 변환해주는 응용을 필요로 하고 있다(Baek et al., 2019).

본 논문에서는 한글 필기체로 작성된 문서의 낮은 인식률로 인해 오역되는 문제를 해결하고, 다양한 산업 및 교육 환경에 적용할 수 있도록 딥러닝 기반의 한글 필기체 교정 어플 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 인공지능 네트워크로서 VGG-16모델에 기반하고 있는 VGG-Feature-Extraction 모델과 정확한 필기체 영역 검출을 위해 CRAFT (Character-Region Awareness For Text Detection)의 결합으로 구현된다(Clova AI Research, 2019). 더불어 효과적인 영상 전처리 기법을 통해 기존의 대표적인 한글 필기체 인식시스템과 같은 높은 인식 성능을 확인한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 우선 2절에서는 기존의 관련 연구를 나타내고, 본 논문에서의 제안 시스템 구조를 제시한다. 3절에서는 본 논문에서 사용한 딥러닝 구조와 인식을 위한 전처리 방안을 제안한다. 4절에서는 다양한 실험을 통하여 제안된 시스템의 성능을 검증하고, 끝으로 5절에서는 결론을 맺는다.

## 2. 관련 연구 및 제안된 시스템 구조

### 2.1 관련 연구

현재까지 종이 문서는 훼손이나 분실 또는 이동 등의 관리 문제로 인해 디지털 영상으로 저장하거나 디지털 정보를 텍스트로 바꾸는 기술들이 널리 사용되고 있다. 스캐너 또는 디지털카메라와 같은 기기를 통하여 종이 문서에 작성된 글자를 디지털로 인식 및 변환하는 OCR (Optical Character Recognition) 시스템이 대표적인 기술이다. OCR 시스템은 워드를 활용한 글자체의 경우에는 인식률이 높게 나타나지만, 한글을 손으로 쓴 필기체의 경우에 개인의 개성을 포함한 형태적 특징과 더불어 다양한 조합에 의한 문자 간의 유사성이 높아 여전히 낮은 인식률을 보인다(Kwon and Kang, 2022).

기존에 OCR 시스템의 성능 개선을 위해 다양한 시도가 있었다. Shi et al.(2017)은 이미지 기반의 연속적 장면 텍스트 인식 문제를 해결하기 위해 종단 간의 학습 가능한 신경망을 도입하여 그 유효성을 입증하고 장면 텍스트 인식에 적용하였다. Baek et al.(2019)은 각 문자와 문자 간의 관련성을 조사하여 임의의 형태인 글자 영역을 감지하기 위한 장면 텍스트 검출 방법을 제안하였다. 이 방법을 통해 임의 방향, 곡선 또는 변형된 글자와 같이 복잡한 글자 이미지를 감지하는데 효과성을 확인하였다(Kwon, 2023).

Imam et al.(2022)은 OCR 기반 시스템을 강화하여 변형된 내장 문자를 가진 이미지에 대한 견고성을 향상시키는 OCR 후처리 알고리즘을 제안하였고, 견고성 측면에서 향상된 성능을 확인하고 적대적인 텍스트를 교정하는데 효과적임을 보였다. Baek et al.(2022)은 GAN모델을 사용하여 한글 문자 생성 및 인식 시스템을 제안하였으며, 산업체에서 많이 사용하는 단어나 사용자별 필기체를 임의로 생성하여 한글 데이터셋 문제를 해소하는 데 집중하였다. 또한, 복합적 방법으로 OCR시스템을 구현하고 인식률 개선에 대한 연구도 다양하게 진행하였다(Zanwar et al., 2021; Keipour et al., 2022).

본 논문에서는 NAVER Clova AI 연구팀이 만

은 텍스트 추출을 위한 문자 영역 검출 알고리즘인 CRAFT와 VGG-16모델에 기초하여 특성 추출 용도로 사용한 VGG-Feature-Extraction 모델에 기반한 한글 필기체 교정 어플을 구현하고 높은 인식률을 얻고자 한다(Deep Text Recognition Benchmark, 2019; Lee et al., 2023).

### 2.2 제안된 시스템의 기능 구조

본 논문에서 제안하는 한글 필기체 교정 어플 시스템의 개괄적인 기능적 제어 구조도는 Fig. 1과 같다. 먼저 종이에 손으로 한글을 필기하여 스마트폰의 디지털카메라로 사진을 캡처하면 해당 이미지 파일은 웹서버로 전달된다. 웹서버에 수신된 한글 필기체의 이미지 파일은 이진화 후에, CRAFT모델을 통해 이미지 내의 텍스트 영역을 검출한다. 그리고 검출된 텍스트 영역들에 대해 음절 단위로 잘라내기(Cropping)를 하고, 인식률 향상을 위해 패딩(Padding) 과정 등의 영상 전처리 과정 등을 수행한다. 이러한 일련의 전처리 과정이 적용된 이미지에 대해 VGG-Feature-Extraction 모델의 신경망을 통해

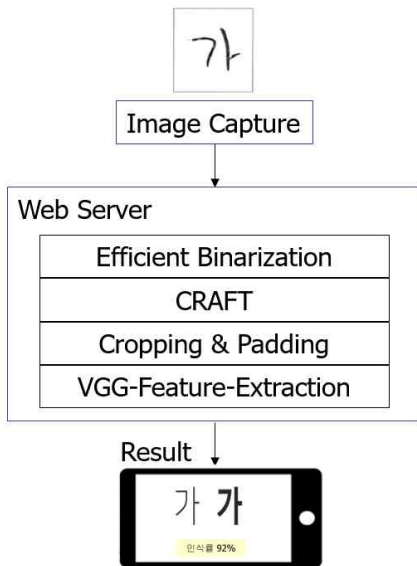


Fig. 1 Functional Block Diagram of Hangul Handwriting Correction Application

필기체의 특징을 추출하여 사용자가 작성한 한글 필기체 음절의 인식률을 얻고, 또한 다른 신경망

을 통해 후보 폰트들 중에서 사용자의 필체와 가장 비슷한 디지털 폰트를 추천하도록 구현한다. 최종적으로 서버에서 얻어진 인식률을 기반으로 한 교정 결과값을 스마트폰 애플리케이션에 전달하고, 사용자에게 악필을 교정할 수 있도록 각 기능 블록으로 나뉘어 구현된다.

### 2.3 제안된 시스템의 서버 연동 및 동작

본 논문에서 제안된 시스템의 응용소프트웨어에 대한 정보 표현은 Fig. 2와 같이 요약된다. 초기의 화면에는 사용자 사용법이 제시되며, 한글 필기체를 캡처해서 서버로 전송되면, 스마트폰과 서버는 연동되며 순차적으로 텍스트 영역 검출, 전처리 및 딥러닝 모델에 의한 추론 등을 연쇄적으로 진행하고, 그 결과를 사용자 스마트폰으로 전송하여 인식률과 교정된 글자와 및 폰트를 확인할 수 있도록 한다(Jeong et al., 2023).

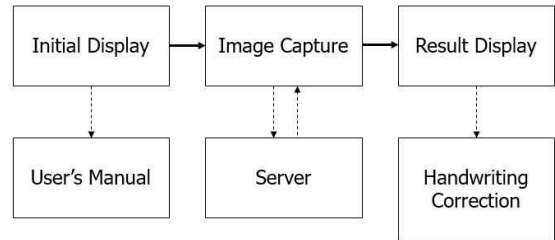


Fig. 2 Information Structure Diagram of the Application

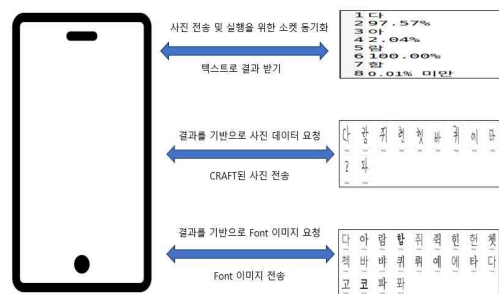


Fig. 3 Communication Structure between Application and Server

Fig. 3은 스마트폰과 서버와의 연동 과정을 상세히 나타내고 있다. 애플리케이션을 통해 촬영된

이미지는 RestAPI를 활용, HTTP 방식을 통해 서버로 전송하는 메커니즘을 사용하여 구현된다. 서버 단에서는 CRAFT 알고리즘과 영상 전처리 과정을 거치면서 잘라내기(Cropping) 및 패딩된 이미지와 해당 이미지 내의 문자 데이터가 결과로 함께 생성된다. 그리고 VGG-Feature-Extraction 모델을 순차적으로 사용하여 글자를 정밀하게 추출한다.

애플리케이션은 서버로부터 수신된 문자 데이터를 큐에 임시 저장하며, 이를 Crop된 이미지와 연동하여 사용자 인터페이스상에 표현한다. 또한, 사용자의 추가적인 요구사항에 응답하여 특정 이미지 선택 시 서버에 저장된 데이터를 바탕으로 사용자의 한글 필기체 특성에 가장 근접한 글자체의 이미지를 제공한다. 이는 사용자가 해당 글씨체에 익숙해지도록 글쓰기 예시를 제시하는 방식으로 구현된다.

### 3. 전처리 알고리즘과 딥러닝

#### 3.1 제안된 전처리 알고리즘

사용자가 종이에 한글을 손으로 쓰고, 스마트폰의 카메라를 통해 디지털 이미지로 변환하여 서버에 업로드하면 전처리 과정을 거친 후에 추론하도록 처리된다. 첫 번째 단계에서는 이미지 내의 문자 영역을 효과적으로 검출하기 위해 휘도 영상(Gray Scale)으로 변환하고 문턱치를 적용하여 이진화 영상을 획득한다. 개선된 Otsu 알고리즘을 바탕으로 한글 필기체의 디지털 이미지의 이진화를 적용한 예를 Fig. 4에 나타내고 있다 (Xiao et al., 2019). 개선된 Otsu 알고리즘은 칼러 이미지에 바로 적용하는 방식에 비해 안정적인 결과를 도출하게 된다.

이진화된 이미지에서 해당되는 한글 필기체 텍스트 영역을 검출하기 위해 CRAFT를 사용한다 (Clova AI Research, 2019). CRAFT는 VGG-16 모델을 기반으로 한 장면 텍스트 검출 (Scene Text Detection) 모델로써 각 문자 영역과 문자 간의 유사성을 탐색하여 문자의 위치 및 경계를 정확하게 감지하고, 개별 문자 또는 문자 영역을

분할하는데 효과적으로 사용될 수 있다. CRAFT 알고리즘을 사용하여 Fig. 4의 이진화 이미지에서 텍스트 영역을 검출하는 과정을 Fig. 5에 나타내고 있다.

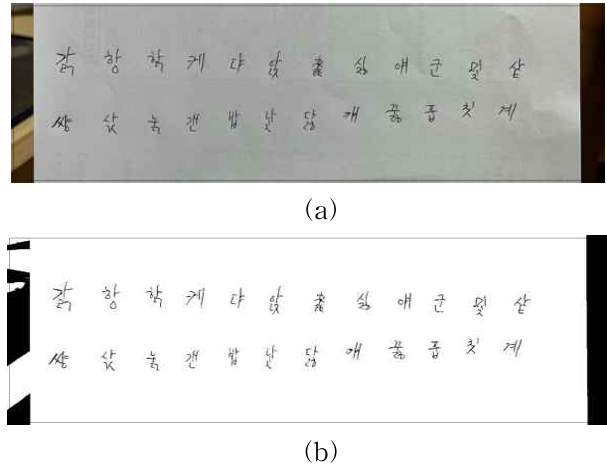


Fig. 4 An Example of Image Thresholding  
(a) Original Image  
(b) Image after Thresholding (Xiao et al., 2019)

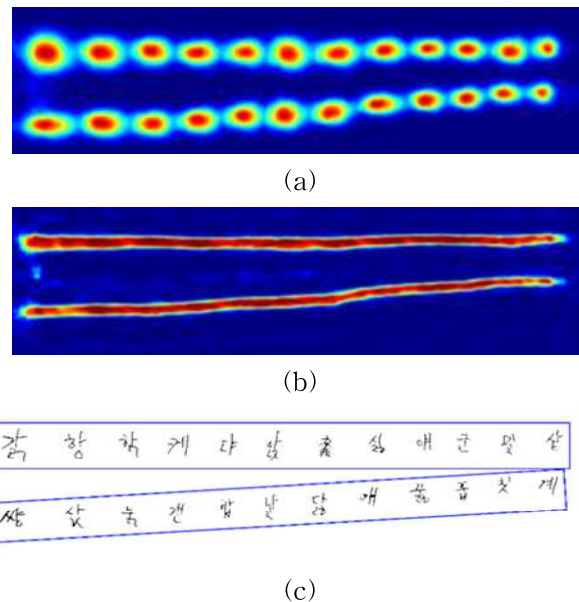


Fig. 5 An Example of Text Area Detection Process with CRAFT  
(a) Text Score  
(b) Link Score  
(c) Detected Text Boxes

CRAFT알고리즘은 문자로 인식한 범위를 텍스트 점수 (Text Score)로 Fig. 5(a)와 같이 Heatmap으로 표시한다. 그런 후에, CRAFT가 여러 개의 문자를 하나의 텍스트로 인식한 범위를 Fig. 5(b)와 같이 연결 점수 (Link Score)를 통해 Heatmap으로 표시한다. 최종적으로 텍스트 점수와 연결 점수를 종합하여 인식된 텍스트 범위를 Fig. 5(c)와 같이 박스로 표시한다.

CRAFT알고리즘을 통해 검출된 각 텍스트 영역에서 필기체 음절을 분리하기 위해 OpenCV를 통해 음절 단위로 잘라내기(Cropping) 과정을 거치도록 한다. 글자의 외곽선을 검출하여 공백을 제외한 글자 요소들에 대하여 겹치는 영역을 병합한 후, 산출된 각 영역을 수평축에 수직이 되도록 잘라내기를 적용한다. 잘라내기가 적용된 결과의 예를 Fig. 6과 같다(OpenCV, 2023).

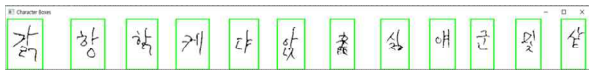


Fig. 6 An Example of Character Region for Cropping by Korean Syllables

본 논문에서는 잘라내기가 적용되고, 각 박스 단위로 나타낸 텍스트 이미지의 크기를 1:1 비율로 변환하는 패딩(Padding) 과정은 한글 음절 이미지 파일의 크기를 1:1 비율로 변환하는 과정이며, 이미지의 너비와 높이 중 더 큰 값을 계산하여 해당 값을 기준으로 이미지의 크기를 1:1 비율로 변환한다. 만약 이미지의 크기가 1:1 비율이 아닐 경우는 추론 과정에서 이미지의 크기가 강제로 1:1 비율로 바뀌게 되어 음절 이미지의 비율이 변형되므로 패딩 과정은 필수적이다. 따라서 본 논문에서는 패딩을 적용하기 위해 음절 이미지의 높이와 너비 둘 중 더 큰 값을 비교하여 해당 값을 이미지의 높이와 너비로 지정하여 1:1 비율로 변환 후, 비어있는 여백을 흰색으로 채우도록 설계된다.

3.2 딥러닝 구조와 학습

본 논문에서 제안하는 한글 필기체의 교정을 위한 신경망과 글자체 추천을 위한 신경망을 각

각 VGG-Feature-Extraction모형을 사용하여 구현하였다(Shi et al., 2015). 이 모델은 VGGNet에 기초하고 있으며, VGGNet은 현재까지 다양한 이미지 분류, 객체 감지 및 특성 추출 기법에 널리 활용되고 있다(Simonyan et al., 2014). Fig. 7은 2350종의 완성형 한글 음절을 인식을 위한 네트워크 구조를 나타내고 있다. 또한, 글자체 추천을 위한 신경망 학습에 사용한 폰트는 굴림체, 궁서체, 나눔바른고딕, 나눔명조, 나눔스퀘어 등의 5종으로 제한하여 구현하였고, 약 100만 개의 단일 음절을 자음, 모음, 받침으로 분리하여 학습에 활용하였다.

본 논문에서는 Fig. 8에 나타낸 바와 같이 VGG-Feature-Extraction 모델의 학습을 위해 AIHub에서 제공하는 약 30만 장의 한국어 손글씨 및 인쇄체 이미지 데이터, 디지털 폰트를 한글 음절 이미지로 변환해주는 프로그램인 TRDG (Text Recognition Data Generator)를 통하여 생성된 약 70만 장의 한글 인쇄체 이미지 데이터를 사용하였다(Belval, 2022). 따라서 총합 약 100만 장의 한글 음절 이미지를 64x64 크기로 변환 후 3채널을 사용하여 Epoch=15, Batch Size=256, Validation Percent=0.05, Learning Rate=0.001로 학습을 진행하였다. 이 학습에 대한 Train Loss와 Validation Loss의 결과는 Fig. 9와 같이 요약된다.

Layer	Parameters	Output Shape	Activation Function
Input (64 × 64 RGB image)			
Conv2d	k:5×5, s:1, p:2	{64, 64, 64}	ReLU
MaxPooling	k: 2×2, s:2	{32, 32, 64}	-
Conv2d	k:3×3, s:1, p:1	{32, 32, 128}	ReLU
MaxPooling	k:2×2, s:2	{16, 16, 128}	-
Conv2d	k:3×3, s:1, p:1	{16, 16, 256}	ReLU
BatchNormalization	-	-	-
Conv2d	k:3×3, s:1, p:1	{16, 16, 256}	ReLU
BatchNormalization	-	-	-
MaxPooling	k:2×2, s:2	{8, 8, 256}	-
Conv2d	k:3×3, s:1, p:1	{8, 8, 512}	ReLU
BatchNormalization	-	-	-
Conv2d	k:3×3, s:1, p:1	{8, 8, 512}	ReLU
BatchNormalization	-	-	-
MaxPooling	k:2×2, s:2	{4, 4, 512}	-
Dense	Flatten	{8192}	-
Dense	Dropout(p:0.5)	-	-
Dense	Linear	{2350}	-

Fig. 7 Summary of Network Architecture (Shi et al., 2015)

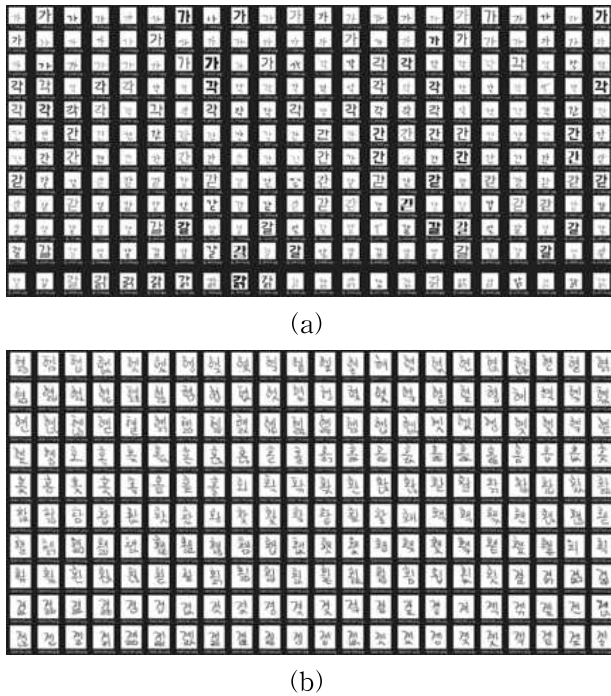


Fig. 8 Hangeul Handwriting Datasets  
 (a) A Part of AI Hub Dataset (AIHub, 2023)  
 (b) A Part of Dataset Generated by TRDG (Belval, 2022)

#### 4. 구현 및 실험 결과

본 논문에서 제안하는 한글 필기체 교정 애플리케이션을 직접 스마트폰 어플로 직접 구현하고, 다양한 방법으로 성능을 측정하고 평가하였다.

##### 4.1 구현 결과

본 논문에서 구현된 어플에 대해 Fig. 10(a)는 애플리케이션의 초기 실행 화면을 나타내며, 사진 촬영 및 해당 애플리케이션의 사용 방법에 관한 지침이 나오도록 구현된다. 이어서 Fig. 10(b)는 사용자가 필기체의 글자를 작성하고 사진을 촬영하여 서버로 전송하기 위한 화면이다. 마지막으로 Fig. 10(c)는 인식 결과화면과 그에 따른 각 글씨별로 인식률과 추천 폰트에 대한 세부 정보에 관한 내용을 포함하고 있다.

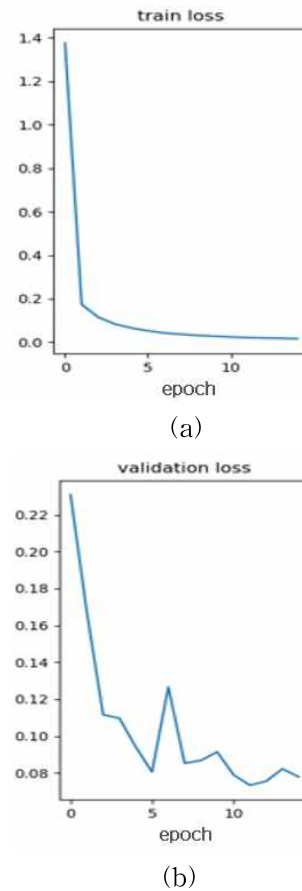


Fig. 9 Experimental Results of Training and Validation Losses

- (a) Train Loss
- (b) Validation Loss

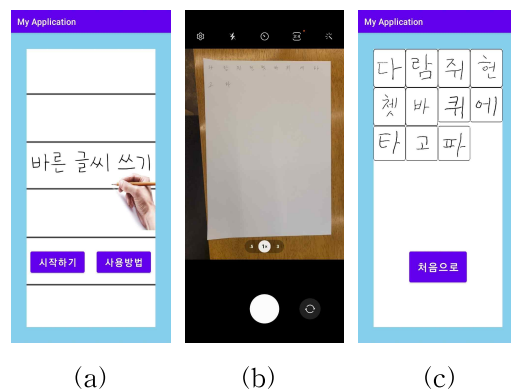


Fig. 10 Implemented Application Screen  
 (a) Main Screen  
 (b) Camera Screen  
 (c) Result Screen

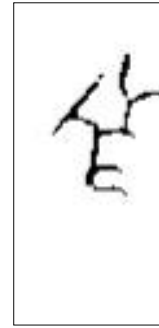


최종적으로 본 논문에서 제안된 필기체 교정 어플은 이미지 기반의 문자 인식 프로세스와 사용자 경험을 최적화하는 방안을 포함하도록 구조를 설계하였으며, 이를 통해 효율적인 텍스트 처리와 사용자 친화적인 인터페이스 구성의 가능성을 반영하였다.

#### 4.2 실험 및 성능평가

본 논문에서 제안하는 한글 필기체 교정 어플리케이션의 성능평가는 크게 세 가지로 나누어 진행하였다. 첫 번째는 3절에서 설명한 패딩 과정을 도입함으로써 인식률의 개선 효과를 조사하였다. Fig. 11에서는 ‘살’이란 글자에 대해 패딩 과정을 도입 여부에 따른 인식률 성능 결과를 캡처한 것을 나타내고 있다. 패딩 과정을 도입함으로써 인식률에 있어 91.48%에서 99.39%로의 약 8% 이상의 성능 개선이 있음을 실험 결과로 나타내고 있다. 따라서 패딩 과정을 도입함으로써 균등한 크기로 만드는 것이 인식률에 있어 매우 큰 영향을 주는 것을 확인할 수 있다.

두 번째로는 본 논문에서 구현한 한글 필기체 인식 모델과 구글 OCR, 네이버 CLOVA OCR과 같은 상용 OCR과의 인식 여부를 비교하였다. Table 1에서는 ‘다람쥐 흰 쳇바퀴에 타고파’로 구성된 11개의 음절에 대한 인식 성공 여부를 나타낸 것이다(‘O’로 나타낸 것은 인식 성공을, ‘X’는 인식 실패를 나타냄). 본 논문에서 구현된 어플의 성능은 기존의 구글 OCR과 NAVER Clova와 거의 동등한 성능을 알 수 있다. 구글 OCR은 11개의 모든 음절을 성공적으로 인식하였고, CLOVA OCR은 ‘쳇’ 음절을 ‘치’으로 오인식한 경우가 발생하였다. 본 논문에서 제안된 방식으로 구현된 어플은 ‘고’ 음절의 경우 차순위의 인식률이 출력된 것을 확인하였지만, 거의 동등한 수준의 성능을 확인할 수 있다. 이 문장 외의 다른 다양한 필기체 인식률 비교에서도 거의 동등한 수준의 인식 성능을 확인할 수 있었다.



(a)

**예측한 글자: 타 (인식률: 91.48%)**  
 글씨를 잘 쓰셨습니다.  
 입력하신 글자와 예측한 글자가 다른가요?  
 예측한 글자 중 상위 5개의 결과는 다음과 같습니다.

순위	예측한 글자	인식률
0	타	91.48%
1	달	3.87%
2	닭	1.23%
3	쉬	0.01% 미만
4	닷	0.01% 미만

(b)

**예측한 글자: 살 (인식률: 99.39%)**  
 글씨를 잘 쓰셨습니다.  
 입력하신 글자와 예측한 글자가 다른가요?  
 예측한 글자 중 상위 5개의 결과는 다음과 같습니다.

순위	예측한 글자	인식률
0	살	99.39%
1	삼	0.01% 미만
2	갈	0.01% 미만
3	샤	0.01% 미만
4	산	0.01% 미만

(c)

Fig. 11 Results of Accuracy according to Padding

- (a) Original Korean Syllable Image
- (b) Accuracy of Korean Syllable Image without Padding
- (c) Accuracy of Korean Syllable Image after Padding

Table 1 Experimental Result of Recognition Success between the Proposed app. and Conventional Commercial OCRs

Text	Google OCR	NAVER Clova	The Proposed
다	O	O	O
람	O	O	O
취	O	O	O
헌	O	O	O
챗	O	X(챗)	O
바	O	O	O
퀴	O	O	O
에	O	O	O
타	O	O	O
고	O	O	O(25.83%)
과	O	O	O
Success#/Total#	11/11	10/11	11/11

세 번째로 11명의 각기 다른 글씨체를 가진 사람들이 한글로 쓴 필기체를 사용하여 본 논문에서 구현된 어플에 대해 인식을 평가하였다. 본 실험에서는 한글 자음 14개와 한글 쌍자음 5개를 모두 사용한 11개의 한글 음절로 구성된 한글 문장을 사용하여 성능을 확인하였으며, 그 결과를 Table 2에 나타내고 있다. 모든 음절에 대하여 인식률의 전체 평균이 89.64%로 나타나는 것을 확인하였다. 인식률이 50% 미만으로 나타난 음절의 경우, 직접 육안으로 확인하였을 때, 확연히 글씨를 흘려 쓰거나 다른 음절과 혼동될 여지가 있도록 작성한 경우로 확인되었다. 인식률이 50% 미만으로 나타난 음절의 예시를 Fig. 12에 나타내었다.

Table 2 Experimental Results for the Recognition Rate of the Proposed Application

user syllable \	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
다	73.56%	0.01% 미만	99.76%	99.89%	96.50%	38.14%	99.60%	99.97%	99.63%	76.19%	98.07%
람	96.57%	45.12%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.97%
취	99.13%	6.75%	99.99%	98.01%	100.0%	98.67%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
헌	99.13%	98.78%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.51%	100.0%	99.92%	99.99%	1.18%
챗	100.0%	100.0%	100.0%	99.98%	100.0%	99.81%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
바	0.01% 미만	99.69%	97.8%	99.5%	99.78%	99.86%	81.32%	46.08%	99.98%	98.15%	99.95%
퀴	99.47%	99.98%	99.98%	94.24%	100.0%	60.28%	99.28%	97.61%	73.07%	94.38%	99.43%
에	98.47%	92.32%	2.22%	98.64%	99.1%	95.31%	99.89%	83.15%	96.46%	94.85%	24.67%
타	99.99%	99.94%	100.0%	100.0%	100.0%	99.14%	99.98%	100.0%	96.28%	100.0%	100.0%
고	97.13%	97.31%	99.99%	99.99%	94.22%	99.99%	79.64%	84.73%	0.01% 미만	94.64%	92.13%
과	99.88%	100.0%	100.0%	100.0%	98.76%	100.0%	100.0%	99.79%	99.99%	63.77%	99.81%





Fig. 12 Examples of Handwriting Syllables with less than Recognition Rate of 50%

이상의 실험에서 제시된 결과들은 모두 음절 단위로 인식한 실험으로서 5자 이내의 단어 중심의 실험 결과는 평균 5.3초 이내에 인식할 수 있으나, 10자 이상의 문장 인식에서는 평균 8.7초 정도 소요되었다. 이러한 요소는 실험에 사용한 서버의 하드웨어 사양을 개선하거나, 또는, 온디바이스 형태로 구현함으로써 충분히 상용화가 가능한 수준으로 볼 수 있다.

## 5. 결 론

본 논문에서는 디지털 기기의 확산에 따라 손으로 쓰는 글씨가 점차 약필화되는 경향에 따라 한글 필기체에 대한 인식률을 수치화하고, 이를 교정할 목적의 어플을 제안하고 구현하였다. 본 논문에서 제안한 어플은 개선된 Otsu알고리즘에 의한 이진화, CRAFT알고리즘에 의한 필기체 영역 검출, 잘라내기 및 패딩 기법의 도입과 같은 고효율의 전처리 기법을 사용하고, 딥러닝으로 VGG-Feature-Extraction 모델을 사용하여 필기체 인식 및 교정 어플로 구현되었다. 이를 위해 AIHub에서 제공하는 한국어 손글씨 및 인쇄체 이미지 데이터세트 약 30만 장, 그리고 디지털 폰트를 한글 음절 이미지로 변환해주는 TRDG를 통하여 생성된 한글 인쇄체 이미지 약 70만 장을 기반으로 약 100만 장의 방대한 데이터세트를 구성하여 학습을 수행하였다. 본 논문에서 제안한 패딩기법을 도입함으로써 필기체 인식률을 개선할 수 있었고, 다양한 피실험자가 작성한 한글 필기체 데이터를 사용하여 인식 성능을 평가한 결과 89.64%의 평균 인식률로 한글 음절을 구분하는 것을 확인하였다. 또한, 기존의 상용 OCR

시스템과 거의 동등한 인식 결과가 나타남을 확인하였다. 그러나 스마트폰 어플을 통해 완전히 실행이 종료될 때까지 소요 시간은 10초 이내의 시간이 소요되었으며, 이 정도는 상용화 가능한 수준으로 보이지만, 최신의 하드웨어 사양으로 교체함으로써 성능을 개선하는 실험이 진행될 필요가 있다. 앞으로는 서버와의 통신 설정, 인식, 통보 및 표출 등의 각 기능 구현 블록 간의 성능 분석 등이 연구되고, 온디바이스로 구현함으로써 품질 수준을 더욱 개선하고자 한다. 그리고 음절과 음절의 시계열 문맥적 정보를 고려해서 인식률을 개선하기 위한 연구가 진행될 예정이다.

## References

- AI Hub (2023), <https://www.aihub.or.kr/> (Accessed on March 12th, 2023)
- Baek, J., Seo, J., Jung, S. and Jeong, D. (2022), A Study on Hangeul Handwriting Generation and Classification Mode for Intelligent OCR System, *Journal of the Institute of Convergence Signal Processing*, 23(4), 222-227.
- Baek, Y., Lee, B., Han, D., Yun, S. and Lee, H. (2019), Character Region Awareness for Text Detection, *Computer Vision and Pattern Recognition*, <https://doi.org/10.48550/arXiv.1904.01941>
- Belval, E. (2022), Text Recognition Data Generator, <https://github.com/Belval/TextRecognitionDataGenerator> (Accessed on Oct. 10th, 2023)
- Clova AI Research, NAVER Corp. (2019), CRAFT: Character-Region Awareness For Text Detection, <https://github.com/clovaai/CRAFT-pytorch> (Accessed on May 12th, 2023)
- Deep Text Recognition Benchmark (2019), <https://github.com/clovaai/deep-text-recognition-benchmark> (Accessed on Oct. 10th, 2023)
- Imam, N., Vassilakis, V. and Kolovos, D. (2022), OCR Post-correction for Detecting Adversarial

- Text Images, *Journal of Information Security and Applications*, <https://doi.org/10.1016/j.jisa.2022.103170>
- Jeong, H. and Shin, C. (2023), Deep-Learning-based Smartphone Application for Automatic Recognition of Ingredients on Curved Containers, *Journal of Korea Society of Industrial Information Systems*, 28(6), 29-43.
- Keipour, A., Eshghi, M., Ghadikolaei, S., Mohammadi, N. and Ensafi, S. (2022), Omnifont Persian OCR System Using Primitives, *Computer Vision and Pattern Recognition*, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2202.06371>
- Kwon, H. and Kang, H. (2022), Transformer Network for Container's BIC-code Recognition *Journal of Korea Society of Industrial Information Systems*, 27(1), 19-26.
- Kwon, S. (2023), Structure Recognition Method of Invoice Document Image for Document Processing Automation, *Journal of Korea Society of Industrial Information Systems*, 28(2), 11-19.
- Lee, J., Cho, M. and Kim, J. (2023), Implementation of Handwriting Correction Application using Deep Learning, *Proceedings of Spring Conference of Korea Society of Industrial Information Systems*, June 1-3, Pusan, Korea.
- OpenCV, (2023). Open Source Computer Vision Library, <https://opencv.org/>(Accessed on May 12th, 2023)
- Shi, B., Bai, X. and Yao, C. (2015), An End-to-End Trainable Neural Network for Image-based Sequence Recognition and Its Application to Scene Text Recognition, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 39(11), 2298 - 2304.
- Simonyan, K. and Zisserman, A. (2014), Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition, *Computer Vision and Pattern Recognition*, <https://doi.org/10.48550/arXiv.1409.1556>
- Xiao, L., Ouayang, H. and Fan, C. (2019), An Improved Otsu Method for Threshold Segmentation Based on Set Mapping and Trapezoid Region Intercept Histogram, <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2019.163106>
- Zanwar, S., Shinede, U., Narote, A. and Narote, S. (2021), Hybrid Optimization and Effectual Classification for High Recognitions in OCR Systems, *Journal of the Institution of Engineers(India)*, 102(5), 966-977.



**이 재 형 (Jae-Hyeong Lee)**

- 한밭대학교 정보통신공학과
- 관심분야: 영상신호처리, 컴퓨터비전, 기계학습



**조 민 영 (Min-Young Cho)**

- 한밭대학교 정보통신공학과
- 관심분야: 영상신호처리, 컴퓨터비전, 기계학습



**김 진 수 (Jin-soo Kim)**

- 평생회원
- KAIST 전기및전자공학과 공학박사
- 한밭대학교 지능미디어공학과
- 관심분야: 영상신호처리, 컴퓨터비전, 기계학습, 딥러닝