

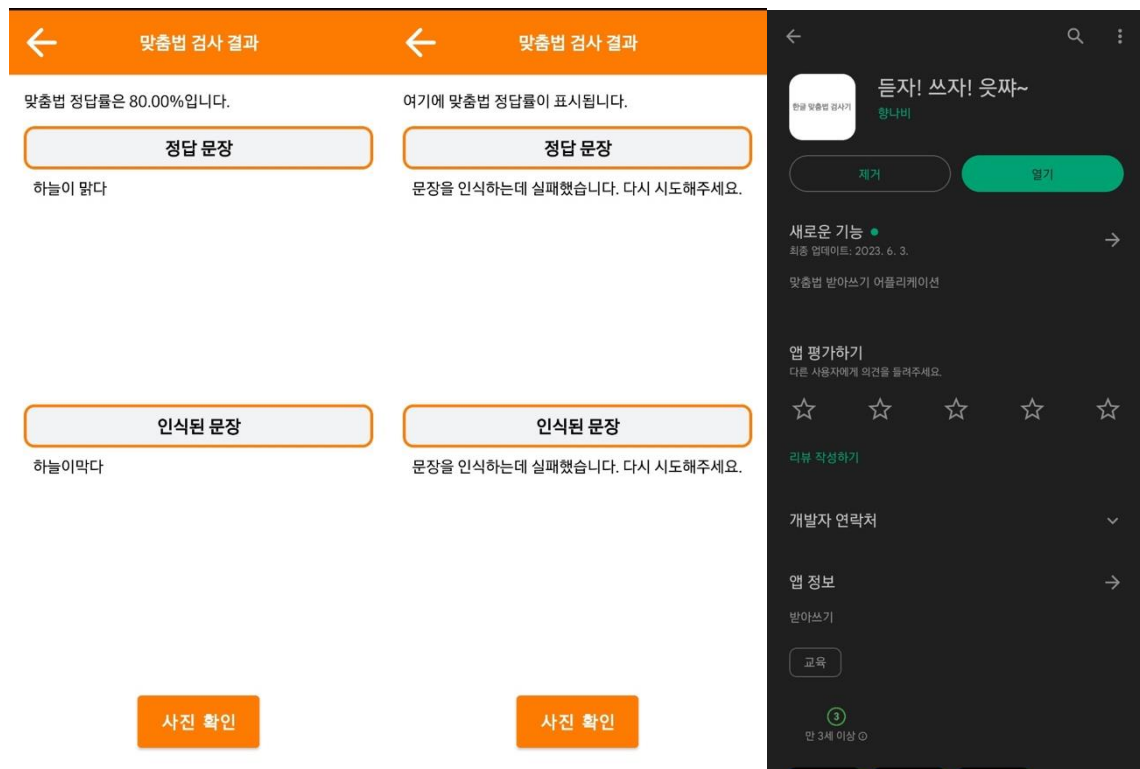
## Capstone Design Result Report

Project Name	교수평가 일치 및 교수학습 효율성 증대를 위한 에듀테크 도구 개발/연구		
Participatory Department	대구시교육청	Project Representative	김동현
Participants	(Participants: 6) Corporation: 1, Professor: 1, the master's course: 3, An undergraduate course: 4 (김동환, 김은정, 문정원, 오영선)		
Period	2021. 3. 1. ~ 7. 31. (5months)	Type	The Middle
Propulsion Background	<p>⇨ 공교육의 신뢰회복과 교육 효과 및 효율성 증대를 위하여 교육과정, 수업, 평가, 기록의 일치에 대한 요구 증대</p> <p>⇨ 학생 주도 수업 및 자기 주도 학습의 실현, 기술이 실생활에 적용되는 사례를 경험함으로써 진로교육의 바탕 제공</p>		
Objectives and Content	<p>⇨ 손글씨 교육을 위한 에듀테크 도구 개발 및 기술 연구</p> <p>☞ 한글 손글씨에 대한 연구는 영어와 힌디어 등 다른 언어에 비해 많이 수행되지 않음</p> <p>☞ 한글의 경우 웹기반의 맞춤법 검사 도구는 제공되고 있으나 실시간 검사 도구가 부재</p> <p>⇨ 손글씨에 대한 두 가지 접근 : 얼마나 바르게 썼는가? / 얼마나 정확하게 썼는가?</p>		

- ☞ OCR 을 활용한 한글 글자 인식을 제공
- ☞ 인식된 글자의 디지털화 및 맞춤법 점검
- ☞ 글씨체 및 맞춤법 점검을 통한 올바른 글쓰기 능력 신장
- ☞ 검사 결과 및 오타자 기록에 대한 누가기록을 통하여 개인별 글쓰기 포트폴리오 출력
- ☞ 태블릿 등을 이용한 실시간 검사 또는 스캔 파일 업로드 방식

## Project Result

- ☞ OCR 변환 시 발생하던 오류를 모델 추가 학습을 통하여 감소 시킴.
- ☞ 유아동이 손쉽게 사용할 수 있고 변환 오류가 발생하지 않는 어플리케이션 개발
- ☞ 어플리케이션을 플레이 스토어에 등록



- ☞ KCC2023 (한국컴퓨터종합학술대회)에 발표 및 게재 예정

# 제68차 한국컴퓨터정보학회 하계학술대회

제주대학교 제주산학융합원



올해의 하계학술대회

## 논문요지

사단법인 한국컴퓨터정보학회에서는 2023년 7월 13일(목) ~ 15일(토)까지 제주대학교 제주산학융합원에서 제68차 하계학술발표대회를 개최합니다. 이번 행사에서는 다양한 프로그래밍을 구성하여 최위 연구자에게 연구 교류의 기회와 정보를 제공하고자 합니다. 더불어, 이번 행사가 안전하게 개최될 수 있도록 정부의 방역 지침을 준수하여, 성공적인 행사를 위해 회원 여러분의 적극적인 논문 투고와 함께 많은 관심과 참여를 부탁드립니다.

## 논문제출 준수사항

1. 논문 한국제출 : 2023년 6월 26일(월)까지
2. 논문 심사 결과 통보 : 2023년 6월 30일(금) (심사 후 개별 e-mail 통보)
3. 사전등록 기간 : 2023년 6월 26일(월) ~ 2023년 7월 7일(금)
4. 논문 제출 방법 : 학회 홈페이지 온라인 제출(<http://www.kscie.re.kr>)  
(온라인 상단 학술대회 논문투고 버튼 이용)  
· 발표논문의 저자는 연회비 납입 확인 후 신청가능  
· 제 1저자는 학술대회에 반드시 사전등록을 필적으로 함  
· 발표논문중 우수논문은 본 학회 논문지에 게재를 추천(심사비 면제)  
투고논문 당최 1건, 2건, 3건, 4건까지  
※ 학술 논문지 게재 예정인 논문 : 2페이지

## 논문 투고 분야

고성능 컴퓨팅 / 영상정보미디어	환경IT기술 / 응용소프트웨어	영상처리 / IoT융합기술
웹스캐터 / 임베디드시스템	정보보호 / 경영정보공학	컴퓨터응용사계
정보통신 / 보안정보공학	e-커머스 / 컴퓨터게임	다자접촉센서 / 컴퓨터로봇학
인공지능 / 모바일컴퓨팅	IT서비스 / 컴퓨터교육	

※ 컴퓨터 응용사례 분야는 학부 학생의 접근은 디자인 결과 및 졸업작품만을 발표할 수 있습니다. (제1저자: 지도교수)  
※ 지도교수는 반드시 학술대회 참가등록을 하고, 학부 학생들은 등록비 면제됩니다.

## 기타 안내사항

문의 : 한국컴퓨터정보학회 사무국 070-8270-3399 / [kscie@kscie.re.kr](mailto:kscie@kscie.re.kr)  
사전등록비 : 정(종신)회원 100,000원, 학생회원 70,000원, 비회원 120,000원  
발표등록비 : 정(종신)회원 120,000원, 학생회원 100,000원, 비회원 150,000원  
학회 온라인 개최 : 신한은행 100-028-150085, 예금주 (사)한국컴퓨터정보학회



사단법인 한국컴퓨터정보학회 16979 경기도 용인시 기흥구 갈매로 2, 203호 (구갈동, 옥수빌딩)  
Tel: 070-8270-3399, 070-8270-3499 | Fax: 02-6499-3398

# 유아동 손글씨 교육을 위한 OCR 기반의 맞춤법 검사 에듀테크 개발

Development of OCR-based Spell check EduTech tool for Handwriting Education for children

문정원, 김동환, 김은정, 오영선, 정순기, 장준혁, 김동현  
경희대학교 컴퓨터학부

{bella7365, gddkdj6671, eozkim, plumuhel1, djkung, wildwingsue, kevin31@knu.ac.kr}

## 제 1장. 서론

### 손글씨의 중요성

- 손글씨 쓰기는 학생들의 작은 능력에 영향을 미침
- 손글씨 쓰기는 주의를 활성화함
- 손글씨 쓰기는 기억력 증진에 효과적임

➢ 유아동을 대상으로, 한글 손글씨를 얼마나 빠르고 정확하게 작성했는지 즉각적으로 판단하여 교정할 수 있는 어플리케이션 개발

## 제 2장. 기존 연구

### OCR 인식 사용 분야

- 영화 속 장면으로부터 추출한 간판 및 표지판 글자를 바탕으로 실제 영화 촬영지 알려주는 시스템
- 차량전에서 역을 성분 인식 및 분석, 도형 가능성 판단하는 시스템
- 자동차 번호판 인식 시스템
- 블로그에 적힌 한글 자판을 인식하는 시스템

### 실제 사용되고 있는 글씨체 OCR

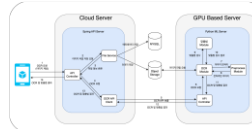
- 현재 교과서 '열린책' 글자 및 수식 인식을 통해 유사 유형 문제 제공
- 교육 플랫폼 '판다' 수책 문제의 정답과 풀이과정 제공
- 메가스터디 '열린책' 텍스트 및 그림, 수식으로 표현된 문제를 촬영하여 텍스트로 변환하는 기술 활용

### 주요의 연구는,

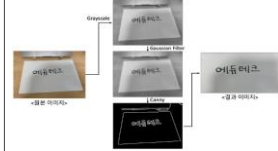
- 필기를 인식하는 데에 큰 제약이 있음
- 필기를 인식한 후, 맞춤법 검사 결과를 제공함

## 제 3장. 시스템 개발

### 가. 시스템 구조도



## 나. 이해와 설계



### 다. OCR

- VGG-16 네트워크를 기반으로, 문자의 영역을 검출
- ResNet-LSTM-CTC 구조에서 문자를 인식
- 전처리한 이미지를 기반으로 OCR을 수행하여, 문자가 제대로 추출되었다면 올바른 글씨체로 필기했다고 판단

### 라. 맞춤법 교정

· 한글 맞춤법을 위해 py-hanspell

라이브러리 사용

➢ OCR로 추출된 문자 맞춤법을

교정하여 올바른 문장 제공 및

맞춤법 오류 수를 기반으로 학습자

맞춤법 정확도 평가

하늘이 맑다

하늘이 맑다

## 제 4장. 결론 및 기대효과

- 에듀테크의 일환으로, 실시간으로 유아동 학습자가 글씨체 교정 및 맞춤법 검사를 통해 자기주도학습에 가능하도록 하는 시스템 개발
- 손글씨 촬영 후 이미지 전처리, OCR로 글자 인식 및 맞춤법 검사 진행을 통해 글씨체의 정확도와 맞춤법의 정확도 평가
- 발표하기 등 유아동의 언어 교육에 활용하면 더욱 효과적일 것으로 기대함
- 향후 학습자를 글씨 포털로써 기능을 추가하여 반복 학습 유도하면 성취도 향상에 도움을 줄 것으로 기대함
- 향후 딥러닝을 이용한 OCR 모델을 직접 구축하여 개선된 한글 인식을 보이는 것을 목표로 함.

# 목차

<b>1. Background of Project Performance</b>	<b>6</b>
1.1. 연구배경	6
1.2. 연구목적	6
1.3. 선행연구	7
<b>2. Project Objectives</b>	<b>9</b>
2.1. 프로젝트 일정	9
2.2. 성과 목표	9
2.2.1 개발 목표	9
2.2.2 과제 성과 목표	10
<b>3. Project performance result</b>	<b>11</b>
3.1. 학습 모델 제작	11
3.1.1 모델 선택 사항	11
3.1.2 모델 개발 환경 구축	12
3.1.3 EasyOCR with Ai HUB 손글씨 데이터 학습	14
3.1.4 데이터 전처리	15
3.1.5 모델 학습	16
3.1.4 서버에서 모델 사용가능 하도록 실행파일 작성	17
3.2. 어플리케이션 – “듣자! 쓰자! 웃짜~”	18
3.2.1. 시스템 구조도	18
3.2.2. 어플리케이션 플로우	20
3.2.3. API Server Specification	25
3.2.4. ML Server Specification	27
3.2.5 이미지 전처리	28

3.2.6 OCR	30
3.2.7 맞춤법 검사	30
<b>4. Expected effectiveness and utilization plan</b>	<b>31</b>
4.1 기대 효과	31
4.1.1 어플리케이션	31
4.1.2 OCR 머신러닝	31
4.2. 활용 계획	31
<b>5. Main product</b>	<b>32</b>
5.1. OCR 학습 모델	32
5.2. 어플리케이션	33
5.3. 과제 성과	35
<b>6. Participating Personnel(Detail)</b>	<b>40</b>

# 1. Background of Project Performance

## 1.1. 연구배경

디지털 기기의 보급이 빠르게 증가하면서, 정보를 저장하는 매개체로 손글씨보다 타이핑의 비중이 증가하고 있는 추세이다. 타이핑은 빠르게 글을 작성할 수 있는 것처럼 많은 강점을 가지고 있음에도 불구하고 손글씨의 중요성은 계속 대두되고 있다. 특히, 글자를 처음 배우는 유아동에게 손글씨 학습은 중요하다.

첫째, 손글씨 쓰기는 학생들의 작문 능력에 영향을 미친다. 관련 연구에 따르면, 연령과 관계없이 손글씨 쓰기의 속도 및 정확성은 문어 텍스트와 강한 관계가 있다<sup>1</sup>. 둘째, 손글씨 쓰기는 두뇌를 활성화한다. 쓰기는 언어 표기 규칙에 대한 지식과 근육 운동 행위와의 통합을 필요로 하고, 이 부분은 뇌의 전두엽 부분과 연관되어 있어 특정 부분을 자극한다<sup>2</sup>. 셋째, 글씨를 쓰는 행위는 기억을 하기 위한 보조장치이므로, 손글씨 쓰기는 기억력 증진에 효과적이다. 이처럼 손글씨는 학생의 발달에 영향을 미치기 때문에, 디지털에 친숙한 아동도 손글씨를 학습해야 할 이유는 분명하다.

## 1.2. 연구목적

본 프로젝트는 학습자가 한글 손글씨를 얼마나 바르고 정확하게 작성했는지 즉각적으로 판단하여 교정할 수 있는 어플리케이션을 개발하고자 한다. 학습자가 손글씨로 작성한 필기를 촬영하면 OCR 기술을 활용하여 이미지에서 필기를 추출하고 한글 글자 인식률을 제공하여, 학습자가 손글씨를 얼마나 바르게 작성했는지 확인할 수 있다. 추출한 필기에서 맞춤법을 검사하여 교정 결과를 출력하고, 맞춤법 정확도를 제공한다. 추후 개인별 데이터를 누적하여 학습자 별 글쓰기 포트폴리오를 생성하며 이를 통해 맞춤 교육 및 반복 학습이 가능하도록 한다.

---

<sup>1</sup> 정민선(Min-Seon Jeong),and 신나민(Namin Shin). "중학생의 필기에 대한 인식, 실태 및 필기태도에 영향을 미치는 요인들." 한국콘텐츠학회논문지 14.10 (2014): 416-428.

<sup>2</sup> 정미경. "손글씨 쓰기와 두뇌 작용과의 관계 연구." Brain & Learning 2.1 (2012): 28-40.

본 프로젝트에서는 글씨체 및 맞춤법 검사를 통해 정확한 글쓰기 능력과 언어 학습 성취도 향상을 목표로 한다. 더불어 자기주도학습을 유도하는 에듀테크의 역할을 기대할 수 있다.

### 1.3. 선행연구

현대의 디지털 시대에는 OCR 기술이 필수적인 만큼, 이에 관련된 연구를 다양한 산업에서 진행하고 있다. [3]<sup>3</sup>의 연구에서는 Tesseract 를 활용하여 영화 속 장면으로부터 추출한 간판 및 표지판 글자를 바탕으로 실제 영화 촬영지를 알려주는 아이디어를 고안했으며, 이는 개인별 맞춤 관광 콘텐츠를 제공하여 관광 산업에 기여를 할 수 있다. [4]<sup>4</sup>의 연구에서는 네이버 클라우드 플랫폼에서 제공하는 CLOVA OCR 을 활용하여 처방전에서 약물 성분을 인식 및 분석하고, 도핑 가능성을 판단하는 시스템을 제안했다. [5]<sup>5</sup>의 연구에서는 EasyOCR 을 활용하여 자동차 번호판 인식 시스템을 고안했으며, 이는 이미지 필터링 과정을 통해 조명 및 왜곡 등의 외부 간섭 요인에 의한 어려움을 극복하여 교통계에서 활용할 수 있는 연구이다. [6]<sup>6</sup>은 한글 손글씨 OCR 인식을 향상을 위해 기존 OCR 엔진을 비교분석하여 자필 원고지에 적절한 OCR 모델을 개발하고자 하는 연구이다. CustomOCR 모델은 기존의 오픈소스 OCR 엔진에 비해 약 4%향상된 정확도를 보였지만, 원고지 인식 시스템으로 사용하기에 어려움이 있다. 한글로 쓰인 자필을 대상으로 한다는 점에서 본 연구와 유사하다.

---

<sup>3</sup> 박은비,신유빈 and 강주영. (2020). 맞춤형 여행 콘텐츠 개발을 위한 OCR 기법을 활용한 영화 속 촬영지 정보 추출 방안 제시. 한국빅데이터학회 학회지, 5(1), 29-39.

<sup>4</sup> 박재현,윤석훈,윤지운,이상용,이형근 and 이지용. "도핑 약물 인식 시스템 개발 : 딥러닝 기반의 OCR 기술 적용." 한국체육학회지 61.6 (2022): 83-92.

<sup>5</sup> 박혜지(Hye-Ji PARK),이상훈(Sang-Hun Lee),and 이영학(Yeung-Hak Lee). "OCR 을 이용한 자동차 번호판 인식 시스템." Proceedings of KIIT Conference 2022.12 (2022): 430-434.

<sup>6</sup> 민대인(Min Daein),최지희(Choi Jihee),박보서(Park Boseo),이제혁(Lee Jehyuk),and 임은진(Lim Eunjin). "자필 원고지 인식을 향상을 위한 원고지 특화 OCR 모델에 관한 연구." 한국정보과학회 학술발표논문집 2021.12 (2021): 1440-1442.

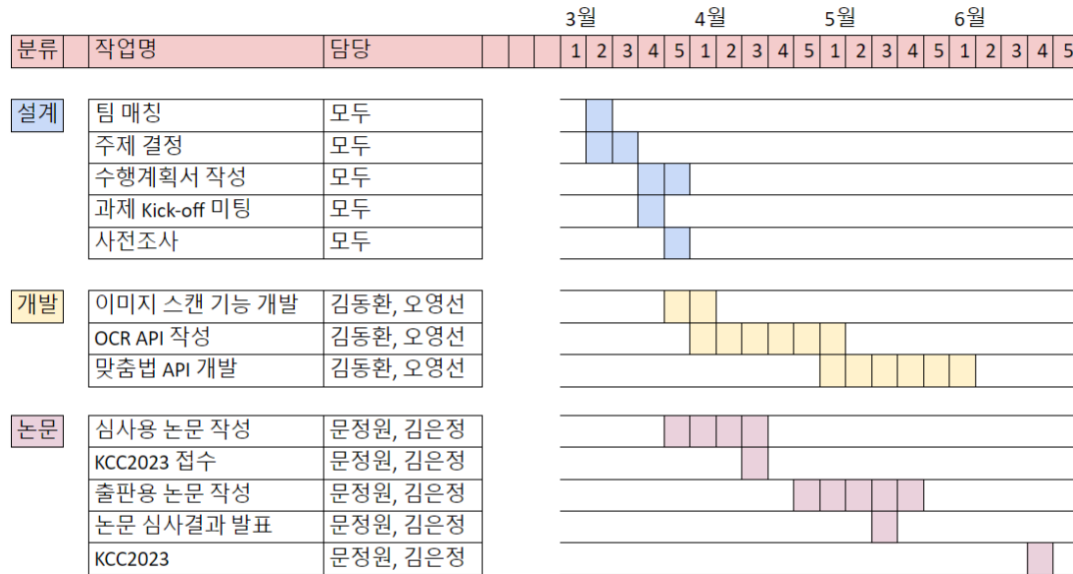
오늘날 OCR 기술은 교육계에서 활발히 활용되고 있다. 천재교과서의 '밀크 T'는 손글씨 인식 학습 콘텐츠를 제공한다. 이는 유치원생 및 초등학생들이 한글 쓰기를 연습할 때, 올바르게 따라 쓸 수 있도록 도움을 줄 뿐만 아니라, 학습지의 특정 문제를 촬영하면 글자와 수식을 인식하여 유사 유형의 문제를 제공한다. 종합 교육 플랫폼인 '관다'는 수학 문제를 촬영하면 글자와 수식을 인식하여 정답과 풀이 과정을 제공한다. 메가스터디교육의 초등교육 서비스 '엘리하이'는 텍스트 뿐만 아니라 그림, 수식으로 표현된 문제를 촬영하여 Katex 문법에 따라 텍스트로 변환하는 기술을 활용한 교육 콘텐츠를 제공한다.



## 2. Project Objectives

### 2.1. 프로젝트 일정

프로젝트 일정은 아래의 표와 같다.



### 2.2. 성과 목표

#### 2.2.1 개발 목표

- 유아동이 사용해야하므로 종이에 연필로 작성한 글씨를 올바르게 인식 할 수 있도록 한다.
- 작성한 필기를 사진으로 찍어 즉각적인 교정 작업을 할 수 있도록 하기 위하여 변환 시간을 최대한 줄인다.
- 정확한 맞춤법 교정이 필요하므로 맞춤법 교정의 오류는 발생하지 않는다.
- 유아동이 사용 할 수 있도록 직관적인 UX/UI 디자인을 적용한다.

## 2.2.2 과제 성과 목표

- ☞ 한국정보과학회에서 2023 6 월 18 일 ~ 20 일 개최하는 KCC2023 (한국컴퓨터종합학술대회)에 참석하여 발표 및 게재한다.

# 제68차 한국컴퓨터정보학회 하계학술대회

제주대학교 제주산학융합원

홈페이지 바로가기

---

### 논문모집

사단법인 한국컴퓨터정보학회에서는 2023년 7월 13일(목) ~ 15일(토)까지 제주대학교 제주산학융합원에서 제68차 하계학술발표대회를 개최합니다. 이번 행사에서는 다양한 프로그램을 구성하여 회원 여러분에게 연구 교류의 기회를 제공하고자 합니다. 더불어, 이번 행사가 안전하게 개최될 수 있도록 정부의 방역 지침을 준수하며, 성공적인 행사를 위해 회원 여러분의 적극적인 논문 투고와 함께 많은 관심과 참여를 부탁드립니다.

---

### 논문제출 준수사항

1. 논문 원고제출 : 2023년 6월 26일(월)까지
2. 논문 심사 결과 통보 : 2023년 6월 30일(금) (심사 후 개별 e-mail 통보)
3. 사전등록 기간 : 2023년 6월 26일(월) ~ 2023년 7월 7일(금)
4. 논문 제출 방법 : 학회 홈페이지 온라인 제출(<http://www.ksci.re.kr>)  
(오른쪽 상단 학술대회 논문투고 배너 이용)
  - 발표논문의 저자는 연회비 완납 회원 및 신입회원
  - 제 1저자는 학술대회에 반드시 사전등록을 원칙으로 함
  - 발표논문중 우수논문은 본 학회 논문지에 게재를 추천(심사비 면제)
  - 투고논문 양식 준수, 2페이지 or 4페이지

※ 향후 논문지 게재 예정인 논문 : 2페이지

---

### 논문 투고 분야

고성능 컴퓨팅 / 방송정보미디어	환경IT기술 / 응용소프트웨어	영상처리 / IoT융합기술
웹스캐어 / 임베디드시스템	정보보호 / 경영정보공학	컴퓨터응용사례
정보통신 / 보안정보융합	e-비즈니스 / 컴퓨터게임	디지털콘텐츠 / 컴퓨터포렌식
인공지능 / 모바일컴퓨팅	IT서비스 / 컴퓨터교육	

※ 컴퓨터 응용사례 분야는 학부 학생의 캡스톤 디자인 결과 및 졸업작품만을 발표할 수 있습니다. (제1저자 : 지도교수)  
 ※ 지도교수는 반드시 학술대회 참가등록을 하고, 학부 학생들은 등록비 면제합니다.

---

### 기타 안내사항

문의 : 한국컴퓨터정보학회 사무국 070-8270-3399 / [ksci@ksci.re.kr](mailto:ksci@ksci.re.kr)  
 사전등록비 : 정(중신)회원 100,000원, 학생회원 70,000원, 비회원 120,000원  
 당일등록비 : 정(중신)회원 120,000원, 학생회원 100,000원, 비회원 150,000원  
 학회 온라인 계좌 : 신한은행 100-028-150085, 예금주 (사)한국컴퓨터정보학회

**KSCI**  
한국컴퓨터정보학회

사단법인 한국컴퓨터정보학회 16979 경기 용인시 기흥구 갈곡로 2, 203호 (구갈동, 옥수빌딩)

Tel: 070-8270-3399, 070-8270-3499 | Fax: 02-6499-3398

- ☞ 플레이스토어에 어플리케이션을 등록한다.

- ☞ SW 저작권 등록을 한다.

### 3. Project performance result

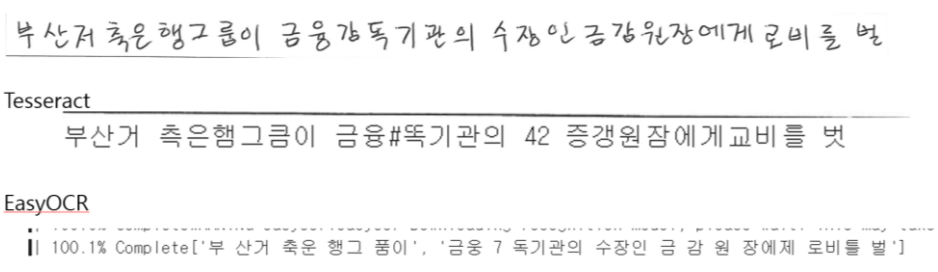
#### 3.1. 학습 모델 제작<sup>7</sup>

##### 3.1.1 모델 선택 사항

Tesseract 는 1985 년에서 1994 년 사이에 독점 소프트웨어로 개발되었고, 2006 년부터 구글에서 후원하고 있다. 여러 언어를 지원하고, 오픈소스로 현재까지도 많이 사용되고 있다. Tesseract 버전 3 은 문자 패턴을 인식하여 작동하였으며, 버전 4 부터 LSTM 기반 OCR 엔진 및 모델이 추가되었다.

EasyOCR<sup>8</sup> 은 최근에 개발된 오픈소스 OCR 로 Detection 은 Clova AI 의 CRAFT 알고리즘을 사용하고 있으며, Recongition model 은 CRNN 이다. Tesseract 와 달리 GPU 를 지원한다.

Tesseract 와 EasyOCR 모두 fine tuning 이 가능하며, 우리의 목표인 손글씨를 보다 정확하게 인식할 수 있는 EasyOCR 을 택하게 되었다.

손글씨 data	<b>Tesseract OCR, EasyOCR 성능 비교</b>
인식률 :	

(Tesseract, EasyOCR 오픈소스를 활용해 손글씨 데이터 약 20 장을 실험한 결과, 전반적으로 EasyOCR 이 시간은 더 소요되지만 조금 더 나은 성능을 보였음.)

<sup>7</sup> [https://github.com/parksunwoo/ocr\\_kor](https://github.com/parksunwoo/ocr_kor)

<sup>8</sup> <https://davelogs.tistory.com/94>

그러나 손글씨 사진이미지의 전처리 과정을 거치더라도 아직 손글씨 데이터에 대해서는 부정확한 성능을 보이는 것을 확인, 이를 개선하고자 추가적인 데이터를 이용해 EasyOCR 모델의 성능을 향상시키고자 했다.

### 3.1.2 모델 개발 환경 구축

먼저 두가지 대조군을 만들어 모델의 성능을 확인하였다.

Clova AI 의 deep-text-recognition-benchmark **TPS-VGG-BiLSTM-Attn** 모델과, EasyOCR 모델에 None-CCT 모델을 fine turning 시킨 None-VGG-BiLSTM-CTC 모델 두가지로 구성하여 각각 한국어 글씨체로 학습시켰다.

파이썬 환경은 3.9.1, 그 외에는 pytorch 학습에 필요한 GPU 서버와 cuda 라이브러리를 활용하였다.

사용한 데이터 목록 :

1. TextRecognitionDataGenerator 프로젝트에서 한글 데이터 생성






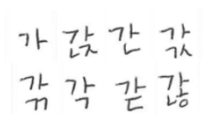
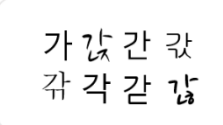

2. 네이버 나눔글꼴/나눔 손글씨(109 종)을 활용해 한글 단어 dicts 에서 각각 basic, skew, distortion, blurring 처리한 단어+문장 데이터를 생성하였다.

○ blurring

결정 안심하다 한복 재산 감상  
민주주의 열정 시중 백두산 앨범  
집단 원피스 현지 갈비탕 교환하다

3. Ai Hub 의 한국어 글자체 이미지: AI HUB 에서 제공되는 현대 한글 11172 자(한글 자음+모음+받침 자음 조합 수)를 가장 많이 활용하는 폰트(글자서체) 50 종을 선정하여 해당 글자체의 이미지와 어노테이션 데이터로 인공지능 글자 인식을 위한 학습용 데이터 셋

## 대표도면

	 <b>손글씨</b>	 <b>인쇄체</b>	 <b>Text in the Wild</b>
이미지 예시			
구성	370만자의 이미지 파일 + 1개의 json파일	280만자의 이미지 파일 + 1개의 json파일	10만장의 이미지 파일 + 1개의 json파일
Json 형식	<pre>{   "info": {     "name": "Handwritten Korean Text",     "description": "Handwritten Korean text samples for AI training",     "url": "https://aihub.co.kr/handwritten",     "date_created": "2023-01-01",     "date_captured": "2023-01-01"   },   "images": [     {       "id": "img_001",       "width": 100,       "height": 100,       "url": "https://aihub.co.kr/handwritten/img_001.jpg",       "license": "CC-BY"     }   ],   "annotations": [     {       "id": "ann_001",       "text": "가",       "x": 50,       "y": 50,       "font_size": 24,       "font_weight": "normal",       "font_style": "normal"     }   ],   "licenses": [     {       "name": "CC-BY",       "url": "https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/"     }   ] }</pre>	<pre>{   "info": {     "name": "Printed Korean Text",     "description": "Printed Korean text samples for AI training",     "url": "https://aihub.co.kr/printed",     "date_created": "2023-01-01",     "date_captured": "2023-01-01"   },   "images": [     {       "id": "img_001",       "width": 100,       "height": 100,       "url": "https://aihub.co.kr/printed/img_001.jpg",       "license": "CC-BY"     }   ],   "annotations": [     {       "id": "ann_001",       "text": "가",       "x": 50,       "y": 50,       "font_size": 24,       "font_weight": "normal",       "font_style": "normal"     }   ],   "licenses": [     {       "name": "CC-BY",       "url": "https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/"     }   ] }</pre>	<pre>{   "info": {     "name": "Text in the Wild",     "description": "Real-world Korean text samples for AI training",     "url": "https://aihub.co.kr/text-in-the-wild",     "date_created": "2023-01-01",     "date_captured": "2023-01-01"   },   "images": [     {       "id": "img_001",       "width": 100,       "height": 100,       "url": "https://aihub.co.kr/text-in-the-wild/img_001.jpg",       "license": "CC-BY"     }   ],   "annotations": [     {       "id": "ann_001",       "text": "가",       "x": 50,       "y": 50,       "font_size": 24,       "font_weight": "normal",       "font_style": "normal"     }   ],   "licenses": [     {       "name": "CC-BY",       "url": "https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/"     }   ] }</pre>

기존의 유사한 연구 (딥러닝을 활용한 한글 문서 OCR<sup>9</sup>) 연구에 따르면 EasyOCR 을 사용하지 않은 모델은 정확도가 65.91% 정도 나왔으며, TPS-ResNet-BiLSTM-Attn 모델이 그나마 우수한 성과를 내었다. 한국어 문서에 대한 OCR 인식 시도에 의의를 보였지만 우리의 목적인 한국어 손글씨 데이터에 해당 모델을 적용하였을 때 정확도가 낮아, EasyOCR 에 원하는 데이터를 학습시켜 API Server 에서 사용할 수 있는 사용자 모델을 만들고자 하였다.

### 3.1.3 EasyOCR with Ai HUB 손글씨 데이터 학습

EasyOCR 에 추가학습을 시키는 모델은 clovaai 의 deep-text-recognition-benchmark 을 참고하여 한글 인식 None-VGG-BiLSTM-CTC 모델로 만드는 것으로, 모델 및 학습 구조는 다음과 같이 구성했다.

```
deep-text-recognition-benchmark
|--htr_data
|   |--train                # AIhub 필기체 이미지 - train dataset 파일들을 포함
|   |--test                 # AIhub 필기체 이미지 - test dataset 파일들을 포함
|   |--validation           # AIhub 필기체 이미지 - validation dataset 파일들을 포함
|   |--get_images.py        # kor_dataset/aihub_data/htr/images에서 이미지 파일들을 가져와 train, test, validation dataset으로 만들기
|   |--gt_train.py          # train dataset gt file
|   |--gt_test.py           # test dataset gt file
|   |--gt_validation.py     # validation dataset gt file
|--demo.py                  # pretrained model을 test
|--train.py                 # model training
|--test.py
|--...

kor_dataset
|--aihub_data
|   |--htr
|   |   |--images           # AIhub 필기체 이미지 파일들을 포함
|   |   |--handwriting_data_info1.json # AIhub 필기체 이미지들에 대한 라벨링 파일
|--finetuning_data
|   |--model
|   |   |--images           # 직접 제작한 데이터셋 이미지 파일들을 포함
|   |   |--labels.txt       # 직접 제작한 데이터셋 이미지들에 대한 라벨링 파일
|--...

saved_models                # Train 이후 모델이 저장되는 폴더
|--TPS-ResNet-BiLSTM-CTC-Seed1234
|--best_accuracy.pth        # 정확도 제일 높은 pretrained model
|--...

pretrained_models           # pretrained models를 옮겨둘 폴더
|--kocrnn.pth
|--...

test                        # 별도로 테스트할 dataset들을 저장하는 폴더
|--images
|--labels.txt
```

<sup>9</sup> [https://github.com/parksunwoo/ocr\\_kor/blob/master/document/HCLT2019\\_deeplearningOCR.pdf](https://github.com/parksunwoo/ocr_kor/blob/master/document/HCLT2019_deeplearningOCR.pdf)

### 3.1.4 데이터 전처리

AI\_HUB 데이터는 json 파일과, 이미지 파일로 구성되어있으며 json에 이미지의 타입, 손글씨 유무, 손글씨 context 내용이 있어 이를 이미지 파일의 이름으로 rename 해주는 작업이 필요하다.

<kocrnn: CRNN 기반의 한글 텍스트 인식 모델 학습<sup>10</sup>> 프로젝트를 전반적으로 참고했으나, gt\_txt 파일 생성시 발생하는 코드상 오류가 있어 이를 해결해준 뒤 사용하였다.

- 1) data와 json 파일을 매칭 후 renaming( 위의 참고 프로젝트에서는 1:1 매칭으로 시간이 오래 걸리고, write 시에 tab 으로 문장을 분리해 정확한 sample 데이터를 만들지 못해, 이를 \n 으로 수정한 뒤, 이미지를 binarySort 로 정렬하도록 코드를 변경해 시간을 단축시켰다.
- 2) train, validation, test 데이터를 0.7, 0.15, 0.15 비율로 나눈 뒤 분리해 나눠주었다.
- 3) 이후 json 의 내용이 담긴 gt\_...txt 파일을 만들어 라벨링 시켰다.

```
(base) caps1@workstation:~/test/pghj-kocrnn/deep-text-recognition-benchmark/htr_data$ vim gt_test.txt
test/00000704.png      전 북 특 성 살 린 지 역 축 제 한 창 전 북 도 전 역 이 축 제 열 기 에 힘 싸 였 다 .
test/00000710.png      방 치 해 사 고 를 자 조 했 다 는 지 적 을 받 았 다 . 지 난 달 30일 세 벽 낙 동 강
test/00000713.png      보 완 조 치 를 요 청 했 다 . 대 한 하 천 학 회 등 전 문 가 와 시 민 단 체 도 사 고 위
test/00000714.png      험 을 예 건 했 다 . 이 처 럼 물 관 리 에 심 각 한 문 제 가 생 겼 음 에 도 수 자 원 공
test/00000720.png      을 기 리 는 소 녀 상 에 일 본 인 이 말 목 을 세 우 는 등 일 본 군 위 안 부 피 해
test/00000723.png      있 도 록 국 가 가 도 와 야 한 다 "고 말 했 다 . 지 난 6월 한 일 본 인 남 성 이 주
test/00000738.png      담 부 원 장 보 에 는 신 용 호 기 업 금 용 개 선 국 장 이 임 명 될 것 으 로 알 려 졌
test/00000741.png      김 두 관 경 남 도 지 사 가 '여 소 야 대 '로 곤 육 을 치 르 고 있 다 . 최 근 한 나 라
test/00000742.png      당 소 속 의 원 들 이 다 수 인 경 남 도 의 회 는 추 경 예 산 안 심 의 에서 모 두 1
test/00000743.png      3건 25억 7000여 만 원 을 삭 감 했 다 . 여 기 에 는 김 지 사 의 대 표 적 인 공
test/00000746.png      우 포 는 으 뜸 명 소 가 구 기 , 산 청 한 방 휴 양 체 험 특 화 도 시 조 성 , 합 천 대
test/00000767.png      예 정 이 다 . 최 수 현 수 석 부 원 장 은 기 획 총 관 , 소 비 자 , 보 험 업 무 를 관 할
test/00000769.png      건 설 금 투 서 비 스 국 장 이 각 각 승 진 될 예 정 이 다 . 또 신 한 은 행 감 사 로
test/00000778.png      구 조 된 구 모 (59)씨 가 숨 졌 다 . 구 씨 는 배 와 욕 지 를 로 프 를 연 결 해 구
test/00000819.png      심 신 에 활 기 를 준 다 . 슈 렘 스 베 그 블 랑 드 누 아 는 익 은 복 송 아 살 구 딸
test/00000831.png      신 보 도 와 관 련 , "가 능 성 이 매 우 희 박 하 다 "는 반 응 을 보 였 다 . 길 태 기
test/00000833.png      두 확 인 한 결 과 , 김 우 중 전 회 장 이 출 국 한 이 후 어 느 쪽 여 권 으 로 도 귀
test/00000845.png      0일 열 린 당 정 협 의 에서 황 우 여 원 내 대 표 는 "북 한 을 돕 자 , 북 한 인 권
test/00000851.png      위 원 장 과 의 악 연 도 화 제 였 다 . 두 사 람 의 악 연 은 지 난 2003년 철 도 노
test/00000858.png      국 노 동 연 구 원 한 연 구 위 원 은 "참 여 정 부 가 신 자 유 주 의 라는 흐 름 에서
test/00000861.png      신 일 자 리 예 산 을 늘 려 일 자 리 4만 7천 개 를 새 로 만 들 고 , 보 건 소 마 다
test/00000876.png      중 단 과 부 자 감 세 철 회 등 을 주 장 했 다 . 이 대 표 는 이 날 KBS 라 디 오 정
test/00000878.png      각 중 단 하 고 박 원 내 대 표 에 게 협 의 가 있 다 면 당 당 히 기 소 하 라 "며 "한
test/00000885.png      내 세 웠 다 . 남 양 , 매 일 , 빙 그 레 등 주 식 회 사 들 도 빠 른 의 사 결 정 을 무 기
test/00000886.png      로 소 비 자 의 변 화 를 반 영 한 개 발 및 마 케 팅 에 열 심 이 다 .
```

- 4) 위 txt 파일이 생성 되고 나면 데이터를 학습용 LMDB 데이터로 만들어 주기 위해 preprocessing 해준다. 이는 clova ai deep-text-recognition-benchmark 에 이미 구현되어있으므로, create\_lmdb\_dataset.py 를 사용하였다.

<sup>10</sup> <https://github.com/apphia39/pghj-kocrnn>

### 3.1.5 모델 학습

우리는 deep-text-recognition-benchmark 모델을 똑같이 사용하는 것이 아닌 EasyOCR 한국어 인식 모델인 Korean\_g2 모델에 맞춰 변형해야 하므로 train, dataset, demo 파일을 일부 변형하여 사용하였다.

EasyOCR 은 None-VGG-BliLSTM-CTC 모델을 사용하고 있어 이에 맞춰 변형해주고, 기본 모델에 맞춰 설정된 input size 와 output 사이즈를 EasyOCR 의 config 에 맞춰 변형했다. GPU 서버의 환경에 맞춰 workers, batchsize 등을 조정해주고, learning rate 는 여러 번 학습을 돌린 후 0.1 일때 성능이 좋아 0.1 로 학습을 진행하였다.

Charaters 는 deep-text-recognition-benckmark 의 설정과 달라 실제로 실행시 size mismatch for module.Prediction.weight: copying a param with shape torch.Size([1009, 256]) from checkpoint, the shape in current model is torch.Size([1008, 256]). 에러가 계속 발생하였고, 파라미터를 주었음에도 FT option 때문에 정해진 tensor 크기로 사용하게 되어 이 부분은 EasyOCR config 에 설정된 글자 1013 자에 맞춰 train.py 의 한글 수를 더 늘려주는 방법을 택했다.

train	<pre>CUDA_VISIBLE_DEVICES=0,1,2,3 python3 ./deep-text-recognition-benchmark/train.py ₩ --train_data ./deep-text-recognition-benchmark/htr_data_lmdb/train ₩ --valid_data ./deep-text-recognition-benchmark/htr_data_lmdb/validation ₩ --Transformation None ₩ --FeatureExtraction VGG ₩ --SequenceModeling BiLSTM ₩ --Prediction CTC ₩ --input_channel 1 ₩ --output_channel 256 ₩ --hidden_size 256 ₩ --batch_max_length 50 ₩ --batch_size 1₩ --saved_model ./pretrained_models/korean_g2.pth ₩ --lr 0.1 ₩ --character "!₩"#\$%&amp;'()*+,-./0123456789;&lt;=&gt;?@ABCDEFGHIJKLMNopQRSTUVWXYZ[₩₩]^_`abc defghijklmnopqrstuvwxyz{~}~가각간갠갈감갑..." ₩ --FT</pre>
-------	---



### 3.1.4 서버에서 모델 사용가능 하도록 실행파일 작성

```
from easyocr.easyocr import *

# GPU 설정
os.environ['CUDA_VISIBLE_DEVICES'] = '0,1'

def get_files(path):
    file_list = []

    files = [f for f in os.listdir(path) if not f.startswith('.')] # skip hidden file
    files.sort()
    abspath = os.path.abspath(path)
    for file in files:
        file_path = os.path.join(abspath, file)
        file_list.append(file_path)

    return file_list, len(file_list)

if __name__ == '__main__':

    # # Using default model
    # reader = Reader(['ko'], gpu=True)

    # Using custom model
    reader = Reader(['ko'], gpu=True,
                    model_storage_directory='./workspace/user_network_dir',
                    user_network_directory='./workspace/user_network_dir',
                    recog_network='custom')

    files, count = get_files('./workspace/demo_images')

    for idx, file in enumerate(files):
        filename = os.path.basename(file)

        result = reader.readtext(file)

        # ./easyocr/utils.py 733 lines
        # result[0]: bbox
        # result[1]: string
        # result[2]: confidence
        for (bbox, string, confidence) in result:
            print('filename: %s', confidence: %.4f, string: %s' % (filename, confidence, string))
            # print('bbox: ', bbox)
```

모델학습서버에서 학습된 모델(정확도가 가장 높은 모델을 kocrnn.pth 로 rename 한 뒤, ML 서버로 모델을 이동시켰다)을 바로 사용할 수 있도록 작성된 run.py 이다. 파일 경로를 입력한 뒤,

(venv) \$ python3 run.py 실행을 통해 이미지를 인식한 결과를 출력하도록 작성하였다.

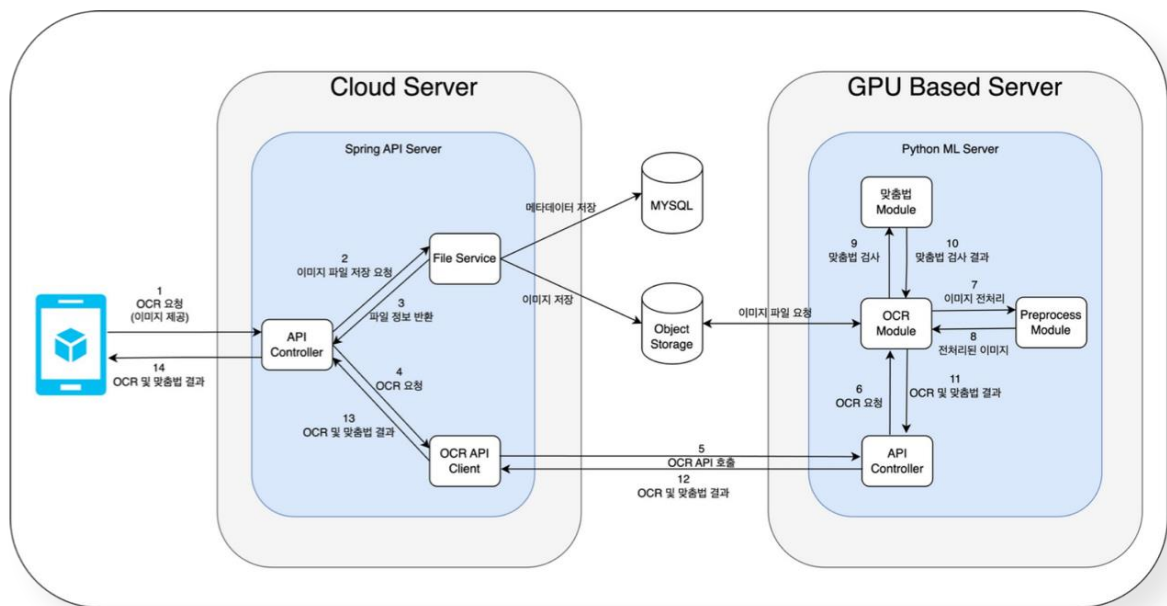
‘나가다’ 손글씨 파일을 run.py 파일로 모델을 돌려본 결과 ‘나기다’ 라고 인식한 사진

```
(new_env) caps1@workstation:~/test/pghj-kocrnn/EasyOCR$ python run.py
filename: 'test.png', confidence: 0.0825, string: '나기다'
(new_env) caps1@workstation:~/test/pghj-kocrnn/EasyOCR$ [4] 0: bash* "workstati
```

## 3.2. 어플리케이션 – “듣자! 쓰자! 웃짜~”

사용자의 손글씨로 작성한 필기를 카메라로 촬영하고, OCR 기술을 사용하여 해당 사진에서 필기를 추출해 맞춤법 검사 결과와 함께 제공하는 어플리케이션이다.

### 3.2.1. 시스템 구조도



해당 시스템의 구조는 위와 같이 3 가지 컴포넌트로 구성되어 있다. 각각 모바일 어플리케이션과 API Server, ML Server 이다.

모바일 어플리케이션은 코틀린으로 구현된 안드로이드 어플리케이션이다. 사용자가 기능에 접근할 수 있는 GUI 를 제공한다. HTTP API 의 형태로 API Server 에게 OCR 및 맞춤법 검사를 요청하며, 이때 사용자의 카메라를 통해 촬영한 필기 사진을 Multipart/form-data 형태로 전달한다.

API Server 는 Java Spring 으로 구현되었으며, API Gateway 의 역할과 함께 급수 평가의 문제 제공이나 개인별 누가기록과 같은 여러 기능들을 제공한다. 클라이언트에게 HTTP API 를

제공한다. OCR API 의 경우 클라이언트에게 받은 사진 데이터를 File Service 를 통해 저장하고, OCR API Client 모듈을 통해 ML Server 에게 OCR 및 맞춤법 검사를 요청한다.

ML Server 는 Python 으로 구현된 머신러닝 기반의 기능을 제공하는 서버이다. 인식률을 개선하고 연산량을 줄이기 위해 이미지 파일을 전처리한다. 해당되는 전처리는 Gray Scale, Gaussian Filter, Canny Filter 가 해당된다. 이후 전처리된 이미지에 대해 OCR 을 진행하고, 추출된 문장에 대해서 맞춤법 검사를 진행한다.



서버 컴포넌트를 API Server 와 ML Server 로 분리한 이유는 서버의 안정성을 높이고 성능을 높이기 위함이다. 본 시스템은 학생들을 대상으로 하는 서비스이기 때문에, 특정 시간대에 트래픽이 몰릴 것으로 예상된다. 따라서 서비스의 안정성을 높이고 처리량을 유연하게 변경할 수 있도록 시스템을 설계하였다. 이를 위해 많은 자원을 요구하는 OCR 기능을 별도의 ML Server 로 분리하여 별도의 서버로 관리할 수 있도록 하였다. 이렇게 서비스를 분리함으로써 얻을 수 있는 이점은 다음과 같다. 첫째, ML Server 에 문제가 발생할 경우 API Server 에서 다른 서버를 사용하도록 변경만 하면 되기에 장애 상황에 대응하기 쉬워진다. 둘째, ML Server 의 규모를 별도로 확장할 수 있어 트래픽에 따라 처리량을 유연하게 변경할 수 있다. 셋째, GPU 로 인해 성능 향상이 기대되는 ML 서버에만 GPU 를 할당하여 비용 및 효율성 측면에서 이점을 볼 수 있다.

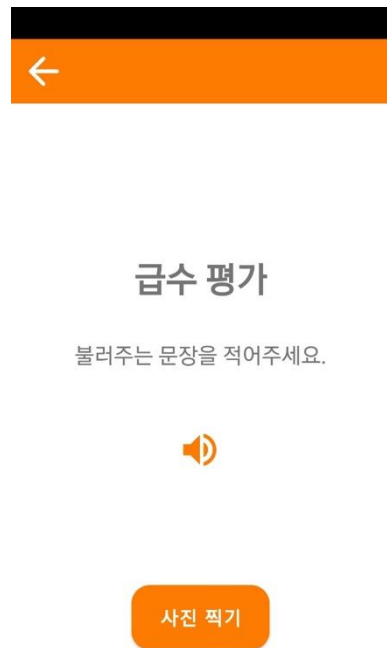
또한, 두 서버의 언어 및 프레임워크를 다르게 채택하였는데, 그 이유는 두 서버의 역할에 따라 더 적합한 도구를 채택한 것이다. 우선, 범용적인 기능들이 구현될 API Server 에는 Java Spring 을 통해 Boilerplate Code 를 최대한 활용하여 생산성을 높이하고자 하였다. 이와 달리 ML Server 의 경우는 OCR 과 맞춤법 검사 결과라는 특정 기능에 중점을 둔 서버이면서, OCR 의 성능을 개선하기 위해 학습시키는 코드 역시 파이썬으로 작성되어 해당 부분을 고려하여 파이썬을 선택하였다.

### 3.2.2. 어플리케이션 플로우

Application Image	Description
	<p><b>어플리케이션 시작 화면 - Light</b></p> <p>“자유 모드”를 선택하여 자유롭게 문장을 작성하여 스캔 후 맞춤법을 검사할 수 있다.</p> <p>“급수 평가”를 선택하여 주어진 문장을 듣고 작성하여 받아쓰기 학습을 할 수 있다.</p>

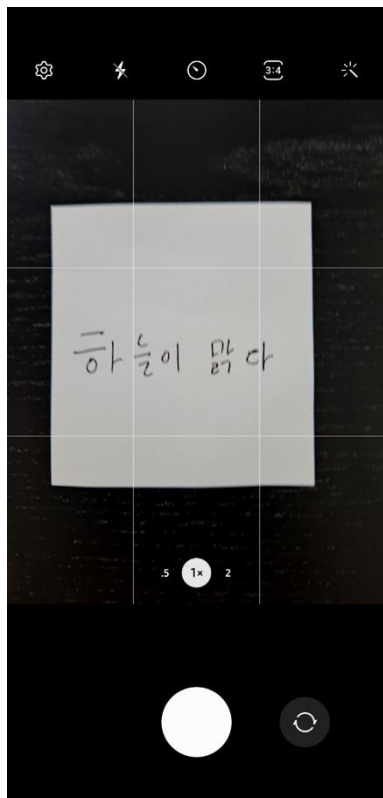
	<p><b>어플리케이션 시작 화면 - Dark</b></p> <p>우측 상단 토클 버튼을 통해 다크 모드/라이트 모드를 선택할 수 있다. 기본적으로 사용자의 디바이스 설정 값을 사용하여 모드를 선택한다.</p>
	<p><b>자유 모드</b></p> <p>자유 모드에서는 주어지는 문장 없이 사용자가 원하는 문장을 작성하여 OCR 및 맞춤법 검사를 수행한다.</p>

	<p><b>급수 평가 모드 - 학년 선택</b></p> <p>급수 평가 모드에서는 제공되는 문장을 받아적이고 해당 문장에 대해 OCR 및 맞춤법 검사를 제공한다.</p> <p>해당 모드는 학년과 원하는 급수(난이도) 별로 각기 다른 문제가 제공된다.</p> <p>현재 화면은 자신의 학년을 선택하는 화면이다.</p>
	<p><b>급수 평가 모드 - 급수 선택</b></p> <p>급수 평가 모드에서는 제공되는 문장을 받아적이고 해당 문장에 대해 OCR 및 맞춤법 검사를 제공한다.</p> <p>해당 모드는 학년과 원하는 급수(난이도) 별로 각기 다른 문제가 제공된다.</p> <p>현재 화면은 원하는 급수(난이도)를 선택하는 화면이다.</p>



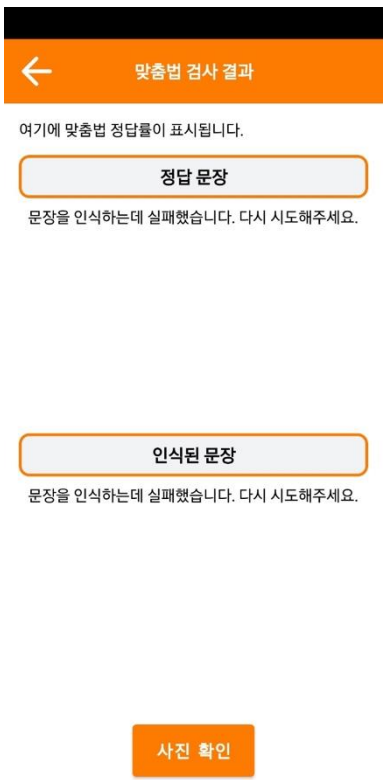
### 급수 평가 모드 - TTS

현재 화면은 tts 를 사용하여 정답 문장을 들려주는 화면이다. 사용자는 해당 화면에서 정답 문장을 듣고 이를 받아적어 OCR 및 맞춤법 검사를 진행할 수 있다.



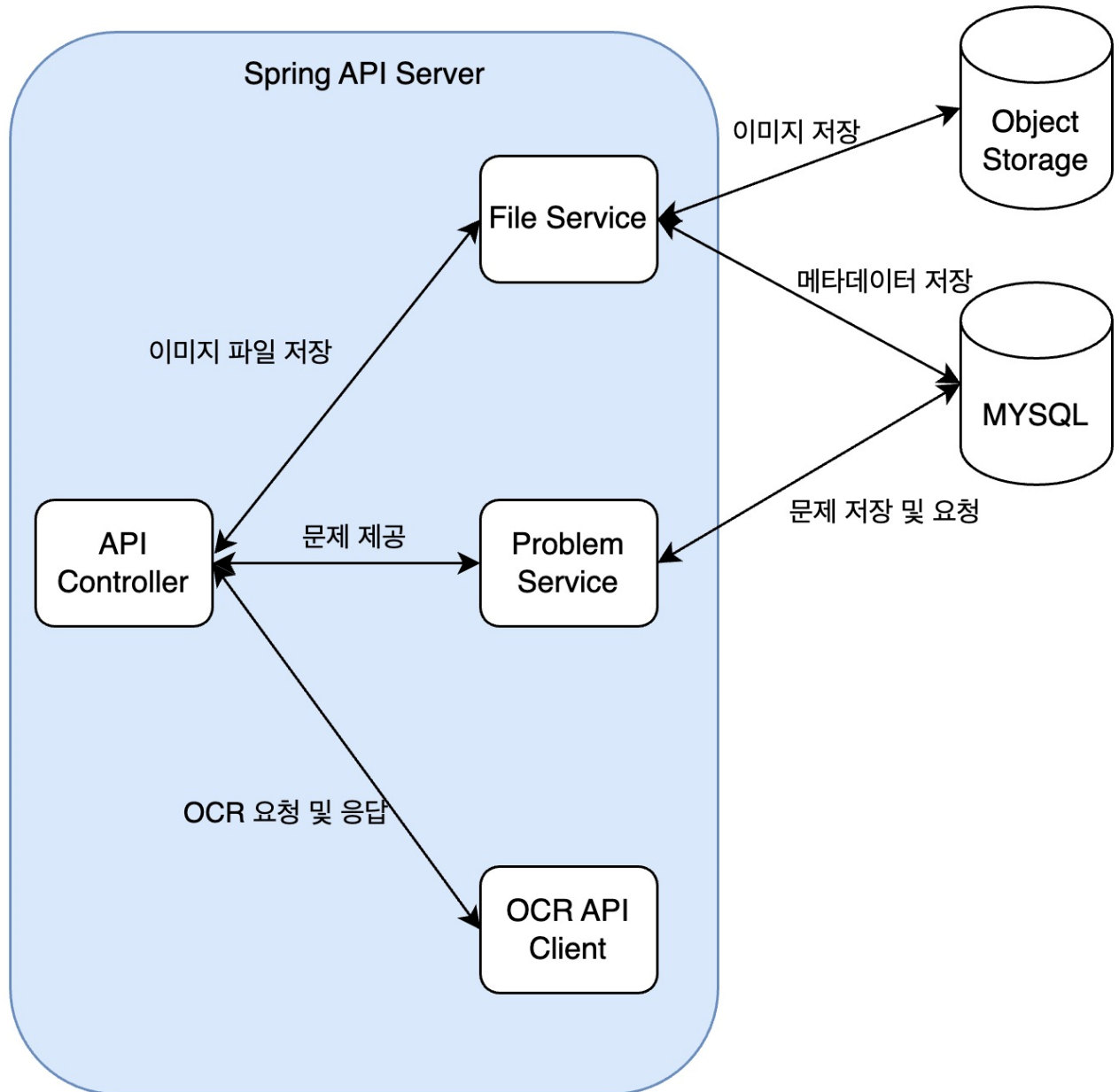
### 카메라

필기 촬영을 위한 기능은 안드로이드에 기본 제공되는 카메라 어플리케이션을 통해 진행된다.

	<p><b>결과 화면</b></p> <p>사용자의 필기를 인식한 결과와 정답 문장, 맞춤법 정답률을 보여준다. 자유 모드와 급수 평가 모드는 같은 결과 화면 UI 를 공유하게 된다. 하단 사진 확인 버튼을 통해 입력한 사진을 확인할 수 있다.</p>
	<p><b>결과 화면 - 문제 발생시</b></p> <p>만약 OCR 서버에 문제가 발생했거나 사용자의 필기를 정상적으로 인식하지 못하는 경우 오류 화면을 보여준다.</p>



### 3.2.3. API Server Specification



API Server 는 Java Spring 으로 구현되었으며, API Gateway 의 역할과 함께 OCR 을 제외한 다른 범용적인 기능들을 제공한다.

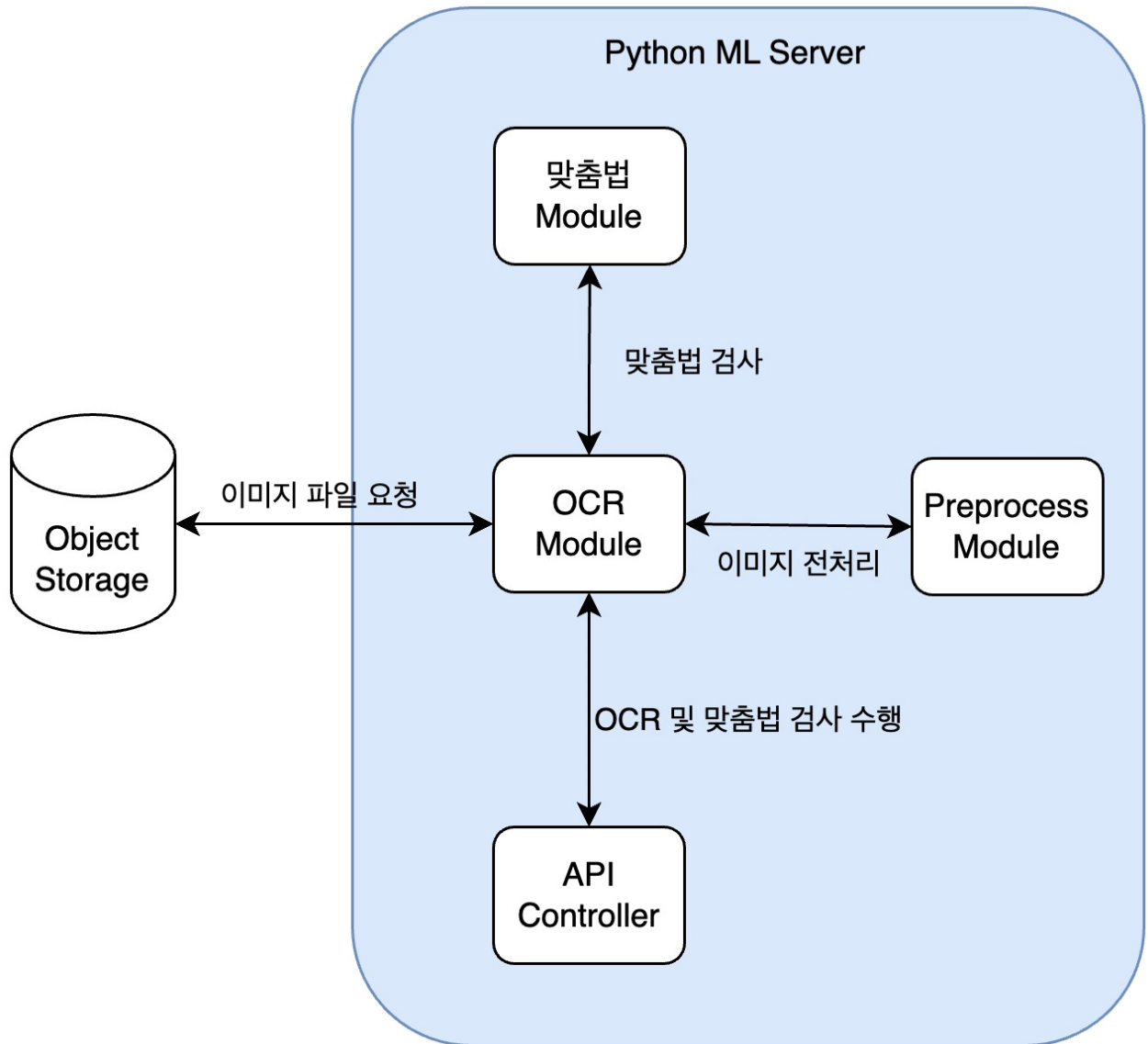
API Controller 를 통해 HTTP API 의 형태로 클라이언트에게 서비스를 제공한다. 현재 어플리케이션에서 요구하는 기능은 급수 평가에서 사용될 문제 제공과 OCR, 맞춤법 검사 기능이다.

우선 문제 제공의 경우 Problem Service 모듈에서 처리한다. 클라이언트로부터 전달받은 학년과 급수(난이도) 파라미터를 기반으로 데이터베이스에 저장된 문제들 중 하나를 무작위로 선택해 응답해준다.

OCR 및 맞춤법 검사 기능의 실제 처리는 ML Server 에서 수행된다. 그 이유는 “3.1.1. 시스템 구조도”에서 설명한 것과 같이 안정성과 성능을 높이기 위함이다. 이렇듯 실제 처리는 ML Server 에서 수행되기에 API Server 에서는 클라이언트에게 받은 사진 데이터를 File Service 모듈을 통해 저장하고, OCR API Client 모듈을 통해 ML Server 에게 OCR 및 맞춤법 검사를 요청한다.

File Service 모듈에서 이미지를 저장할 때, 실제 이미지는 Object Storage 에 저장되고 MySQL 에는 이에 대한 메타데이터만 저장하게 된다. 이는 MySQL 과 같은 RDBMS 에 사진 데이터와 같이 용량이 큰 데이터를 저장하는 것은 비용 및 성능 저하의 문제가 있기에 해당 방식을 채택하게 되었다. 또한 해당 방식을 사용하면서, 초기 개발 단계에서는 File System 을 사용하여 이미지를 저장하고, 추후 Object Storage 를 사용하여 이미지를 저장할 수 있도록 변경하는 작업을 쉽게 할 수 있는 구조로 설계했다.

### 3.2.4. ML Server Specification

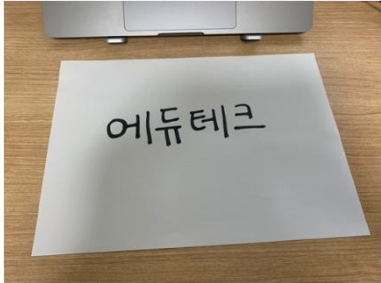
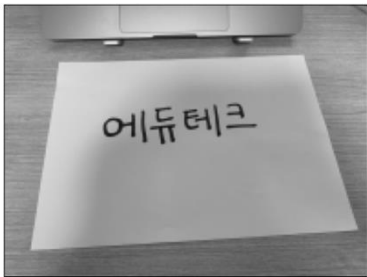


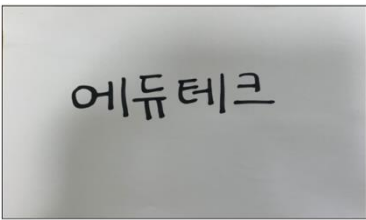
ML Server 는 파이썬을 통해 구현되었으며, OCR 과 맞춤법 검사 기능을 처리하는 서버이다. 서버의 구현에 파이썬을 사용한 이유는 "3.2.1. 시스템 구조도"에서 설명한 것처럼 학습에 사용되는 코드와의 연동을 쉽게 하기 위함이다.

해당 서버는 클라이언트에게 API 를 제공하는 서버는 아니지만, API Server 와 서로 다른 서버 컴퓨터에 위치할 수 있기에 마찬가지로 API 를 제공할 필요가 있다. 서버 내부적으로 사용하는 서버이기에 HTTP API 보다는 gRPC 와 같은 통신 프로토콜을 사용하여 성능을 더 개선할 수 있을 것이다. 그러나 개발에 소요되는 비용과 예상되는 트래픽을 고려했을 때, HTTP API 를 제공하는 것으로도 충분할 것이라 판단하였다. 또한, 이미지 파일을 Object Storage 를 통해 전달하기에 요청의 크기 또한 크지 않기에 더욱이 더 많은 개발 코스트를 들여 성능을 개선할 필요는 없다고 판단하였다.

### 3.2.5 이미지 전처리

OCR 기능은 OCR 모듈에서 처리하게 되는데, 우선 전처리 모듈을 통해 이미지의 전처리를 수행한다. 이미지의 전처리는 우선 Gray Scale 과 Gaussian Filter, Canny Filter 를 적용한다. 이후 4 개의 꼭짓점을 가지는 영역들을 검출해내고, 해당 영역들 중 가장 크기가 큰 영역을 선택하여 2D 평면으로 투영(Homography)한다. 이 과정들에 대한 상세한 설명은 다음과 같다.

Image	Description
	<b>Original Image</b>
	<b>Gray Scale</b>  연산 처리량을 줄이기 위해 이미지를 흑백으로 처리한다.

	<p><b>Gaussian Filter</b></p> <p>이미지 상에서 노이즈를 제거하여 이미지를 Smooth 하게 만들어준다. 이를 통해 다음 단계인 Canny Filter 에서 Edge 를 추출하기 쉽게 만들어준다.</p>
	<p><b>Canny Filter</b></p> <p>이미지 상에 존재하는 Edge 들을 추출한다. 추출된 Edge 들은 다음 단계에서 필기가 존재하는 영역을 추출하는데 사용된다.</p>
	<p><b>Extract Document Area</b></p> <p>추출된 Edge 들을 기반으로 4 개의 꼭짓점을 가지는 영역들을 검출해내고, 해당 영역들 중 가장 크기가 큰 영역을 선택하여 2D 평면으로 투영(Homography)한다. 이미지의 일부 영역만을 2D 평면에 투영하는 이유는 의도하지 않은 정보가 혼동을 주는 것을 방지하여 OCR 성능을 개선하기 위함이다.</p> <p>4 개의 꼭짓점을 기준으로 영역을 검출하는 이유는 일반적으로 필기에 사용하는 매체가 사각형의 형태를 가지기 때문이다. 다만 이러한 방식 때문에 4 개의 꼭짓점을 가지는 영역을 검출해내기 어려운 사진의 경우 정상적으로 OCR 을 진행되지 않는 문제가 있다. 이 문제에 대한 해결방안으로 영역 검출에 실패한 경우, 영역 검출을 하지 않고 원본 이미지를 사용하도록 구현하였다.</p>

### 3.2.6 OCR

이미지 전처리가 끝나면 EasyOCR 라이브러리를 사용해 ocr 작업을 수행한다. 프로젝트의 초기 단계에서는 EasyOCR 에서 기본적으로 제공해주는 모델을 사용하여 ocr 을 수행하였다. 그러나 추후 우리가 직접 AI Hub 의 데이터를 학습시켜 성능을 개선시킨 모델을 사용하여 ocr 을 수행하도록 구현을 변경하였다. 새롭게 학습시킨 모델의 경우 문자의 인식률은 크게 향상되었지만, 띄어쓰기를 비교적 바르게 인식하지 못하는 문제가 있다. 이를테면 띄어쓰기를 한 칸이 아닌 여러 칸이 존재하는 것처럼 인식하는 문제이다. 이러한 문제를 개선하기 위해 검출된 문장에 대해 후처리를 진행한다. 이 후처리 단계에서는 연속된 공백 문자를 하나로 합쳐주는 작업을 수행하게 된다.

### 3.2.7 맞춤법 검사

이렇게 ocr 작업이 끝나면 맞춤법 검사를 수행한다. 맞춤법 검사는 “자유 모드”와 “급수 평가 모드” 두가지 모드의 동작 방식이 다르다.

우선 급수 평가 모드에서는 정답이 정해져 있기에, 사용자의 필기를 인식한 문장과 정답 문장을 비교하여 맞춤법 검사를 수행할 수 있다. 맞춤법 검사 후 사용자의 정답률은 공통되는 부분 문자열을 추출해내는 알고리즘인 Longest Common Subsequence 알고리즘을 사용하여 도출해낸다.

이와 달리 자유 모드의 py-hanspell 라이브러리를 사용하여 진행된다. 자유 모드에서는 정답이 정해져있지 않기에, py-hanspell 에서 맞춤법 검사를 한 이후 반환되는 결과를 사용해 정답과 정답률을 결정한다.

## 4. Expected effectiveness and utilization plan

### 4.1 기대 효과

#### 4.1.1 어플리케이션

해당 어플리케이션을 사용하면 학습자가 한글 손글씨를 얼마나 바르고 정확하게 작성했는지, 맞춤법을 맞추어 적었는지 즉각적으로 확인하고 교정할 수 있다. 이러한 즉각적인 피드백을 통해 학습자의 글쓰기 능력과 언어 학습 성취도 향상을 기대할 수 있다.

#### 4.1.2 OCR 머신러닝

OCR 로 글씨체 인식 연구가 활발한 가운데 한국어 인식에 대해서는 연구가 많이 진행되지 않았으며, 특히 손글씨 데이터에 대한 연구가 많이 이루어지지 않은 상황에서 우리는 손글씨 데이터에 대해 정확도를 향상할 수 있는 방법을 찾고자 했다.

하나의 모델에 대해 여러 데이터의 비교 실험, 하나의 데이터에 대해 모델 간 대조 실험의 결과 EasyOCR - Korean\_g2 모델에 AI-HUB 의 70 만개 데이터를 추가로 학습한 모델이 가장 우수한 성능을 보임을 확인할 수 있었고, 어느정도 우리가 원하는 성능을 보일 수 있었다. 초기 모델에서는 단어도 정확하지 않았지만 현재 모델은 단어에서 꽤 우수한 성능을 보이고 있다. 아직 문장에 대해서는 부정확한 모습을 몇몇 보였지만, 이는 추가적인 데이터 확보를 통해 추후 개선 될 여지가 있다.

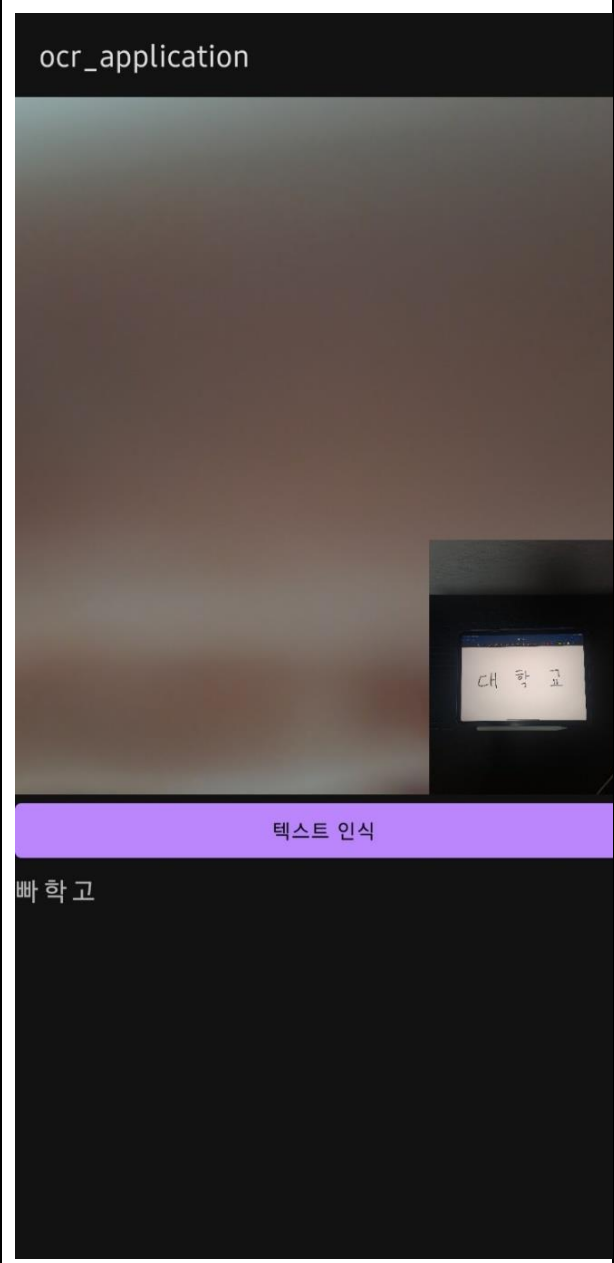
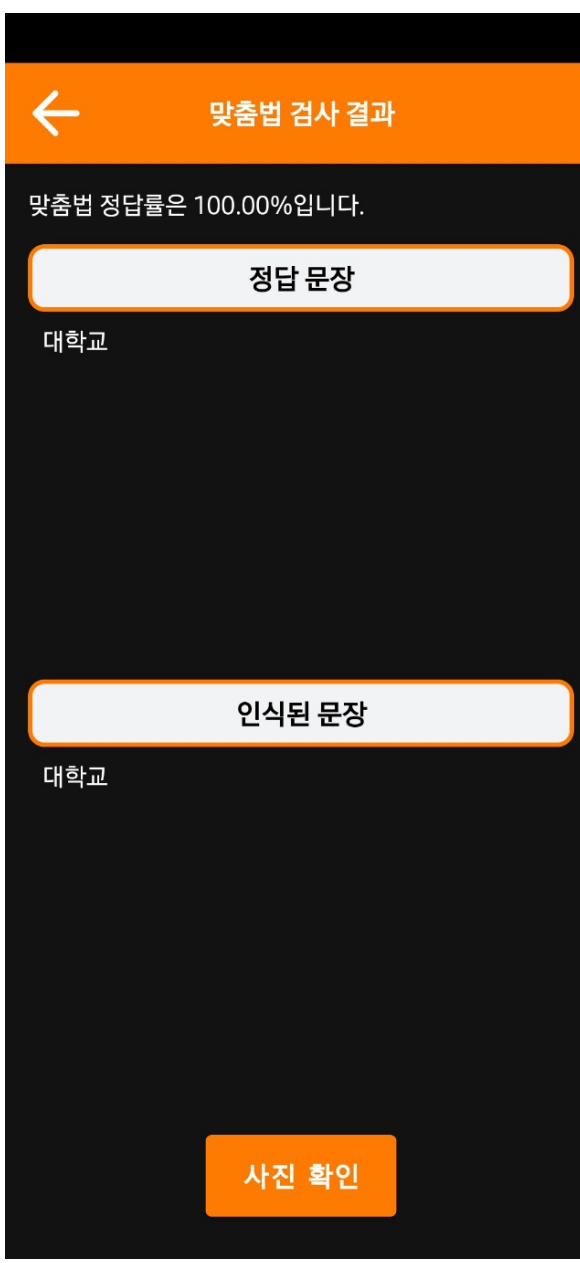
### 4.2. 활용 계획

개인별 누가 기록을 통해 포트폴리오를 생성함으로써 학습자 맞춤 교육 및 반복 학습이 가능할 것으로 예상된다. 해당 포트폴리오는 추후 교육과정, 수업, 평가, 기록 일치화의 근거자료로 활용 가능하여 실제 교육 현장에서도 사용할 수 있을 것이라 예상된다.

## 5. Main product

### 5.1. OCR 학습 모델

대학교가 빠학교로 인식되던 모델을 학습을 통하여 올바르게 인식 될 수 있도록 하였다.

	
초기 모델	EasyOCR 추가 학습된 모델

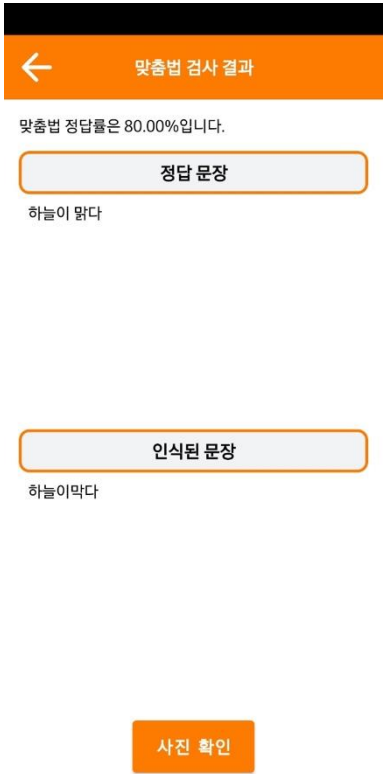


Model	Best accuracy
TPS-ResNet-BiLSTM-CTC	22.45
None-VGG-BiLSTM-CTC with 40만개 data	65.02
None-VGG-BiLSTM-CTC with 70만개 data	74.12

## 5.2. 어플리케이션

분류	Description
어플리케이션 이름	듣자! 쓰자! 웃짜~
타겟 플랫폼	Android
런칭 플랫폼	구글 플레이스토어
런칭 페이지	<a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=com.gidskql6671.ocr_application">https://play.google.com/store/apps/details?id=com.gidskql6671.ocr_application</a>

런칭 및 어플리케이션  
이미지



프로젝트 코드

Application Github Repository  
- <https://github.com/gidskql6671/ocr-application>

	<p>API Server Github Repository</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <a href="https://github.com/gidskql6671/ocr-api-server">https://github.com/gidskql6671/ocr-api-server</a></li> </ul> <p>ML Server Github Repository</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <a href="https://github.com/gidskql6671/ocr-ai-server">https://github.com/gidskql6671/ocr-ai-server</a></li> </ul>
--	--

### 5.3. 과제 성과

논문 제목	<p>유아동 손글씨 교육을 위한 OCR 기반의 맞춤법 검사 에듀테크 개발 (Development of OCR-based Spell check EduTech tool for Handwriting Education for children)</p>
논문 저자	문정원, 김동환, 김은정, 오영선, 정순기, 장준혁, 김동현
논문 작성 과정	<p>총 N 번 참여 대학원생과의 미팅을 가지며 논문 작성에 대한 논의와 피드백 과정을 거쳤다. 미팅 및 논문 일정에 대한 세부 내용은 아래의 표에서 확인 할 수 있다.</p>
제출한 학술대회 및 분야	<p>KCC 2023 – 모바일 응용 및 시스템 (Poster 세션) (학술대회 홈페이지: <a href="https://www.kiise.or.kr/conference/kcc/2023/">https://www.kiise.or.kr/conference/kcc/2023/</a>)</p>

## 심사 결과

### 심사결과확인&최종본제출

홈 > 논문접수 > 심사결과확인&최종본제출

심사결과세션에 내용이 표시되지 않은 경우 해당 분야 심사결과가 미발표된 것입니다.

(논문제목 클릭 및 최종본 제출 불가)

심사결과는 분야별로 상이한 시간에 발표되므로 결과가 발표될 때까지 기다려 주시기 바랍니다.

Total : 1 건

번호	제 목	발표자	발표분야	심사결과세션
73	[학부생논문]유아동 손글씨 교육을 위한 OCR 기반의 맞춤법 검사 에듀테크 개발	문정원	모바일응용및시스템	Poster세션

\* 위 논문제목을 클릭하여 심사결과를 확인한 후 '최종본 제출' 버튼을 눌러 논문 최종본 및 지적소유권위임서, 연구윤리확인서 파일을 업로드 하시기 바랍니다.

### I 심사 결과

구분	심사위원A	심사위원 B
1. 해당 분야의 학술적 또는 산업적으로 중요한 주제를 다루고 있는가?	6	
2. 해결하려는 문제와 해결 방안을 명확히 제시하고 있는가?	24	
3. 해결 방안의 신규성과 우월성을 실험 또는 증명으로 적절히 평가하고 있는가?	18	
4. 참고문헌을 포함하여 과거연구와 정성적 또는 정량적 비교를 제시하고 있는가?	16	
총점	64	
심사결과세션	Poster	
최종평가	Accept	

수정의견	
심사위원A	심사위원B
유아의 경우에는 글자를 쓰는 순서를 교정해 줄 수 있는 기능이 있다면 좀 더 유용할 것으로 생각이 된다.	

논문 발표 일정

6/17(토)~6/20(화)에 라마다프라자제주호텔 & 제주오리엔탈호텔에서 열리는 KCC 2023 에 참여하여 Poster 세션으로 발표자로 문정원, 김은정이 참여하였다.



# 유아동 손글씨 교육을 위한 OCR 기반의 맞춤법 검사 에듀테크 개발

Development of OCR-based Spell check EduTech tool for Handwriting Education for children

문정원, 김동환, 김은정, 오영선, 정순기, 장준혁, 김동현  
경북대학교 컴퓨터학부

{bella7365, gidsq16671, ezzkim, plusmate1, skjung, wkdwnsgur, kevink3}@knu.ac.kr



## 제 1장. 서론

### 손글씨의 중요성

- 손글씨 쓰기는 학생들의 작문 능력에 영향을 미침
- 손글씨 쓰기는 두뇌를 활성화함
- 손글씨 쓰기는 기억력 증진에 효과적임

➢ 유아동을 대상으로, 한글 손글씨를 얼마나 바르고 정확하게 작성했는지 즉각적으로 판단하여 교정할 수 있는 어플리케이션 개발

## 제 2장. 기존 연구

### OCR 인식 사용 분야

- 영화 속 장면으로부터 추출한 간판 및 표지판 글자를 바탕으로 실제 영화 촬영지 알려주는 시스템
- 저방전에서 약물 성분 인식 및 분석, 도핑 가능성 판단하는 시스템
- 자동차 번호판 인식 시스템
- 원고지에 적힌 한글 자판을 인식하는 시스템

### 실제 사용되고 있는 교육계 OCR

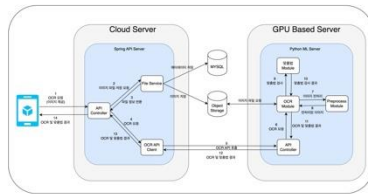
- 천재교과서 '밀크': 글자 및 수식 인식을 통해 유사 유형 문제 제공
- 교육 플랫폼 '판다': 수학 문제의 정답과 풀이과정 제공
- 메가스터디 '엘리하이': 텍스트 및 그림, 수식으로 표현된 문제를 촬영하여 텍스트로 변환하는 기술 활용

### 우리의 연구는,

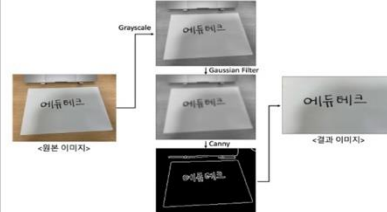
- 필기를 인식하는 데에 큰 제약이 없음
- 필기를 인식한 후, 맞춤법 검사 결과를 제공함

## 제 3장. 시스템 개발

### 가. 시스템 구조도



### 나. 이미지 전처리

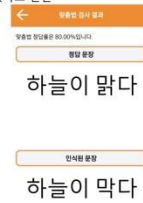


### 다. OCR

- VGG-16 네트워크를 기반으로, 문자의 영역을 검출
- ResNet-LSTM-CTC 구조에서 문자를 인식
- 전처리한 이미지를 기반으로 OCR을 수행하여, 문자가 제대로 추출되었다면 올바른 글씨체로 필기했다고 판단

### 라. 맞춤법 교정

- 한글 맞춤법을 위해 py-hanspell 파이썬 라이브러리 사용
- OCR로 추출된 문자 맞춤법을 교정하여 올바른 문장 제공 및 맞춤법 오류 수를 기반으로 학습자 맞춤법 정확도 평가



## 제 4장. 결론 및 기대효과

- 에듀테크의 일환으로, 실시간으로 유아동 학습자가 글씨체 교정 및 맞춤법 검사를 통해 자기주도학습이 가능하도록 하는 시스템 개발
- 손글씨 촬영 후 이미지 전처리, OCR로 글자 인식 및 맞춤법 검사 진행을 통해 글씨체의 정확도와 맞춤법의 정확도 평가
- 받아쓰기 등 유아동의 언어 교육에 활용하면 더욱 효과적일 것으로 기대함
- 향후 학습자별 글쓰기 포트폴리오 기능을 추가하여 반복 학습 유도하면 성취도 향상에 도움을 줄 것으로 기대함
- 향후 딥러닝을 이용한 OCR 모델을 직접 구축하여 개선된 한글 인식률을 보이는 것을 목표로 함.

논문 관련 일정	내용
2023.03.29	<p>논문 작성 방향성에 대해 논의하였다. 또한, 어떤 학회에 참여하면 좋을지 찾아보았다.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 서론에서 손글씨 학습의 필요성을 강조하기</li> <li>- 논문에서 한글 인식 기술에 중점을 둘 것인지, 한글 맞춤법 검사에 중점을 둘 것인지 정하기 -&gt; 한글 인식 기술에 중점</li> <li>- 기존의 한글 인식 모델을 사용하되, 추가적인 학습을 통해 높은 정확도를 보이도록 하기</li> <li>- 한글 인식 모델 중 뛰어난 성능을 보이는 것이 없음을 작성하기</li> <li>- 실제 사용되는 한글 문자는 한정적이므로, 모든 한글 문자에 대해 다루지 않고 실제 사용되는 한글 문자 위주로 학습시키기</li> <li>- 한국정보과학회 혹은 한국컴퓨터교육학회에 제출하기</li> </ul>
2023.04.05	<p>서론과 선행 연구 및 시스템 개발 파트를 작성하여 미팅에 참여하였다. 이와 관련하여 피드백을 받았다.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 한글 인식 모델의 성능이 우수하지 않다는 것에 대해 언급하지 않기 -&gt; 해당 프로젝트에서 새로운 학습 모델을 생성하는 것이 아니라 기존 학습 모델에서 추가 학습을 시키는 것이기 때문에, 논문에 유리한 내용이 아님</li> <li>- 시스템 개발과 관련한 다이어그램을 넣으면 좋겠다는 피드백을 받고, 어플리케이션의 다이어그램을 첨부함</li> <li>- 이미지 변환 과정에 관하여 각 과정의 설명이 있으면 좋겠다는 피드백을 받고 GrayScale, Gaussian Filter, Canny Edge Detection 의 필요성에 대한 설명을 추가함</li> </ul>
2023.04.12	<p>논문의 모든 파트를 작성하여 미팅에 참여하였다. 미팅에서는 전반적으로 논문에 대해 수정했다.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 실제 어플리케이션 화면을 삽입하는 것이 좋겠다는 피드백을 받고, 어플리케이션 동작 화면을 첨부함</li> <li>- 논문 어투에 맞게 문장 수정하기</li> <li>- 한글 인식 모델을 직접 제작할 예정이라는 것을 결론에 작성하기</li> </ul>
2023.05.02	논문 접수 마감
2023.05.19	논문 심사결과 발표
2023.05.29	논문 최종본 제출
2023.06.01	<p>담당 교수님(정순기 교수님)과의 미팅으로, 논문 발표에 대한 피드백을 받았다.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 손글씨의 중요성에 대해 언급하되, 타이핑과 비교하지 않기</li> <li>- 기존 모델과 추가적으로 학습시킨 모델에 대해 비교하여 언급하기</li> </ul>

## 6. Participating Personnel(Detail)

Professor	Affiliation	Department of Computer Science at the college of IT		Name	정순기
Participants (Students)	Affiliated Department	Degree (Gender)	Student Number	Name	Assigned Task
	컴퓨터학부	박사과정 (남)	2022320866	장준혁	프로젝트 관리 및 산업체 협력
	컴퓨터학부	박사과정 (남)	2021327453	샤허야르 무하마드	프로젝트 관리 및 개발 지원
	컴퓨터학부	석사과정 (남)	2021227116	김동현	프로젝트 관리 및 개발 지원
	컴퓨터학부	학사과정 (남)	2018115540	김동환	서버 및 어플리케이션 개발
	컴퓨터학부	학사과정 (여)	2020112393	김은정	PL
	컴퓨터학부	학사과정 (여)	2020110975	문정원	논문 작성
	컴퓨터학부	학사과정 (여)	2020110206	오영선	ML 모델 개발