

## 0. 작성 시 주의사항

※아래의 작성 양식(제출분량, 폰트, 크기, 줄 간격 등)을 미준수 시 서류 평가의 감점요인됨

- ※ 제출 분량 : A4 용지 상세내용 포함 30 page 이내
- ※ 작성 양식 (폰트 : 맑은 고딕 / 폰트 크기 : 10pt / 자간 : 0% / 장평 : 100% / 줄 간격 : 130%)
- ※ 제출 포맷 : pdf

## 1. 팀 정보

팀명	점심	팀장	박규용
팀원	전윤수	팀원	박건률
팀원		팀원	

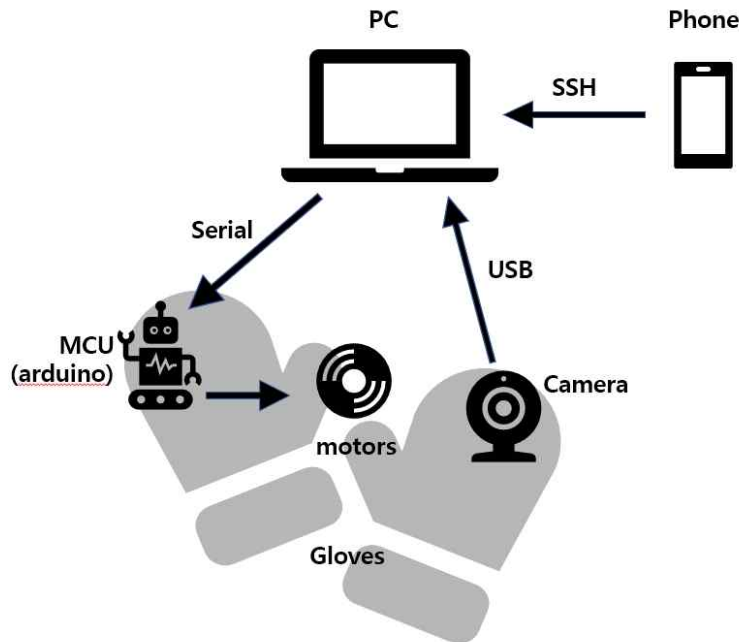
## 2. 개발완료보고서

### 0. 작품제목

'점심'

### 1. 개요

#### 1.1. 작품 개요



- 1) 검지손가락에 장착된 카메라를 이용하여 도서를 동영상으로 촬영한다.
- 2) 촬영된 영상에서 글자를 인식한다.
- 3) 인식된 글자를 MCU에 전송한다.
- 4) MCU에서 전송된 글자를 점자화 한 후 점자로 출력한다.

1)의 작업을 수행하기 위하여 USB Camera를 이용하였다. 실시간으로 촬영된 영상은 USB를 통해 PC로 전송된다.

2)의 작업을 수행하기 위해 사용한 Code는 OpenCV와 Tesseract Ocr를 이용, Python을 기반으로 하였다.

OpenCV - OpenCV(Open Source Computer Vision)은 실시간 컴퓨터 비전을 목적으로 한 프로그래밍 라이브러리이다. 실시간으로 촬영되는 도서 영상의 처리를 위해 이용하였다. OpenCV는 공식적으로 C++를 채택하였으나, Python도 공식적으로 지원한다. 공식 언어 중 Python을 사용하였다.

OpenCV의 라이브러리 중 grayscale, binarization, remove noise, edge detection, morphology 연산 등을 사용하였다.

grayscale - tesseract ocr의 연산 전 이미지 process의 accuracy를 높이기 위해 먼저 color scale의 영상을 gray scale(회색조)로 바꾸는 과정이 필요하다. gray scale은 단순히 한 색조의 빛의 양을 나타낸다. 각 색중 0~255 RGB 값을 지닌 픽셀에서  $(R+G+B)/3$ 의 수식을 이용, color scale의 이미지를 0-255의 수치 값을 지닌 grayscale 영상으로 변환하였다.

binarization - tesseract ocr의 연산 전 이미지 process의 accuracy를 높이기 위해 gray scale로 변환된 영상을 0 또는 1 즉 흑과 백으로 바꾸어 주는 작업이 필요하다. 0~255의 수치 정보를 지닌 gray scale의 영상에서 threshold 값을 지정해주어 일정 수치 이하의 pixel은 0의 값 즉 흑색으로, 일정 수치 이상의 pixel은 1의 값 즉 백색으로 변환한다.

remove noise - tesseract ocr의 연산 전 이미지 process의 accuracy를 높이기 위해 binarization 된 상의 noise를 제거 할 필요가 있다. code에서 사용한 방식은 Opening 방식으로 영상 내에 존재하는 일정 pixel 이하의 흰색 영상을 제거(흑색으로 변경) 하는 방법을 사용하였다.

morphology - tesseract ocr의 연산 전, process되는 범위를 한 문자가 아닌 단어로 지정 해주기 위해 한 단어의 문자를 서로 겹치게 한 뒤 edge detection을 실행할 필요가 있었다. 이용한 방식은 dilation이며 서적과 카메라 각도에 따라 resize 되는 pixel의 수치를 조정해야 한다.

edge detection - tesseract ocr의 연산 전, process 되는 한 단어의 범주를 설정하기 위해, white pixel의 인근 8 way의 pixel을 조사해 1의 값을 지닌 pixel이 존재한다면, 그 point를 edge로 인식하는 과정이다. 이 과정을 반복하여 한 단어를 지정한다.

Tesseract Ocr - tesseract ocr / ocr(optical character recognition)은 인쇄된 문서나 손으로 쓴 글씨 등에서 텍스트를 추출하여 문자인식이 가능하도록 하는 기술이다. tesseract란 이를 구현하는 엔진으로 hp에 의해 개발되었으며 2006년 이후 구글이 개발하고 있다. 문자 정확도 측면에서 가장 정확한 엔진으로 평가받고 있으며 오픈소스 라이브러리로 github에 배포하고 있다. 본 팀 작품의 글자 인식 알고리즘 중 하나는 이 tesseract를 이용한 것이다. 이것의 알고리즘은 히든 노드가 방향을 가진 엷지로 연결되어 순환구조를 이루는 신경망구조를 갖고 있으며 이러한 Neural Networks 의 한 종류인 LSTM(Long-short-Term Memory models)을 사용한다. 이는 RNN의 장기 의존성문제를 해결할 수 있는 알고리즘이다. 이 알고리즘을 파 이션 언어로 작성된 환경에서 사용했다.

3)의 작업을 수행하기 위해 Serial port communication을 하였다. 시리얼 통신은 직렬 통신으로, 한번에 한번씩 비트를 주고 받는다. 이러한 방식으로 arduino 의 mcu에 단어(문자열)를 전송한다.

4)의 작업을 수행하기 위해 '점화'의 개념에 대한 이해가 필요하다. 시정각장애인의 의사소 통 방법으로는 '축수어', '근접수어', '손바닥 필담' 등이 있으나 가장 효율적인 대화 방법은 '점화'이다. 점화는 기본적으로 '점자'를 이해할 수 있어야 한다. 점자의 1, 2, 3번 점은 왼손 의 검지, 중지, 약지 손가락에 차례대로 개입하고, 점자의 4, 5, 6 번 점은 오른손의 검지, 중 지, 약지에 각각 대입한다. 이후 키보드처럼 해당하는 문자의 번호에 맞게 손가락을 눌러 의 사소통 한다.

MCU에 전송된 단어의 문자열을 문자 단위로 나누어 각 문자에 해당하는 점자로 변환한다. 점자로 변환한 문자에 맞게 해당하는 모터에 진동을 주어 점화로 전송한다. 즉 1) ~ 4) 의 과정을 거쳐 점자로 출판되지 않은 책이라도 시정각 장애인이 독서를 할 수 있게 해 주는 것이다.

## 1.2. 필요성

### 1) 점자 도서 현황

대부분의 도서관은 월 30권 정도의 점자도서를 배포한다. 그러나 그 도서의 종류는 누구나 폭넓게 읽을 수 있는 소설이나 에세이, 교양서적이 대부분이다. 수험서나 대학 전공 도서 등 전문 서적류는 이용하는 사람이 한정되어있는 이유로 개인 주문 제작형태로 점자책이 만들어진다. 전문 서적류는 내용이 어렵고, 책에 삽입된 표나 그림에 대한 설명도 필요하기 때문에 제작 기간도 훨씬 오래 걸린다. 한 권을 만드는 데 최대 3~4개월이 소요되기도 한다. 출간된 종이책의 내용을 자원봉사자가 일일이 다시 컴퓨터로 타이핑해 문서 파일로 만드는 과정을 거쳐야 하기 때문이다.

### 2) 가격

독서확대기	독서확대기 (휴대형)	광학문자 판독기	광학문자 판독기(휴대형)
도서	도서	도서	도서
고정형	휴대형	고정형	휴대형
화면확대	화면확대	화면확대, 음성출력	음성출력
시각	시각	시각, 청각	청각
광학식확대기	단말기형	컴퓨터연결식	단말기형
-	-	OCR	OCR
200~500만원	80~100만원	200~400만원	80~200만원
			

다음 자료에서 확인 할 수 있듯이 독서보조기기의 장비는 평균 200만원에 육박한다. 독서를 위해 선택이 아니라 필수인 독서 보조 기기의 가격이 개인이 부담하기에는 어려운 면이 있는 것이다.

### 3) 점화

시각장애가 경증일 경우에는 밝은 곳에서 눈에 잘 포착되도록 수화를 하거나 큰 글씨로 필담을 하여 의사소통을 한다. 만일 시각과 청각의 장애가 모두 중증일 경우에는 촉수화, 촉지화, 점화 등의 촉각언어를 사용하게 된다. 양 감각의 손실이 모두 중증인 경우에는 무엇보다도 손과 손이 접촉하여 소통하는 것이 절실하고 시급하다. 외국의 경우는 이럴 경우 '지점자'(일본에서 사용한 표현)를 사용하고 있다. 우리나라에서 이러한 의사소통 방법을 '점화', '손가락점자'라 불리고 있으나 아직 정확한 용어는 정해지지 않았다. 이는 화자의 6개 손가락(양손의 검지, 중지, 약지)를 이용하여 시청각중복장애인의 해당하는 6개 손가락의 등 쪽에 점자를 터치하여 소통하는 방법이다. 원래는 손가락점자라고 하는데 이는 점자를 이용한 대화법이다. '수화'와 같은 의미로 최근 당사자 자조모임에서는 '점화'라는 용어를 고안하여 사용하기도 한다. 이것은 시각기반 Deaf-Blind의 청력이 심하게 소실되어 음성언어를 알아듣기 어렵게 되었을 때 가장 좋은 소통법이며, 청각기반의 Deaf-Blind들 역시 이를 배우면 시각기반의 Deaf-Blind와 의사소통이 가능하다.

1)의 현황에서 파악할 수 있는 문제점은 전문 도서의 경우 점자책이 발행되는 기간이 매우 길며 필요한 서적의 경우 점자책이 발행 되지 않았을 때 그와 관련된 정보를 전혀 접할 수 없다는 것이다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 점자가 아닌 일반 문자로 인쇄된 도서를 바로 번역할 수 있는 필요성이 있다.

2)의 가격 부분에서 파악 할 수 있는 것은 현재 유통되고 있는 독서보조기기가 개인이 부담하기에 상당히 높은 가격에 판매되고 있는 점이다. 도서관에서 지원하고 있는 독서기기의 경우 도서관의 운영 여부에 따라 도서 욕구를 가진 개인이 독서를 할 수 없는 문제점 역시 존재한다. 본 프로젝트에서 개발한 웨어러블 장비의 경우, 약 5만원 이내에 모든 부품을 구성할 수 있으며 pc가 있다면 어디서든 독서를 할 수 있다.

3)의 점화에 대한 설명에서 시청각 중복 장애인에게 효율적인 대화 방식은 '점화'이다. 따라서 점화를 통한 언어의 전달을 채택한 본 프로젝트는 효율적인 면에서도 필요성을 나타내고 있다.

### 1.3. 개발 목표

#### 1. 시청각 장애인의 독서 지원

점자는 같은 분량의 활자로 인쇄된 책에 비해 엄청난 부피를 차지한다. 이유는 같은 내용의 책을 활자 인쇄물과 점자 인쇄물로 비교하면 활자의 크기에 따라 다를 수 있지만, 점자 인쇄물에 소모되는 종이가 4~5배에 이르게 되기 때문이다. 또한 종이에 점이 돌출되어 있기 때문에 종이와 종이 사이에 어느 정도 공간이 생기게 되어 그만큼의 공간을 필요로 하게 된다. 이러한 이유로 점자책의 보관 역시 쉬운 문제는 아닌데 돌출된 점이 강한 힘에 눌러 사라지는 것을 방지하기 위해 책 주변에 강한 압력을 가할 수 있는 환경이 있으면 안 된다.

종이에 점자를 인쇄하는 번거로움을 해결해주는 점자단말기는 특성상 매우 고가의 제품이 대부분이다. 국내에서 널리 사용되고 있는 한소네 점자정보단말기의 가격은 보통 5,000,000원을 넘는다. 정부의 정보통신보조기기 보급사업을 통해 점자정보단말기를 낮은 가격에 구매할 수 있지만 수량이 극히 제한되어 있어 보급 대상으로 선정되는 것은 매우 어렵다. 또한, 시각장애인 복지관에서도 점자정보단말기 임대 사업을 실시하고 있지만 학생과 일부 직장인을 대상으로 대상자가 제한되어 있다는 한계가 있다.

점자책의 경우 위 두 문단에서 설명했듯이 공간적 문제와 경제적 문제를 가지고 있다. 본 개발 장비의 경우 공간적 문제를 점자책 자체가 필요하지 않다는 것으로 해결하였다. 또한 사용되는 하드웨어의 비용 역시 MCU, USB camera, 진동모터로 5만원 이내로 경제적 문제를 해결한다.

실질적으로 가장 큰 문제가 되는 경제적, 공간적 문제점을 해결하여 시청각 장애인의 독서를 지원 하게 되었다.

#### 2. 시청각 장애인의 교육 효과 유도

##### 1) 점자·점화


교육시각장애인들은 점자해독이 얼마나 가능한지에 관해 조사해본 결과, 점자해독이 가능한 비율은 겨우 전체 시각장애인의 5.1%에 불과했고, 93.4%는 점자해독이 불가능한 것으로 분석되었다. 이러한 상황에서, 본 프로젝트의 장비를 통해 점자를 스스로 학습하는 교육효과를 노릴 수 있다.

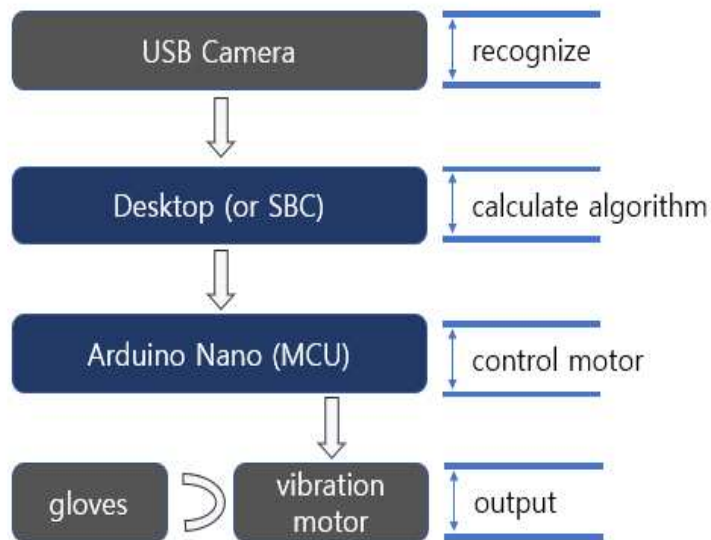
##### 2) 전공 서적 관련

1-2 의 1)의 경우를 살펴보면, 전공 서적은 출판이 3~4개월 이상 늦어질 수 있다. 그래프나 함수의 경우 본 웨어러블 장비로 파악이 힘들 수 있지만 모든 문자를 파악 할 수 있으므로 시청각 장애를 가지고 있는 학생들의 학업을 도울 수 있다. 수업 중 배부될 수 있는 인쇄물 역시 즉각적으로 읽어낼 수 있으므로 학업에 도움이 될 것이다.

## 2. 작품 설명 (최대한 자세하게 기술)

### 2.1. HW 구성

HW	사진	설명
PC		프로젝트의 거의 모든 작업이 pc에서 이루어진다. opencv를 통해 영상입력 및 가공을 하고 tesseract 및 knn의 처리가 pc에서 이루어진다. 소형화를 위해 개발 시 SBC에서도 처리가 가능할 것이다.
USB camera		초당 5프레임을 읽어오며 1600*1200의 화질을 지니고 있다. 실제 사용자의 사용 육체적 피로를 줄이기 위해 가볍고 작은 내시경 카메라를 이용하였고, 자바라 케이블을 이용해 고정하는 방식을 채택하였다.
Arduino nano		ATmega328을 기반으로 구성된 MCU이며 동작 전압은 5V이다. 작동 기반 언어는 C언어이다. 이 MCU는 Vibrate motor의 작동을 위해 이용하며 작품에서 사용하는 핀은 a3~a8이다.
Vibrate Motor		점화와 같은 인식을 사용자에게 주기 위하여 사용하는 모터이다. 정격출력 전압은 3V이다.

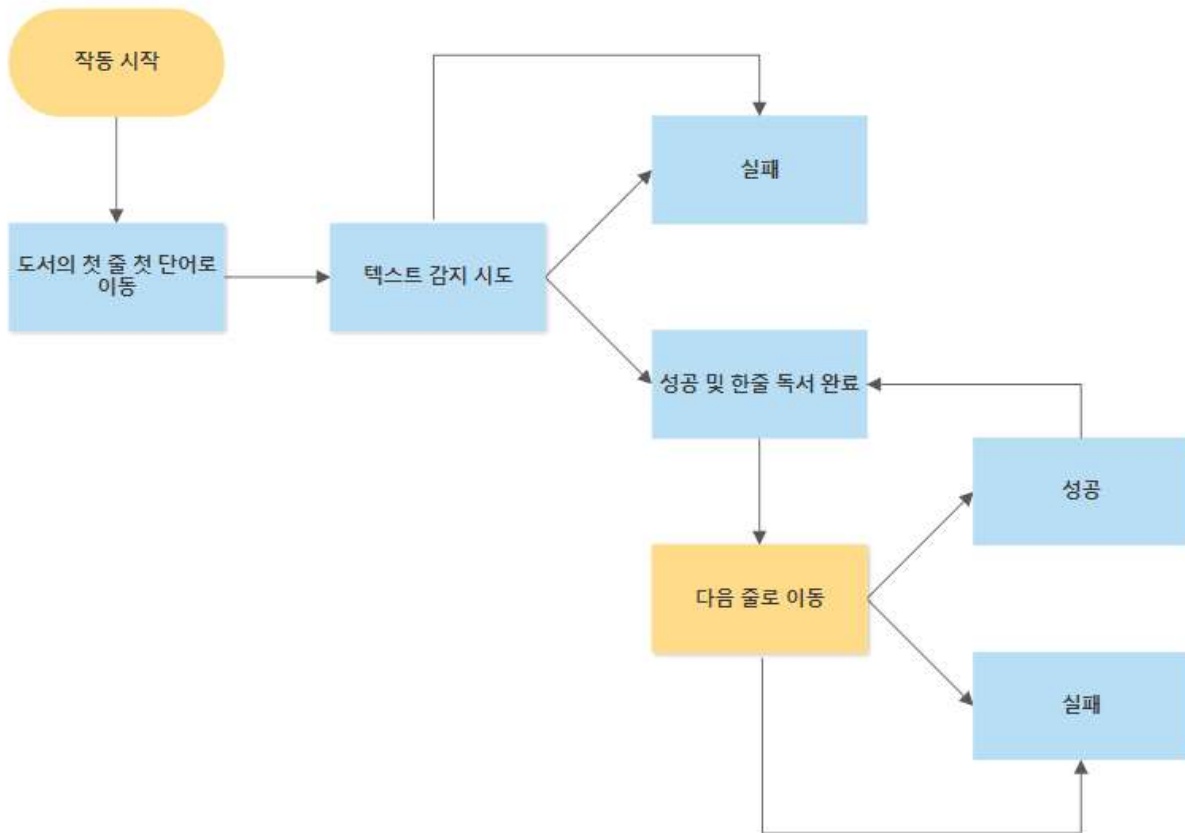


1. USB 카메라를 통해 목표 도서를 실시간 촬영, PC에 전송한다.
2. 촬영된 사진은 PC의 code에 의해 처리된다.
3. 처리 된 영상은 문자열의 형태로 MCU에 전송된다.
4. 전송된 문자열에 알맞게 MCU는 장갑에 장착된 모터를 진동시킨다.

## 2.2. HW 기능(제어 방법 등 서술)

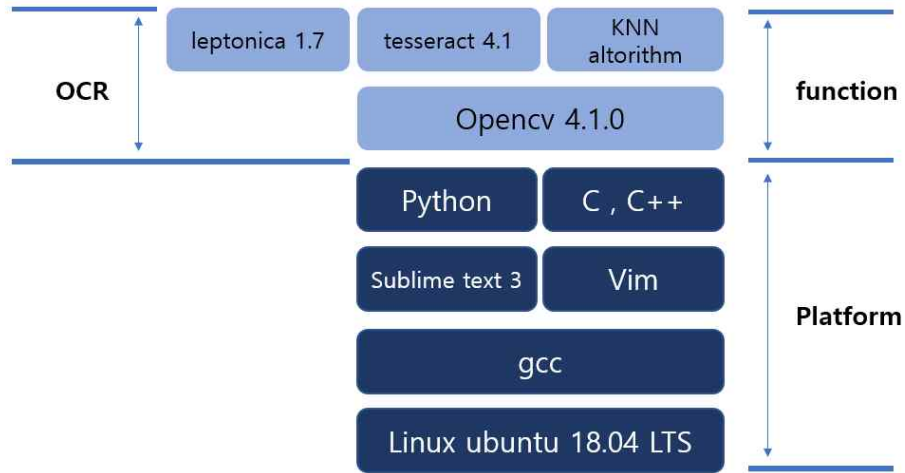
**HW 제어**

사용자가 장비를 착용한 후 독서를 시작한다. 점자책과 비슷한 방법으로 해당 도서의 첫 줄 첫 단어 아래에 손을 대면 영상의 문자가 인식되어 모터가 작동한다. 아랫줄로 넘어가는 경우, 같은 단어나 맥락에 맞지 않는 단어가 출력될 시 사용자가 맥락에 맞는 단어를 찾아 이동한다.



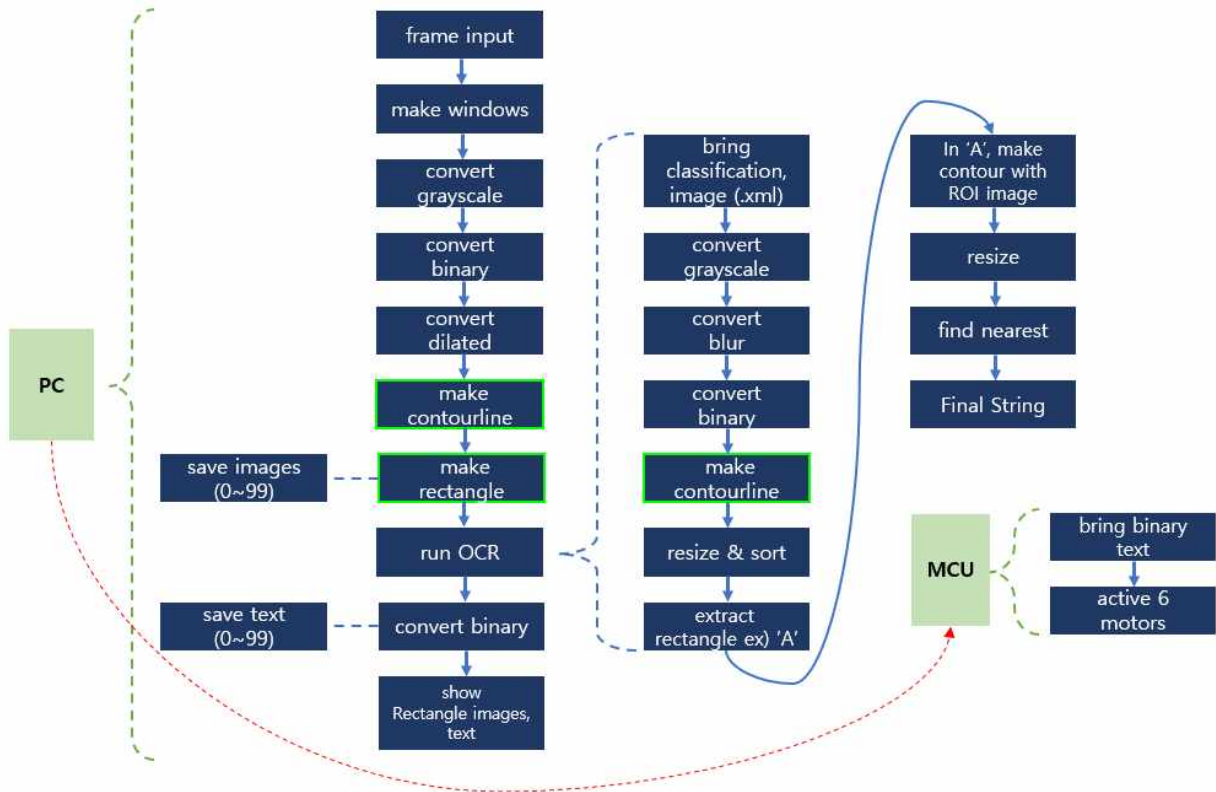
	기능	설명
HW기능	cap video	usb camrea를 통해 영상을 촬영, 실시간으로 전송한다
	calculate algorithm	algorithm을 통해 촬영된 영상을 문자열로 변환한다.
	serial communicate	serial communicate를 통해 문자열을 MCU로 전송한다.
	motor controlling	전송된 문자열을 문자로 분리하여 문법에 맞게 motor를 진동시킨다.

### 2.3. Software 구성



Software	설명
Ubuntu linux	
	캐노니컬이 개발한 컴퓨터 운영체제이다. python, Tesseract, OpenCV 코드 등의 개발의 응용을 위하여 사용한 운영체제이다.
Python	
	귀도 반 로섬이 개발한 프로그래밍 언어이다. pytesseract와 pyserial, OpenCV의 코드 응용을 위하여 사용하였다.
OpenCV	
	영상처리를 위해 OpenCV 라이브러리를 사용하였고 영상이 tesseract OCR을 가장 효율적으로 사용할 수 있는 이미지로 변환을 한다.
Tesseract	
 Tesseract OCR	tesseract OCR은 leptonica를 기반으로 작동한다. C++, Python을 기반으로 작동한다. 광학 문자 인식 기술로 영상에 출력되어있는 문자를 txt로 렌더링한다.
Knn Algorithm	글씨체나 필기체 등 tesseract ocr이 인식 할 수 없는 문자의 경우 knn 알고리즘을 이용, 머신러닝을 기반으로 하여 즉각적 학습을 시킬 수 있도록 하였다.
Android - SSH	
	Android에서 구동하는 SSH 서버 연결 앱을 제작하여 사용자가 리눅스 커널에 직접 접속하기보다 터치 한번으로 동작을 실행시키는 편의성을 추가시켰다.

## 2.4. Software 설계도(흐름도 및 클래스 다이어그램 등 (개발언어에 따라 선택))



## 2.5. Software 기능 (알고리즘 설명 포함)

1. OpenCV – 이미지 처리  
 gray scale – 1-1 참조  
 binaryzation – 1-1 참조  
 remove noise – 1-1 참조  
 morphology – 1-1 참조  
 edge detection – 1-1 참조

\* edge detection까지 완료 된 영상을 OpenCV의 rectangle 함수를 이용하여 테두리 친다. 테두리를 친 이후, 미리 표기된 세로선에 단어가 검출되면 그 단어를 crop하여 저장한다.

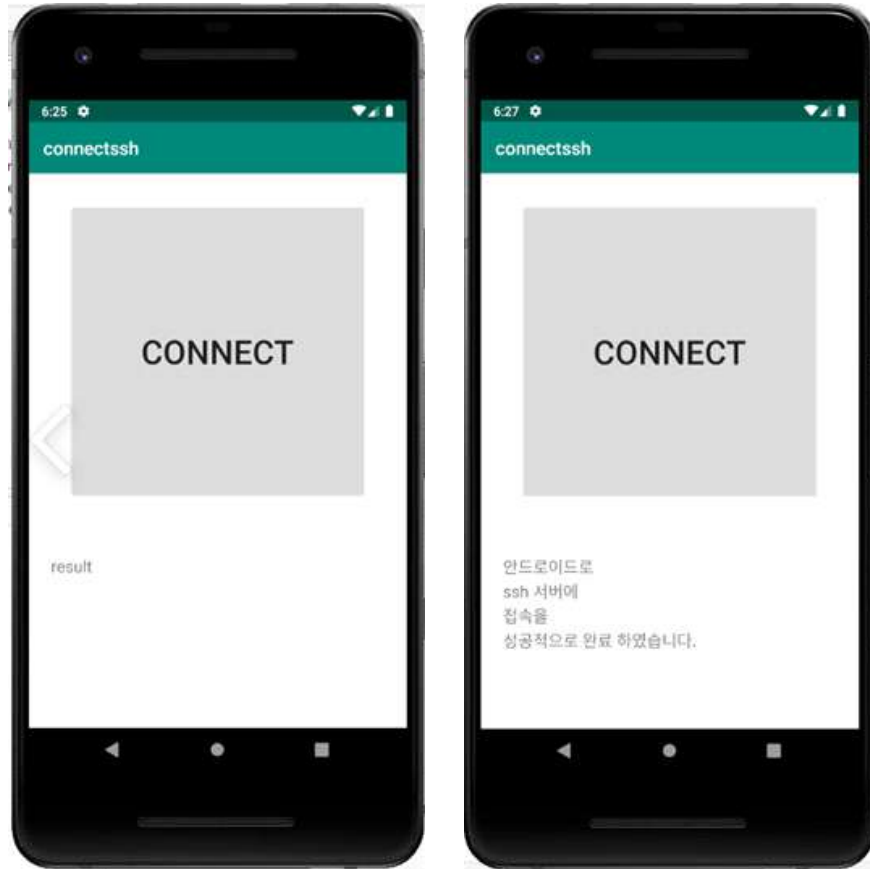
2. Tesseract OCR – 광학 문자 인식 ( 1-1 참조 )  
 OpenCV를 통해 Crop 된 이미지를 문자열로 변환한다.

3. Serial 통신 및 Arduino  
 Serial 통신을 통해 문자열로 변환된 단어를 Arduino Mcu로 전송, 2차원 배열을 통해 점자 문법에 맞게 정의한다. 이후 진동모터가 작동할 수 있게 전압을 출력한다.

4. 안드로이드와 SSH  
 Android에서 구동하는 SSH 서버 연결 앱을 제작하였다. 기본적으로는 사용자가 리눅스 커널에 직접 키보드를 쳐서 들어가야 하지만 직접 제작한 앱으로는 짧게 터치 길게 터치 등의 간단한 방법을 통해 동작을 실행시키도록 하였다.

## 2.6. 프로그램 사용법 (Interface)

1. 장갑을 착용한다.
2. SSH 앱에 들어가 한번의 터치로 ssh 연결 후 python 코드를 동작시킨다.
3. 진동으로 점화를 받아 인쇄물을 읽는다.



android studio에서의 동작 사진이다. connect 키를 누르면 위와 같이 모든 동작이 실행된다.

```
spa152187@accs:~/asdf$ cd ..
spa152187@accs:~$ cat ./asdf/text.txt
안 드 로 이 드 로
s s h   서 버 에
접 속 을
성 공 적 으 로 완 료 하 였 습 니 다 .
spa152187@accs:~$
```

위 사진은 연결 후 실제 리눅스 커널의 모습이다. 접속을 성공적으로 완료함과 동시에 H/W 상에서는 동작이 실행된다.

### 2.7. 개발환경 (언어, Tool, 사용시스템 등)

구분		상세내용	
S/W 개발환경	OS	Linux Ubuntu 18.04 LTS	Windows10
	개발환경(IDE)	gcc	android studio
	개발도구	vim / sublime text 3	android studio
	개발언어	C++ / python	java
	기타사항	x	x
H/W 구성장비	디바이스	PC / arduino nano	
	센서	usb camera	
	통신	serial communication	
	언어	C	
	기타사항	x	

### 3. 프로그램 설명 (최대한 자세하게 기술)

#### 3.1. 파일 구성

cv2	opencv 라이브러리를 이용하기 위해 선언한다.
numpy	이미지 처리를 위해 numpy 배열을 이용, 이미지의 값을 수치화 하여 배열에 저장한다.
pytesseract	tesseract OCR을 이용하기 위한 선언에 이용한다.
re	python의 정규 표현식을 사용하기 위한 선언문이다.
serial	serial 통신을 위해 선언한다

#### 3.2 함수별 기능

- python code

cv2.VideoCapture	USB 카메라를 통해 출력되는 영상의 한 프레임을 numpy 배열에 저장한다.
serial.Serial	Serial 통신을 위해 port 값과 baudrate 값을 지정한다
cv2.cvtColor	numpy 배열에 캡처된 영상을 RGB 데이터 기반으로 처리한다
cv2.threshold	threshold(문지방) 값을 지정한 후 문지방 값을 넘는 데이터를 1 즉 흑색으로 처리하고 그렇지 못한 값을 0 백색으로 처리한다.
cv2.morphology	모폴로지 연산을 위한 함수이다.
cv2.dilate	모폴로지 연산 중 특정 픽셀을 확대하기 위한 함수이다.
cv2.connectedComponentsWithStats	특정 픽셀의 색을 추적하여 인접한 픽셀 중 같은 색의 픽셀을 지닌 배열값의 데이터를 이용하기 위한 함수이다.

cv2.rectangle	직사각형을 그리는 함수이다.
cv2.line	선분을 그리는 함수이다.
cv2.putText	rectangle 처리 된 픽셀집합에 번호를 매기는 함수이다.
cv2.countNonZero	2진화 처리 된 픽셀집합 중 0 즉 백색이 있는지 탐색하는 함수이다.
cv2.imwrite	이미지를 저장하기 위한 함수이다.
ARD.write	Serial 통신 과정 진행 중 문자열을 전송하는 함수이다.
cv2.imshow	동작중인 pc의 window에 출력을 원하는 이미지를 출력하는 함수이다.
cv2.waitKey	key interrupt를 위하여 사용하는 함수이다.
cv2.destroyAllWindows	input 값에 따라 진행되고 있는 창을 close 하는 함수이다.

### 3.3. 주요 함수의 흐름도

2.4 참조

### 3.4. 기술적 차별성

기존 개발되었던 프로그램들과 달리 tesseract를 기반으로 한 작품이기 때문에 tesseract가 인식하는 문자열은 모두 arduino에서 추가 혹은 제거가 진행되면 출력할 수 있고 점화를 기반으로 하였기 때문에 실시간 독서에 용이하다.

## 4. 개발 중 장애요인과 해결방안

소프트웨어적 장애요인 : 실시간으로 영상을 처리하는 과정에서 같은 단어를 계속해서 읽는 현상이 발생하였고 이 현상을 해 하기 위해 cv2.countNonZero 함수를 이용하였다. 영상을 처리하는 과정에서 검사선 영역에서 흰색이 출력되어 있는 경우 즉 문자가 검사선 영역에 있는 경우 단어를 1회 처리하도록 하였다.

하드웨어적 장애요인 : 카메라를 손에 연결하는 과정에서 카메라의 위치가 사람마다 다르고 또한 정밀하게 움직여야 됐다. 따라서 관절이나 딱딱한 출력물 보다는 자바라 케이블을 이용해 유연하게 움직일 수 있게 하였다.

## 5. 개발결과물의 차별성

기존 대회 수상작 중 하나인 ocr을 이용한 독서대와 다르게 점화를 이용하였고 실시간으로 독서를 할 수 있는 장점이 있다. 또한 python을 구동하는 cpu를 소형 SBC로 변경할 경우 이동중에도 간편하게 사용할 수 있다.

앱의 편의성을 향상시켰다. 시각 장애인용 앱을 개발하여 거추장스러운 작동 방법 대신 화면을 화면을 크게 차지하고 있는 connect 버튼을 한번 누르기만 하면 마스터 서버와 연결되고 동시에 장비가 동작하는 간단한 작동 방법을 갖췄다.

## 6. 단계별 개발계획 및 실제 참여인원 및 업무 분장

구분	내용	수행기간						
		3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월
계획	아이디어 구상							
	아이디어 구체화							
분석	선행 기술조사							
설계	S/W 기초 설계							
	H/W 기초 설계							
개발	opencv학습							
	기본 영상처리							
	c++ knn algorithm							
	python tesseract							
완성	SSH서버와 연결							
	android 개발							
	H/W 완성							
	보완 및 오차수정							
종료	문서작성							

박규용 : OpenCV code와 pytesseract를 응용한 코드 작성 담당

전윤수 : c++와 knn을 응용한 코드, 하드웨어 제작 담당

박건률 : Arduino Code 와 ssh를 통한 휴대폰 연결 담당

## 7. 자료 출처 (보고서 및 영상)

[https://en.wikipedia.org/wiki/Tesseract\\_\(software\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Tesseract_(software))

[https://ko.wikipedia.org/wiki/K-최근접\\_이웃\\_알고리즘](https://ko.wikipedia.org/wiki/K-최근접_이웃_알고리즘)

<https://ko.wikipedia.org/wiki/점자>

<https://blog.naver.com/PostView.nhn?blogId=sjw368&logNo=221466903002&parentCategoryNo=&categoryNo=237&viewDate=&isShowPopularPosts=true&from=search>

<http://www.ablenews.co.kr/News/NewsContent.aspx?CategoryCode=0006&NewsCode=000620190228020714064733>

<https://www.youtube.com/channel/UCDNle3D-ul4EmTqhQyBsnfA>

<https://ac-illust.com/ko/search-result?keyword=1%20%EA%B8%B0%EA%B3%84>

[https://kr.123rf.com/photo\\_46874054\\_%ED%96%89%EB%B3%B5%ED%95%9C-%EA%B0%80%EC%A1%B1-%EB%B2%A1%ED%84%B0-%EC%9D%BC%EB%9F%AC%EC%8A%A4%ED%8A%B8-%EB%A0%88%EC%9D%B4-%EC%85%98-%ED%99%94%EC%B0%BD%ED%95%9C-%EB%82%A0%EC%9D%98-%EC%9E%AC%EB%AF%B8.html](https://kr.123rf.com/photo_46874054_%ED%96%89%EB%B3%B5%ED%95%9C-%EA%B0%80%EC%A1%B1-%EB%B2%A1%ED%84%B0-%EC%9D%BC%EB%9F%AC%EC%8A%A4%ED%8A%B8-%EB%A0%88%EC%9D%B4-%EC%85%98-%ED%99%94%EC%B0%BD%ED%95%9C-%EB%82%A0%EC%9D%98-%EC%9E%AC%EB%AF%B8.html)

<https://www.yna.co.kr/view/AKR20180419164200057> , 연합뉴스, 2019-09-23 최종확인.

<https://neospring.kr/contest/3/funding/17> , 2019년 09월 23일 최종 확인.

「시청각중복장애인(Deaf-blind)의 욕구 및 실태조사 연구」, 서해정 외 2명, (재)한국장애인개발원, 2017년 10월.

<https://nuli.navercorp.com/sharing/blog/post/1132779> , 2019년 09월 25일

<http://www.kmcnews.kr/news/articleView.html?idxno=5337> , 2019년 09년 25일