

<https://doi.org/10.7236/JIIBC.2020.20.6.41>  
JIIBC 2020-6-7

## 시각장애인을 위한 점자 교육 시스템

### OnDot: Braille Training System for the Blind

김학진\*, 문준혁\*\*, 송민욱\*\*\*, 이세민\*\*\*\*, 공기석\*\*\*\*\*

Hak-Jin Kim\*, Jun-Hyeok Moon\*\*, Min-Uk Song\*\*\*, Se-Min Lee\*\*\*\*, Ki-sok Kong\*\*\*\*\*

**요약** 본 논문에서는 기존의 점자 학습 제품의 단점들을 보완한 점자 교육 시스템을 다룬다. 시각장애인 전용 어플리케이션은 사용자 편의성을 위해 터치 제스처 및 음성 안내를 통하여 전체 기능을 수행할 수 있도록 구성한다. 점자키트는 아두이노와 3D 프린팅을 통해 교육 목적에 맞게 제작한다. 시스템은 다음과 같은 기능들을 지원한다. 첫째, 초성·중성·모음·약어 등 기초적인 점자의 학습. 둘째, 단계별 퀴즈를 풀어 학습한 점자를 확인하는 기능. 셋째, 모르는 점자가 있을 때 번역하는 기능이다. 실험을 통한 터치 제스처의 인식률과 점자 표현의 정확도를 확인하였고 번역의 경우 의도한 대로 번역이 되는 것을 확인하였다. 이 시스템을 통해 시각장애인이 효율적으로 점자를 학습할 수 있다.

**Abstract** This paper deals with the Braille Education System which complements the shortcomings of the existing Braille Learning Products. An application dedicated to the blind is configured to perform full functions through touch gestures and voice guidance for user convenience. Braille kit is produced for educational purposes through Arduino and 3D printing. The system supports the following functions. First, the learning of the most basic braille, such as initial consonants, final consonant, vowels, abbreviations, etc. Second, the ability to check learned braille by solving step quizzes. Third, translation of braille. Through the experiment, the recognition rate of touch gestures and the accuracy of braille expression were confirmed, and in case of translation, the translation was done as intended. The system allows blind people to learn braille efficiently.

**Key Words** : Braille Training System, Braille learning applications, Braille kits, Basic braille learning, Step quizzes, Braille Translate, Arduino, Efficient, Blind

## 1. 서론

사회적 약자인 시각장애인에게 점자는 중요한 의사소통의 매개체이다. 그러나 점자를 배울 수 있는 수단이나, 환경이 열악하여 점자를 해독할 수 없는 시각장애인이

대부분이다.

2017년 보건복지부에서 실시한 장애인 실태조사에 따르면 점자 해독이 불가능한 시각장애인은 전체의 86%에 달한다. 즉, 100명 중 14명만이 점자를 해독할 수 있다는 것이다. 대부분의 시각장애인이 점자 해독이 불가능

\*준회원, 한국산업기술대학교 컴퓨터공학부 학부생

\*\*준회원, 한국산업기술대학교 컴퓨터공학부 학부생

\*\*\*준회원, 한국산업기술대학교 컴퓨터공학부 학부생

\*\*\*\*준회원, 한국산업기술대학교 컴퓨터공학부 학부생

\*\*\*\*\*정회원, 한국산업기술대학교 컴퓨터공학부 교수

접수일자 2020년 9월 21일, 수정완료 2020년 11월 13일

게재확정일자 2020년 12월 4일

Received: 21 September, 2020 / Revised: 13 November, 2020 /

Accepted: 4 December, 2020

\*\*\*\*\*Corresponding Author: kskong@kpu.ac.kr

Dept. of Computer Engineering, Korea Polytechnic University, Korea.

한 가장 큰 이유는 시각장애인 중 90% 이상이 후천적으로 발병하기 때문이며, 그 중 70%는 20세 이후에 발병했기 때문에 새롭게 점자를 학습하기에는 어려움이 있다.<sup>[1]</sup>

보편적으로 점자 교육은 전문기관에서 선천적 시각 장애인을 위한 아동용 프로그램이 전문적으로 운영되고 있지만, 점자 교육을 받기 위해선 반드시 조력자가 필요한 상황이다. 하지만 후천적 시각 장애인은 점자 교육을 받을 수 있는 조력자를 구하기 어렵고, 점자를 교육받기 위해선 전문기관의 도움을 받거나 장애인 관련 복지센터에서 운영하는 프로그램에 참여해야 한다. 이 방법을 또한 후천적 시각 장애인에게 쉽지 않은 방법이다. 그렇기 때문에 선천적 시각 장애인이나 후천적 시각 장애인 모두 점자를 스스로 학습할 수 있는 환경이 필요하다.<sup>[2]</sup>

본 논문에서는 점자를 학습하고자 하는 시각장애인이 전용 어플리케이션을 설치하고 아두이노 및 3D프린팅으로 구성된 점자키트를 통해 자가 학습 환경을 조성하여 점자를 학습할 수 있는 시스템의 기능을 다룬다. 또한 어플리케이션에서 도출되는 많이 틀린 점자나 많이 번역한 점자데이터를 웹 페이지에서 확인할 수 있다. 시스템의 이름은 'OnDot'이라 명명한다.

OnDot의 점자 키트는 아두이노와 3D 모델링을 기반으로 제작하였으며 어플리케이션은 시각장애인이 사용하는 만큼 디자인을 단순하게 만들었고, 어플리케이션 내 모든 기능은 터치 제스처와 음성 안내를 통해 사용할 수 있도록 개발하였다. 어플리케이션의 메뉴로는 교육, 퀴즈, 번역이 있다. 점자키트와 연동하여 사용하는 메뉴는 교육과 퀴즈로, 교육 메뉴에서는 시각장애인이 점자키트를 직접 손으로 만져보며 초성·중성·모음 등 단계별로 학습이 진행된다. 퀴즈 메뉴에서는 단계별 퀴즈를 통해 학습을 점검하고, 오답인 경우 점자키트에 점자를 나타내어 사용자에게 정답을 알려준다. 번역 메뉴는 시각장애인이 실생활에서 모르는 점자가 생겼을 때 사용하는 메뉴로, 터치 제스처를 통해 점자를 입력하면 점자의 뜻을 음성으로 안내 받는다.

웹 페이지에서는 어플리케이션의 퀴즈와 번역메뉴에서 도출되는 많이 틀린 점자와 많이 번역한 점자데이터의 순위를 도식화하여 시각장애인이 어려워하는 점자를 확인할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 본 논문에 관련된 유사 서비스 혹은 연관성이 높은 제품들을 비교 분석하였다. III장에서는 OnDot에 대한 설계 및 구현 내용을 기술하였다. IV장에서는 실험 및 결과를 분석한다. V장에서는 연구 결과 및 향후 계획에 관해 설명한다.

## II. 관련 연구

### 1. 관련 제품

본 논문에서 참고한 제품들을 아래 표 1로 정리하였다.

표 1. 관련 제품들  
Table 1. Related Products

제품명	강점	약점
탭틸로 <sup>[3]</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 점자키트를 통한 점자교육 가능</li> <li>- 단계별 학습 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 조력자가 필요</li> <li>- 비용이 많이 들</li> <li>- 점자키트 없이 사용 불가능</li> </ul>
봄 <sup>[4]</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 조력자 없이 자가학습 가능</li> <li>- 단계별 학습 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 별도의 점자키트 없이 어플리케이션으로만 교육</li> </ul>
VC 진동 점자 학습 <sup>[5]</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 조력자 없이 자가학습 가능</li> <li>- 터치스크린 드래그를 통해 점자 표현 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 별도의 점자키트 없이 어플리케이션으로만 교육</li> <li>- 시각장애인 전용 UI적 요소가 부족</li> </ul>

관련 제품 사례에서 살펴봤듯이 다양한 장단점이 존재한다. '탭틸로'는 시각장애인을 교육하는 대부분 기관에서 채택하여 사용하고 있다. 하지만 점자학습을 위해서는 반드시 조력자가 필요하고 점자키트 없이는 사용할 수 있는 기능이 없다. '봄'과 'VC 진동 점자학습'은 어플리케이션의 진동이나 드래그 같은 기능을 사용하여 점자를 교육받는다. 하지만 실제 점자를 만져보면서 교육받는 것이 아니기 때문에 시각장애인이 실제 점자를 접했을 때 괴리감을 느낄 수 있다.

이에 OnDot은 기존 유사 제품들의 약점을 개선하는 방향으로 구성하였다. '탭틸로' 제품의 약점인 조력자가 필요한 부분은 OnDot에서는 조력자 없이 혼자서 교육을 받을 수 있도록 하였고, '봄', 'VC 진동 점자 학습'과 같은 어플리케이션 부분은 단계별 학습 기능은 유지되 교육적인 측면을 좀 더 시각장애인에 맞춰 점자키트와 연동하여 교육의 질을 개선하였다. 또한 'VC 진동 점자 학습' 제품의 약점인 UI적 요소 부분을 OnDot에서는 최대한 단순화하여 시각장애인이 사용하는 데 불편함이 없도록 구성하였다. 추가적으로 터치 제스처 수행 시 그에 맞는 진동 패턴을 적용하여 어플리케이션의 기능을 수행하는 데 있어서 시각장애인이 쉽게 인지할 수 있도록 하였다. 마지막으로 번역 기능을 넣어 일상생활 속에서 모르는 점자를 확인할 수 있도록 하여 기존 제품과는 차별

성을 두었다.

왕덕상의 논문은<sup>[6]</sup> 블루투스를 기반으로 키보드와 마우스가 아닌 스마트폰을 무선 컨트롤러로 사용하여 하드웨어를 제어하는 서비스를 제안하고 있다. 이에 본 논문의 OnDot은 모바일 어플리케이션과 점자키트를 블루투스로 연동하여 점자키트를 제어한다. 이충렬의 논문은<sup>[7]</sup> 블루투스를 기반으로 근거리에 있는 사용자의 접속유무를 검색하고 웹서버를 통해 XML로 파싱하여 데이터를 주고받는 안드로이드 SNS 서비스를 제안하고 있다. OnDot은 이충렬의 논문에서 언급된 XML파싱 방식을 사용하여 점자데이터를 주고받는다. 또한 어플리케이션 내 모든 기능은 음성 안내와 터치 제스처를 통해 이루어져 있다. 손진곤의 논문에서는<sup>[8]</sup> 시각장애인이 모바일 기기에 점자를 입력할 때 손의 피로가 높아지며 이를 줄일 수 있는 입력방법을 제안하고 있다. 이에 착안하여 OnDot은 시각장애인이 손쉽게 점자를 입력할 수 있도록 터치제스처를 맞춤형으로 구현하였다.

연은모의 논문은<sup>[9]</sup> 장애인의 디지털정보화활용 수준은 일상생활 만족도에 영향을 끼치며, 디지털 기기를 활용하여 여가, 문화생활이 가능한 환경을 조성해 주는 것이 필요함을 시사하고 있다. 이에 본 논문은 OnDot을 통해 시각장애인의 디지털 기기에 대한 접근성을 높이고자 하였다.

## 2. 점자 관련 규정

정확한 점자의 표기와 점자 번역을 위해 2018년 국립국어원에서 개정한 '한글 점자 규정 해설'을 참고하였다.<sup>[10]</sup> 이 문서에는 점자 표기의 기본 원칙을 비롯하여 접받침, 된소리 등 점자 표기의 예외에 대해서 다루고 있다. 본 논문에서 언급되는 번역 알고리즘에서 사용하는 규칙과 점자의 표기는 모두 이 문서를 따랐다.

## III. 시스템 설계 및 구현

### 1. 개발환경

아두이노 Uno를 사용하여 점자 키트를 구성한다. 점자의 표현을 위해 서보모터를 48개를 사용하고 PCA9685 16채널 PWM(Pulse Width Modulation)<sup>[11]</sup> 모듈을 사용하여 48개의 서보모터를 제어 한다. 또한 어플리케이션과 데이터 송/수신을 위해 HC-06 블루투스 모듈을 사용한다.

본 연구를 위한 HW 개발환경은 아래 표 2와 같다.

표 2. HW 개발 환경

Table 2. Hardware development environment

HW 부품	기능
 Arduino UNO R3 <sup>[12]</sup> (아두이노 보드)	점자키트를 만들기 위한 아두이노 보드
 PCA9685 <sup>[13]</sup>	48개의 서보모터를 제어하기 위한 모듈
 HC-06 블루투스 모듈 <sup>[14]</sup>	아두이노와 안드로이드 간 블루투스 통신을 위한 센서
 SG90 Servo Motor <sup>[15]</sup>	점자를 표현하기 위해 사용하는 모터

소프트웨어 개발 환경은 아래 표 3과 같다.

표 3. SW 개발 환경

Table 3. Software development environment

종류	소프트웨어명	버전
Server	Amazon EC2 Linux <sup>[16]</sup> , Apache Tomcat <sup>[17]</sup>	ver Linux2 Ami ver 9.0
DBMS	Amazon RDS for Mysql <sup>[18]</sup>	ver 8.0
Web Development tool	VScode <sup>[19]</sup> , Eclipse <sup>[20]</sup>	ver 1.39, ver 4.11.0
Arduino Development Tool	Arduino IDE <sup>[21]</sup>	ver 1.8.1

### 2. 하드웨어 및 소프트웨어의 구성

개발의 진행은 어플리케이션을 중심으로 블루투스 통신을 통해 아두이노와 점자데이터를 주고받고 웹서버를 통해 어플리케이션에서 받은 데이터를 데이터베이스에 저장한다. 그리고 데이터베이스에 있는 데이터를 쿼지와 번역 데이터로 웹페이지에 표현한다.

아래 그림 1은 OnDot의 시스템 구성도이다. 시각장애인이 직접 손으로 만질 수 있는 점자키트와 어플리케이션을 중심으로 구성된다. 점자 데이터 처리 및 저장 역할을 하는 웹서버와 데이터베이스는 AWS Server로 구축하였다. 서버와 어플리케이션간의 데이터의 송수신은 XML 방식으로 파싱하여 송수신하고 점자키트와 어플리케이션은 블루투스 통신방식을 이용한다.

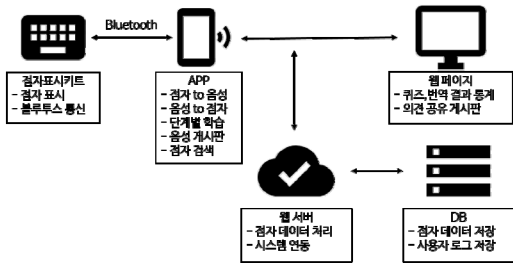


그림 1. 시스템 구성도  
Fig. 1. System configuration diagram

그림 2와 3은 점자키트를 구성하는 모델링 이다. 총 48개의 서보모터를 제어하기 위해 300mm x 400mm의 크기를 갖는 점자키트를 구성한다. 모델링 도구인 UG NX10.0<sup>[22]</sup>을 이용하여 모델링 후 3D프린팅 출력을 실시하였다. 보통 점자의 크기는 매우 작은 크기로 구성되지만 교육용으로 점자키트를 만들기 위해 점자캡의 크기를 손으로 만졌을 때 명확하게 구별할 수 있는 크기로 구성한다. 점자키트 각각의 구멍 속에 캡을 넣음으로써 점자를 표현한다. 점자를 위/아래로 움직이는 방향을 표현하기 위해 스프링과 낚시줄을 이용한다. 낚시줄의 장력은 스프링의 탄성력을 버틸 수 있는 굵기의 낚시줄을 선정한다. 서보모터의 날개가 움직여 낚시줄을 당기면 스프링이 압축되어 점자가 안쪽으로 들어가 점자의 내려간 부분을 표현할 수 있다. 서보모터의 날개에 낚시줄을 묶을 때 서보모터의 움직임을 고려하여 풀리지 않도록 하였다.

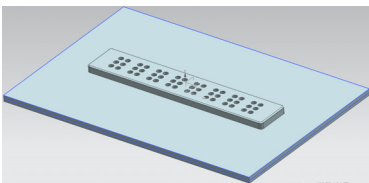


그림 2. 점자키트의 3D 모델링  
Fig. 2. 3D modeling of braille kit

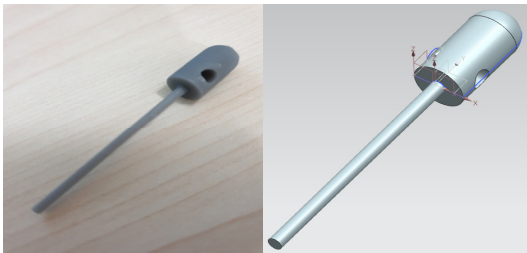


그림 3. 점자캡의 구현모습과 모델링  
Fig. 3. Braille Caps and Modeling

그림4는 낚시줄과 서보모터 사이를 지지하는 ‘ㄱ’자 경첩 지지대이다. 서보모터가 낚시줄을 당길 때 생기는 각도로 인하여 점자캡이 수직으로 내려가지 않는 문제점을 해결하였다.

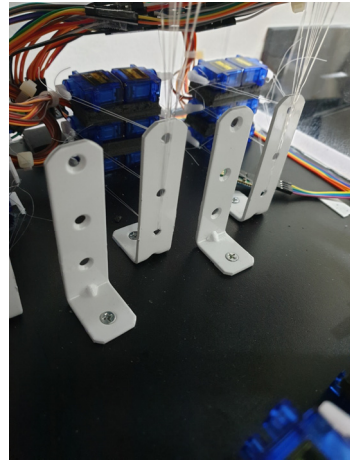


그림 4. ㄱ자 경첩 지지대  
Fig. 4. L-shaped hinge support

그림 5와 6은 시스템의 실제 구현 모습이다. 낚시줄과 서보모터가 연결되어 점자를 제어한다. 어플리케이션에서 블루투스를 통해 표현하고자 하는 점자 데이터가 수신되면 PWM 제어<sup>[23]</sup>를 통해 점자를 표현한다. PWM 제어를 위해 PCA9685 모듈을 4개 사용하여 48개의 서보모터를 제어한다. 각 서보모터는 점자 1개에 대응된다. Adafruit\_PWMServoDriver 라이브러리를 이용하여 각 서보모터의 주파수를 설정한다. 총 48개의 서보모터를 제어하다 보니 많은 전류가 필요해 250W-5V의 사양을 가진 SMPS(Switched-Mode Power Supply)<sup>[24]</sup>를 사용하여 전류를 공급한다. 48개의 서보모터와 SMPS 때문에 점자 키트의 크기가 커지고 220V 교류 전원이 있어야 동작하기에 휴대성은 확보하지 못하였다.

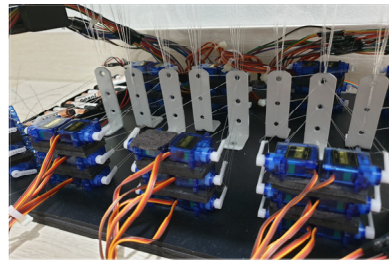


그림 5. 시스템의 실제 구현 모습-1  
Fig. 5. Actual implementation of the system



그림 6. 시스템의 실제 구현 모습-2  
 Fig. 6. Actual implementation of the system-2

아래 그림 7은 소프트웨어 구성도이다. 소프트웨어는 어플리케이션과 웹페이지로 구분되며 어플리케이션 내 터치 제스처와 어플리케이션에서 나타낼 문자를 음성으로 바꿔주는 TTS(Text-To-Speech) 기능을 사용하는 교육 모듈, 퀴즈 모듈, 점자번역 모듈로 구성된다.

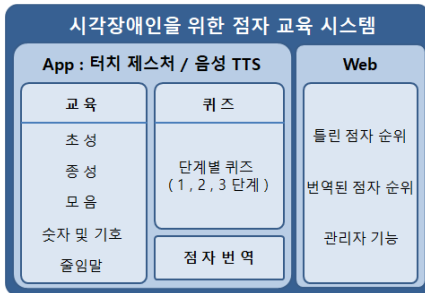


그림 7. 소프트웨어 구성도  
 Fig. 7. Software configuration diagram

### 3. 각 모듈의 설계와 구현

그림 7의 소프트웨어 구성도에 나오는 각 모듈 별 자세한 설명은 다음과 같다.

아래의 그림 8은 터치 제스처의 순서도이다. 터치 제스처는 주된 사용자가 시각장애인을 감안하여 맞춤형으로 구현하였다. 어플리케이션의 모든 동작을 한 손가락 및 두 손가락의 터치 제스처를 통해 다양한 기능을 수행할 수 있다. 터치 이벤트가 발생하면 한 손가락인지 두 손가락인지 판단하여 그에 맞는 기능을 수행한다.

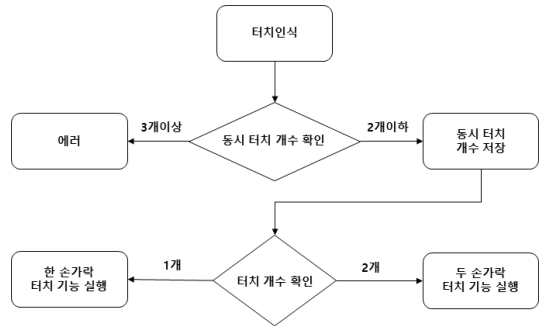


그림 8. 터치 제스처의 순서도  
 Fig. 8. Flowchart of Touch Gestures

특수한 제스처인 두 번 연속 화면 터치나 길게 화면을 누르고 있는 제스처는 그림 9와 10의 순서로 진행된다. 특수 제스처 이벤트가 발생하면 시간 스톱드를 동작시켜 시간 내 발생한 터치의 횟수를 기준으로 제스처를 판정한다.

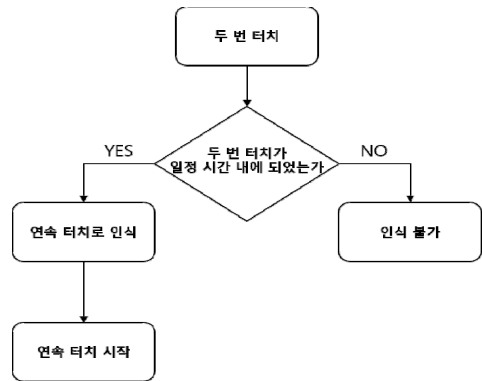


그림 9. 특수 터치 제스처의 순서도 - 1  
 Fig. 9. Flowchart of Special Touch Gestures - 1

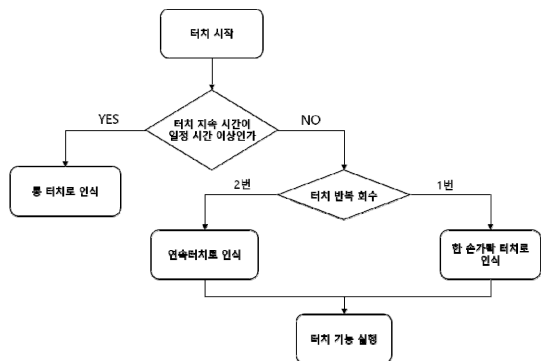


그림 10. 특수 터치 제스처의 순서도 - 2  
 Fig. 10. Flowchart of Special Touch Gestures - 2

터치 제스처의 기능은 아래 그림 11과 같으며 해당 제스처가 수행될 때마다 진동을 통해 시각장애인이 인지할 수 있도록 한다.

어플리케이션 터치 제스처 기능		
한 손가락	두 손가락	진동
상 하 좌 우 이동 Double Tap Long Touch	아래로 드래그 (뒤로가기) 위로 드래그 (특수기능)	기능 성공 (약한 진동) 기능 실패 (강한 진동)

그림 11. 터치 제스처의 기능  
Fig. 11. Function of Touch Gestures

OnDot의 모바일 어플리케이션의 핵심 기능 중 하나인 음성 TTS기능은 카카오톡에서 제공하는 음성 API의 음성합성 기술을 사용하여 구현한다.<sup>[25]</sup> 시각적인 제약이 존재하므로 어플리케이션의 모든 기능에 대한 사용설명을 음성으로 안내해준다. 또한 터치 제스처의 동작을 음성으로 안내하여 사용자가 기능을 올바르게 사용하고 있는지 판별할 수 있게 한다.

그림 12와 13은 OnDot의 어플리케이션 화면이다. 데이터베이스에 있는 점자 데이터를 웹서버인 Apache Tomcat을 통해 XML 형식으로 데이터를 수신한다. 점자 데이터는 숫자 '1'과 '2'로 이루어져 있고 '2'는 점자의 돌출부를 의미한다. 그림 12와 같이 수신된 데이터를 통해 화면에 나타내고 블루투스 와 연동된 점자키트에 점자를 표시한다. 점자키트에 점자를 나타낼 때 어플리케이션의 내장된 점자 음성이 출력된다.

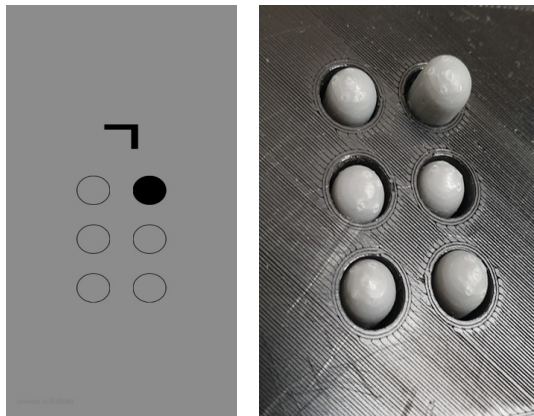


그림 12. 교육 메뉴 화면 및 점자키트 표시부  
Fig. 12. Training Menu Screen and Braille Kit Display

그림 13은 문제를 음성으로 안내하고 시각장애인이 터치 제스처를 통해 점자를 입력하는 화면이다. 점자의 입력은 한 손가락으로 아래에서 위로 드래그를 하면 점자 데이터 숫자 '2'를 의미하고 반대로 위에서 아래로 드래그하면 '1'을 의미한다. 점자의 입력이 수행될 때 마다 진동을 통해 시각장애인에게 알린다. 한 손가락으로 오른쪽에서 왼쪽으로 드래그를 하면 점자를 지울 수 있고 화면을 길게 터치하면 문제를 다시 들을 수 있다.

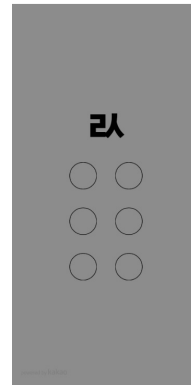


그림 13. 퀴즈 메뉴 점자 입력 화면  
Fig. 13. Quiz Menu Braille Input Screen

번역 모듈은 앞서 퀴즈 모듈에서 사용한 점자 입력 방식을 동일하게 사용한다. 어플리케이션으로부터 숫자 '1'과 '2'로 이루어진 문자열을 웹서버로 전송하여 번역을 처리한다. 숫자 '2'는 점자에 도출된 부분을 나타내며 '1'은 나오지 않은 부분을 의미한다.

입력받은 문자열은 6개씩 나누어 데이터베이스에 저장된 타입 별로 검색을 하여 중복이 없는 경우 그림 14와 같이 진행하고, 중복이 있는 경우는 그림 15와 같은 순서로 타입을 결정한다. 타입은 데이터베이스에 초성, 모음, 종성 등을 분류하는 임의의 숫자로 저장되어 있다. 6개로 잘려진 점자가 데이터베이스에 검색이 안되는 경우 '갓'이라는 약자에 포함되어 있는지 먼저 판단하고 그 외는 번역이 불가능하다. 중복되는 점자가 없는 경우에는 수표일 때 이후 나오는 점자는 숫자로 인식하고, 초성 'ㅁ'은 '바' 약자와 중복이 되어 앞에 온 점자가 된소리표인지 보고 판단해야한다. 또한 모음 'ㅣ'일 때는 이전 점자가 '갓' 약자인지 여부를 판단하여 결정한다. '갓'은 12자리로 구성된 점자인데 뒤 6자리 점자는 모음 'ㅣ'와 중복이 된다. 앞 단계에서 구해진 앞 6자리 점자가 '갓' 약자의 일부라고 판정이 된 경우에만 모음 'ㅣ'가 아닌 '갓'으로 판정한다. 마지막으로 중복이 되는 점자가 존재하는

경우에는 크게 5가지로 구분할 수 있다. 첫 번째는 숫자 점자의 중복 두 번째는 모음 'ㅏ'와 'ㅑ'의 중복 세 번째는 종성 'ㄷ'과 모음 'ㅑ'의 중복 네 번째는 된소리표와 초성 'ㄷ' 중복 다섯 번째 '가'·'나'·'다' 같은 약자의 중복이다. 첫 번째에 경우에는 수표 존재 여부를 통해 결정하고 나머지는 이전 또는 이후 점자 타입을 보고 결정한다.

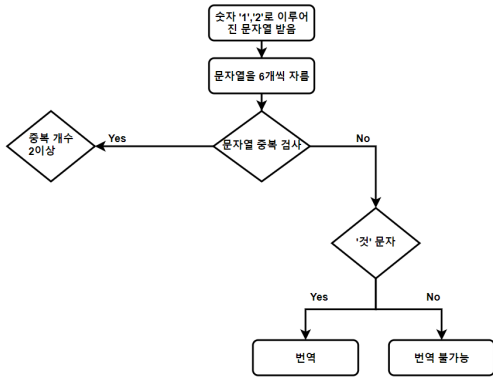


그림 14. 번역 알고리즘 순서도 - 1  
 Fig. 14. Translation Algorithm Flowchart - 1

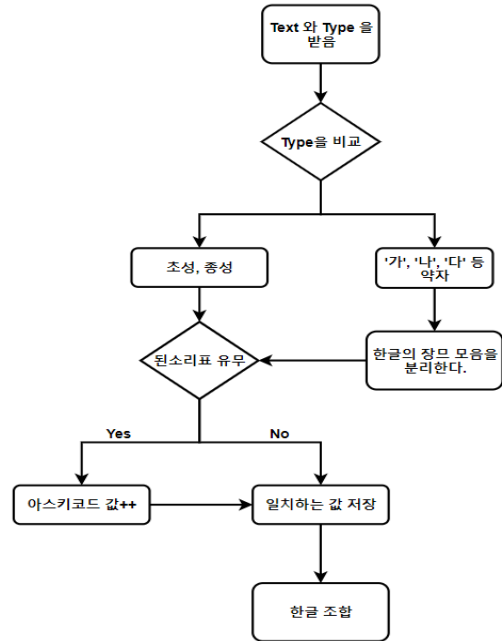


그림 16. 번역 알고리즘 순서도 - 3  
 Fig. 16. Translation Algorithm Flowchart - 3

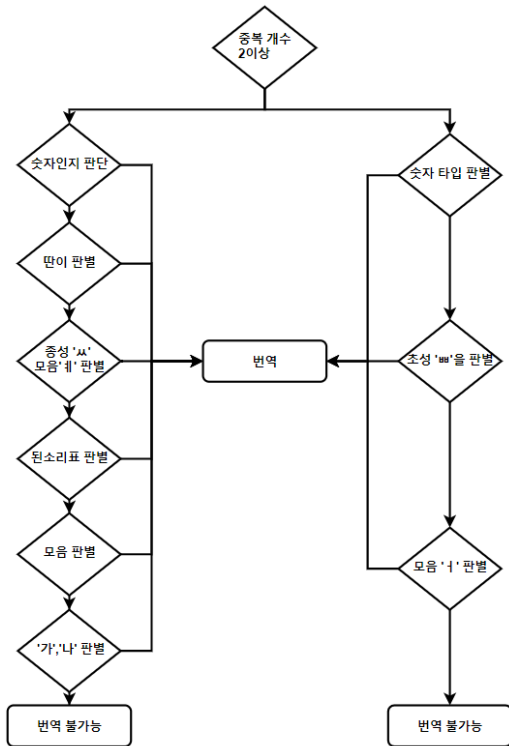


그림 15. 번역 알고리즘 순서도 - 2  
 Fig. 15. Translation Algorithm Flowchart - 2

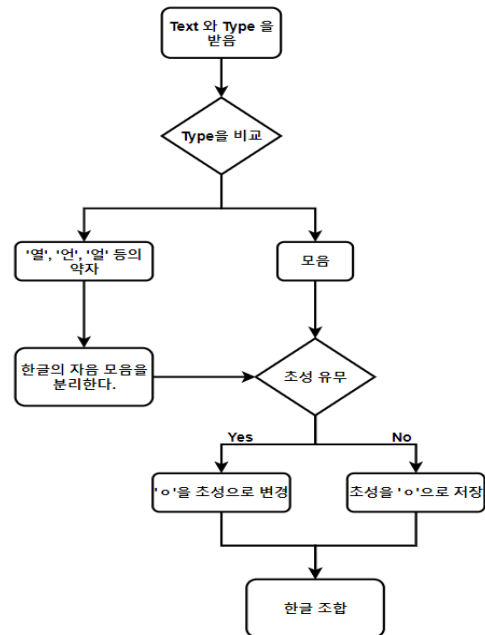


그림 17. 번역 알고리즘 순서도 - 4  
 Fig. 17. Translation Algorithm Flowchart - 4

앞서 판별된 점자는 타입 별로 메모리 공간에 저장된

후 '수표', '것', '된소리표', '붙임표', '딴 이'를 일괄적으로 처리하여 이후 단어 조합을 수월하게 한다. 예를 들어, '붙임표' 경우 단어를 조합할 때 처리하기 힘들기 때문에 붙임표를 메모리 공간에서 삭제한다. 단어 조합은 그림 16과 그림 17의 순서로 진행을 한다. 타입을 비교하여 초성과 종성에 경우는 이전 타입의 된소리 표 여부를 판단하여 된소리 표가 존재 할 경우 아스키코드 값을 조정해 주어 결합하고 '가', '나' 등의 약자에 경우도 자음과 모음을 분리하여 초성과 종성의 경우와 동일하게 진행한다. '열', '인', '얼' 등의 약자와 모음의 경우 이전 타입이 초성인지 확인하여 초성이라면 해당 초성으로 결합하고 초성이 아니라면 'ㅇ'으로 결합한다. 최종적으로 조합된 한글은 XML 형식으로 구성하여 어플리케이션에서 파싱을 할 수 있게 만들어진다.

#### IV. 실험 및 결과

본 논문에서는 시각장애인이 OnDot을 사용하는 것을 고려하여 사용성을 높이기 위해 다음과 같은 실험을 진행하였다. 첫 째, 터치 제스처만으로 동작하는 어플리케이션의 명확한 사용을 위해 터치의 인식범위를 실험하였다. 둘째, 겹받침, 된소리, 어려운 단어 등의 점자들을 정확하게 번역할 수 있는지 확인하는 과정을 테스트하였다. 셋 째, 동작 모터의 개수에 따라 문제없이 동작하는지 실험하였다.

터치 제스처로 모든 기능을 실행할 수 있음에 따라 메뉴 이동과 같은 기본적인 제스처를 사용하여 정상적인 터치 입력과 잘못된 터치 입력을 구분하는 실험을 다음과 같이 진행하였다. 실제 사용하는 상황을 가정하여 한 손가락은 엄지손가락을 이용한 경우와 검지손가락을 이용한 경우로 나뉘서 실험한다. 두 손가락은 검지와 중지만 이용하여 실험한다. 총 20회의 터치를 보편적으로 스마트폰 사용자가 슬라이드를 하는 방식으로 4명이 각각 5회씩 진행하였다. 실험결과, 손가락을 올려둔 시작점의 X, Y축의 좌표와 손가락을 댄 X, Y축의 좌표의 차가 스마트폰 화면 비율의 30% 이하일 경우 실패하는 경우가 생겼고, 30% 이상일 경우 의도하고자 한 터치 제스처의 입력이 정상적으로 실행됨을 알 수 있었다. 표 4는 한 손가락과 두 손가락의 터치 제스처의 판정범위를 실험하여 올바른 터치 입력이 적용되는지 나타낸 표이다.

표 4. 손가락의 제스처 성공 횟수

Table 4. Number of successful finger gestures

X, Y 축 비율차이	성공회수
5%	8
10%	9
15%	12
20%	17
25%	18
30%	20
35%	20
40%	20

앞서 설명한 번역 알고리즘에서 언급한 겹받침, 된소리, 어려운 단어 등의 점자들을 정확하게 번역할 수 있는지 확인하는 과정을 테스트하였다. 표 5은 점자 번역에 대한 결과를 정리한 표이다.

표 5. 점자 번역 결과

Table 5. Braille Translation Results

번역 단어	입력된 점자 문자열	번역 결과
아유	112221211212	아유
법률	1112211222112211111111121211212121111 2121111	법률
스웨터	11111212121222221122212122112 1122211	스웨터
옹달샘	22222121211121111111111222212 1121112	옹달샘
힘껏	1212212121211211121111111211122 2122211	힘껏

표 6은 모터의 개수에 따른 점자키트의 부하테스트 표이다. SMPS로 전류를 공급하는 중 부하전류(Stall Current)<sup>[26]</sup>를 받는 서보모터의 개수를 점점 늘려가며 테스트를 하였다. 결과적으로 현재 장착중인 SMPS로 모든 점자표현이 가능함을 알 수 있다.

표 6. 점자키트 동작 성공 횟수

Table 6. Number of successful Braille Kit actions

동작 모터 개수	성공회수
6	10
12	10
18	10
24	10
30	10
36	10
42	10
48	10



## V. 결 론

시각장애인은 사회적 약자로서 점자라는 특수한 문자 체계를 이용하여 글을 읽을 수 있다. 이에 다양한 점자 학습의 방법이 있지만 스스로 학습하는 것에 어려움이 존재해 조력자가 필요하고, 현재 출시된 점자학습 어플리케이션은 점자를 만져보며 할 수 없다는 단점이 존재한다.

이에 본 논문에서는 시각장애인도 혼자서 스마트폰과 점자키트를 이용하여 점자의 기초가 되는 자음, 모음부터 약어까지 학습할 수 있고 이를 퀴즈로 풀어 효율적으로 점자를 학습할 수 있게 하였다.

실험결과에서도 알 수 있듯이 제스처 드래그의 비율을 높여 터치 인식률을 높였고, 번역 알고리즘을 통해 의도 한대로 번역이 되는 것을 확인했다. 또한, 점자키트에 전류가 적절하게 공급되는지 확인하기 위해 부하전류를 받는 서보모터의 개수를 늘려가며 점자표현이 정확하게 되는 것을 확인하여 점자 학습에 어려움이 없다는 것을 알 수 있다.

OnDot의 점자키트는 많은 수의 서보모터를 제어하기 때문에 점자키트의 크기가 필연적으로 커질 수밖에 없다. 또한 220V 교류 전원의 필요로 휴대성을 확보하지 못하였다. 하지만 점자키트를 소형화 하고 휴대성을 확보하면 어디서든지 점자교육을 받을 수 있을 것이라 판단된다.

## References

- [1] Sung-Hee Kim, "The Survey on the Status of Persons with Disabilities in 2017", Health and Welfare Ministry-Korea Institute for Health and Social Affairs, Seoul, pp.156-162. 2017.
- [2] Kim Young-il, National Institute of Korean Language, Braille Education, New Korean Language Life Vol. 27, No. 2, pp. 105-117, 2017.
- [3] TAPTILO, <https://www.taptilo.com/kor>
- [4] Ch-Yoon, Spring - Braille learning for the blind, [https://github.com/ch-Yoon/refactoring\\_braille](https://github.com/ch-Yoon/refactoring_braille)
- [5] Newstomato, "Vibrating point, blind people can use their smartphones.", 2019 July 8.
- [6] Duck-Sang Wang, Ju-Young Ahn, Sun Choi, Beong-ku An, "Development of Software Mobile Controller Contents using Bluetooth Module", "The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication", Vol.9, No.5, pp. 39-44, 2009.
- [7] Chung-Yeol Lee, Beong-Ku An, Hong-Yeong Ahn, "Android based Local SNS", "The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication", Vol.10, No.6, pp. 93-98, 2010.
- [8] Sun-Young Lee, Ji-Su Park, Gang-Hyeon Kim, Jin-Gon Shon, "A Mobile Braille Input Method for Reducing Hand Fatigue" Journal of Korean Institute of Information Technology. Vol.16, No.2, pp. 119-124, 2018.2. DOI : <http://dx.doi.org/10.14801/jkiit.2018.16.2.119>
- [9] Eun-Mo Yeon, Hyo-Sik Choi, "Relationship between Digital Informatization Capability, Digital Informatization Accessibility and Life Satisfaction of Disabled People: Multigroup Analysis of Perceived Social Support Network", The Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol.20, No.12, pp.636-644, 2019. DOI : <https://doi.org/10.5762/KAIS.2019.20.12.636>
- [10] National Institute of Korean Language. 2017 Revised Korean Braille Regulations, pp.5-95, 2018.
- [11] PWM, <https://www.arduino.cc/en/tutorial/PWM>
- [12] Arduino UNO R3, <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>
- [13] PCA9865, <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/PCA9865.pdf>
- [14] HC-06, <https://www.olimex.com/Products/Components/RF/B/LUETOOTH-SERIAL-HC-06/resources/hc06.pdf>
- [15] SG90, [http://www.ee.ic.ac.uk/pcheung/teaching/DE1\\_EE/stores/sg90\\_datasheet.pdf](http://www.ee.ic.ac.uk/pcheung/teaching/DE1_EE/stores/sg90_datasheet.pdf)
- [16] Amazon EC2 Linux, <https://aws.amazon.com/ko/amazon-linux-ami/>
- [17] Apache Tomcat, <http://tomcat.apache.org/>
- [18] Amazon RDS for MySQL, <https://aws.amazon.com/ko/rds/mysql/>
- [19] VScode, <https://code.visualstudio.com/>
- [20] Eclipse, <https://www.eclipse.org/>
- [21] Arduino IDE, <https://www.arduino.cc/en/main/software>
- [22] UG NX10.0, <https://www.plm.automation.siemens.com/global/ko/products/nx/>
- [23] Adafruit\_PWMServoDriver, <https://github.com/adafruit/Adafruit-PWM-Servo-Driver-Library>
- [24] SMPS, [https://www.electronics-notes.com/articles/analogue\\_circuits/power-supply-electronics/switch-mode-smps-basics-primer.php](https://www.electronics-notes.com/articles/analogue_circuits/power-supply-electronics/switch-mode-smps-basics-primer.php)
- [25] KAKAO, Kakao Voice Recognition API SDK Technical Document, <https://developers.kakao.com/docs/latest/ko/voice/communication>
- [26] Stall Current, [https://dccwiki.com/Stall\\_Current](https://dccwiki.com/Stall_Current)

저 자 소 개

김 학 진(준회원)



- Undergraduate Student at Korea Polytechnic University. His research interests include Web Application System.

문 준 혁(준회원)



- Undergraduate Student at Korea Polytechnic University. His research interests include Application System.

송 민 욱(준회원)



- Undergraduate Student at Korea Polytechnic University. His research interests include Embedded System and Web Server.

이 세 민(준회원)



- Undergraduate Student at Korea Polytechnic University. His research interests include Web Application System.

공 기 석(정회원)



- Kong Ki Sok received his BS and MS from Seoul National University in 1984 and 1986. He received his PhD from KAIST in 1999, He worked at Samsung Electronics, TriGem Computer(Solvit Inc.) and ETRI.

respectively. He is currently a professor at the department of Computer Engineering at Korea Polytechnic University. His research interests include Operating System, Embedded System and IoT.