

논문 2011-48CI-2-1

시각장애인을 위한 실시간 햅틱 디스플레이 시스템 설계 및 구현

(Design and Implementation of Real-time Haptic Display System)

정 정 일*, 조 진 수**

(Jungil Jung and Jinsoo Cho)

요 약

본 논문에서는 시각장애인에게 점자 및 속도(점자 그림)를 거의 실시간으로 촉각정보(촉각으로 인지할 수 있는 정보)로 변환하여 제공할 수 있는 햅틱 디스플레이 시스템을 제안한다. 제안한 시스템은 시각장애인에게 촉각정보를 전달하는 햅틱 디스플레이 장치와 점자 및 속도 정보를 촉각신호로 변환하여 장치에 전달하는 장치 제어 소프트웨어 프로그램으로 구성된다. 제안한 시스템의 성능평가는 10인의 시각장애인들을 통해 진행하였다. 실험결과 제안한 시스템은 기존 점자정보단말기들과 유사한 점자 인지율 및 인지속도를 제공하였다. 또한 속도 정보를 최대 1.1초 이내에 촉각정보로 변환하여 출력함으로써 기존 점자 프린터에서는 불가능한 실시간 그래픽 정보 전달이 가능하였다.

Abstract

In this paper, we propose a haptic display system that can convert Braille and tactual map(braille map) to tactile information recognizable through sense of touch almost in real-time. The proposed system consists of a haptic display hardware device, which actually delivers tactile signal to visually impaired people, and a device control software program, which converts Braille and tactile information to tactile signal and transfers it to the hardware device. Experimental evaluations of the proposed system were performed with 10 visually impaired persons. Experimental results show that the proposed system can provide similar Braille recognition rate and speed to those of existing Braille information devices. In addition, the proposed system converts tactile information to tactile signal under maximum 1.1 seconds, so that it can provide graphic information in almost real-time which is not possible with existing tactile devices, such as Braille printer.

Keywords : Haptic display system, tactile information transmission device, Braille, tactual map.

I. 서 론

과거 시각장애의 주요인은 선천적으로 영구적 장애를 얻는 것이 대부분이었으나, 근래에는 선천적인 장애 이외에도 사고나 질병 등의 요인으로 회복의 가능성이

없는 후천적 시각 장애가 더해져, 그 규모가 매년 증가하는 경향을 보인다^[1~2]. 시각장애인 수의 증가와 그들의 복지 및 교육에 대한 관심이 증가함에 따라 최근 시각장애인에게 보다 효과적으로 정보를 전달하기 위한 연구가 활발히 진행 중이다.

시각장애인은 신체의 오감 중 주로 촉각과 청각을 이용하여 정보를 인지한다. 그리고 일반적으로 두 감각 중에서는 촉각을 통하여 전달되는 정보의 전반적인 의미를 분석 및 이해하고, 청각은 이에 대한 이해를 돕는 역할을 수행한다^[3~7]. 이러한 시각장애인의 정보인지 특성을 고려하여 정보를 전달하기 위하여 현재에는 촉각을 기반으로 한 많은 시각장애인의 보조공학기들이

* 학생회원, ** 정회원-교신저자, 경원대학교 컴퓨터공학과 (Computer Engineering, Kyungwon university)

※ 이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업입(No. 2009-0073747).

※ 이 논문은 2011년도 경원대학교 교내연구비 지원에 의한 결과임

접수일자: 2011년2월14일, 수정완료일: 2011년3월7일

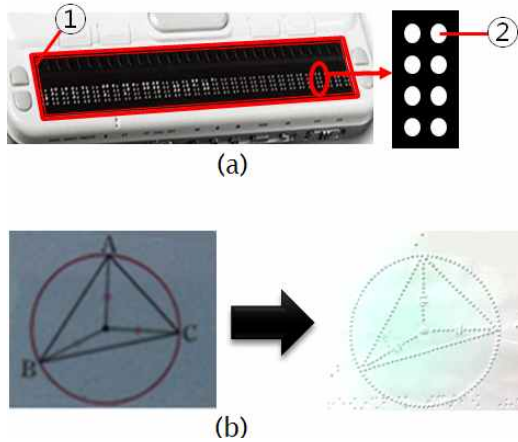


그림 1. 시각장애인의 정보전달 보조공학기기; (a)점자 정보단말기 ①점자 출력부 ②점자셀, (b)점자프린터 출력물 (좌)일반그림 (우)그림에 대한 촉도

Fig. 1. Information transmission assistive technology device of visually impaired people; (a)braille information device ①braille output section ② braille cell, (b)printouts of braille printer (left) general image (right)tactual map of general image.

는 <그림 1>의 (b)와 같이 점자프린터를 통해 종이에 출력된 촉도를 통해 시각장애인에게 전달된다. 점자프린터는 점자 및 촉도 정보를 함께 표현할 수 있어, 시각장애인이 정보를 인지하는데 매우 유용하게 사용된다. 그러나 점자프린터의 출력물 제작과정에는 많은 시간과 인력이 요구되며, 특히 한 번 출력된 촉도는 그 내용을 변경할 수 없고 출력용지가 쉽게 마모되어 시각장애인이 오랜 기간 보존 및 사용하기가 어려운 단점이 있다.

따라서 본 논문에서는 기존의 시각장애인을용 점자 보조공학기기들이 표현할 수 없는 촉도 정보와 점자 정보를 동시에 표현하며, 이를 거의 실시간으로 촉각정보로 변환하여 전달할 수 있는 시각장애인을용 햅틱 디스플레이 시스템을 제안하고자 한다.

본 논문의 II장에서는 제안하는 시스템의 구성 및 동작에 대해 설명하고, III장에서는 실제 시각장애인들을 통해 실험 평가한 본 시스템의 성능을 보여준다. 그리고 IV장에서는 본 논문의 결론 및 추후연구 방향을 제시한다.

II. 햅틱 디스플레이 시스템의 구성 및 동작

제안하는 햅틱 디스플레이 시스템은 크게 햅틱 디스플레이 장치와 이를 제어하기 위한 프로그램으로 나뉘며, 이를 본 장의 1절과 2절에서 설명한다.

1. 햅틱 디스플레이 장치

햅틱 디스플레이 장치는 마스터보드, 슬레이브보드, 초소형 선형 초음파모터(TULA, Tiny Ultrasonic Linear Actuator) 및 직류/직류변환기(DC/DC converter)와 같은 주요 모듈들로 구성된다. <그림 2>에는 이러한 주요 모듈들 간의 데이터 흐름을 도식화 하였다. 먼저, 마스터 보드(master board)는 범용 비동기화 송수신기(UART, Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)를 통해 입력된 촉도 정보를 수신하여(그림 2-①), 이를 마이크로 제어 장치(MCU, Micro Controller Unit)에서 분석한 후 다수의 슬레이브 보드(slave board)에 전달한다(그림 2-②). 그리고 슬레이브 보드는 사전에 프로그래밍 된 복합 프로그래머블 논리 소자(CPLD, Complex Programmable Logic Device)를 이용하여 마스터 보드로부터 수신한 데이터를 분리하고, 이를 각각의 모터 드라이브에 동작 신호로 전달한다(그림 2-③). 다음으로 모터 드라이브는 동작 신호에 따라 4개

그림 2. 햅틱 디스플레이 장치의 구성

Fig. 2. Construction of haptic display device.

개발 및 상용화 되었다. 특히, 시각장애인을 위한 보조공학기기 중에서 점자정보단말기와 점자프린터는 시각장애인이 정보를 습득하는데 주요하게 사용하는 기기이다^[8]. 시각장애인의 보조공학기기들 중에서 점자정보단말기는 문자(인쇄된 글자)를 점자로 점역(문자를 점자로 번역)하여 시각장애인에게 문자 기반의 정보를 전달하는 데에 매우 효과적이다. 그러나 점자정보단말기와 같은 경우에는 <그림 1>의 (a)에 보인 바^[9]와 같이 4행의 점자셀로 정보를 표현함으로써 단순한 도형, 그림 및 그래프와 같은 촉도 정보(pictorial information)를 표현하지 못하는 단점이 있다. 따라서 이러한 촉도 정보

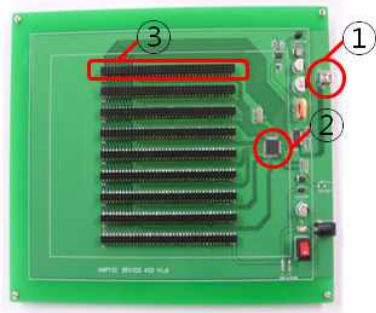


그림 3. 마스터보드;
①UART ②MCU ③슬레이브보드 슬롯
Fig. 3. Master board;
①UART ②MCU ③slave board slot.

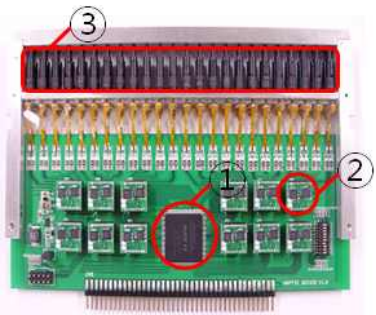


그림 4. 슬레이브보드; ①CPLD ②모터드라이버 ③TULA
Fig. 4. Slaveboard; ①CPLD ②motor driver ③TULA.

의 TULA를 동작시킨다(그림 2-④). 이때, DC/DC converter는 주요 모듈들의 동작 과정에서 마스터 보드와 슬레이브 보드에 전력을 제공한다(그림 2-⑤).

햅틱 디스플레이 장치의 주요 모듈들 중 마스터 보드, 슬레이브 보드 및 TULA에 대한 세부적인 구성 및 기능은 다음과 같다. 첫 번째로, <그림 3>에 나타난 마스터 보드는 범용 PC부터 임베디드 시스템까지 많은 시스템에서 활용하기 위하여, 범용직렬버스(USB, Universal Serial Bus)를 사용하며, 이를 통해 수신된 데이터를 직렬통신 데이터로 변환하여 MCU에 입력할 수 있도록 UART를 사용한다. 그리고 MCU는 사전에 정의된 프로토콜(2절의 햅틱 디스플레이 제어 프로그램 참조)을 기반으로 입력된 데이터를 분석하여 각 슬레이브 보드에 전달할 제어신호를 분리하고, 이를 직렬 주변 장치 인터페이스(SPI, Serial Peripheral Interface)를 통해 각각의 슬레이브 보드에 전달한다. 두 번째로, <그림 4>에 보인 슬레이브 보드는 48개(24x2로 배열)의 TULA와 이를 제어하기 위한 24개의 초음파 모터드라이버(LT3572), 그리고 초음파 모터드라이버들을 제어하기 위한 CPLD 칩으로 구성된다. 슬레이브보드의

표 1. 모터제어 명령 테이블

Table 1. Motor-control instruction table.

Power	Direction	Motor Control
Off	Low	stop
Off	High	stop
On	Low	down
On	High	up

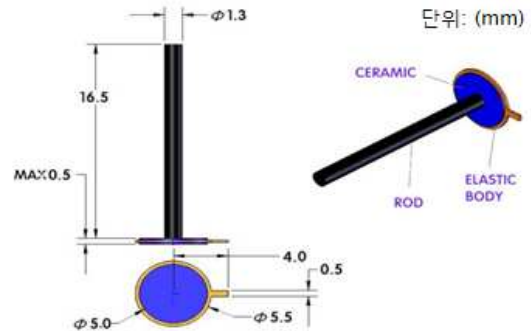


그림 5. TULA의 구성
Fig. 5. Construction of TULA.

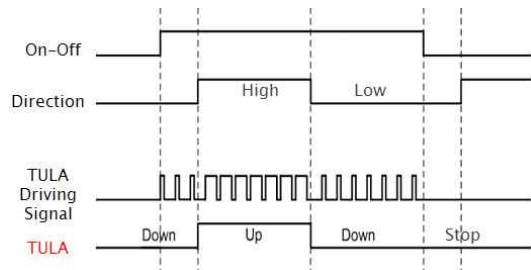


그림 6. 입력 신호의 파형에 따른 TULA의 동작
Fig. 6. TULA's behavior according to waveform of input signal.

CPLD는 마스터보드로부터 SPI를 통해 제어신호를 수신하고, 제어신호를 분석하여 24개의 초음파모터 드라이버에 모터 동작 신호를 전달한다. 이때, 각각의 초음파모터 드라이버는 2개의 TULA를 제어하며, <표 1>과 같은 모터 제어 명령을 통해 각각의 TULA에 대해 방향과 동작 상태를 결정한다. 마지막으로 시각장애인이 촉각을 통해 실제 감지하는 점자셀을 나타내는 TULA는 <그림 5>에 보인 바와 같이 구성되어 있으며^[10], <그림 6>과 같이 입력되는 신호의 파형에 따라 동작한다. TULA는 전압이 입력된 상태에서만 동작하며, 전압이 입력되지 않을 때에는 정지된 상태를 유지한다. 또한, TULA는 초음파모터 드라이버에서 발생시키는 방향(Direction) 및 반복적인 동작 신호(TULA Driving Signal)에 따라 상승 및 하강을 수행한다.

2. 햅틱 디스플레이 장치 제어 프로그램

제안한 햅틱 디스플레이 장치의 모든 모터들을 각각 제어하기 위하여 <표 2>와 같이 4개의 필드로 구성된 프로토콜을 정의하고, 이를 컴퓨터 프로그램으로 생성하여 장치에 전송한다. 먼저, 프로토콜 중 시점코드는 햅틱 디스플레이에 TULA에 대한 제어 명령코드가 입력될 것을 알린다. 다음으로 시점코드에 이어 입력되는 TULA의 제어 명령코드는 <표 3>에 보인 바와 같이 총 4가지의 아스키 코드로 구성된다. 먼저, 방향제어 명령어는 TULA의 운동방향을 제어하며, 입력되는 촉각 정보에 따라 상승 및 하강에 대한 제어 데이터를 생성하여 햅틱 디스플레이에 전달한다. 다음으로 선택적 동작 명령은 부분적으로 TULA의 동작을 제어하며, 이에 대한 제어 데이터는 이전에 출력된 TULA의 상태(상승 혹은 하강)와 현재의 방향 신호를 비교하여 동작할 TULA들만을 분류하여 생성한다. 이 때, 이전에 출력된 TULA의 상태는 TULA의 구조와 동일한 메모리 맵을 생성하고, 이에 방향에 대한 제어 데이터를 저장해 놓음으로써 알 수 있다. 또한, 모든 모터 상승 및 하강 명령어와 같은 경우는 TULA 전체에 동일한 방향과 동작 신호를 입력함으로써 추가적인 제어 데이터를 생성하지 않는다. 방향제어 명령과 선택적 동작 명령에 대한 제어 데이터는 4개의 TULA를 단위로 문자형으로 변환한 16진수로 생성한다. <표 4>는 제어 데이터를 생성하는

예를 보여주며, 방향 제어 명령과 선택적 동작 명령의 제어 데이터가 동일하면, 13번 및 15번 TULA는 상승 동작을 수행하고, 14번 및 16번 TULA는 하강 동작을 수행한다.

또한, 햅틱 디스플레이 장치 제어 프로그램은 앞서 제시한 프로토콜을 기반으로 장치를 제어함과 함께 시각장애인에게 전달할 문자 및 문장과 같은 입력정보는 한글 점자 규정^[11]을 바탕으로 자동 점역을 수행하여 촉각신호로 변환하고, 촉도와 같은 정보는 입력이 완료되는 시점에 촉각신호로 변환한다. 그리고 변환한 촉각 신호를 햅틱 디스플레이 장치에 전달하는 기능을 수행한다.

III. 실 험

본 논문에서 제안한 시스템의 성능을 검증하기 위하여 <그림 7>과 <그림 8>에 보인 바와 같이 햅틱 디스플레이 장치를 제어하기 위한 컴퓨터 프로그램을 구현하였다. 먼저, <그림 7>의 (a)는 구현한 햅틱 디스플레이 장치를 보여주고, (b)부터 (d)까지는 각각 햅틱 디스플레이의 상면, 전면, 측면에 대한 설계도를 보여준다. 그리고 실제 시각장애인이 정보를 인지하는데 사용하는 TULA 기반 점자셀은 총 432개로 다중배열(24x18) 형태로 구성되며, 점자셀 간에는 5mm의 간격을 가지고 2mm의 높이로 상승/하강 동작을 수행한다. 또한, 각각

표 2. 햅틱 디스플레이 제어 명령 구조
Table 2. Haptic display control instruction structure.

시점코드	명령코드	제어 데이터	종점코드
'>'	ASCII로된 명령코드	ASCII로 된 문자열 코드	'\n'

표 3. 햅틱 디스플레이 명령코드
Table 3. Haptic display instruction code.

명령	방향 제어	선택적 동작	모든 모터 상승	모든 모터 하강
ASCII	10	11	12	13
제어 데이터	O	O	X	X

표 4. 4개의 TULA에 대한 제어데이터의 생성 예
Table 4. Generative example of control data for 4 TULAs.

TULA 번호	13	14	15	16
ASCII	A			
제어데이터	1	0	1	0

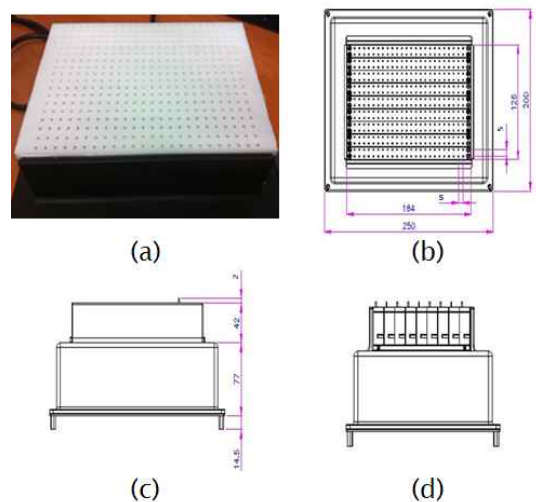


그림 7. 햅틱 디스플레이; (a)프로토타입 (b)상측도 (c)전면도 (d)측면도
Fig. 7. Haptic display; (a)prototype (b)upper plan (c)front plan (d)side plan.

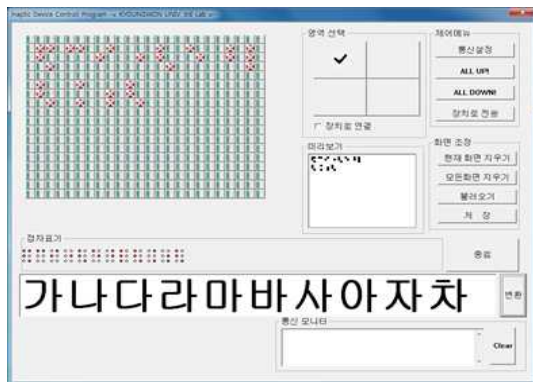


그림 8. 햅틱 디스플레이 장치 제어 프로그램
Fig. 8. Haptic display device control program.

의 TULA는 5만회 이상의 내구성과 10g.f(force gauge)의 자기유지력을 갖는다.

다음으로 <그림 8>에 나타난 햅틱 디스플레이를 제어하기 위한 프로그램은 Inter(R) core(TM)2 Duo @2.66GHz 2.67GHz CPU, 2 GBytes memory, 직렬포트 (Serial Port)와 USB 인터페이스를 가지는 컴퓨터 제어 하에서 Visual C++ 언어를 기반으로 구현하였다. 본 프로그램에서는 시각장애인에게 전달할 문자(장) 및 속도 정보들을 입력받고, 이를 햅틱 디스플레이 제어 프로토콜에 적합하게 촉각신호로 변환하여 장치에 전송하는 기능을 수행한다. 이 때, 점자와 같은 경우는 키보드를 통해 입력받은 후 자동으로 점역하여 촉각신호로 변환하고, 속도와 같은 경우는 마우스 혹은 그래픽 테블릿과 스타일러스 펜을 통해 입력이 완료되면 촉각신호로 변환한다.

구현한 햅틱 디스플레이 시스템의 성능 검증은 선천적 혹은 후천적인 시각장애를 가진 총 10인의 전맹인(시력이 전혀 없는 시각장애인)의 협조를 통해 진행하였다. 실험은 본 시스템을 통해 점자 및 속도 정보가 효율적으로 시각장애인들에게 전달되는지를 확인하기 위하여 기존의 출력장치들 및 제안한 햅틱 디스플레이 장치로 출력한 점자/속도에 대해 시각장애인의 인지율과 인지속도를 측정 및 비교하였다. 그리고 이와 함께 입력된 점자/속도 정보를 거의 실시간으로 촉각정보로 변환하여 출력이 가능한지를 검증하기 위해 햅틱 디스플레이의 출력속도를 측정하였다.

첫 번째 실험에서는 햅틱 디스플레이 장치와 점자정보단말기를 통해 한글의 음절표 중 일부인 “가나다라마바사아자차카파타하”(그림9-(a))를 점역(그림9-(b))하고 [12], 각 장치들을 통해 출력된 점자(그림9-(c), 그림

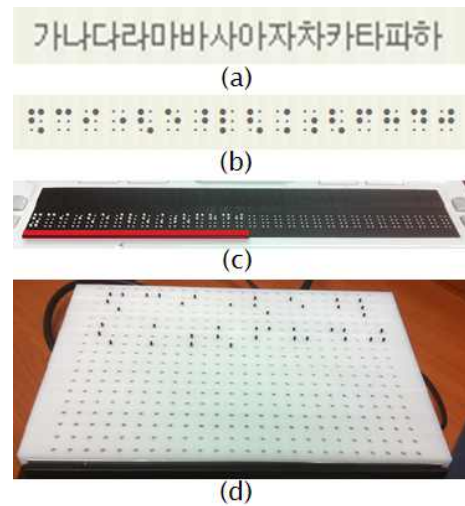


그림 9. 점자 점역 및 장치 출력;
(a)한글의 음절표 (b)음절표를 점역한 점자
(c)점자정보단말기 (d)햅틱 디스플레이
Fig. 9. Braille translation and device output; (a)Hangul's syllabary (b)translated braille from Hangul's syllabary (c)braille information instrument (d)haptic display.

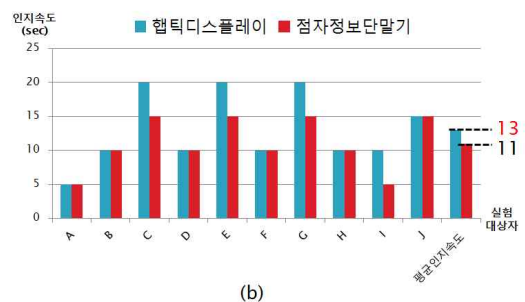
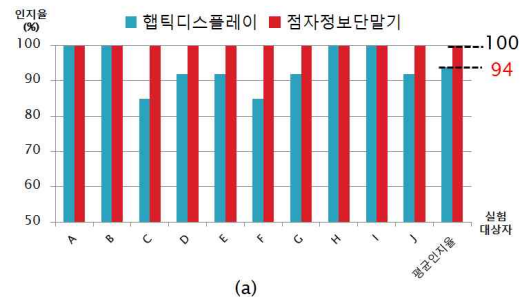


그림 10. 점자에 대한 인지율 및 인지속도 측정;
(a)인지율 (b)인지속도
Fig. 10. Measurement of recognition rate and speed for braille (a)recognition rate (b)recognition speed.

9-(d))에 대해 시각장애인들의 인지율 및 인지속도를 측정하였다. <그림 10>의 그래프들은 이에 대한 측정 결과를 보여준다. 그래프에서 점자에 대한 인지율은 다음의 수식(1)을 통해 측정된 결과를 나타내며

$$\text{인지율}(\%) = \frac{\text{인지한 문자의 개수}}{\text{출력된 문자의 총 개수}} \times 100 \quad (1)$$

인지속도는 햅틱 디스플레이 장치와 점자정보단말기로 출력된 점자들을 시각장애인이 인지하는데 소요한 총 시간을 5초 단위로 나누어 측정된 결과를 보여준다. 또한, 두 장치에 대한 인지속도는 다음의 수식(2)를 통하여 비교하였다.

$$E = \left[1 - \left(\frac{T_c - T_p}{T_p} \right) \right] \times 100 \quad (2)$$

수식(2)에서 T_c 와 T_p 는 각각 제안한 장치와 점자정보단말기로 정보를 인지하는데 소비된 시간을 나타내고, E 는 T_p 대비 T_c 의 인지속도를 비율로 나타낸다. 먼저, 두 장치를 통해 출력한 점자에 대한 시각장애인의 인지율을 나타내는 실험결과(그림 10-(a))에서는 점자정보단말기의 평균인지율이 100%인 것을 볼 수 있고, 제안한 장치에 대한 평균인지율이 94%임을 볼 수 있다. 이는 기존의 점자정보단말기와 같은 경우는 오랜 기간 동안 보급 되어 이를 통해 시각장애인들이 정보를 인지하는 것에 익숙한 반면에, 제안한 장치와 같은 경우는 현재 프로토타입으로 구현되어 있어 기존의 보편화된 장치보다는 점자셀 간의 간격이 크기 때문에 시각장애인의 인지율이 감소한 것이다. 마찬가지로 점자의 인지속도 또한 점자셀 간의 간격 차이로 인해, 제안한 장치를 통해 정보를 인지하는 시간(13초)이 점자정보단말기를 통해 정보를 인지하는 시간(11초)에 비해 평균적으로 약 2초 정도 더 요구되는 것을 실험결과(그림 10-(b))를 통하여 확인하였다. 이는 시각장애인들이 기존의 점자정보단말기로 점자를 인지하는 속도에 약 85%의 속도로 제안한 장치를 통해 점자 정보를 인지할 수 있음을 나타낸다.

두 번째 실험에서는 시각장애인들이 사물, 그림 및 그래프와 같이 구어와 점자로는 설명하기 어려운 정보들을 이해할 때 사용하는 촉도에 대해, 본 시스템과 점자프린터에 대한 시각장애인의 인지율 및 인지속도를 측정하였다. 먼저, <그림 11>과 <그림 12>는 각각 점자프린터와 제안한 햅틱 디스플레이를 이용하여 단순한 도형들과 1차원 및 2차원 그래프를 출력한 결과를 보여준다. <그림 11>과 <그림 12>에 보인 두 영상에서 각각의 장치를 통해 출력된 도형들과 그래프가 매우 흡사한 것을 볼 수 있으며, 실험에 참여한 총 10인의 시각장

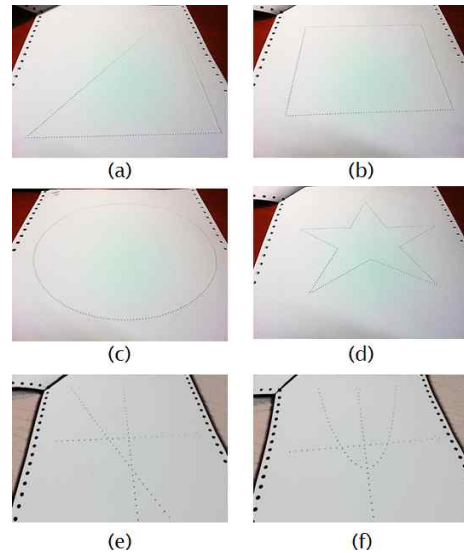


그림 11. 점자프린터를 이용한 촉도 출력; (a)삼각형 (b)사각형 (c)원 (d)별 (e)1차 그래프 (f)2차 그래프
Fig. 11. Tactual map output using braille printer; (a)triangle (b)quadrangle (c)circle (d)star (e)1-dimensional graph (f)2-dimensional graph.

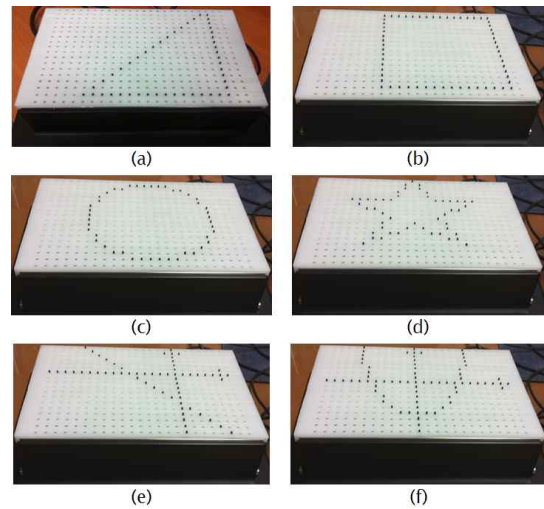


그림 12. 햅틱 디스플레이를 이용한 촉도 출력; (a)삼각형 (b)사각형 (c)원 (d)별 (e)1차 그래프 (f)2차 그래프
Fig. 12. Tactual map output using haptic display; (a)triangle (b)quadrangle (c)circle (d)star (e)1-dimensional graph (f)2-dimensional graph.

애인들은 이에 대한 정보를 모두 인지하였다. 다음으로 <그림 13>은 시각장애인들이 두 장치로 출력한 도형과 그래프들을 인지하는데 소요한 시간을 보여주며, 두 실험에서 측정된 평균 인지율과 평균 인지시간을 <표 5>에 나타내었다. 시각장애인들은 두 장치로 출력한 삼각형, 사각형 및 원과 같은 단순한 도형들에 대한 정보를 평균 3초 내외의 속도로 인지하여 두 장치 간에 유사한

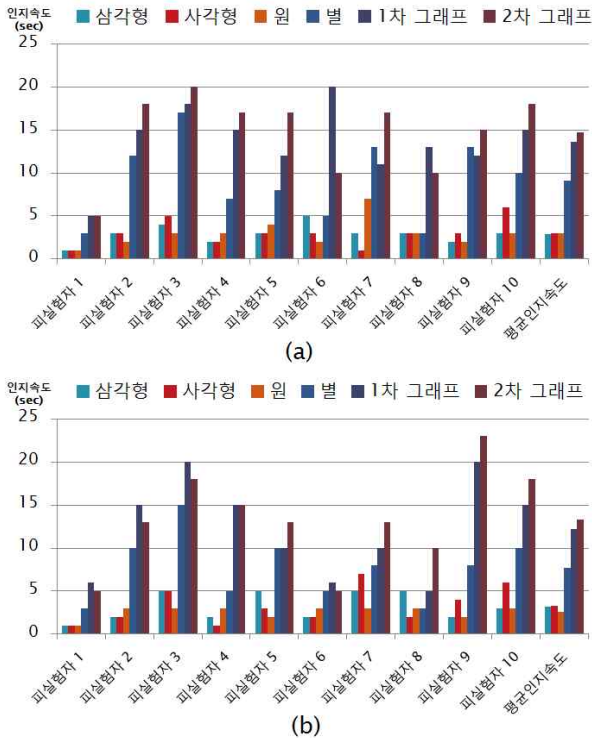


그림 13. 촉도에 대한 인지속도 측정;
 (a)점자프린터 (b)햅틱 디스플레이
 Fig. 13. Measurement of recognition rate and speed for tactual map: (a)braille printer (b)haptic display.

표 5. 촉도에 대한 장치별 평균 인지속도
 Table 5. Average recognition speed for tactual map.

점자프린터			햅틱 디스플레이		
항목	평균 인지율	평균인 지속도	항목	평균 인지율	평균인 지속도
삼각형	100	2.9	삼각형	100	3.2
사각형	100	3.0	사각형	100	3.3
원	100	3.0	원	100	2.6
별	100	9.1	별	100	7.7
1차 그래프	100	13.6	1차 그래프	100	12.2
2차 그래프	100	14.7	2차 그래프	100	13.3
전체	100	7.72	전체	100	7.05

결과가 나타났다. 그러나 이에 비해 비교적 복잡성을 가지는 별, 1차 및 2차 그래프에서는 점자프린터를 이용했을 때에 비해 제안한 장치를 통해 평균적으로 약 1 초에서 1.5초정도 빠르게 정보를 인지할 수 있음을 나타내는 결과를 보였다. 이는 실험 내에서 제안한 장치와 점자프린터로 유사한 크기의 도형 및 그래프를 출력하였고, 이를 시각장애인들이 인식할 때, 제안한 장치의 점자셀이 점자프린터의 출력물에 비해 약 1.5mm정도

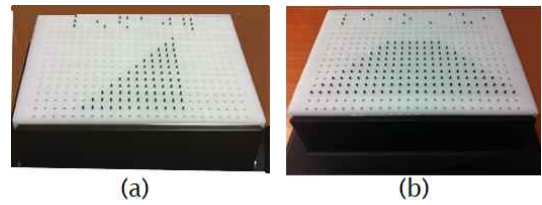


그림 14. 다양한 점자 및 촉도 출력 예;
 (a)삼각형 점자와 촉도 (b)사다리꼴 점자와 촉도
 Fig. 14. Example for various braille and tactual map; (a)braille and tactual map for triangle (b)braille and tactual map for trapezoid.

높기 때문에 촉도의 윤곽선에 대한 정보를 보다 명확하고 빠르게 인지할 수 있는 것으로 나타났다. 본 실험결과로부터는 시각장애인이 점자프린터의 출력물을 이용하는 것에 비해 제안한 장치를 이용하였을 때, 약 9% 정도 빠른 속도로 촉도 정보를 습득할 수 있음을 알 수 있었다.

마지막 실험에서는 제안한 장치의 출력속도를 측정하기 위하여 다양한 정보들을 반복적으로 재 출력하며 시간을 측정하였다. 이 때, 시간의 측정구간은 구현한 프로그램(그림 8)에 입력된 점자 및 촉도정보를 촉각신호로 변환하는 시점부터 장치를 통해 출력이 완료되는 시점까지로 설정하였다. 본 실험에서 앞서 제시한 실험 영상들과 <그림 14>에 보인 바와 같이 점자 및 촉도를 함께 포함하는 정보들을 10회 이상 반복적으로 재 출력하며 제안한 장치의 출력시간을 측정하였을 때, 평균적으로 약 0.8초부터 1.1초 이내에 점자 및 촉도정보를 모두 출력할 수 있음을 확인하였다. 이는 시각장애인들이 일반적으로 다수의 점자 및 촉도 한 장을 인식하는데 걸리는 시간에 비추어 봤을 때 제안한 햅틱 디스플레이가 다양한 점자 및 촉도 정보를 거의 실시간으로 촉각 정보로 변환하여 제공할 수 있음을 의미한다.

결과적으로 본 논문에서 제안한 햅틱 디스플레이 시스템은 기존의 점자에 국한된 점자정보단말기의 제한된 출력 기능과 촉도를 출력하는데 많은 시간과 비용을 필요로 하는 점자프린터의 단점을 보완할 수 있었으며, 이를 기반으로 시각장애인에게 점자 및 촉도 정보를 촉각정보로 변환하여 실시간으로 전달할 수 있었다.

IV. 결 론

본 논문에서는 시각장애인에게 실시간으로 점자 및 촉도를 제공하기 위한 햅틱 디스플레이 시스템을 제안

하였다. 햅틱 디스플레이 시스템은 크게 햅틱 디스플레이 장치와 이를 제어하기 위한 햅틱 디스플레이 제어 프로그램으로 나뉜다. 햅틱 디스플레이 장치는 점자와 함께 촉도를 제공하기 위해 TULA 기반의 다중배열 점자셀로 구성되어 있으며, 이를 기반으로 제어 프로그램으로부터 촉각신호를 입력 받아 시각장애인이 인지할 수 있는 촉각정보로 출력한다. 햅틱 디스플레이 제어 프로그램에서는 사용자가 입력한 점자 및 촉도정보를 정의한 프로토콜에 따라 촉각신호로 변환하고 이를 햅틱 디스플레이 장치에 전송하는 기능을 수행한다. 실험 결과에서는 제안한 시스템으로 시각장애인들이 기존의 장치들과 유사하게 정보를 인지할 수 있음을 확인하였고, 특히 점자를 포함한 촉도 정보를 입력받아 실시간으로 촉각정보로 변환하여 시각장애인들에게 전달함으로써, 그 성능이 매우 효과적임을 보여주었다.

따라서 제안한 햅틱 디스플레이 시스템을 통해 시각장애인들은 다양한 시각적인 정보와 그림을 포함하는 문서적인 지식들을 현재보다 편리하며, 실시간적으로 습득할 수 있을 것으로 예상된다. 다만, 본 논문에서 제시한 현재의 햅틱 디스플레이 시스템은 프로토타입으로써, 시각장애인에게 보다 효과적으로 정보를 전달하기 위하여 추후에는 점자셀의 해상도를 높임과 함께 점자셀의 촉감 및 간격 등을 보편화된 시각장애인의 정보인지특성을 고려하여 설계 및 구현을 진행할 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] 한국보건사회연구원, “2005년도 장애인 실태조사,” 보건복지가족부, 2006년
- [2] 박영숙, 방귀희, 손연숙, “장애인복지의 이해,” 동인, 2008년
- [3] Merabet LB, Hamilton R, Schlaug G, Swisher JD, Kiriakopoulos ET, Pitskel NB, Kauffman T, and Pascual-Leone A, “Rapid and Reversible Recruitment of Early Visual Cortex for Touch,” PLoS ONE, Vol. 3, Issue 8, e3046, August 2008.
- [4] 박인정, 박덕제, “RFID를 이용한 시각장애인 횡단 보도 보행안내 시스템에 관한 연구,” 대한전자공학회, 제47권 CI편 제6호, 124-130쪽, 2010년 11월.
- [5] 강준희, 안성수, 김진영, “시각장애인을 위한 RFID 의약품 음성안내 단말기 개발,” 대한전자공학회, 제47권, IE편, 제3호, 19-25쪽, 2010년 9월.
- [6] 김민경, 금요찬, 박용찬, “주거 공간 계획을 위한 시각장애인의 행위에 따른 동작특성에 관한 연구,” 한국실내디자인학회논문집, 제15권, 제2호, 99-107쪽, 2006년 4월
- [7] 구양회, 정무용 “시각장애인의 공간지각, 인지특성과 Wayfinding 측면을 고려한 건축계획에 관한 연구,” 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 제23권, 제2호, 303-306쪽, 2003년 11월
- [8] 이근민, 김인서, “장애인 컴퓨터 대체접근의 현황, 전망, 그리고 활성화 방안에 대한 연구,” 한국지체부자유아교육학회, 제41권, 221-252쪽, 2003년
- [9] <http://www.himskorea.co.kr>
- [10] <http://www.piezo-tech.com/product/ultrasonic.asp>
- [11] 한국점자연구위원회, 국립국어원, “한글 점자 규정,” 문화체육관광부, 2006년
- [12] <http://www.braillekorea.org:8001/test.asp>

저 자 소 개



정 정 일(준회원)

2009년 경원대학교 전자거래학과 학사 졸업.

현재 경원대학교 전자계산학과 석사과정.

<주관심분야 : 시각장애인 보조공학기기, 영상처리, 3D 그래픽스, 멀티미디어>



조 진 수(정회원)-교신저자

1994년 인하대학교 전자공학과 (공학사) 졸업.

1998년 Columbia University 전자공학과(공학석사) 졸업.

2003년 Georgia Institute of Technology 전자공학과 (공학박사) 졸업.

2001년~2002년 EG Technology Inc. Software Engineer

2004년~2006년 삼성전자 책임연구원

2006년~현재 경원대학교 컴퓨터공학과 조교수
<주관심분야 : 시각장애인 보조공학기기, 영상처리, 신호처리, 3D 그래픽스, 멀티미디어>