

## 시각장애인의 길 탐색을 위한 대화형 인터랙티브 촉각 지도 개발

### A Conversational Interactive Tactile Map for the Visually Impaired

이예린<sup>1</sup> · 이동명<sup>2</sup> · 루이스 카바조스 케로<sup>3</sup> ·  
호르헤 이란조 바르톨로메<sup>4</sup> · 조준동<sup>5</sup> · 이상원<sup>6†</sup>  
Yerin Lee<sup>1</sup> · Dongmyeong Lee<sup>2</sup> · Luis Cavazos Quero<sup>3</sup> ·  
Jorge Iranzo Bartolomé<sup>4</sup> · Jundong Cho<sup>5</sup> · Sangwon Lee<sup>6†</sup>

#### Abstract

Visually impaired people use tactile maps to get spatial information about their surrounding environment, find their way, and improve their independent mobility. However, classical tactile maps that make use of braille to describe the location within the map have several limitations, such as the lack of information due to constraints on space and limited feedback possibilities. This study describes the development of a new multi-modal interactive tactile map interface that addresses the challenges of tactile maps to improve the usability and independence of visually impaired people when using tactile maps. This interface adds touch gesture recognition to the surface of tactile maps and enables the users to verbally interact with a voice agent to receive feedback and information about navigation routes and points of interest. A low-cost prototype was developed to conduct usability tests that evaluated the interface through a survey and interview given to blind participants after using the prototype. The test results show that this interactive tactile map prototype provides improved usability for people over traditional tactile maps that use braille only. Participants reported that it was easier to find the starting point and points of interest they wished to navigate to with the prototype. Also, it improved self-reported independence and confidence compared with traditional tactile maps. Future work includes further development of the mobility solution based on the feedback received and an extensive quantitative study.

**Key words:** Accessibility, Navigation, Tactile Map, Vision Impairment, Voice Interaction

#### 요약

시각장애인들에게는 길 찾기 및 탐색이 어려운 과제이기 때문에, 이들의 독립적이고 자율적인 이동성 향상에 대한 연구가 필요하다. 그러나 기존의 점자 촉각 지도는 여러 문제점을 가지고 있다. 이를 해결하기 위해 기술의 발달과 함께 촉각 지도에 다른 인터랙션 방식을 더하려는 시도들이 존재해왔다. 본 연구는 이러한 흐름 속에서 새로운 대화형 인터랙티브 촉각 지도 인터페이스를 개발하였다. 촉각 탐색을 하는 동안 사용자의 터치를 인식하여 음성 피드백을 제공하며, 사용자가 음성 에이전트와 대화를 나눌 수 있고 이를 통해 관심 지점에 대한 정보나 경로 안내를 받을

※ 이 논문은 2018년도 연구재단 과학기술인문융합연구사업의 지원을 받아 수행된 연구임(2018M3C1B6061353).

<sup>1</sup> 이예린: 성균관대학교 인터랙션사이언스학과 석사과정

<sup>2</sup> 이동명: 성균관대학교 휴먼ICT융합학과 석사과정

<sup>3</sup> 루이스 카바조스 케로: 성균관대학교 전기전자컴퓨터공학과 박사과정

<sup>4</sup> 호르헤 이란조 바르톨로메: 성균관대학교 전기전자컴퓨터공학과 박사과정

<sup>5</sup> 조준동: 성균관대학교 휴먼ICT융합학과 교수

<sup>6†</sup> (교신저자) 이상원: 성균관대학교 인터랙션사이언스학과 부교수 / E-mail: [upcircle@skku.edu](mailto:upcircle@skku.edu) / TEL: 02-740-1865

수 있다. 사용성 테스트를 진행하기 위해 프로토타입을 제작하였으며, 실제 시각장애인들을 대상으로 프로토타입 사용 후 설문 및 인터뷰를 통한 실험을 진행하였다. 점자를 사용한 기존 촉각 지도보다 본 연구에서 제작된 인터랙티브 촉각 지도 프로토타입이 시각장애인들에게 더욱 높은 사용성을 제공하였다. 시각장애인들은 본 연구의 프로토타입을 사용했을 때 더 빨리 시작 지점 및 관심 지점을 찾을 수 있었고 더 높은 독립성 및 확신을 가질 수 있었다고 보고하였다. 본 연구는 시각장애인의 지도 이용 및 경험을 향상시킬 수 있는 새로운 촉각 지도 인터페이스를 제시하였다. 실험에서 프로토타입의 개선 방향에 대한 다양한 피드백을 받을 수 있었다. 아직 개발 단계에 있기 때문에, 이를 반영한 후속 연구를 통해 이를 더욱 발전시킬 수 있을 것이다.

**주제어:** 길 탐색, 시각 장애, 음성 상호작용, 접근성, 촉각 지도

## 1. 서론

길 찾기 및 이동은 시각장애인에게 어려운 과업 중 하나인데 (Gaunet & Briffault, 2005), 때문에 촉각 지도가 시각장애인이 낯선 공간에서도 타인의 도움 없이 스스로 탐색할 수 있도록 이동성을 향상시키는 데에 이용된다 (Espinosa et al., 1998). 시각장애인들이 길을 찾고 공간능력을 기르는 데에 촉각 지도가 단기적 및 장기적으로 도움이 된다 (Ungar et al., 1993).

그러나 점자를 사용하는 기존의 촉각 지도는 사용자의 지각 부하를 유발하는 등의 여러 단점을 가지고 있다 (Jacobson, 1996). 시각장애인의 공간 탐색을 더욱 용이하게 하기 위해 기존의 촉각 지도에 새로운 형태의 인터랙션을 더해 시각장애인의 공간 탐색 및 이동성 확보를 증진시키려는 연구들이 있어왔다. 3D 모델링을 이용하거나 (Rossetti et al., 2018; Holloway et al., 2018), 사용자의 움직임 인식 후 오디오 인터랙션을 통해 정보 등을 제공하는 (Holloway et al., 2018; Brock et al., 2015) 등의 연구가 진행되었다.

본 연구는 대화형 인터랙티브 촉각 지도 및 모바일 애플리케이션을 개발하여 시각장애인의 방향성과 이동성을 향상시키고자 하였다. 저비용의 아크릴 시트와 레이저 커팅 기술을 이용하여 촉각 지도를 제작하였다. 제작된 촉각 지도는 센서를 이용하여 촉각 탐색을 하는 동안 사용자의 터치 제스처와 위치를 식별하여 피드백을 제공할 수 있다. 또한 사용자는 모바일 디바이스를 통해 음성 에이전트와 대화를 나눌 수 있는데, 이를 통해 관심 지점에 대한 정보나 경로 안내를 피드백과 함께 받을 수 있다. 이러한 음성 인터랙

션이 시각장애인의 독립적인 공간 탐색에 도움을 줄 수 있을 것이다.

연구의 순서는 다음과 같다. 첫째, 문헌 조사를 통해 기존 촉각 지도의 문제점을 해결하기 위해 어떠한 연구들이 이루어졌는지를 먼저 조사한 뒤, 시각장애인을 대상으로 인터뷰를 진행하여 촉각 지도를 사용할 때의 불편한 점에 대해 알아보았다. 둘째, 이를 바탕으로 시각장애인을 위한 대화형 인터랙티브 촉각 지도를 디자인 및 개발하였다. 사용자는 지도를 탐색하는 동안 음성 에이전트와 대화하며 관심 지점에 대한 정보 및 가는 방법에 대한 음성 설명을 들 수 있다. 셋째, 시각장애인을 대상으로 개발된 프로토타입에 대한 평가 테스트를 진행하였다. 점자 지도와 인터랙티브 지도를 비교하는 실험을 진행하였으며, 피험자는 두 가지 지도에 대한 자유 탐색을 한 뒤 사용성과 독립성, 확신과 관련된 설문에 응답하였다. 실험 결과를 통해 개선할 점을 도출하였다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1. 촉각 지도의 지각

촉각 지도는 시각장애인에게 공간에 대한 전반적인 지식을 제공하지만, 사용자가 스스로 촉각 정보를 통합해야 한다 (Jacobson, 1996). 또한 촉각을 통한 물체 인식은 분할되어 있고 순차적이기 때문에 많은 인지 자원을 필요로 한다 (Hatwell et al., 2003). 점자와 비슷한 높이로 돌출시킨 벽선만을 만져서 공간을 완전

히 지각하기는 쉽지 않다. 사용자가 공간감을 느끼기 어렵고, 관심 지점을 찾기도 어렵다. 뿐만 아니라 현행 촉각 지도에 이용되는 픽토그램은 통일성이 결여된 추상적 기호가 대부분이다 (Lee & Hwang, 2014).

촉각 지도 이용에 있어 인지 부하를 더하는 또 다른 요인은 점자로 제시되는 범례이다. 점자를 읽지 못하는 시각장애인들에게는 점자로 제공되는 정보가 아무런 의미가 없다. 뿐만 아니라 텍스트를 대체하는 점자는 많은 공간을 차지 하기 때문에, 별도로 짧은 점자를 이용하여 범례를 제시하는 것이 일반적이다 (Holloway et al., 2018). 때문에 시각장애인은 더 많은 인지 자원을 소모해 지도와 범례 사이에서 주의를 이동시키며 기억해야 한다 (Rice et al., 2005). 때문에 복잡하거나 규모가 큰 공간의 경우 모든 정보를 다 표시할 수 없다. 필요한 정보만을 포함해야 하기 때문에 (Oh, 2013; Kim & Chung, 2018) 촉각 지도를 제작하는 것이 쉽지 않다 (Hatwell & Martinez-Sarrochi, 2003). 지나치게 많은 정보를 포함하는 점자 지도는 인지가 어렵고 지각 부하를 초래한다 (Jacobson, 1996).

## 2.2. 촉각 지도와 음성 인터랙션

오디오 정보는 공간 지각에 중요한 역할을 한다. 촉각과는 달리 직접 접촉하지 않아도 지각할 수 있기 때문에, 다양한 환경에서 이용될 수 있다 (Jacobson, 1996). 촉각과 청각은 둘 다 공간 정보를 나타냄과 동시에 상호보완적으로 사용될 수 있다 (Rice et al., 2005). 예를 들어, 점자 범례를 음성으로 대신할 수 있다 (Brock et al., 2012). 촉각 지도에 음성 등의 새로운 형태의 인터랙션을 더해 인터페이스를 개발 혹은 제작한 선행 연구들이 있는지 살펴보기 위해 문헌 조사를 진행하였다.

Rossetti et al. (2018)은 시각장애인을 위한 문화유산 설명 인터랙티브 3D 모델을 개발하였다. 특정 문화유산을 3D 모델링으로 제작하고, 촉각과 오디오 설명을 이용하여 시각장애인으로 하여금 예술 및 건축 관련 문화에 대해 더 많은 접근성을 가질 수 있게하고자 하였다. 사용자는 버튼을 누름으로써 건축물에 대한 묘사나 역사적 배경 등의 오디오 설명을 들 수 있다. 시각장애인 8명을 대상으로 테스트를 진행하였

고, 청각 정보가 상호작용적이고 자율적인 탐색에 적합하다는 결론을 이끌어내었다.

LucentMaps는 3D 프린팅을 이용한 촉각 지도인데, 태블릿 PC 및 스마트폰과 연결하여 청각 뿐만 아니라 시각 피드백 또한 제공할 수 있는 촉각 지도 인터페이스를 제시하였다 (Götzelmann, 2016). 이와 비슷하게, SpaceSense는 스마트폰에 진동 모터를 부착하여 나아가야 할 방향에 진동을 줌과 동시에 가야 할 방향 및 거리에 대한 음성 피드백을 사용자에게 제공한다 (Yatani et al., 2012).

Brock et al. (2015) 역시 인터랙티브 지도를 통해 촉각 지도의 한계를 극복하고자 하였다. 기존 시각장애이용 촉각 지도의 점자를 음성으로 대체해 효율성과 만족을 크게 향상시켰다. 즉, 인터랙티브 지도로 공간 정보를 학습하면 더욱 짧은 시간이 소요될 뿐만 아니라, 인터랙션이 쉽고 범례가 불필요해 점자보다 음성이 선호된다. 많은 시각장애인들이 점자를 읽지 못 하는데 점자 대신 음성 정보를 사용함으로써 이러한 문제도 해결할 수 있다. 이러한 인터랙티브 지도는 사용자로 하여금 장소에 대한 심적 표상을 더욱 잘 떠올릴 수 있게 한다.

## 3. 현행 촉각 지도의 문제점 분석

### 3.1. 파일럿 인터뷰

이러한 이론적 배경 위에서, 본 연구는 실제 시각장애인들이 촉각 지도를 이용하면서 느꼈던 점들을 살펴보기 위해 질적 인터뷰를 진행하였다. 기존에 촉각 지도를 사용해 본 경험이 있는 다섯 명의 선천적 전맹 시각장애인을 대상으로 하였으며, 24세부터 42세까지 분포하였다. 평균연령은 32.6세(SD = 7.98)이었으며, 남자 3명과 여자 2명으로 이루어졌다.

기존의 길 찾기 및 이동 경험 및 촉각 지도 이용 경험에 관하여 반정형적 인터뷰를 진행하고 답변을 수집하였다. 인터뷰의 진행이 구조화되어 있지 않았기 때문에 제약 없이 넓은 범위에서 대답을 이끌어낼 수 있었다. 실험 중의 응답 내용은 녹취한 뒤 타이핑하여 문서화하였다.

### 3.2. 조사 결과

작성된 인터뷰 답변 데이터를 기반으로, 기존 촉각 지도의 문제점을 총 7개의 항목으로 정리하였다.

Table 1. Pilot interview results

번호	항목
1	촉각 지도의 위치 파악이 어려움
2	촉각 지도가 있는지 여부를 알기 어려움
3	점자를 해석하면서 지도를 전부 탐색하는 시간이 오래 걸림
4	공간의 문제로 지도 내에 생략되는 정보가 많음
5	지도 내에서 현재 위치 및 관심 지점을 찾기 어려움
6	지도 내에서 관심 지점을 맞게 찾았는지 확인이 어려움
7	지도를 탐색한 이후 거리와 방향 등을 기억해서 실제 장소로 찾아가기가 어려움

이 중 촉각 지도 자체의 인터페이스로 문제 해결이 어렵다고 여겨지는 1, 2번은 제외하고 나머지 다섯 항목에 대하여 문제를 해결할 수 있는 새로운 형태의 시각장애인을 위한 촉각 지도 인터페이스를 개발하고자 하였다.

## 4. 대화형 인터랙티브 촉각 지도

### 4.1. 인터페이스 개념 개발

이어서, 이론적 배경에서는 우리는 촉각 지도에 3D 프린팅을 사용하여 접근성을 향상시키는 선행 연구들이 많았음을 보고하였다. 3D 프린팅을 이용해 제작된 촉각 지도는 분명히 이점을 가지고 있지만, 본 연구는 3D 프린팅이 아닌 아크릴 시트와 레이저 커터를 사용하여 촉각 지도를 개발하고자 하였다. 이는 낮은 비용과 빠른 개발을 위함이다. 대부분의 시각장애인은 돌출된 선을 이용한 기존 촉각 지도의 사용에 익숙하기 때문에 사용법을 익히기 쉬울 것이라고 예상하였다 (Brock et al., 2012).

뿐만 아니라 본 연구는 더욱 자연스러운 음성 인터랙션을 위해 단순히 음성으로 정보를 듣는 것을 넘어

대화가 가능한 음성 에이전트를 이용하고자 한다. 촉각 지도에 기술적으로 청각을 결합한 선행 연구들은 대부분 아웃풋을 음성으로 대체하는데에 그치고 있다. 그러나 앞에서 언급되었듯, 촉각을 이용한 탐색은 많은 인지 자원을 필요로 하고 더 긴 시간을 필요로 한다 (Hatwell et al., 2003). 실제 대화와 비슷한 음성 인터랙션을 이용한다면 촉각을 이용한 탐색의 한계를 넘을 수 있을 것이라고 가정하였다. 앞서 진행한 파일럿 인터뷰에서 시각장애인들이 촉각 지도의 문제점이라고 언급하였던 3번 문항의 경우 음성 인터랙션 방식을 도입하면서 해결할 수 있다.

### 4.2. 프로토타입 디자인

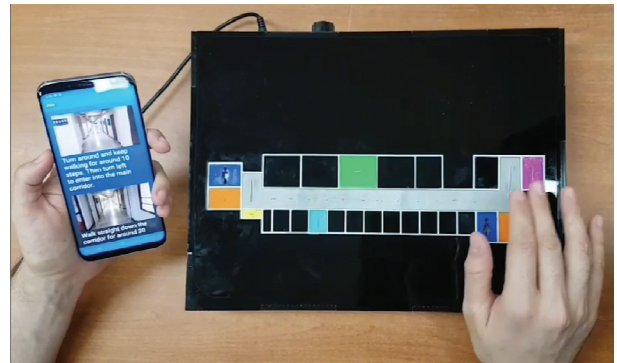


Fig. 1. Conversational interactive tactile map prototype

본 인터페이스는 터치 인식 촉각 지도와 모바일 어플리케이션으로 구성되어 있다. 공공장소에서 볼 수 있는 대부분의 촉각 지도는 내구성을 높이기 위해 금속이나 다른 단단한 재료로 만들어진다. 반면에 본 연구는 상대적으로 저가의 재료를 사용하여 프로토타입을 제작하였는데, 저가의 아크릴 시트에 레이저 커팅 방식을 이용하여 큰 틀을 제작하였다. 아직 개발의 초기 단계에 있기 때문에, 이러한 방식으로 비용을 절감할 수 있을 뿐만 아니라 피드백을 통해 얻은 변경 사항과 개선 사항을 유연하고 즉각적으로 반영할 수 있다. 뿐만 아니라 쉽게 다른 장소로 운반할 수 있다는 이점이 있다. 보통 촉각 지도는 간단히 몇 분동안 서서 이용할 수 있도록 제작되지만, 우리는 의자에 앉은 편안한 자세에서 프로토타입을 테스트할 수 있도록 하기 위해 테이블 위에 놓을 수 있는 크기로 제작하였다.



상단에는 아크릴로 제작된 촉각 지도가 자리한다. 본 지도는 직사각형 교실, 사무실, 화장실, 계단, 휴게실, 복도 등이 위치하는 대학교 건물의 한 층을 나타내고 있다. 3D 모델링 방식을 이용한 다른 연구들과 다르게(Lee et al., 2016; Rossetti et al., 2018; Holloway et al., 2018), 3D 모델링이 크게 효과적이지 않은 실내 환경을 위한 촉각 지도를 제작하기로 하였다. 각 경계선은 2mm의 높이 및 1.5mm의 두께로 제작되었다. 밝은 색의 전도성 페인트를 이용해 각 영역을 칠함으로써 전맹이 아닌 저시력자가 형체를 구별할 수 있도록 하였다 (Lee et al., 2016). 지도는 필요에 따라 탈부착이 가능하기 때문에 다양한 형태의 지도를 테스트할 수 있다.

지도 아래에는 촉각 지도의 센서와 케이블로 연결된 오드로이드(Odroid) 단일 보드 컴퓨터가 존재한다. 사용자가 지도 위를 터치하면 오드로이드는 터치 제스처와 위치를 감지한다. 이를 이용해 음성 대화 인터랙션을 제공한다. 이를 위해 삼성전자의 음성인식 인공지능 비서 빅스비(Bixby)를 활용하여 자연어 처리를 기반으로한 음성인식 서비스를 제공할 수 있도록 하였다. 사용자는 빅스비에게 구두로 질문을 할 수 있다. 빅스비는 이를 디코딩하고, 오드로이드에 저장된 터치 위치 및 제스처 정보를 사용하여 질문에 대한 대답을 제시한다.

### 4.3. 사용자 인터페이스 및 기능

프로토타입은 크게 세 가지 기능을 포함하고 있다. 사용자는 지도 위에서 손가락이 위치한 곳에 대한 정보를 얻을 수 있고, 현재 위치에서 관심 지점까지의 단계별 경로 안내를 받을 수 있다. 이후 음성 안내를 핸드폰으로 옮겨 그 장소까지 걸어가는 데에 사용할 수 있다. 자세한 내용은 다음과 같다.

첫째, 모든 기능은 다른 음성 명령어와 질문을 통해 활성화된다. 가장 먼저 사용자가 지도 위를 두 번 터치함으로써 인터페이스가 위치를 인식한다. 사용자가 음성으로 "여기 뭐야?"와 같은 질문을 함으로써 터치한 지점에 대한 정보를 얻을 수 있다. 또한 "이곳 근처에 뭐가 있어?"라는 질문을 함으로써 지도 내에 어퍼

한 것들이 나열되어 있는지 알 수 있다. 음성으로 정보를 제공받기 때문에 점자를 해석할 필요가 없어 점자를 읽지 못 하는 시각장애인도 사용할 수 있다. 뿐만 아니라 앞서 논의된 기존 점자 지도의 문제점 중 하나가 지도 내에 많은 정보를 넣을 수 없다는 것인데, 이 역시도 음성으로 관련 정보를 제공함으로써 해결할 수 있다.

둘째, 관심 지점에 가는 방법을 알기 위해서는 "(관심 지점 이름)가 어디야?"라는 질문을 할 수 있다. 대답에 맞게 손가락을 움직인 후, "여기 맞아?" 라고 물어봄으로써 사용자가 터치한 부분이 관심 지점의 위치가 맞는지 확인할 수 있다. "(관심 지점 이름)로 가이드를 해줘."라는 질문을 통해 관심 지점까지 이동하는 방법에 대한 단계별 경로 안내를 받을 수도 있다. 경로 안내를 들은 후 지도 상에서 위치를 파악하는 과정에서는 "계속"이라고 에이전트에게 이야기함으로써 다음 안내를 받을 수 있다. 이러한 확인 절차와 피드백을 통해 사용자는 더욱 확신을 가지고 지도 상에서 경로 탐색을 할 수 있다.

셋째, 사용자는 "가는 방법을 핸드폰으로 보내줘." 라고 말함으로써 안내를 요청한 관심 지점에 도달하기까지의 경로 음성 안내를 본인의 핸드폰에 전송받을 수 있다. 사용자는 경로를 기억하지 않아도 실제 위치까지 이동할 수 있다. 이를 통해 시각장애인의 인지 부담을 줄일 수 있다.

Table 2는 사용자가 인터랙티브 촉각 지도와 음성으로 인터랙션하며 사용할 수 있는 음성 명령어를 정리한 것이다.

Table 2. List of voice commands

번호	음성 명령어
1	이거 뭐야?
2	여기 근처에 (관심 지점 이름)가 있어?
3	(관심 지점 이름)가 어디야?
4	(관심 지점 이름)로 가이드를 해 줘.
5	계속.
6	여기 맞아?
7	가는 방법을 핸드폰으로 보내 줘.

## 5. 사용자 평가

### 5.1. 개요

기존 촉각 지도와 본 연구에서 제작된 프로토타입 인터페이스를 비교하여 평가하기 위해 시각장애인을 대상으로 실험을 진행하였다. 시각장애인이 기존 촉각 지도와 프로토타입에 대해 느끼는 사용성을 비교하고, 프로토타입에 대해 피드백을 얻기 위한 설문을 진행하였다. 현행 촉각 지도와 비교하기 위해 프로토타입의 지도 공간 정보 형태와 동일한 점자 지도를 점자 프린터를 이용하여 제작하였다.

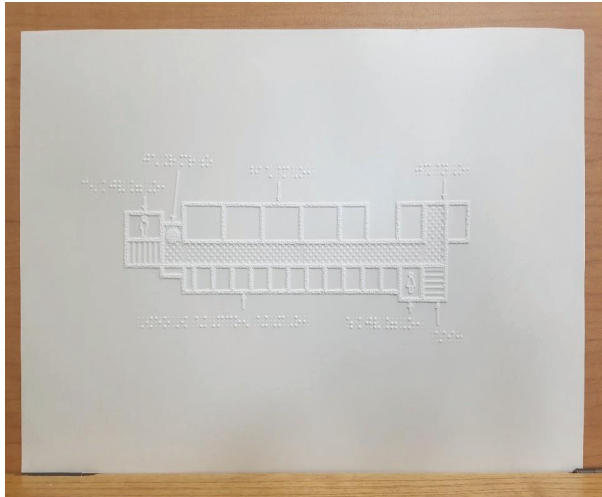


Fig. 2. Printed tactile map with braille (used in the test)

시각장애인은 두 가지 조건의 지도를 모두 탐색한 뒤 설문 및 정성적 인터뷰에 응답하였다. 설문은 사용성 및 독립성, 확신에 관한 문항들로 구성되었으며, 인터뷰는 과업에 관한 반정형적 인터뷰 형식으로 진행되었다. 실제 실내외 공간에서의 보행은 포함하지 않았다. 본 연구의 모든 절차는 성균관대학교 생명윤리위원회(IRB)의 승인을 받고 이루어졌다.

### 5.2. 피실험자

실험에는 총 8명의 시각장애인이 참가하였다. 피험자 모집은 실로암 시각장애인복지관을 통해 이루어졌다. 실험 참가자의 연령은 17세에서 35세까지 분포되

었고, 3명의 여성과 5명의 남성으로 이루어졌다. 평균 연령은 23.25(SD = 5.42)세이었다. 피험자 중 3명은 전맹이고, 5명은 뚜렷한 색과 큰 형태만 희미하게 인지할 수 있는 정도의 시력을 가지고 있었다. 모든 피험자는 점자를 읽을 줄 알고, 한 번 이상 기존의 촉각 지도 이용 경험이 있다고 응답하였다.

### 5.3. 실험 절차

가장 먼저 기존의 촉각 지도 이용 경험에 대한 질문에 응답하게 된다. 피험자가 평소 피험자가 촉각 지도에 대해 가지고 있는 인상이나 경험에 대해 응답한 이후, 프로토타입의 기능을 익히기 위해 기능, 사용 방식 및 명령어에 대한 설명이 이루어졌다.

이후 피험자는 점자 촉각 지도와 프로토타입 두 가지 조건에서 지도를 탐색하는 과업을 수행한다. 피험자는 지도 및 시행할 과업에 대한 설명을 들은 후 과업을 수행하게 된다. 피험자가 두 가지 지도를 탐색하는 과정에서 앞서 사용한 지도에 대한 지식이 이후 다른 조건의 수행에 영향을 미칠 수 있기 때문에 조건을 접하는 순서는 임의로 지정하였다. 지도와 상호 작용 하는 동안 피험자에게 제시된 과업의 목록은 다음과 같다. 문헌 조사를 통해 발견한 기존 촉각 지도의 사용상 어려움과 프로토타입의 기능을 고려하여 지정되었다.

- 지도 상에서 현재 위치 찾기 (시작지점 특정)
- 지도 상에서 여자화장실 및 계단의 위치 찾기 (관심지점 특정)
- 시작 지점에서 휴게실까지 가는 경로를 구두로 보고하기 (경로 탐색)

과제를 수행한 뒤 자유 탐색 또한 진행하도록 하였다. 정해진 시간 없이 자유롭게 지도를 이용할 수 있게 하였으며, 이 과정에서 피험자는 본인이 느끼는 어려움이나 떠오르는 인상 등을 그때그때 자유롭게 보고하도록 전달받았다.

지도 탐색이 종료되면 피험자는 총 12개의 항목으로 구성된 설문에 응답한다. 시각장애인들이 해당 지도를 사용하며 느끼는 사용성을 측정하기 위해

System Usability Scale을 한글로 번역하여 사용하였다. System Usability Scale은 특정 제품의 전반적 사용성에 대한 주관적 평가를 수치화하여 비교할 수 있도록 한다 (Brooke, 1996). 기존의 System Usability Scale은 10개의 항목으로 구성되어 있는데, 여기에 독립성과 확신에 관련된 두 가지 문항을 추가하였다. 측정 도구로는 리커트 5점 척도를 사용하였다. 구체적인 설문 문항은 Table 3에 제시되었다. 1번부터 10번 문항은 System Usability Scale이고, 11번은 독립성과 관련된 문항, 12번은 확신과 관련된 문항이다.

Table 3. Questionnaire items

번호	문항
1	나는 이 지도를 자주 사용하고 싶다.
2	나는 이 지도가 필요 이상으로 복잡하게 느껴졌다.
3	나는 이 지도가 사용하기 쉽다고 생각했다.
4	이 지도를 사용하기 위해 도움이 필요할 것이라고 생각했다.
5	나는 이 지도의 다양한 기능이 잘 결합되어 있다고 느꼈다.
6	나는 이 지도에 일관성이 부족하다고 생각한다.
7	나는 대부분의 사람들이 이 지도를 사용하는 법을 빨리 익힐 것이라고 생각한다.
8	나는 이 지도를 이용하는 게 어색하다고 느꼈다.
9	나는 이 지도를 이용하는 데에 자신이 있었다.
10	나는 이 지도를 이용하기 전에 많은 것을 배워야 했다.
11	나는 이 지도를 혼자 사용할 수 있을 것 같다.
12	나는 이 지도를 사용하는 동안 내가 가고 싶은 곳을 갈 수 있을 것이라는 자신이 있었다.

마지막으로 프로토타입의 전체적인 인상, 어려움, 개선 사항 등 정성적 질문에 응답한 뒤 실험을 종료하였다. 실험의 총 소요 시간은 한 시간 정도이고, 두 명의 연구자가 현장에서 실험을 주관하였다. 실험의 진행 및 대화 내용은 사전 동의를 얻은 뒤 추후 분석을 위해 녹음되었다.

## 6. 결과

### 6.1. 정량적 분석 결과

#### 6.1.1. 기술 통계

시각 장애인 인터뷰를 통해 길 찾기의 애로 사항에 독립성과 확신의 정도가 매우 큰 영향을 끼치는 것으로 파악되었다. 위 평가 점수(Rating)는 5점 만점으로 비편향 분산이 줄어드는 것과 함께, 촉각 지도에서 이 영향이 고려된 점수가 그렇지 않은 점수에 비해 낮아지고, 프로토타입에 대해 높은 점수를 기록한 것을 통해 간접적으로 이를 확인할 수 있다.

Table 4. Descriptive statistics

문항		촉각 지도	프로토타입
Q1	M	1.75	4.13
	SD	0.89	0.64
Q2	M	2.00	2.38
	SD	1.20	1.19
Q3	M	1.53	3.62
	SD	1.06	1.06
Q4	M	2.25	2.86
	SD	1.15	0.83
Q5	M	1.87	3.75
	SD	1.16	0.70
Q6	M	3.00	2.16
	SD	1.07	1.13
Q7	M	1.75	3.75
	SD	1.16	1.28
Q8	M	2.16	2.25
	SD	0.99	0.70
Q9	M	2.16	3.75
	SD	0.99	0.46
Q10	M	3.25	2.62
	SD	1.28	0.74
Q11	M	2.00	3.75
	SD	1.31	1.49
Q12	M	1.88	3.75
	SD	0.99	0.74

6.1.2. T 검정

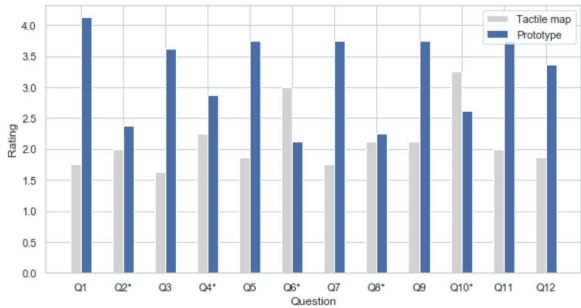


Fig. 3. Mean rating of summated rating scale for 12 questions

촉각 지도와 프로토타입에 대한 사용성 평가를 바탕으로 Welch's t 검정을 실시하였다(Welch, 1947). t 검정은 기존의 촉각 지도와 프로토타입의 SUS 점수에 대한 유의미한 차이를 보이기 위해 실시되었다. 통계적 분석에 근거하여 음성 에이전트 시스템을 활용한 프로토타입은 사용자의 촉각과 청각을 자극하여 제품에 대한 인터랙션을 활성화시키며 길을 찾기 위한 공간탐색을 더욱 용이하게 할 수 있다고 제안한다.

데이터 전처리 과정으로 프로토타입의 독립성과 확신의 영향을 고려하고자 12문항의 리커트 5점 척도를 기반으로 한 평가 점수와 10문항 기반의 SUS 점수를 구분하였다. 촉각 지도와 프로토타입의 사용성 평가 순서의 의존성을 배제하기 위해 교대로 평가가 이루어졌다.

각 문항의 사용성에 대한 동등한 영향을 가정하고, 부정 문항에 대해 1점에서 5점에 해당하는 값을 5점에서 1점으로 변환하여 사용성을 가능할 수 있는 평가 점수를 얻었다. 리커트 척도를 기준으로 기존의 촉각 지도에 대해 2.14, 프로토타입에 대해 3.20에 해당하는 더욱 향상된 사용성 평가 결과를 얻었다. 또한,

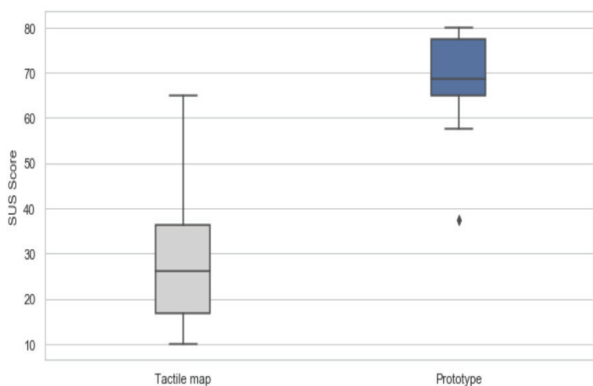


Fig. 4. Box plot of SUS Score over maps

SUS 점수는 각 긍정 문항의 점수에 1점을 감하고 5점에서 각 부정 문항의 점수를 감한 후 모두 합산하여 2.5배를 취하는 방식으로 통산되었다 (Brooke, 1996). 프로토타입에 대한 SUS 점수는 37.50(=66.87 - 29.37)의 상승이 있었다.

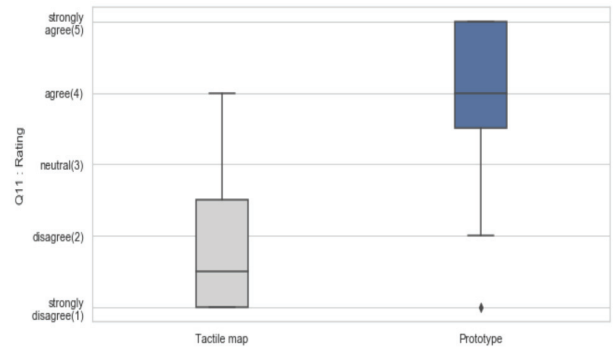


Fig. 5. Box plot of rating for the 11th question over maps

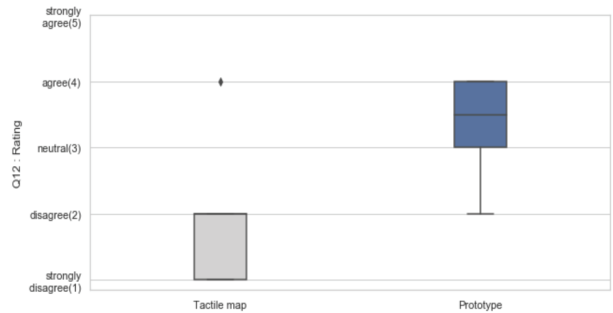


Fig. 6. Box plot of rating for the 12th question over maps

이에 t 검정을 실행하기 위해서 데이터 집합의 정규성, 이분산, 독립성을 가정하였다. 귀무가설은 촉각 지도와 프로토타입에 대한 SUS 혹은 평가 점수(Rating)에 대한 2개의 독립 표본이 동일한 평균값을 갖는 것으로 설정하였다. 검정 대상은 문항을 기준으로 SUS 점수(Q1~Q10), 독립성(Q11), 확신(Q12)으로 나누어 총 3번에 걸쳐 시행되었다.

SUS 점수에 대한 유의수준 0.05에서의 t-검정 통계량 -4.26으로부터 산출된 유의확률 0.00을 통해 귀무가설을 기각하고, 통계적으로 두 집단의 SUS 평균 점수의 차이에 대한 유의성을 얻을 수 있었다. 마찬가지로 독립성에 대해 유의확률의 값이 각각 -2.50, 0.03으로 나타났고, 확신에 대해 각각 -0.34, 0.00으로 나타나 전부 점자 지도와 프로토타입 간 통계적으로 유의미한 차이가 있음을 알 수 있었다.



Table 5. T-test results

	검정 통계량	유의확률
SUS (Q1~Q10)	-4.27	0.00
독립성 (Q11)	-2.50	0.03
확신 (Q12)	-0.34	0.00

하지만 적은 표본으로 인한 낮은 자유도는 모집단의 특성을 충분히 대변하지 못한다. 또한 분석을 진행하며 가정했던 정규성에 대해 Shapiro-Wilk 검정을 실시한 결과 높은 유의확률(0.34)을 얻었는데, 이 역시 결과 해석의 왜곡을 야기할 수 있는 문제점이 남아있다.

### 6.1.3. 클러스터링

촉각 지도와 프로토타입의 평가 점수에 대해 k-평균 군집화 알고리즘을 적용하여 프로토타입이 갖는 강점과 개선이 필요한 보완점을 명확히 구분할 수 있었다. 우선 군집 분석의 유의성을 판단하고자 Tukey HSD 검정을 수행하였다. 귀무가설은 각 문항의 평가 점수에 대한 평균값의 동일성이다. 촉각 지도 검정의 경우 유의수준 0.05에 대해 기각된 가설은 존재하지 않았지만, 이에 반해 프로토타입 검정의 경우 기각된 가설은 7건이 존재한다. 기각된 가설에 대한 통계적 결과는 Table 6에 나타나있다. 동일한 군집에 속한 문항 간 유의성을 보이는 사례는 나타나지 않았으므로,

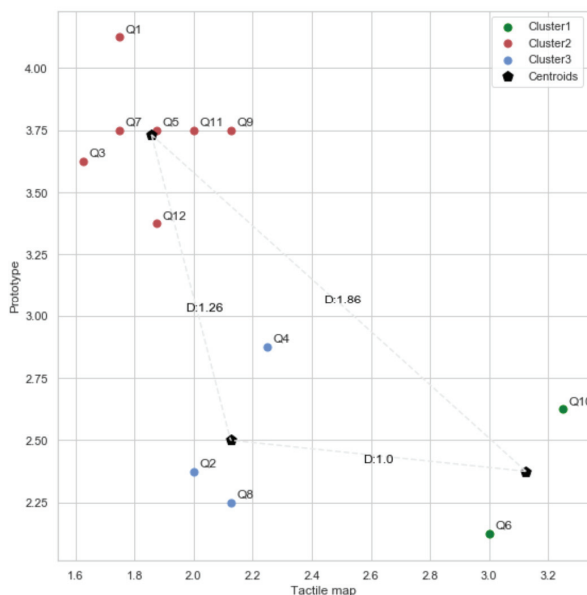


Fig. 7. Scatter plot applied to K-means clustering algorithm

프로토타입의 문항 응답에 대한 군집 분석이 간접적으로 통계적 유의성을 보장받을 수 있다.

Table 6. Tukey HSD test results

문항	평균 차이	유의확률	하한	상한
(Q1, Q2)	-1.75	0.02	-3.37	-0.13
(Q1, Q6)	-2.00	0.00	-3.62	-0.38
(Q1, Q8)	-1.88	0.01	-3.49	-0.26
(Q11, Q6)	-1.63	0.04	-3.24	-0.01
(Q5, Q6)	-1.63	0.04	-3.24	-0.01
(Q6, Q7)	1.63	0.04	0.01	3.24
(Q6, Q9)	1.63	0.04	0.01	3.24

프로토타입 문항에 대한 통계적 유의성을 바탕으로 독립성과 확신의 영향이 고려된 사용성 평가를 해석하였다. 위 산포도에서 총 세 가지 군집을 확인할 수 있는데 1군은 촉각 지도가 더 높은 점수를 받은 문항, 2군은 프로토타입이 더 높은 점수를 받은 문항, 3군은 상대적으로 촉각지도와 프로토타입이 비슷한 점수를 받은 문항으로 구성되어 있는 것을 알 수 있다. 독립성과 확신은 프로토타입 설계 당시의 목적에 최우선적으로 고려된 사항인데, 상단의 산포도를 보면, Q11, Q12 문항은 프로토타입에 대해 높은 평가 점수(좌표, 1.85, 3.73)를 받은 2군에 포함되어 있음을 알 수 있다. 반대로 1군에 포함된 Q6 문항(“나는 이 지도에 일관성이 부족하다고 생각한다.”)과 Q10 문항(“나는 이 지도를 이용하기 전에 많은 것을 배워야 했다.”)의 경우 차이가 크지 않았기 때문에, 추후 보완해야 할 문제점으로 볼 수 있을 것이다.

### 6.2. 정성적 분석 결과

실험 과정에서 피험자에게 총 세 가지의 과업이 제시되었는데, 과업이 완료된 후 과업들과 관련하여 반정형적 인터뷰를 실시하였다. 전반적으로는 프로토타입을 사용했을 때 더 간단하고 빠르게 원하는 공간 정보를 획득할 수 있다는 응답이 우세하였다. 여러 의견을 종합한 과업 별 인터뷰 응답의 구체적인 요약은 다음과 같다.

### 6.2.1. 시작 지점 특징

대부분의 피험자들이 촉각 지도보다 프로토타입 조건에서 더 빨리 시작 지점을 찾을 수 있었다고 보고하였다. 기존 촉각 지도의 경우 어떻게 탐색해야 하는지 알 수 없었다는 응답이 있었는데, 이에 반해 프로토타입은 음성을 이용해 찾을 수 있어 빠르고 쉽다는 반응을 확인할 수 있었다. 추후 발전 방향에 관한 피드백으로는, 지도 위에서 촉각으로도 현재 위치를 찾을 수 있으면 좋겠다는 응답이 있었다.

“네, 오래 걸렸어요. 어디서부터 훑어야 할지도 애매하고... 그리고 점자랑 실제 위치가 달라서.” (촉각 지도)  
 “확실히 더 간단한 것 같아요. 빠르고.” (프로토타입)  
 “현재 위치가 그렇게 뚜렷하진 않아서... 지도 위에서 표시가 잘 되면 좋을 것 같아요.” (프로토타입)

### 6.2.2. 관심 지점 특징

음성 에이전트와 대화를 나누며 관심 지점을 특징하는 인터랙션 방식이 간단하고 쉽다는 응답이 우세하였다. 다만 음성 인식과 관련하여 불편함을 느끼는 내용도 있었다. 이는 향후 연구에서 해결해야 할 기술적 문제로 남을 것이다.

“일일이 다 만져보는 것보다 탭하고 음성으로 설명을 해주는 게 되게 유용한 것 같아요.” (프로토타입)  
 “음성 인식이 에러가 가끔 나서... 대답이 느린 게 답답하기도 하고요. 이 부분만 개선되면 더 좋을 것 같긴 합니다.” (프로토타입)

### 6.2.3. 경로 탐색

피험자들은 음성 안내를 듣고 공간 정보 및 경로를 기억하여 실제로 혼자 이동을 하는 것이 기존 촉각 지도에 비해 쉬울 것이라고 응답하였다. 음성 경로 안내의 개선 방향에 대한 의견 역시 얻을 수 있었다.

“이게 더 좋고 편해요. 이게 지도 기준이 아니라 이렇게 실제로 걸어가는 기준으로 좌회전이나 우회전같은 설명이 제공되면 더 좋을 것 같긴 한데...” (프로토타입)  
 “확인하고 나중에 찾아가려다 보면, 축척이 모호할 때가 많아서요. 기준을 제시해 주면 좋을 것 같아요.” (프로토타입)

뿐만 아니라 인터페이스의 명령어나 터치 제스처 등 사용 방법에 대한 안내가 있었으면 좋겠다는 의견 또한 존재했는데, 앞서 이루어진 설문 분석 결과에서 “나는 이 지도를 이용하기 전에 많은 것을 배워야 했다.”라는 문항에서 기존 촉각 지도와 프로토타입이 큰 차이를 보이지 않았음을 고려했을 때 이는 추후 보완 개발을 위한 유의미한 논의 지점이라고 할 수 있다.

“그리고 처음 쓸 때 어떻게 사용하는지 안내가 있으면 좋을 것 같아요.” (프로토타입)

## 7. 논의 및 결론

본 연구는 시각장애인을 위한 새로운 형태의 대화형 인터랙티브 촉각 지도를 개발 및 테스트하였다. 시각장애인들을 대상으로 사용성 테스트를 진행한 결과, 기존 점자 지도에 비해 본 연구에서 제작된 프로토타입이 높은 사용성을 나타냈다. System Usability Scale 및 독립성과 확신에 관한 문항에서 모두 유의미한 차이를 확인할 수 있었다. 질적 인터뷰에서도 피험자들이 프로토타입 인터페이스의 음성 인터랙션 방식을 간단하다고 평가함을 확인할 수 있었다. 이는 촉각 지도 사용에 있어서 음성 피드백이 더 높은 사용성을 유도한다는 선행 연구들의 논의와 일치한다. 뿐만 아니라 개선 방향 및 불편한 점과 같은 응답도 존재하였기 때문에 이러한 이해를 바탕으로 프로토타입을 더욱 발전시킬 수 있을 것이다.

향후 후속 연구에서는 프로토타입을 더욱 발달시켜 여러 방향으로 확장된 형태의 실험을 진행하고자 한다. 우선적으로, 본 연구의 실험은 실제 시각장애인을 대상으로 했다는 점에서 의미를 가지고 있지만 8명만을 대상으로 진행하였기 때문에, 피험자 수를 늘리고 다른 환경에서의 추가적인 실험을 진행함으로써 신뢰성을 더욱 확보할 수 있다. 또한 탐색에 걸리는 시간, 회상의 성공률 등 정량적 요소를 추가하여 본 프로토타입의 사용성에 대해 추가적인 연구가 가능할 것이다.

또한 현재의 프로토타입은 관심 지점에 대한 정보와 경로 안내를 음성으로 제공한다. Oh (2013)에 의하

면 미래의 촉지도는 개인이 원하는 정보를 제공하는 개인화된 인터페이스로 변화될 것이다. 사용자와 대화하는 음성 에이전트는 실시간으로 정보 업데이트가 가능하기 때문에, 단순한 위치와 경로 정보 뿐만 아니라 실시간 상황 혹은 개인화된 맥락 정보의 전달 또한 가능할 것이다. 이러한 방향으로 커뮤니케이션의 범위를 넓힐수록, 음성으로 내용을 전달받는 시각장애인의 특성 상 체계적인 구조의 인터페이스와 정보 설계를 이용하여 효과적인 커뮤니케이션 방법에 대한 논의 또한 필요하다 (Park & Ryoo, 2008). 마지막으로, 현재 프로토타입은 실내 지도를 대상으로 하고 있고 그 범위 또한 넓지 않다. 범위 및 크기를 더 넓게 확장시킬 수 있을 뿐만 아니라 실외 환경 등 여러 환경의 프로토타입을 제작하여 테스트함으로써 범용성을 확대할 수 있을 것으로 기대한다.

## REFERENCES

- Brock, A., Truillet, P., Oriola, B., Picard, D., & Jouffrais, C. (2012). Design and user satisfaction of interactive maps for visually impaired people. *In International Conference on Computers for Handicapped Persons*, 544-551.
- Brock, A. M., Truillet, P., Oriola, B., Picard, D., & Jouffrais, C. (2015). Interactivity improves usability of geographic maps for visually impaired people. *Human-Computer Interaction*, 30(2), 156-194. DOI: 10.1080/07370024.2014.924412
- Brooke, J. (1996). SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability Evaluation in Industry*, 189(194), 4-7.
- Espinosa, M. A., Ungar, S., Ochaíta, E., Blades, M., & Spencer, C. (1998). Comparing methods for introducing blind and visually impaired people to unfamiliar urban environments. *Journal of Environmental Psychology*, 18(3), 277-287. DOI: 10.1006/jevp.1998.0097
- Gaunet, F., & Briffault, X. (2005). Exploring the functional specifications of a localized wayfinding verbal aid for blind pedestrians: Simple and structured urban areas. *Human-Computer Interaction*, 20(3), 267-314.
- Götzelmann, T. (2016). LucentMaps: 3D printed audio-visual tactile maps for blind and visually impaired people. *In Proceedings of the 18th International ACM Sigaccess Conference on Computers and Accessibility*, 81-90. DOI: 10.1145/2982142.2982163
- Hatwell, Y., & Martinez-Sarrochi, F. (2003). The tactile reading of maps and drawings, and the access of blind people to works of art. *Touching for Knowing: Cognitive Psychology of Haptic Manual Perception*, 53, 255.
- Hatwell, Y., Streri, A., & Gentaz, E. (2003). Touching for knowing: cognitive psychology of haptic manual perception (Vol. 53). *John Benjamins Publishing*.
- Holloway, L., Marriott, K., & Butler, M. (2018). Accessible maps for the blind: Comparing 3D printed models with tactile graphics. *In Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 198. DOI: 10.1145/3173574.3173772
- Jacobson, R. D. (1996). Talking tactile maps and environmental audio beacons: An orientation and mobility development tool for visually impaired people. *In Proceedings of the ICA Commission on Maps and Graphics for Blind and Visually Impaired People*, 96, 1-22.
- Kim, M. J., & Chung, H. S. (2018). A study on differences and improvement of mobility and spatial cognition of persons with visual impairments. *Journal of the Korean Urban Geographical Society*, 21(2), 75-92.
- Lee, M. J., & Hwang, J. E. (2014). Preliminary study on haptic information representation of tactile map elements for spatial cognition. *In Proceedings of the HCI Korea 2015*, 266-271.
- Lee, K. W., Kim, J. H., Kim, J. H., Kim, J. E., Lee, I. A., & Kim, J. Y. (2015). 3D Finger map for all: Design and research challenges. *In Proceedings of the HCI Korea 2016*, 164-169.
- Oh, C. W. (2013). A Study on Tactile maps for blind people. *The Geographical Journal of Korea*, 47(4), 465-476.

- Park, J. H., & Ryou, H. Y. (2008). Emotion of people with visual disability for enhancing web accessibility. *Science of Emotion & Sensibility*, 11(4), 589-598.
- Rice, M., Jacobson, R. D., Golledge, R. G., & Jones, D. (2005). Design considerations for haptic and auditory map interfaces. *Cartography and Geographic Information Science*, 32(4), 381-391.  
DOI: 10.1559/152304005775194656
- Rossetti, V., Furfari, F., Leporini, B., Pelagatti, S., & Quarta, A. (2018). Enabling access to cultural heritage for the visually impaired: An interactive 3D model of a cultural site. *Procedia Computer Science*, 130, 383-391. DOI: 10.1016/j.procs.2018.04.057
- Ungar, S., Blades, M., & Spencer, C. (1993). The role of tactile maps in mobility training. *British Journal of Visual Impairment*, 11(2), 59-61.  
DOI: 10.1177/026461969301100205
- Welch, B. L. (1947). The generalization of student's problem when several different population variances are involved. *Biometrika*, 34(1/2), 28-35.
- Yatani, K., Banovic, N., & Truong, K. (2012). SpaceSense: representing geographical information to visually impaired people using spatial tactile feedback. *In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 415-424.  
DOI: 10.1145/2207676.2207734
- Zeng, L., & Weber, G. (2011). Accessible maps for the visually impaired. *In Proceedings of the IFIP INTERACT 2011 Workshop on ADDW, CEUR*, 792, 54-60 d.

원고접수: 2019.11.19

수정접수: 2020.01.22

게재확정: 2020.01.29