# Support for the Outdoor Walking of People with Low Vision using Visual Filter and Augmented Reality

Huhn Kim[1], Ickpyo Oh[2*]

[1] Department of Mechanical System Design Engineering, Seoul National University of Science and Technology, Seoul, Korea

[2] Graduate School of Nano IT Design Fusion, Seoul National University of Science and Technology, Seoul, Korea

## Abstract

**Background** Low-vision impairment refers to a vision or visual disability that cannot be improved by medical or optical means. People with low vision used to use their remaining vision to solve the problems they encounter in everyday life. However, existing auxiliary devices are mostly suitable for reading text or viewing display screens indoors, but auxiliary devices for outdoor situations are rare.

**Methods** In this study, we conducted in-depth interviews of people with low vision who encounter vulnerable situations or obstacles while walking. Stairs, building entrances, bollards, sidewalk obstacles, and crosswalks were found to be the most difficult situations that people suffering from low vision experienced during outdoor walking. We proposed four visual aids through head-mounted display(HMD) that are expected to assist people with low vision on their outdoor walks by enabling them to recognize their surroundings more clearly. The four aids were contrast filter, contour filter, simple augmented reality(AR), and delicate AR. Then, in order to evaluate the effectiveness of each aid, we conducted an experiment with visual images reflecting each aid.

**Results** The perception of the peripheral environment of people with low vision was most accurate when they utilized the AR aids. Especially, with the AR aids, highlighting the obstacles' shapes without abstraction showed the highest task success rate and satisfaction over all situations. On the other hand, the visual filters that can enhance the contrast and contour of the obstacles resulted in lower perception accuracy than when filters were not used.

**Conclusions** In order to support the outdoor walking of people with low vision through the use of HMD or smart phones, it is most desirable to employ an augmented reality that can emphasize the shapes of major obstacles, the directions of roads, and the signals of traffic lights.

**Keywords** People with Low Vision, Outdoor Walking Aid, Visual Filter, Augmented Reality

*Corresponding author: Ickpyo Oh (ick-pyo0630@hanmail.net)

This work has been conducted with the support of the "Project for Nurturing Advanced Design Professionals" initiated by the Ministry of Trade, Industry and Energy of the Republic of Korea, and was published based on Master's thesis of corresponding author in Seoultech 2017.

*Citation:* Kim, H., & Oh, I. (2017). Support for the Outdoor Walking of People with Low Vision using Visual Filter and Augmented Reality. *Archives of Design Research, 30*(4), 71-85.

http://dx.doi.org/10.15187/adr.2017.11.30.4.71

**Received :** Sep. 13. 2017 **; Reviewed :** Oct. 06. 2017 ; **Accepted :** Oct. 13. 2017
**pISSN** 1226-8046 **eISSN** 2288-2987

**Copyright** : This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/), which permits unrestricted educational and non-commercial use, provided the original work is properly cited.

## 1. 서론

시각 장애는 잔존시력의 활용여부, 시각 기능, 시각 효율성 등에 따라 전맹(Blindness)과 저시력(Low Vision)으로 구분된다. 전국저시력인연합회(NLF, 2016)에 의하면 전맹은 앞이 전혀 보이지 않는 상태를 일컬으며, 저시력은 잔존시력은 있으나 의학적, 광학적으로 시력교정이 어려운 상태를 말한다. 인간의 오감 중 큰 비중을 차지하는 시각을 상실한 시각장애인은 일상생활에 많은 어려움을 겪는다. 따라서 현대 사회에서 시각장애에 대한 복지는 매우 비중 있게 다루어지며, 시각장애인을 위한 보조기기나 복지 서비스도 다른 장애 유형에 비해 잘 갖추어져 있다.

같은 시각장애인이라도 전맹과 저시력 장애인은 시기능과 잔존시력에 많은 차이가 있어 적합한 보조기기도 달라야 한다. 그러나 최태욱(Choi, 2012)에 따르면, 대부분의 시각장애인을 위한 보조기기나 복지 서비스는 전맹에 초점이 맞춰져 있다고 한다. 즉, 저시력 장애인은 상대적으로 복지의 사각지대에 놓여있다. 김경식(Kim, 2016)에 의하면 시각장애인의 약 90%가 잔존 시력이 있는 저시력 장애인이며, 노인 인구 및 미숙아 출산의 증가, 당뇨, 고혈압, 망막증 등의 난치성 안질환의 증가 추세를 고려하면 저시력 장애인의 수는 계속 증가할 것이라 한다. 따라서 현재 저시력 장애인을 위한 제도의 개선, 보조기기 등에 대한 연구가 시급한 상황이다.

오익표, 백아름, 권진아, 박홍진, 손상옥, 최혁진(Oh, Baek, Kwon, Park, Sohn & Choi, 2016)에 따르면, 저시력 장애인을 위한 현재의 지원들은 크게 음성 변환 지원, 이미지 확대 또는 변환 기능, 보조기기, 그리고 보행지원으로 나눠진다. 첫째, 음성 변환 지원은 TTS(Text To Speech)를 이용하여 컴퓨터나 스마트폰 내 정보를 음성으로 읽어주는 기능이다. 예를 들면, 센스리더 PC 소프트웨어, 삼성 갤럭시폰의 토크백(Talk Back), 애플 iOS의 VoiceOver 등이 있다. 그러나 부자연스러운 음성으로 인한 거부감, 불필요한 정보도 음성으로 읽는 등 아직 사용자들로부터 좋은 평가를 받지 못하고 있다. 둘째, 화면을 확대하거나 색 반전/대비 등의 시각적 효과를 통해 인터넷 브라우징, 문서작성 등의 정보 접근성을 향상시키고 있다. 이러한 이미지 확대 또는 변환 기능의 예로는 줌 텍스트나 아이줌 같은 PC 소프트웨어와 애플 iOS의 손쉬운사용 등이 있다. 셋째, 돋보기나 휴대용 독서 확대기와 같은 활자인지 보조기기, 컴퓨터나 스마트폰에 거치하여 화면을 확대해주는 확대경, 그리고 케인이나 모와트 전파감지기와 같은 전방의 장애물 유무를 파악하는데 활용하는 보조기기 등이 있다. 하지만 이러한 보조기기들은 실외 사용 시 주위 사람들에게 장애인으로 비춰진다는 인식 때문에 저시력 장애인들은 잘 사용하지 않으려 한다.

마지막으로 시각장애인의 보행을 지원하고자 하는 노력들이 있다. 시각장애인의 생활 속 가장 큰 불편함은 실외 이동 중에 발생한다. 시각장애인은 보행 시에 보행 폭, 거리, 발바닥의 감촉, 소리 등에 의지하는데 구불구불한 길이나 도로 양측의 위치를 알지 못해 걸려 넘어지거나 웅덩이에 빠질 위험성이 항상 존재한다. 또한 오혜경(Oh, 1997)은 시각장애인은 신호등을 정확히 인지하지 못하여 횡단보도를 건널 때 위험하며, 길 위의 장애물을 인지하기 어려워한다고 하였다. 이와 같이 시각장애인에게 보행이 어려운 이유는 시각을 통해 주변 환경을 올바로 지각하는 것이 어렵기 때문이다.

이응혁(Lee, 2005)은 보행 중 시각장애인의 주변 환경 지각을 돕는 방법을 전자 보행 보조기기와 로봇 보행 보조기기로 구분하였다. 전자 보행 보조기기는 센서를 통해 주변 환경을 감지하는 디바이스이며, 로봇 보행 보조기기는 전자 보행 보조기기에 이동성을 부여한 것이다. 로봇 보행 보조기기는 기술적으로 복잡하여 저시력 장애인의 일상에 적용되기까지 아직 오랜 시간이 걸릴 것으로 보인다. 전자 보행 보조기기의 경우, 주로 보행 중 카메라를 통해 주변 환경을 인식하고 해석하여 HMD(Head-mounted display)를 통해 저시력 장애인에게 적합한 형태로 정보를 제공하여 주변 환경의 지각을 돕고자 노력하고 있다. 에자키, 부라큐, 그리고 슈마커(Ezaki, Bulacu & Schomaker, 2004)는 시각장애인이 종이 위의 활자 뿐 아니라 보행 중에 보는 표지판이나 간판의 활자도 쉽게 볼 수 있도록 네 가지의 영상처리 모듈을 개발하였고, 사용성 평가를 통해 가장 효과적인 영상처

리 기법을 도출하였다. 황과 페리(Hwag & Peli, 2014)는 구글 글라스를 통해 시야 일부분을 엣지 강화(Edge Enhancement)하여 제공하는 시각 애플리케이션을 개발하였고, 실험을 통해 저시력 장애인에게 유용함을 검증하였다. 또한, 믹식, 비네트, 리드가드, 프라사쓰, 니패너, 골로데츠, 그리고 토르(Miksik, Vineet, Lidegaard, Prasaath, Nießner, Golodetz & Torr, 2015)는 레이저 포인터 형태의 붓과 이를 시각적으로 확인할 수 있는 HMD를 개발하였다. 이 기기는 시각장애인이 보행하다가 또렷하게 보기 어려운 것들을 붓으로 가리키면 서로 다른 색으로 대비를 극대화시켜 보여줌으로써 보행 중 주변 환경의 지각을 돕는다. 보행 중에 표지판 등의 글자 인식에 국한된 방법이지만, 자오, 스피로, 그리고 아젠코트(Zhao, Szpiro & Azenkot, 2015)는 HMD를 활용하여 저시력 장애인의 시력을 강화할 수 있는 방안으로 확대, 대비, 외곽 강조, 흑백 반전, 글자 추출의 다섯 방안을 제안하였다. 그리고 HMD에서 제공하는 화면 모드를 착용한 사용자 테스트를 통해 저시력 장애인의 글자 인식에 가장 적합한 방안을 도출하였다. 이와 같이 저시력 장애인의 보행보조와 관련된 기존 연구들은 보행 중 시각적인 지원을 제공하여 주변 환경의 지각을 돕는데 초점을 맞추고 있다. 예로, 상을 확대하거나 색 대비를 높여주거나 외곽을 강조하여 개체 간의 경계를 또렷하게 만들어 주는 등의 효과를 사용하였다. 또한, 명암이나 색을 반전시켜 대비를 극대화시켰다. 하지만 이러한 지원들로는 저시력 장애인이 실외 보행 중에 만날 수 있는 다양한 문제들을 도와주는 데 한계가 있다. 이진현, 이해균, 그리고 송병섭(Lee, Lee & Song, 2006)에 의하면, 대부분의 시각장애인들은 보조기기의 우수성을 인정하지만 실제로는 잘 사용하지 않는다고 한다. 그 이유는 시각장애인의 특성에 맞는 설계가 부족하기 때문이라고 한다.

본 연구는 저시력 장애인이 겪는 대표적인 보행 상황들을 지원할 수 있는 HMD 기반의 가능한 시각 지원방안 네 종류를 제안하였다: 대비필터, 윤곽필터, 단순증강현실, 정교증강현실. 대비와 윤곽필터는 저시력 장애인의 눈에 보이는 사물들(특히, 장애물)을 더 잘 지각할 수 있도록 이미지를 변환해주는 시각필터이다. 단순 및 정교 증강현실은 눈에 보이는 사물들을 보다 시각적으로 부각시켜 보여주는 증강현실 기술을 활용한 시각지원이다. 본 연구는 다양한 보행 상황에서 네 종류의 시각지원 방안을 나타내는 이미지를 제작한 후, 저시력 장애인을 대상으로 한 실험을 통해 각 시각지원 방안의 상대적 유용성을 평가하였다.

## 2. 저시력 장애인을 위한 시각지원 제안

### 2. 1. 저시력 장애인의 불편함

본 연구에 앞서 수행한 연구인 오익표, 백아름, 권진아, 박홍진, 손상옥, 최혁진(Oh, Baek, Kwon, Park, Sohn & Choi, 2016)에서는 저시력 장애인에 대한 심층 인터뷰를 통해 그들이 일상생활 및 보행 중 겪는 불편함이 무엇인지, 어떤 보조기기를 사용하는지, 그리고 보조기기로는 해결이 어려운 상황은 무엇인지를 조사하였다.

조사 결과, 저시력 장애인은 남아있는 잔존시력을 활용하여 생활하고자 하는 니즈가 강했다. 저시력 장애인은 실외에서 보행할 때도 맹인 지팡이를 사용하지 않으며, 그로 인해 보행 시 넘어지거나 다치는 사고가 전맹에 비해 상대적으로 빈번히 발생하였다. 또한 시각장애인으로 비춰지는 것이 싫어서 보조기기들은 잘 사용하지 않는다고 하였다. 그 대신 잘 보이지 않는 부분은 스마트폰 카메라로 사진을 찍은 후 확대하여 확인한다고 한다. 또한, 보행 상황에서는 유도 블록이 도움이 되나 작은 골목 등에는 없는 곳이 더 많아 불편하다고 하였다. 그리고 모든 인터뷰 참여자들은 공통적으로 계단, 볼라드, 횡단보도 등 세 가지의 상황에서 가장 보행이 어렵다고 답변하였다. 특히 저시력 장애인마다 보이는 시야의 범위가 달라서 사각지대가 제각각인데, 보행 중 높이가 낮은 볼라드는 잘 인지하지 못해 발이 걸리는 사고가 많이 발생한다고 하였다.

### 2.2. 시각 지원방안 제안

#### 2. 2. 1. 실외 보행상황 선정

본 연구에서는 앞선 인터뷰 결과를 기반으로 저시력 장애인이 실외 보행 중 겪는 주요 어려움 상황을 계단, 볼라드, 인도 장애물, 그리고 횡단보도로 정리하였다. 추가적으로 저시력 장애인이 약속 장소로 이동하는 과정을 통해 그들이 겪는 어려움을 조사한 박한진과 홍석일(Park & Hong, 2013)의 연구를 참고하여 건물입구를 주요 상황으로 추가하였다. 그리고 각 상황별로 적절한 시각 지원방안을 마련하기 위해 인터뷰 결과를 토대로 다섯 상황별 시각 지원의 요구조건을 Table 1과 같이 설정하였다.

Table 1 Visual requirements for outdoor walking assistance

| 상황 | 요구 조건 |
|---|---|
| 계단 | – 계단 간의 차이를 또렷하게 볼 수 있어야 한다.<br>– 계단의 시작과 끝을 볼 수 있어야 한다.<br>– 계단의 흐름을 볼 수 있어야 한다. |
| 건물입구 | – 건물 입구의 형태와 위치를 정확히 알 수 있어야 한다.<br>– 건물 입구로 가는 길의 흐름을 볼 수 있어야 한다. |
| 볼라드 | – 볼라드의 형태와 위치를 정확히 알 수 있어야 한다.<br>– 볼라드를 피해 가는 길의 흐름을 알 수 있어야 한다. |
| 인도장애물 | – 장애물의 형태와 위치를 정확히 알 수 있어야 한다.<br>– 길의 흐름을 볼 수 있어야 한다. |
| 횡단보도 | – 신호등의 상태를 알 수 있어야 한다. |

#### 2. 2. 2. 시각 지원구조

본 연구에서 제안하는 시각 지원은 Glass 타입의 HMD를 통해 제공한다고 가정하였다. 그 이유는 HMD가 보행 상황 중에 저시력 장애인을 지원하기에 가장 적절한 전자 보행 보조기기이기 때문이다. Figure 1과 같이 HMD를 착용한 채 실외에서 보행하는 저시력 장애인은 장착된 카메라를 거친 실시간 영상처리를 통해 특정 필터가 적용된 이미지 형태로 주변 환경정보를 제공받을 수 있다.

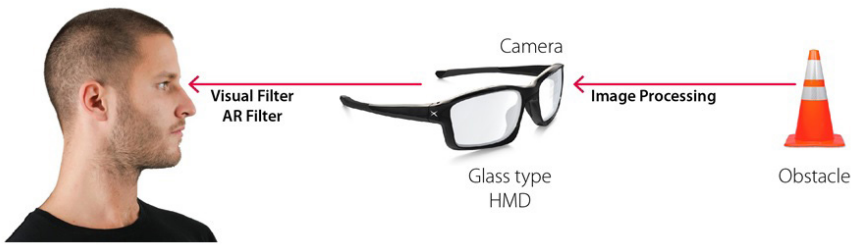



**Figure 1** Structure of the visual assistance

#### 2. 2. 3. 시각필터 지원

저시력 장애인을 위한 기존 시각지원들은 이미지의 확대, 고 대비, 외곽선 강화 필터가 대표적이었다. 이는 많은 기존 연구들이 저시력 장애인의 글자 읽는 것을 지원하는데 초점을 맞추었기 때문이다. 상을 인지하기 위해 필요한 가장 기본적인 요소는 색과 형이다. 따라서 저시력 장애인에게 확대, 고 대비, 색상반전, 외곽 강화 등을 통해 사물의 색과 형태를 또렷하게 보여준다면 글자뿐 아니라 보행 상황에서도 도움이 될 것이다. 본 연구에서는 앞서 언급한 보행 중 다섯 상황의 대표적인 이미지들을 분석하여 각 상황별로 사물이 더 또렷하게 보이는 시각필터를 Table 2와 같이 결정하였다. 대비필터는 상황에 따라 다소 차이는 있으나 흑백, 명도, 채도 등을 활용하여 컬러의 대비를 더 강화한 것이며, 윤곽필터는 외곽강화나 흑백반전 등을 활용하여 개체의 윤곽을 더 강하게 보여주는 효과이다.

본 연구에서는 실험 수행을 위해 보행 중 다섯 상황에 해당하는 다양한 장면을 사진으로 촬영한 후 이미지 보정

을 통해 대비필터와 윤곽필터가 적용된 이미지들을 제작하였다. 이미지 보정은 어도비 포토샵의 기본 설정 값과 기본 필터들을 이용하여 수행하였다. Figure 2는 볼라드 상황의 원본, 대비필터, 그리고 윤곽필터가 적용된 예를 보여준다.

Table 2 Direction of visual filters

| 상황 | 대비필터 | 윤곽필터 |
|---|---|---|
| 계단 | 흑백대비 | 흑백대비 + 외곽강화 |
| 건물입구 | 명도대비 | 흑백반전 |
| 볼라드 | 명도대비 | 흑백반전 |
| 인도장애물 | 명도대비 | 흑백반전 |
| 횡단보도 | 高노출 + 채도대비 | 低노출 + 채도대비 |

**Figure 2** An example of original image, contrast filter, and contour filter in a bollard situation

### 2. 2. 4. 증강현실 시각 지원

앞서 제안한 시각필터 지원은 영상처리를 통해 저시력 장애인이 보고 있는 시야에 특정 이미지 처리효과를 입힌 것이다. 이러한 시각필터의 적용은 희미한 형상을 보다 또렷하게 해주는 장점은 있으나 화면 전체를 변형하기 때문에 주변 빛이나 환경에 따라 왜곡되어 보일 수 있다. 따라서 이 문제를 해결할 수 있는 증강현실 기술을 활용한 시각지원을 추가로 제안하였다. 증강현실 기술을 통해 저시력 장애인이 카메라를 통해 보는 시야 속에 장애물이나 안전한 길을 시각적으로 강조하여 표시해주는 것이다.

Table 1의 시각지원 요구조건을 통해, 저시력 장애인의 실외 보행 시 증강현실로 지원 가능한 정보는 입구나 장애물 같은 물체의 형상 강조와 안전한 길의 방향 표시로 나눌 수 있다. 본 연구에서는 Table 3과 같이 증강현실의 수준을 시각표시의 복잡도에 따라 단순한 증강현실과 정교한 증강현실로 구분하였다. 단순한 증강현실은 카메라 인식 및 이미지 처리 기술의 한계로 인해 장애물이나 길의 외곽 등을 정밀하게 인식하여 표시할 수 없는 경우의 디자인 안이다. 예를 들면, 인도 위 주차된 자동차를 육면체의 도형으로만 표시하는 것이다. 저시력 장애인에게는 이와 같은 단순화된 정보표시만으로도 장애물의 존재여부나 길의 흐름을 보기에는 충분할 수 있다. 반면, 정교한 증강현실은 장애물이나 길의 형태를 있는 그대로 강조하여 표시하는 것이다. 이를 위해서는 카메라를 통해 사물을 정밀하게 인식하여 그 사물이 무엇인지 알 수 있을 정도로 시각적으로 강조하여 표현하는 고도의 기술이 필요하다.

Table 3 Direction of augmented reality (AR)

| 상황 | 단순증강현실 | 정교증강현실 |
|---|---|---|
| 입구, 장애물 | 도형을 활용한 형태의 단순화 | 실제 형태를 그대로 강조 |
| 길 | 현 위치에서 갈 수 있는 방향 표시 | 현 위치에서 갈 수 있는 모든 길의 경로 표시 |

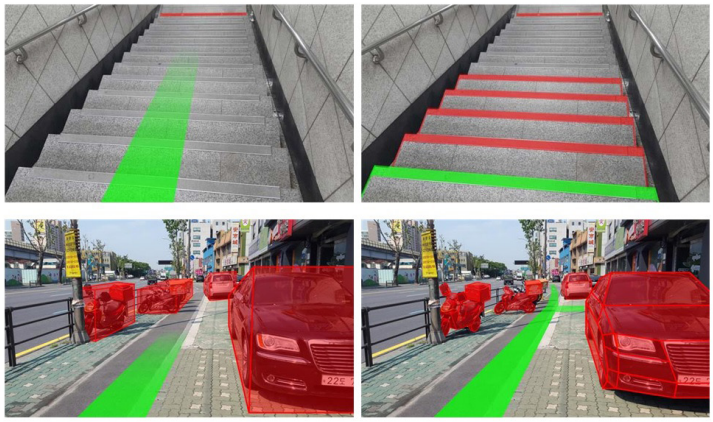


**Figure 3** Examples of applying simple (left) and delicate (right) AR filters to stairs (above) and sidewalk obstacles (below)

본 연구에서는 현재의 기술적 한계로 인해 제안한 증강현실 시각지원을 직접 구현하지는 못하였고, 대신 시각지원이 반영된 이미지를 제작하여 그 효과를 살펴보고자 하였다. 이를 위해 보행 중의 다섯 상황을 대표하는 장면을 직접 촬영하였고, 원본 사진들에 대한 그래픽 작업을 통해 단순과 정교 증강현실 지원을 시각화하였다. Figure 3은 계단과 인도 장애물에 적용된 단순 및 정교 증강현실의 예를 보여준다. 이러한 증강현실 이미지들은 어도비 일러스트레이터를 이용하여 일정한 선 두께와 투명도로 디자인하였다. 그리고 실험참여자들이 쉽게 색상의 의미를 이해할 수 있도록 신호등의 초록 및 빨강 상징성과 동일하게 장애물은 빨간색, 보행 길이나 건물 입구의 표시에는 연두색을 사용하였다.

## 3. 연구방법

### 3. 1. 실험 목적

실외 보행의 다섯 상황별로 (계단, 건물입구, 볼라드, 인도 장애물, 횡단보도) 저시력 장애인이 보행 중에 필요한 주변 정보를 파악하는데 가장 도움이 되는 시각지원 방안 (대비필터, 윤곽필터, 단순증강현실, 정교증강현실)이 무엇인지를 검증하고자 실험을 수행하였다.

### 3. 2. 실험참여자

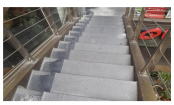
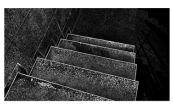
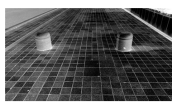
서울특별시립 노원 시각장애인 복지관의 협조로 시각 장애 1, 2급의 저시력 장애인 15명이 실험에 참여하였다 (1등급 10명, 2등급 5명). 실험참여자로는 시력 또는 시야 결손 혹은 그 둘을 모두 가지고 있는 저시력 장애인만을 대상으로 하였다. 즉, 색각장애, 굴절장애 등의 시각장애나 시각 외의 다른 복합장애를 가진 장애인들은 배제하였다. 참여자들의 평균 연령은 37.13세였으며, 남성 46.7%, 여성 53.3%의 비슷한 비율로 구성되었다. 모든 참여자들은 복지관에서 컴퓨터 활용 수업을 수강하고 있었고, 개인 스마트폰을 가지고 있었으며 전자제품을 다루는데 큰 어려움이 없었다.

**Figure 4** Experiment environment

### 3. 3. 실험 계획 및 절차

실험은 실외 보행의 다섯 상황별로 구분하여 진행하였다. 각 상황별 실험의 주 인자는 시각지원 유형과 장애등급이었다. 실험참여자들의 태스크는 Figure 4와 같이 Samsung Gear VR (Samsung Galaxy S7 이용)을 착용한 채 제시되는 이미지를 보고 특정 개체의 개수나 상태를 판단하는 것이었다. 실험은 계단, 건물입구, 볼라드, 인도 장애물, 횡단보도의 다섯 상황별로 구분하여 진행하였으며, 원본, 대비필터, 윤곽필터, 단순증강현실, 정교증강현실의 사진 이미지를 무작위로 제시하였다. 즉, 시각지원 유형은 Within-subjects factor였다. 이와 같은 실험계획 시 동일한 한 장면사진에 적용된 서로 다른 시각지원 유형을 순차적으로 제시받을 경우 실험참여자의 학습효과가 실험결과에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 각 상황별로 총 다섯 종류의 서로 다른 장소에서 촬영된 사진을 이용하여 실험참여자가 시각지원 유형마다 서로 다른 장소의 이미지를 보도록 설계하였다. 따라서 실험을 위해 제작한 이미지의 개수는 총 125개였다 (= 상황 5개 × 시각지원 유형 5개 × 사진장소 5개). Table 4는 실험에 사용된 상황별 각 시각필터의 예를 보여준다.

Table 4 Example of experimental image samples

| | 계단 | 건물입구 | 볼라드 | 인도 장애물 | 횡단보도 |
|---|---|---|---|---|---|
| 원본 |  | | | | |
| 대비 필터 | | | | | |
| 윤곽 필터 |  | |  | | |
| 단순 증강 | | | | | |
| 정교 증강 | | | | | |

실험은 노원 시각장애인 복지관의 회의실에서 진행하였으며, 실험의 절차는 다음과 같았다. 먼저, 연령, 장애급수, 시력 상태 등 참여자에 대한 기본 정보 조사와 실험 내용에 대한 안내를 진행하였다. 그 뒤, 실험참여자들은 앞서 설명한 다섯 상황별로 다섯 시각지원 유형을 무작위로 보며 총 25회의 주어진 태스크를 수행하였다. 각

상황별로 실험참여자에게 주어진 태스크는 Table 5와 같았으며, 이미지 한 장당 태스크 수행에 걸린 시간은 최대 1분 정도 소요되었다. 실험 태스크의 수행 결과는 성공률로서 0에서 1사이의 비율로 환산하였다. 예로, “현재 신호등의 상태를 말하시오”는 신호등 상태를 올바르게 말했다면 1, 아니면 0으로 간주하였다. “볼라드 개수를 보이는 만큼 세어보시오”와 같은 태스크는 “실험참여자가 말한 볼라드 개수 / 이미지 속 볼라드의 총 개수”의 성공률로 변환하였다. 실험진행자는 태스크를 수행하는 동안 실험참여자의 언어적 행동과 비언어적 행동을 관찰하여 기록하였다.

각 태스크가 끝날 때마다 실험참여자는 제시된 이미지가 시각적으로 얼마나 인식하기 쉬운지를 5점 척도의 만족도로 평가한 후 그 이유에 대한 정성적인 인터뷰를 진행하였다. 저시력 장애인인 실험참여자가 질문지를 직접 읽고 작성하면 시간이 오래 걸리므로, 만족도 조사는 진행자가 질문을 읽어주고 실험참여자는 음성으로 답변하는 형태로 진행하였다. 실험참여자 1인당 실험 진행시간은 평균 40분이 소요되었다.

Table 5 Each task at the five outdoor walking situations

| 상황 | 태스크 |
|---|---|
| 계단 | 계단의 개수를 보이는 만큼 세어보시오. |
| 건물입구 | 건물로 들어가는 문을 찾아보시오. |
| 볼라드 | 볼라드 개수를 보이는 만큼 세어보시오. |
| 인도 장애물 | 장애물 개수와 종류를 보이는 만큼 말하시오. |
| 횡단보도 | 현재 신호등의 상태를 말하시오. |

## 4. 실험결과

### 4. 1. 계단

계단은 저시력 장애인이 보행 중에 가장 두려워하는 상황 중 하나이다. 대부분의 저시력 장애인은 계단의 끝부분이 잘 보이지 않기 때문에 계단과 계단 사이의 구분을 어려워하고 계단에서 잘 넘어지게 된다. 특히 계단을 오를 때보다 내려갈 때 더 어렵다고 한다.

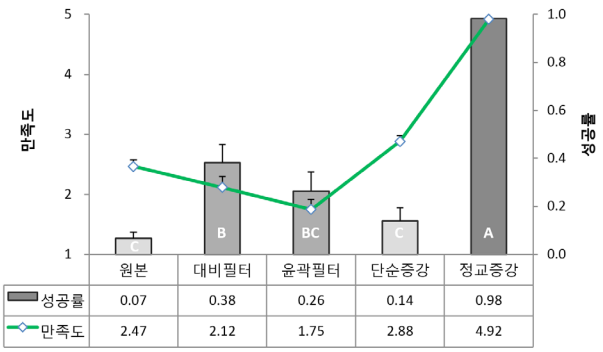


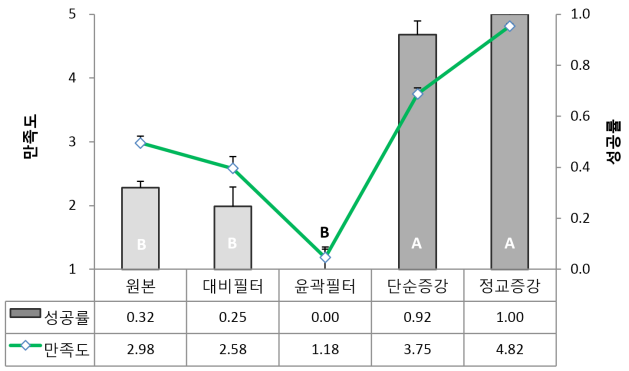

**Figure 5** Task success rate and satisfaction level at the stair. The use of the same alphabetic characters indicates that there was no significant difference when $\alpha$ = 0.05 according to Turkey test

태스크 성공률과 만족도에 있어서 장애등급 간에는 유의한 차이가 없었다($F(1,65)=0.41$, $p=0.524$; $F(1,65)=2.24$, $p=0.140$). 반면, 시각지원 유형 간에는 태스크 성공률과 만족도에 모두 유의한 차이가 존재하였고($F(4,65)=37.03$, $p=0.000$; $F(4,65)=125.56$, $p=0.000$), 장애등급과 시각지원 간 교호작용은 존재하지 않았다($F(4,65)=0.23$, $p=0.919$; $F(4,65)=1.13$, $p=0.349$). Figure 5는 계단에서의 시각지원 유형에 따른 태스크 성공

률과 만족도이다. 그래프를 보면 정교증강현실의 시각지원이 계단에서 가장 높은 태스크 성공률과 만족도를 보였다. 반면, 원본의 경우 가장 낮은 태스크 성공률을 보였는데 실험참여자들은 사진 속 상황을 계단으로 인지는 하였으나 계단을 하나씩 세지는 못하였다. 이는 실제 계단을 오르내릴 때 매우 위험할 수 있음을 의미한다. 단순증강현실의 시각지원도 기대와는 달리 원본 수준의 낮은 태스크 성공률과 만족도를 보였다. 단순히 계단의 방향과 끝만 표시하는 것은 저시력 장애인에게 크게 도움이 되지 못함을 알 수 있다. 대비필터와 윤곽필터의 경우, 원본 보다 태스크 성공률은 높았으나 만족도는 더 떨어졌다. 특히 대부분의 실험참여자들이 윤곽필터가 적용된 이미지는 무엇인지 전혀 모르겠다거나 평소에 전혀 본 적이 없어 생소해하였다.

### 4. 2. 건물입구

많은 저시력 장애인은 건물의 입구를 잘 찾지 못해 건물로 들어가기를 어려워한다. 통유리로 된 상가건물이나 고층 빌딩의 경우는 생김새가 비슷하여 정문의 위치를 정확히 알기 어렵고, 투명한 유리문은 문의 개폐 여부를 확인하기 힘들어 문에 머리나 몸을 부딪치는 사고도 빈번하다고 한다.



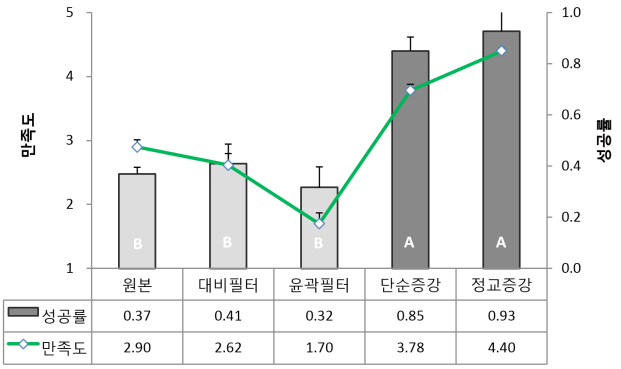

| | 원본 | 대비필터 | 윤곽필터 | 단순증강 | 정교증강 |
|---|---|---|---|---|---|
| 성공률 | 0.32 | 0.25 | 0.00 | 0.92 | 1.00 |
| 만족도 | 2.98 | 2.58 | 1.18 | 3.75 | 4.82 |

**Figure 6** Task success rate and satisfaction level at the entrance

Figure 6는 건물입구에서의 시각지원 유형별 태스크 성공률과 만족도이다. 태스크 성공률과 만족도에 있어 장애등급에 따른 유의한 차이는 존재하지 않았다($F(1,65)=0.00$, $p=0.956$; $F(1,65)=0.03$, $p=0.858$). 반면, 시각지원 유형 간에는 성공률과 만족도 모두 유의한 차이를 보였다($F(4,65)=27.70$, $p=0.000$; $F(4,65)=144.24$, $p=0.000$). 그리고 장애등급과 시각지원 간 교호작용은 모두 존재하지 않았다($F(4,65)=1.98$, $p=0.108$; $F(4,65)=0.43$, $p=0.784$). 단순증강현실과 정교증강현실의 시각지원이 건물입구에서 가장 높은 태스크 성공률과 만족도를 보였다. 대비필터는 원본과 유사한 수준의 성공률과 만족도를 보였다. 반면, 윤곽필터를 가지고는 대부분의 실험참여자가 건물입구를 인지하는데 많은 시간이 걸리거나 전혀 인지하지 못하였다.

### 4. 3. 볼라드

볼라드는 계단만큼 저시력 장애인이 실외 보행 시 두려워하는 장애물이다. 볼라드는 크기가 크지 않고 보도블록과 색이 비슷한 경우도 많아 저시력 장애인이 이를 확인하지 못해 걸려 넘어지거나 발톱이 빠지는 등의 많은 사고를 유발시키는 장애물이다. 볼라드는 인도 장애물 중 하나지만 저시력 장애인에게는 매우 중대한 장애 요소이다.




| | 원본 | 대비필터 | 윤곽필터 | 단순증강 | 정교증강 |
|---|---|---|---|---|---|
| 성공률 | 0.37 | 0.41 | 0.32 | 0.85 | 0.93 |
| 만족도 | 2.90 | 2.62 | 1.70 | 3.78 | 4.40 |

**Figure 7** Task success rate and satisfaction level at the bollard

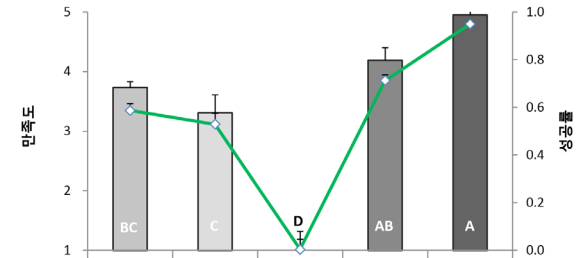
Figure 7은 볼라드 상황에 대한 시각지원 유형별 태스크 성공률과 만족도 그래프이다. 태스크 성공률과 만족도에 있어 장애등급에 따른 유의한 차이는 존재하지 않았다($F(1,65)=1.20$, $p=0.278$; $F(1,65)=0.31$, $p=0.580$). 반면, 앞서 설명한 다른 상황들과 동일하게 시각지원 유형 간에는 유의한 차이가 존재하였으며($F(4,65)=11.64$, $p=0.000$; $F(4,65)=61.23$, $p=0.000$), 장애등급과 시각지원 유형 간 교호작용은 존재하지 않았다($F(4,65)=1.28$, $p=0.286$; $F(4,65)=1.18$, $p=0.328$). 종합적으로 단순증강현실과 정교증강현실이 원본, 대비필터, 윤곽필터보다 유의하게 높은 태스크 성공률과 만족도를 보였다. 대비필터는 원본과 거의 비슷한 수준을 보였으며, 윤곽필터는 볼라드 상황에서도 가장 낮은 만족도와 성공률을 보였다.

### 4. 4. 인도 장애물

비장애인은 무심코 걸어 다니는 인도지만, 저시력 장애인에게는 보행에 어려움을 주는 많은 요소들이 인도에 존재한다. 인도 위에 불법 주차된 자동차, 움푹 파이거나 튀어나와 발에 걸리기 쉬운 보도블록 등이 대표적인 인도 장애물들이다. 인도에 설치된 장애인 유도블록은 장애물을 피해서 지나갈 수 있는 경로를 탐색하는데 도움을 준다. 그러나 유도블록이 없는 골목길에서 저시력 장애인은 자신의 잔존시력과 청각, 촉각에 의존하여 보행할 수밖에 없다.

Figure 8은 인도 장애물을 위한 시각지원 유형별 태스크 성공률과 만족도 그래프이다. 다른 상황과는 달리 태스크 성공률에 있어 장애등급에 따라 유의한 차이가 존재하였다($F(1,65)=9.58$, $p=0.003$). 2등급인 참여자가 1등급 참여자보다 태스크 성공률이 더 높았다(평균 0.695 vs. 0.564). 즉, 장애가 심할수록 인도 장애물로 인한 어려움을 더 많이 겪는 것이다. 한편, 앞서 살펴본 다른 보행 중 장애상황과 마찬가지로 인도 장애물의 시각지원 유형 간에도 유의한 차이가 존재하였다($F(4,65)=73.10$, $p=0.000$). 정교증강현실, 단순증강현실의 순으로 높은 태스크 성공률을 보였는데, 그에 반해 윤곽필터를 가지고는 태스크를 성공한 실험참여자가 단 한명도 없었다. 그리고 장애등급과 시각지원 유형 간에 유의수준 0.1에서 교호작용이 존재하였다($F(4,65)=2.09$, $p=0.092$). 원본, 단순증강현실, 대비필터에서 1등급이 2등급보다 낮은 태스크 성공률을 보였다.

만족도를 보면, 장애등급 간에는 유의한 차이가 없었고($F(1,65)=0.46$, $p=0.498$), 시각지원 유형 간에는 유의한 차이가 존재하였다($F(4,65)=76.44$, $p=0.000$). 장애등급과 시각지원 유형 간 교호작용은 존재하지 않았다($F(4,65)=0.74$, $p=0.566$). 정교증강현실이 가장 높은 만족도를 보였다. 단순증강현실과 대비필터는 원본과 거의 비슷한 만족도 수준이었으며, 윤곽필터는 가장 낮은 만족도를 보였다.

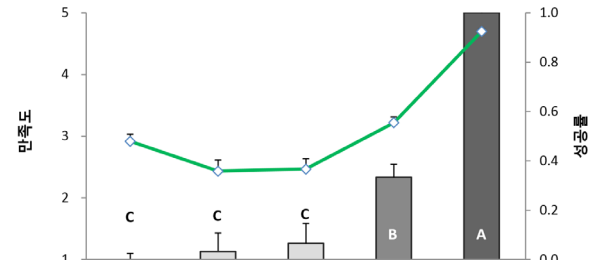



| | 원본 | 대비필터 | 윤곽필터 | 단순증강 | 정교증강 |
|---|---|---|---|---|---|
| 성공률 | 0.68 | 0.58 | 0.00 | 0.80 | 0.99 |
| 만족도 | 3.35 | 3.12 | 1.02 | 3.85 | 4.80 |

**Figure 8** Task success rate and satisfaction level at the sidewalk

### 4. 5. 횡단보도

저시력 장애인에게 있어 횡단보도를 건너는 것은 매우 위험한 일이다. 저시력 장애인은 멀리 있는 신호등을 확인하기 어려워 청각에 의존하거나, 주변의 차가 멈추고 사람들이 건너기 시작하는 것을 확인하고 따라 건넌다고 한다. 따라서 유동인구가 많은 번화가의 횡단보도는 오히려 안전하다. 하지만 인적이 드물거나 차도에 차가 거의 없어 주변 사람과 자동차의 움직임을 통해 신호등의 상태를 파악하기 어려운 경우에는 횡단보도를 건너길 주저한다고 한다.



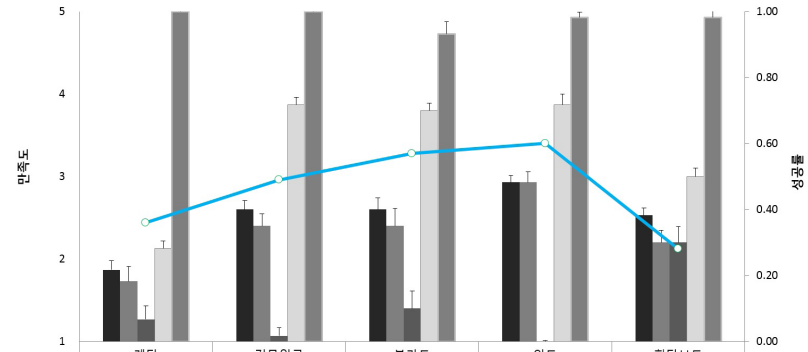

| | 원본 | 대비필터 | 윤곽필터 | 단순증강 | 정교증강 |
|---|---|---|---|---|---|
| 성공률 | 0.00 | 0.03 | 0.07 | 0.33 | 1.00 |
| 만족도 | 2.92 | 2.43 | 2.47 | 3.22 | 4.70 |

**Figure 9** Task success rate and satisfaction level at the crosswalk

Figure 9는 횡단보도를 위한 시각지원 유형별 태스크 성공률과 만족도 그래프이다. 장애등급 간에는 태스크 성공률과 만족도 모두에 유의한 차이가 존재하지 않았다($F(1,65)=1.60$, $p=0.211$; $F(1,65)=0.28$, $p=0.596$). 반면, 시각지원 유형 간에는 성공률과 만족도 모두에 유의한 차이가 존재하였다($F(4,65)=46.59$, $p=0.000$; $F(4,65)=49.21$, $p=0.000$). 두 인자 간 교호작용은 존재하지 않았다($F(4,65)=0.46$, $p=0.768$; $F(4,65)=1.97$, $p=0.109$). 정교증강현실 시각지원이 가장 높은 태스크 성공률과 만족도를 보였다. 그에 비해 대비필터와 윤곽필터 시각지원은 원본과 유사한 수준으로 저조한 태스크 성공률을 보였고, 만족도는 오히려 원본보다 떨어졌다. 대비필터와 윤곽필터를 평가한 일부 실험참여자는 일반적인 저시력 장애인이라면 대비를 진하게 하는 등 무엇을 해도 건너편의 신호등 상태를 알기는 어려울 것이라는 의견을 제시하였다. 즉, 고대비 등의 효과 문제가 아니라 신호등의 상태를 인지하기에는 거리가 너무 먼 것이 문제라는 것이다. 이러한 이유로 횡단보도에 그래픽 효과를 넣어 신호등의 상태를 유추 가능하게 지원한 단순 및 정교증강현실의 태스크 성공률이 대비 및 윤곽필터의 태스크 성공률보다 매우 높게 나타난 것이다. 한편, 횡단보도를 방향으로만 표시한 단순증강현실 보다는 횡단보도의 모양을 그대로 강조해서 색으로 보행가능여부를 보여주는 정교증강현실이 훨씬 더 효과적인 지원임을 알 수 있다.

## 5. 고찰 및 결론

본 연구는 저시력 장애인이 실외보행 중 만날 수 있는 대표적인 다섯 상황(계단, 건물입구, 볼라드, 인도 장애물, 횡단보도) 별로 제안한 두 가지의 시각필터(대비 및 윤곽)와 증강현실(단순 및 정교) 시각지원의 유용성을 실험으로 평가하였다. 실험 결과, 상황이나 평가 척도에 따라 다른 시각지원들의 유용성은 달라졌으나 정교증강현실 시각지원은 항상 태스크 성공률과 만족도 측면에서 가장 좋았다. 따라서 본 연구에서 제안한 네 가지의 시각지원 유형 중 저시력 장애인의 실외 보행을 보조하는 시각지원으로는 정교증강현실이 가장 적합하였다.




| | 계단 | 건물입구 | 볼라드 | 인도 | 횡단보도 |
|---|---|---|---|---|---|
| 원본 | 1.87 | 2.60 | 2.60 | 2.93 | 2.53 |
| 대피필터 | 1.73 | 2.40 | 2.40 | 2.93 | 2.20 |
| 윤곽필터 | 1.27 | 1.07 | 1.40 | 1.00 | 2.20 |
| 단순증강 | 2.13 | 3.87 | 3.80 | 3.87 | 3.00 |
| 정교증강 | 5.00 | 5.00 | 4.73 | 4.93 | 4.93 |
| 성공률 | 0.36 | 0.49 | 0.57 | 0.60 | 0.28 |

**Figure 10** Summary of experimental results at all situations

Figure 10은 각 상황별로 시각지원 유형의 만족도와 태스크 성공률의 평균을 요약한 것이다. 이미지 전체를 변형하는 시각필터 방식의 시각화 방안보다 부분적으로 중요 정보를 부각시키는 증강현실 형태의 시각지원을 가지고 저시력 장애인은 주변환경을 더 정확하게 인지하였고 만족도도 높았다. 대비나 윤곽을 강조하는 시각필터에 의존하여 주변 상황을 인지하는 것은 원본 이미지로 상황을 인지할 때보다 오히려 정확도가 더 낮았다. 이는 시각필터는 이미지 전체를 변형시켜 주위 상황이나 빛의 양에 따라 사물의 인지에 왜곡이 생길 수 있기 때문일 것이다. 한편, 증강현실의 시각지원은 장애물을 단순화하여 보여주는 단순증강현실보다 있는 형태 그대로 강조하여 보여주는 정교증강현실이 모든 상황에 걸쳐 뛰어났다. 또한, 길에서도 현 위치에서 갈 수 있는 방향성만 보여주는 것보다 갈 수 있는 모든 경로를 가시화 하는 것이 더 좋았다.

상황별 태스크 성공률은 건물입구, 볼라드, 인도 장애물에 비해 계단과 횡단보도에서 상대적으로 낮은 성공률을 보였다. 이는 2.1절의 선행조사 결과와 동일하게 저시력 장애인에게는 계단과 횡단보도가 특히 어려운 보행 상황임을 말해준다. 대부분의 저시력 장애인이 계단과 계단 사이를 명확히 구분하지 못한다. 그런데 길의 흐름과 방향 위주로 간략한 정보를 제공한 단순증강현실의 시각지원은 계단과 계단을 구분하여 보는데 도움이 되지 못하였다. 횡단보도에서도 건너편의 신호등은 거리상 지각이 어려운데, 횡단보도의 흐름과 방향 위주로 간략한 정보를 제공한 단순증강현실의 시각지원은 신호등의 상태 유추를 도와주기엔 역부족이었다. 반면, 정교증강현실의 시각지원은 모든 상황에서 거의 일정하게 높은 성공률을 보였다. 하지만 2.2절의 Table 3에서 설명한 디자인 방향성에 맞게 디자인한 계단과 횡단보도의 단순증강현실은 사실 지나치게 단순화된 측면이 있다. 계단과 횡단보도를 길로만 보고 방향을 표시하는 데만 치중했기 때문인데 사실 계단과 횡단보도는 길이기도 하지만 장애물이기도 하다. 따라서 그 형태를 대략이라도 추정할 수 있게 표시했어야 한다. 예를 들면, 계단의 경우 가운데에 방향을 표시할 것이 아니라 계단의 양쪽 모서리 부분을 직선으로 강조 표시하는 것이 더 좋았을 것이다.

이와 같은 다양한 증강현실 디자인 대안의 도출과 그에 따른 유용성 차이는 추가로 연구될 필요성이 있다.

또한, 본 연구는 저시력 장애인의 안전과 현 증강현실 기술의 한계를 고려하여 실제 보행 상황에서 실험하지 못하고 대표적인 보행 상황에 대한 사진을 촬영하여 편집한 이미지를 기반으로 실험을 진행했다는 한계가 있다. 실험에 사용된 보행 시의 대표 상황 이미지들은 저시력 장애인이 보행 중 잘 보이지 않을 때는 걸음을 멈춘 상태로 상황을 인지하는 순간을 반영하였다. 하지만 보행 중에 보이는 신호등의 깜빡임이나 움직이는 장애물(예. 지나가는 자동차, 자전거, 사람 등) 등과 같은 동적인 요소들은 여전히 이미지만으로는 반영할 수 없다. 실제 보행 상황을 보다 정확하게 반영하려면 HMD를 착용한 실제 보행상태 또는 보행 중의 동적인 상황을 반영한 동영상을 제작하여 실험하는 것이 필요하다. 또한, 보행 중에 저시력 장애인이 건물 내로 들어가서 이동할 수도 있기 때문에 실내보행을 고려한 증강현실 시각지원에 대해서도 추가적인 연구가 필요하다.

추후 기술이 발전하여 Glass 타입의 HMD가 보행 중 착용에도 무리가 없을 만큼 간소화되고, 증강현실 기술도 즉각적이고 정확한 정보처리가 가능해진다면, 저시력 장애인의 실외 보행에 정교증강현실과 같은 시각지원은 매우 유용할 것으로 기대된다. 이때, 저시력 장애인에 따라서는 색약이나 색맹으로 인해 구별이 어려운 색상이 다양하게 있을 수 있으므로 증강현실의 강조 색상을 직접 설정하거나 광각장애를 고려한 명암 조절 등의 추가적인 기능에 대한 고려도 필요할 것이다.

**References**


1. Chio, T. (2012). 색 벗겨진 블록 빛 반사된 점자 그들도 보인다[They can see color-stripped blocks and light-reflected braille], ChosunMedia, Retrieved April, 2017, from http://goo.gl/ZWv8N7.
2. Ezaki, N., Bulacu, M., & Schomaker, L. (2004). Text detection from natural scene images: towards a system for visually impaired persons. In *Pattern Recognition, 2004. ICPR 2004. Proceedings of the 17th International Conference on* (Vol. 2, pp. 683-686). IEEE.
3. Hwang, A. D., & Peli, E. (2014). An augmented-reality edge enhancement application for Google Glass. *Optometry and vision science: official publication of the American Academy of Optometry, 91*(8), 1021-1030.
4. Kim, K. (2016). 시각장애인을 위한 촉지도의 중요성[The importance of disability map for the blind]. Ablenews. Retrieved April, 2017, from http://www.ablenews.co.kr/News/NewsContent.aspx?CategoryCode=0006&NewsCode=00062016021109572563262 2.
5. Lee, J., Lee, H., & Song, B. (2006). 시각장애인을 위한 보조기기의 사용과 현황에 대한 연구[Trend of domestic assistive device for the blind]. *시각장애연구, 22*(2), 31-48.
6. Lee, O. (2005). 시각장애인을 위한 보행유도기술[Walking induction technology for the visually impaired]. *The journal of Korea Institute of Electronics Engineers, 32*(3), 40-53.
7. Miksik, O., Vineet, V., Lidegaard, M., Prasaath, R., Nießner, M., Golodetz, S., & Torr, P. H. (2015). The semantic paintbrush: Interactive 3d mapping and recognition in large outdoor spaces. In *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 3317-3326). ACM.
8. NLF (2016), 저시력의 이해[Understanding low vision]. 전국저시력인연합회. Retrieved April, 2017, from http://www.lowvision.or.kr/sub02/body01.php?PHPSESSID=4c7c8a6babbf70cc6f287813c0bf8bd2
9. Oh, H. (1997). *장애인 복지학 입문[Introduction to Welfare for the Disabled]*. 서울: 아시아미디어리서치.
10. Oh, I., Baek, A., Kwon, J., Park, H., Sohn, S., & Choi, H. (2016). 저시력 장애인을 위한 보조기기 개선 방안에 대한 연구[A study on improvement of assistive device for low vision: focused on the use of smart assistive device and mobile application]. *HCI Korea 2016*, 198-205.
11. Park, H., & Hong, S. (2013). 저시력자의 생활공간 인지에 관한 연구[A study on the recognition of people with low vision in living spaces]. *Journal of Korean Society of Design Science, 26*(3), 327-343.
12. Zhao, Y., Szpiro, S., & Azenkot, S. (2015). ForeSee: A Customizable Head-Mounted Vision Enhancement System for People with Low Vision. In *Proceedings of the 17th International ACM SIGACCESS Conference on Computers & Accessibility* (pp. 239-249). ACM.

# 시각필터 및 증강현실을 활용한 저시력 장애인의 실외 보행 지원

김헌[1], 오익표[2]

[1] 서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과, 서울, 대한민국

[2] 서울과학기술대학교 나노IT디자인융합대학원, 서울, 대한민국

**초록**

**연구배경** 저시력 장애란 의학적 또는 광학적 방법으로 개선할 수 없는 시력 장애나 시기능 장애를 말한다. 저시력 장애인은 자신의 잔존시력을 활용하여 일상생활에서 접하는 문제를 해결하려 한다. 그러나 현존하는 보조기기들은 실내에서 글자를 읽거나 화면을 보는데 적합한 제품이 대부분이며, 실외의 상황을 고려한 보조기기는 드물다.

**연구방법** 본 연구에서는 저시력 장애인의 실외 보행 중 취약한 상황이나 장애물에 대한 조사를 기반으로 계단, 건물 입구, 볼라드, 인도 장애물, 횡단보도를 그들이 겪는 대표적인 어려움 상황으로 파악하였다. 그리고 그러한 상황들에서 주변 환경을 보다 또렷하게 지각하는데 도움을 줄 수 있는 HMD 기반의 시각필터 및 증강현실 시각 지원방안 네 가지를 제안하였다. 그 다음, 각 지원방안의 유용성을 평가하기 위해 상황별로 시각지원이 구현된 이미지를 가지고 저시력 장애인을 대상으로 한 실험을 수행하였다.

**연구결과** 증강현실 형태의 시각지원이 있을 때 저시력 장애인의 주변 환경에 대한 지각은 가장 정확했다. 특히 증강현실 지원 시 장애물의 형태를 있는 그대로 보여주고 가능한 모든 길의 경로를 표시하는 시각지원이 가장 높은 태스크 성공률과 만족도를 보였다. 반면, 대비나 윤곽을 강화시켜 보여주는 일반적인 시각필터의 인지 정확도는 저시력 장애인이 육안으로 상황을 인지하는 것보다 오히려 더 낮았다.

**결론** HMD나 스마트폰을 활용한 저시력 장애인의 실외 보행 지원으로는 주요 장애물의 형태, 길의 흐름, 신호등의 상태 등을 강조하여 보여줄 수 있는 증강현실 지원이 가장 바람직하다.

**주제어** 저시력장애인, 실외보행지원, 시각필터, 증강현실

*교신저자: 오익표 (ick-pyo0630@hanmail.net)

본 논문은 산업통상자원부 R&D사업 '창조혁신형 디자인고급인력양성사업'의 지원으로 진행되었으며, 교신저자의 2017년 서울과학기술대학교 석사학위논문을 기초로 작성하였음.