

# 장애물 추정 및 클러스터링을 위한 장애물 데이터베이스 관리 모듈 개발: G-eye 관리 시스템

민성희<sup>†</sup>, 오유수<sup>\*\*</sup>

## Development of Obstacle Database Management Module for Obstacle Estimation and Clustering: G-eye Management System

Seonghee Min<sup>†</sup>, Yoosoo Oh<sup>\*\*</sup>

### ABSTRACT

In this paper, we propose the obstacle database management module for obstacle estimation and clustering. The proposed G-eye manager system can create customized walking route for blind people using the UI manager and verify the coordinates of the path. Especially, G-eye management system designed a regional information module. The regional information module can improve the loading speed of the obstacle data by classifying the local information by clustering the coordinates of the obstacle. In this paper, we evaluate the reliability of the walking route generated from the obstacle map. We obtain the coordinate value of the path avoiding the virtual obstacle from the proposed system and analyze the error rate of the path avoiding the obstacle according to the size of the obstacle. And we analyze the correlation between obstacle size and route by classifying virtual obstacles into sizes.

**Key words:** Blind People, G-eye, Industry 4.0, Route Guide, Obstacle Estimation

### 1. 서 론

장애인의 복지에 대한 관심이 높아짐에도 불구하고 시각장애인들은 보행에 많은 어려움을 느낀다. 장애인 실태조사(2014년)에 따르면 시각장애인이 집 밖 활동이 불편하다고 응답한 경우는 44.8%(매우 불편: 20.5%, 약간 불편: 24.3%)로 나타났다[1]. 시각장애인이 집 밖 활동을 불편하다고 느끼는 이유는 장애인 관련 편의 시설 부족(40.6%), 외출 시 동반자가 없어서(50.5%)인 것으로 드러났다. 시각장애인이 주로 이용하는 교통수단 중 자가용 이용 빈도는 26.9%에 불과하므로 시각장애인의 집 밖 활동에는 보행이

중요한 수단이다.

시각장애인은 흰 지팡이나 스마트 이동보조 시스템 등으로 시각장애인 주변의 장애물 위치나 지형의 변화를 인지한다. 특히 흰 지팡이는 시각장애인들이 가장 많이 사용할 뿐만 아니라 시각장애인의 상징이기도 하다. 그러나 흰 지팡이를 능숙하게 사용하기 위해서는 촉타법에 관한 전문적인 교육이 필요하고, 충분한 연습을 통해 흰 지팡이에 익숙해져야 한다 [2]. 또한, 시각장애인이 새로운 목적지로 이동하기 위해서는 실시간으로 경로를 안내하는 길 안내 시스템이 독립적으로 필요하다.

이와 같은 흰 지팡이나 이동보조 시스템의 단점을

\* Corresponding Author : Yoosoo Oh, Address: (38453) Daegudae-ro 201, Gyeongsan-si, Gyeongsangbuk-do, Korea, TEL : +82-53-850-6654, FAX : +82-53-850-4799, E-mail : yoosoo.oh@daegu.ac.kr  
Receipt date : Jan. 13, 2017, Approval date : Jan. 31, 2017

<sup>†</sup> School of Computer & Communication Engineering, Daegu University (E-mail : smin@daegu.ac.kr)

<sup>\*\*</sup> School of Computer & Communication Engineering, Daegu University E-mail : yoosoo.oh@daegu.ac.kr

\* This research was supported by the Daegu University Research Grant, 2013.

보완하기 위해 시각장애인에게 친화적인 형태의 스마트 이동보조 시스템[3, 4, 5]과 길 안내 시스템의 개발을 위한 연구들이 많이 진행되었다. 기존의 스마트 이동보조 시스템들은 초음파 센서, 카메라 등으로 시각장애인 주변의 장애물을 감지하여 시각장애인에게 촉각이나 청각 형태의 피드백을 제공한다. 비장애인을 위한 길 안내 시스템은 출발지에서 목적지까지의 이동할 거리, 시간을 계산하여 빠른 경로를 탐색하고 사용자에게 지도 화면과 음성을 통해 실시간으로 경로를 안내한다. 하지만 시각장애인을 위한 실내용, 실외용 내비게이션 시스템에 대한 연구[6, 7, 8, 9]들은 지도 화면에서의 안내보다는 음성 또는 촉각 안내를 중점적으로 제공한다.

그러나 시각장애인이 새로운 목적지까지 보다 안전하게 보행하기 위해서는 시각장애인 주변의 장애물에 대한 정보를 저장하고, 저장된 정보를 바탕으로 장애물을 회피하는 경로를 안내해야 한다[10]. 이를 위해서는 최근 각광받고 있는 4차 산업혁명의 방법론 중 하나인 ‘누구나 사용할 수 있는 저장소’를 구축하여 장애물 빅데이터를 생성하여야 한다. 장애물 빅데이터 기반의 맞춤형 시각장애인 경로 안내 시스템인 G-eye[10]는 스마트 이동보조 시스템과 스마트폰 앱으로 이루어진 사용자 클라이언트와 SWB (Safety Walking for Blind)서버로 구성된다. 스마트폰 앱에서 목적지 정보를 입력 받고, SWB 서버의 장애물 지도에서 획득한 안전한 경로를 시각장애인에게 음성으로 안내한다. SWB 서버는 시각장애인의 현 위치로부터 목적지까지의 일반적인 보행 경로와 장애물을 회피하는 경로를 통합하여 장애물 지도를 생성한다.

본 논문에서는 장애물 추정 및 클러스터링을 위한 장애물 데이터베이스 관리 모듈 개발을 제안한다. 제안된 G-eye 관리 시스템은 G-eye 시스템의 프로토타입 형태로, 관리자가 시각장애인 맞춤형 보행 경로와 좌표 값을 검증하기 위해 구현되었다. 제안된 시스템은 추정한 장애물의 좌표를 기반으로 클러스터링을 수행하고, 그 결과를 장애물 데이터베이스에 저장한다. 또한 제안된 시스템은 장애물 데이터베이스에 등록되지 않은 새로운 장애물 정보를 업데이트한다. 본 논문에서는 제안된 G-eye 관리 시스템을 이용하여 장애물 지도 상의 보행 경로 좌표 값과 실제 도로의 위치에 대한 실험 데이터 세트를 생성한다.

그리고 본 논문에서는 장애물 지도에서 생성한 보행 경로의 신뢰도에 대해 평가한다. 제안된 시스템은 가상의 장애물을 회피하는 경로의 좌표 값을 획득하여 장애물의 크기에 따라 장애물을 회피하는 경로의 오차율을 분석한다. 그리고 가상의 장애물을 크기로 분류하여 장애물의 크기와 장애물을 회피하는 경로에 대한 상관관계를 분석한다.

## 2. 관련연구

현재까지 시각장애인의 보행을 보조하기 위한 스마트 이동보조 시스템과 실내 혹은 실외용 내비게이션 시스템들이 연구되어 왔다. 시각장애인의 안전한 보행을 위한 스마트 이동보조 시스템들은 장애물을 감지하는 시스템이나 안내견, 흰 지팡이 등에 부착하여 시각장애인 주변의 상황을 인식하는 시스템이 개발되었다. 시각장애인을 위한 실내용 내비게이션은 RFID나 비콘(Bluetooth 4.0)을 이용하여 시각장애인의 위치를 파악하고 보행에 도움을 준다. 시각장애인을 위한 실외용 내비게이션은 GPS를 이용하여 시각장애인의 위치를 파악하고 목적지까지 경로를 생성하여 음성으로 안내한다. 다음 Table 1은 관련 연구에서 제공하는 시각장애인을 위한 안내 정보를 비교하고 분석한 결과에 대한 것이다.

### 2.1 스마트 이동보조 시스템

안내견 하네스 행동알림 시스템[3]은 안내견이 착용하는 하네스에 안내견의 행동을 감지하는 시스템을 부착하였다. 제안된 시스템은 IMU모듈(가속도센서, 각속도센서)과 가속도 센서를 이용하여 안내견의 행동을 내리막계단, 오르막계단, 정지, 평지, 오르막길, 내리막길, 선택적 명령 불복종으로 분류하여 감지한다. 그리고 블루투스를 이용하여 분류된 안내견의 행동을 시각장애인에게 음성으로 안내한다. 하네스 행동알림 시스템은 안내견을 처음 이용하는 시각장애인이 갑작스러운 위험상황에서 안내견의 행동을 빠르게 판단함으로써 주변 상황을 파악하는데 도움을 준다. 그러나 주변 장애물에 대한 정보나 목적지까지의 경로에 대한 정보는 제공하지 않는다.

영상기반 휴먼 행동 인식 시스템[4]은 귀걸이형 소형 카메라를 통해 시각장애인 주변의 영상을 획득하여 서버에서 주변 상황을 인식하고, 스마트폰은 시

Table 1. Comparative analysis of guide information

Existing research activities	Surrounded objects detection	Transformable objects recognition
Implementation of Behavior Notification System for Guide Dog Harness Using IMU and Acelerometer Sensor[3]	geographic information	·
An indoor navigation system for visually impaired and elderly people based on Radio Frequency Identification (RFID)[6]	detecting obstacles & guiding a path	movable obstacles
An Indoor Localization and Guidance System for the Visually Impaired Person Based on Bluetooth 4.0[7]	only guiding a path	·
An Design and Implementation of Navigation System for Visually Impaired Persons Based on Smart Mobile Devices[8]	only guiding a path	·
Smart Cane Navigator: Obstacle Avoidance Navigation System for Visually Impaired[9]	only detecting obstacles	movable obstacles
The Proposed System	detecting obstacles & guiding a path	transformable obstacles

각장애인에게 음성으로 인식 결과를 안내한다. 서버는 휴먼 및 객체를 검출하고, 휴먼에 대해서는 행동 인식 알고리즘을 적용하여 휴먼 행동을 인식할 수 있다. 그러나 계산 시간, 데이터 전송시간 등이 실제로 사용하기에 오래 걸린다는 문제점이 있다.

햅틱 네비게이션 시스템[5]은 솔레노이드, 영구 자석, 탄성 스프링으로 이루어진 촉감 모듈을 이용하여 시각장애인에게 방향 정보를 촉각으로 제공한다. 햅틱 네비게이션 시스템은 2D 이동 진동파를 이용하여 왼쪽에서 오른쪽, 위에서 아래 등의 방향으로 진동이 이동하도록 설계되었다. 또한 진동 자극이 불편한 시각장애인을 위하여 핀 어레이 형식의 촉감 모듈을 개발하였다. 핀 어레이 모듈은 상, 하, 좌, 우의 4개의 핀으로 구성되어 손가락에 자극을 전달한다. 이 시스템은 두 가지의 촉감 모듈을 개발함으로써 방향 정보를 제공하는 피드백 모듈을 소형화하였다.

2.2 실내용 내비게이션 시스템

RFID를 이용한 실내용 내비게이션[6]은 착용형 모듈과 네비게이션 서버로 구성된다. 착용형 모듈은 RFID태그를 이용하여 시각장애인의 위치를 판단하고, 시각장애인 주변에 장애물이 감지되면 초음파센서로 장애물까지의 거리를 측정하여 서버로 전송한다. 이 서버는 태그의 ID를 이용하여 목적지까지의

경로를 계산한다. 시각장애인이 보행하는 도중 장애물이 감지되면 시스템은 장애물까지의 거리를 이용하여 회피하는 경로를 다시 검색하여 시각장애인에게 안내한다. 본 시스템은 건물의 청사진을 바탕으로 시각장애인이 안전하게 보행할 수 있는 경로를 미리 구성하고, 실시간으로 감지된 장애물을 회피할 수 있는 경로를 제공한다. 그러나 본 시스템을 사용하기 위해서는 건물의 청사진에 대한 정보가 필요하고, RFID 태그를 미리 설치해야만 한다.

Bluetooth 4.0기반의 실내 위치 추정 및 안내 시스템[7]은 비콘을 기반으로 사용자의 위치를 파악하여 최적의 경로를 생성하고 시각장애인에게 안내한다. 시각장애인은 스마트 폰 앱을 통해 목적지 설정하면 시스템은 현재 위치에서 가장 가까운 비콘을 검색한 후, 목적지까지의 경로에 설치되어있는 비콘들을 이용하여 다익스트라 알고리즘이 적용된 경로를 생성하고, 음성으로 안내한다. 그러나 이 시스템은 주변 상황이나 장애물에 대한 정보를 제공하지는 않는다.

2.3 실외용 내비게이션 시스템

스마트 기기를 이용한 시각장애인 네비게이션 시스템[8]은 스마트 폰을 이용하여 시각장애인에게 목적지까지의 경로를 음성으로 안내한다. 본 시스템은 삼거리나 사거리 등 길이 만나는 곳의 모퉁이, 건물

의 모서리, 센서가 설치되어 있는 곳을 노드로 지정하고 출발지에서 목적지까지의 노드 중 최단경로를 탐색하는 알고리즘을 설계하였다. 그러나 설계된 최단경로는 시각장애인이 실제로 보행하였을 때 안전하지 않은 경로일 가능성이 있다. 또한 시스템에 적용된 노드에 대한 정보는 실시간으로 업데이트되어야 한다.

장애물 회피 및 목적지 안내 시스템[9]은 지팡이에 부착된 초음파 센서로 장애물을 감지하고, 스마트폰을 통해 시각장애인에게 목적지까지의 경로와 함께 초음파 센서에서 감지된 장애물의 거리와 방향에 대한 정보에 대해 음성으로 안내한다. 본 시스템은 장애물 정보를 제공하고 사용자가 장애물을 안전하게 회피할 수 있는지 실험을 통해 입증하였다. 또한 목적지까지의 경로를 안내하는 정보와 장애물에 대한 정보를 음성형태로 동시에 전달하는 것에 대해 문제가 없다는 것을 확인하였다. 그러나 이 시스템은 장애물의 크기에 대한 정보와 장애물을 회피하는 경로에 대해서는 제공하지 않는다.

### 3. G-eye 시스템

G-eye 시스템은 시각장애인이 스마트폰 앱으로 목적지를 입력하면 사용자 클라이언트와 SWB서버가 통신하여 안내정보를 시각장애인에게 제공하도록 개발되었다[10]. Fig. 1은 시각장애인이 G-eye를 이용하여 목적지에 대한 안전한 경로를 안내받을 때까지 데이터의 흐름에 대한 다이어그램이다. 시각장애인이 목적지 정보를 입력하면 유저 입력 모듈은 목적지 정보를 입력받아 데이터 통신 모듈을 거쳐 SWB 서버로 시각장애인의 현재 위치와 목적지를

전송한다. SWB 서버의 데이터 통신 모듈은 데이터 획득 모듈로 시각장애인의 현재 위치와 목적지 정보를 전달한다. 데이터 획득 모듈의 Tmap API[11]에서 획득한 보행 경로 정보를 경로 찾기 모듈로 넘겨주면 경로 찾기 모듈에서는 데이터를 가공하여 경로 생성 모듈로 전송한다. 경로 생성 모듈에서는 생성된 안전한 보행 경로를 시각장애인에게 음성으로 안내한다.

G-eye의 스마트 이동 보조 시스템은 실시간으로 장애물을 감지하고, 시각장애인에게 진동 및 햅틱피드백을 제공한다. 그리고 SWB서버에서는 실시간으로 감지된 장애물의 변화를 장애물의 위치와 크기(부피)로 판단하여 장애물 데이터베이스를 업데이트한다. Fig. 2는 시각장애인이 안전한 보행 경로로 이동하는 도중에 새로운 장애물을 만났을 때의 G-eye의 데이터 흐름을 표현한 다이어그램이다. 새로운 장애물이 발견되면 장애물이 발견된 위치의 시각장애인의 좌표와 장애물의 크기, 장애물까지의 거리와 각도를 SWB 서버로 전송한다. SWB 서버로 전송된 새로운 장애물 정보는 장애물 좌표 모듈로 전달된다. 장애물 좌표 모듈에서는 장애물의 위치의 좌표를 사용자의 현 위치와 장애물까지의 거리, 각도를 이용하여 계산한다. 생성된 장애물 정보는 데이터 획득 모듈의 장애물 데이터베이스에 저장되어 다음 안내시 사용된다.

Fig. 3은 장애물 데이터베이스에 저장된 장애물 정보이다. 장애물 데이터베이스에는 장애물의 ID, 장애물의 위치, 크기, 신뢰도가 저장된다. 장애물의 위치는 위도와 경도 값을 사용하였다. 장애물의 크기는 cm단위이며, 사용자의 위치로부터 장애물까지의 거

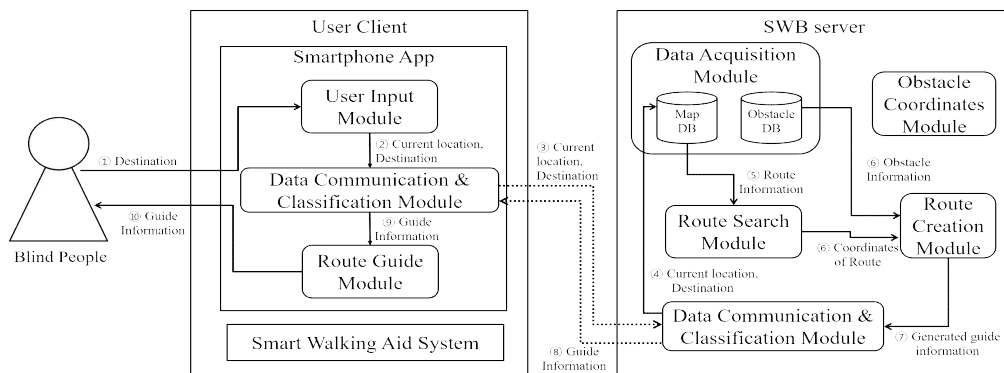


Fig. 1. Dataflow of route guide.

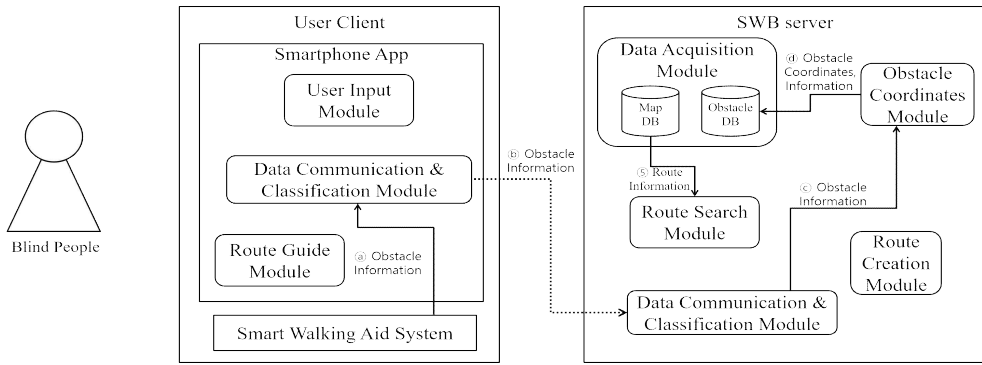


Fig. 2. Dataflow for registration of new obstacle.

데이터베이스: object\_maps\_objects

	id	objectX	objectY	width	height	dis	reliability
	필터	필터	필터	필터	필터	필터	필터
1	1	128.728469613952	37.4912786809805	63	22	0.02	2
2	2	128.736436839661	35.8299139703021	70	100	0.072831475...	4
3	3	127.149208726531	37.5512256824223	36	49	0.019	3
4	4	129.474878515965	35.6932446015677	50	23	0.012	3
5	5	128.416125513802	35.865782588254	47	56	0.003	4
6	6	126.428090544594	34.5032740550792	36	40	0.003	4
7	7	127.678211013345	34.6599884618062	11	11	0.032	1
8	8	128.773492749577	37.6007049192737	62	48	0.03	1
9	9	128.398789448026	36.1563971750651	36	56	0.001	4
10	10	128.785145783955	36.3213966334404	64	66	0.018	3

Annotations: obstacle coordinates (longitude, latitude) points to objectX and objectY; obstacle size (width, height) points to width and height; distance from obstacle points to dis; Reliability of obstacle points to reliability.

Fig. 3. Virtual obstacles saved in database.

리는 km단위로 저장된다. 장애물까지의 거리를 신뢰도로 구분하여 가까운 거리에서 발견된 장애물일 수록 높은 신뢰도 값을 가진다.

G-eye 관리 시스템은 기존 연구인 G-eye 시스템을 보완하여 지역정보모듈을 추가로 설계하고 평가하였다. 지역정보모듈은 장애물 좌표 모듈로부터 획득한 장애물 좌표를 바탕으로 지역에 대한 정보를 구분하고, 지역 정보는 장애물 데이터베이스에 함께 저장된다. 시각장애인이 위치한 지역의 장애물 정보들을 먼저 로딩한 후에 경로 주변의 장애물을 검색함으로써 장애물 지도 생성 시 정확성 및 로딩 속도를 향상시킬 수 있다.

#### 4. G-eye 관리 시스템의 구현 및 실험

##### 4.1 G-eye 관리 시스템의 구현

G-eye 관리 시스템은 관리자 UI를 이용하여 장애물 지도를 생성하고, 시각장애인의 맞춤형 보행 경로의 좌표 값을 확인할 수 있다. Fig. 4는 G-eye 관리 시스템의 시퀀스 다이어그램을 나타낸 것이다. 사용자가 관리 시스템으로 목적지의 좌표를 입력하면 관리 시스템은 Fig. 4와 같이, Tmap API에서 경로의 좌표 값을 얻어온다. 동시에 관리 시스템은 장애물 데이터베이스에서 경로 주변의 장애물 정보를 받아온다. 관리 시스템은 일반적인 보행경로와 장애물 회피 경로를 통합한 보행 경로를 생성하고, 사용자에게 경로의 좌표 값을 출력한다. 만약 사용자가 새로운 장애물 정보를 입력하면 장애물의 좌표를 계산하여 장애물 데이터베이스에 장애물에 대한 정보를 저장한다.

관리자 UI는 목적지 입력 탭, 현재 위치 및 장애물 정보 입력 탭, 장애물 지도 출력 탭으로 구성된다.

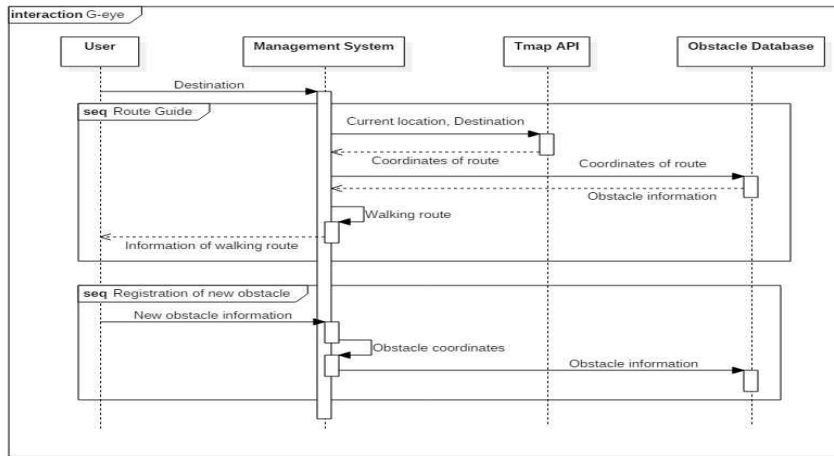


Fig. 4. Sequence diagram of G-eye management system.

목적지 입력 탭은 현재 위치와 목적지의 좌표 값을 입력할 수 있다. 현재 위치와 목적지가 설정되면 현재 위치 및 장애물 정보 입력 탭에서 사용자의 위치를 입력할 수 있고, 보행 중 장애물이 나타났을 때에는 장애물의 정보를 입력할 수 있다. 장애물 지도 출력 탭(c)은 좌표 입력 탭에서 입력한 출발지에서 목적지까지의 장애물 지도를 실시간으로 출력한다. 보행 경로는 검정색 굵은 선으로, 장애물의 위치는 마커로 표시하였다. 다음 Fig. 5는 G-eye 관리 시스템의 스크린 샷이다.

4.2 실험

본 논문에서는 제안된 시스템의 장애물 지도에서 생성한 장애물 회피 경로의 신뢰도를 평가하기 위하여 각 장애물을 회피하는 경로의 좌표 값들의 상대오차를 구하고, 장애물의 크기와 상대오차율의 상관관계를 분석하였다. 가상의 장애물은 370개로 장애물의 위치는 한반도 내 임의의 좌표 값이며, 장애물의 너비와 깊이도 10cm에서 70cm사이의 임의의 수로 생성하였다. 그리고 가상의 장애물을 회피하는 경

로의 좌표 값에 대한 데이터 세트를 작성하였다. 장애물을 회피하는 경로의 좌표 값은 먼저 사용자가 장애물의 왼쪽으로 회피하는 경우와 오른쪽으로 회피하는 경우의 좌표 값을 구하고, 각각의 경우에서 직진하는 경로의 좌표 값을 구했다.

먼저 장애물의 왼쪽 또는 오른쪽으로 회피하는 좌표와 사용자의 좌표 사이의 거리를 구한 결과와 장애물을 회피하기 위한 거리의 상대오차를 계산하였다. 이 때의 장애물을 회피하기 위한 거리는 장애물의 너비의 절반에 30cm를 추가하여 사용자가 장애물을 안전하게 회피할 수 있도록 하였다. user\_L은 사용자의 좌표와 장애물을 왼쪽으로 회피하는 좌표사이의 거리를 뜻하며, user\_R은 사용자의 좌표와 장애물을 오른쪽으로 회피하는 좌표사이의 거리를 뜻한다.

마찬가지로 장애물의 왼쪽 또는 오른쪽으로 회피한 좌표와 장애물의 깊이만큼 직진한 경로의 좌표사이의 거리를 구한 결과와 장애물을 회피하기 위한 거리의 상대오차를 계산하였다. 이 때의 장애물을 회피하기 위한 거리는 장애물의 깊이에 30cm를 더한

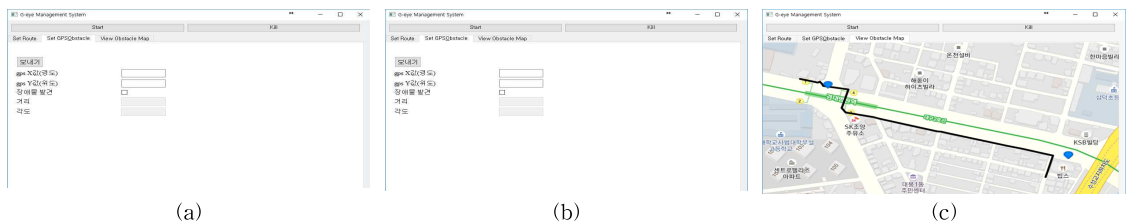


Fig. 5. Screenshot of G-eye management system (a)user\_L, (b)user\_R, (c)L\_str and (d)R\_str.

Table 2. The technical statistics of error

	Error of user_L(%)	Error of user_R(%)	Error of L_str(%)	Error of R_str(%)
Average	1.86936	1.1032	0.71848	0.72198
Variance	2.21049	0.750249	0.481449	0.464821
Standard deviation	1.486772	0.866169	0.693865	0.681778

것이다. L\_str은 장애물을 왼쪽으로 회피하는 좌표와 장애물을 왼쪽으로 회피한 후 직진한 좌표사이의 거리이며, R\_str은 장애물을 오른쪽으로 회피하는 좌표와 장애물을 오른쪽으로 회피한 후 직진한 좌표사이의 거리이다. 다음 Table 2는 각 상대오차율의 평균과 분산, 표준편차를 구한 결과이며, Fig. 6은 user\_L(a), user\_R(b), L\_str(c), R\_str(d)의 상대오차율에 대한 그래프이다. 전체 시스템의 오차율의 평균은 약 1.10325%로 제안된 시스템에서 제공하는 장애물을 회피하는 경로의 신뢰도는 높은 것으로 나타났다.

장애물의 크기와 각 회피 좌표의 오차 사이의 상관관계를 분석하기 위하여 장애물의 크기를 상, 중, 하로 분류하고 분산분석을 실시하였다. Table 3는 분산의 동질성 검사 결과이고, Table 4은 분산 분석의 결과이다. Table 3의 분산의 동질성 검사에서 user\_L과 user\_R의 경우 유의확률이 0.05보다 크지 않으므로 등분산성을 가정하지 않고 분산 분석을 실시하였다. 표 4의 분산 분석 결과 모든 요인의 그룹 내에

서의 유의 확률(Sig.)이 0.05보다 크므로 귀무가설(장애물의 크기끼리의 평균의 차이는 없다.)을 채택한다. 따라서 장애물을 회피하는 경로의 좌표 값의 오차와 장애물의 크기 간의 상관관계가 없음이 확인되었다.

5. 결 론

본 논문에서는 장애물 추정 및 클러스터링을 위한 장애물 데이터베이스 관리 모듈 개발을 제안하였다. 제안된 G-eye 관리자 시스템은 관리자 UI를 이용하여 시각장애인 맞춤형 보행 경로를 생성하고, 경로의 좌표 값을 확인할 수 있다. 특히 기존연구인 G-eye에서 지역정보모듈을 추가로 설계하여 데이터의 로딩 속도를 향상시켰다. 지역정보모듈은 장애물의 좌표를 클러스터링하여 지역정보를 구분하여 저장하는 것이다.

본 논문에서는 장애물 회피 경로의 정확도를 검증하기 위하여 가상의 장애물을 회피하는 경로의 좌표

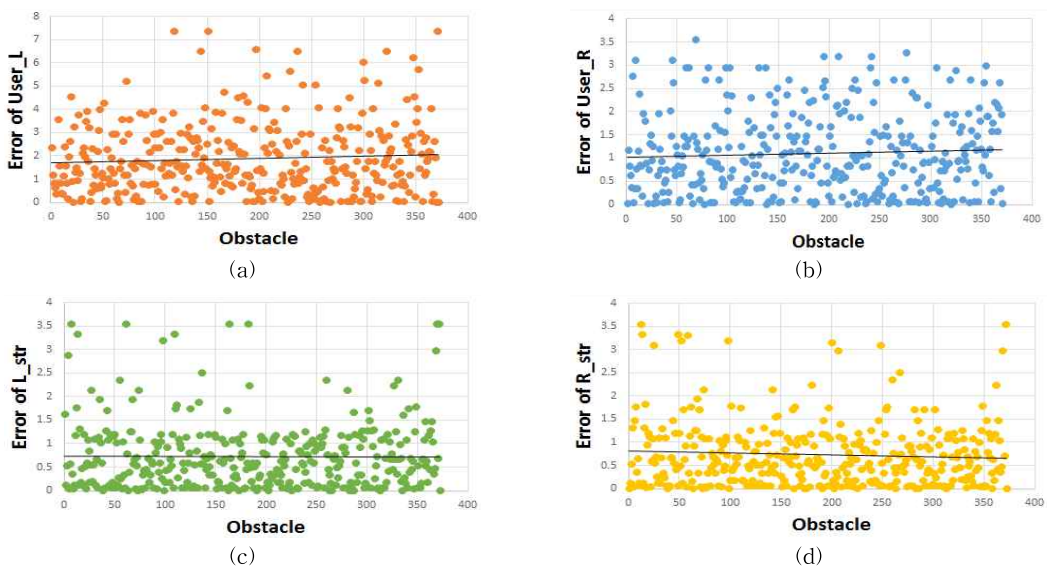


Fig. 6. Graph of avoid coordinates error (a)user\_L, (b)user\_R, (c)L\_str and (d)R\_str.



를 생성하여 오차를 계산하고, 장애물의 크기와 오차 사이의 상관관계를 확인하였다. 장애물을 회피하는 경로의 좌표 값의 오차는 1%로 매우 낮은 수치를 보였으며, 장애물의 크기에 따른 회피 경로의 오차 차이가 없음을 입증하였다. 추후 연구에서는 장애물의 지역정보를 활용하기 위한 방안을 모색하고 G-eye 시스템의 사용성 평가를 통해 제안된 시스템의 장애물 인식률과 회피 경로의 실효성을 입증할 것이다.

## REFERENCE

- [ 1 ] Korea Institute for Health and Social Affairs, *Survey of the Disabled*, 11-1352000-000568-12, 2014.
- [ 2 ] Y. Kim, T. Lee, H. Kim, S. Cho, D. Kim, and S. Lee, *Theory and Practices of Walking for Visually Impaired People*, Sigmaphress, 2013, 21, Yangpyeong-ro 22-gil, Yeongdeungpo-gu, Seoul, Republic of Korea.
- [ 3 ] B. Ahn, Y. Noh, and D. Jeong, "Implementation of Behavior Notification System for Guide Dog Harness Using IMU and Accelerometer Sensor," *The Journal of Korea Institute of Signal Processing and Systems*, Vol. 16, No. 1, pp. 15-21, 2015.
- [ 4 ] B. Ko, M. Hwang, and J. Nam, "Image Based Human Action Recognition System to Support the Blind," *Journal of Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, Vol. 42, No. 1, pp. 138-143, 2015.
- [ 5 ] S. Kim and S. Cho, "A Haptic Navigation System for Visually Impaired Persons," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 14, No. 1, pp. 133-143, 2011.
- [ 6 ] C. Tsirmpas, A. Rompas, O. Fokou, and D. Koutsouris, "An Indoor Navigation System for Visually Impaired and Elderly People Based on Radio Frequency Identification (RFID)," *Information Sciences*, Vol. 320, pp. 288-305, 2015.
- [ 7 ] S. Bae, "An Indoor Localization and Guidance System for the Visually Impaired Person Based on Bluetooth 4.0," *Journal of The Korea Contents Association*, Vol. 16, No. 8, pp. 202-208, 2016.
- [ 8 ] C. Kim and J. Seo, "An Design and Implementation of Navigation System for Visually Impaired Persons Based on Smart Mobile Devices," *Journal Of The Korea Contents Association*, Vol. 15, No. 1, pp. 24-30, 2015.
- [ 9 ] I. Koh, J. Kim, H. Jo, and E.T. Matson, "Smart Cane Navigator: Obstacle Avoidance Navigation System for Visually Impaired," *Proceeding of Korea Computer Congress*, pp. 496-498, 2016.
- [10] S. Min and Y. Oh, "G-eye: Route Guide System Based on Obstacle Map for Blind People," *Proceeding of the HCI Korea*, pp.730-732, 2017.
- [11] TMAP API, 2017.02.28., <https://developers.skplanetx.com/apidoc/kor/tmap/>



민 성 희

2014년 현재 대구대학교 정보통신공학부, 학부과정  
관심분야: 임베디드 인터렉션 시스템, 머신러닝, HCI 등



오 유 수

1997년~2002년 경북대학교 전과 공학, 공학사  
2002년~2003년 광주과학기술원 (GIST) 정보통신공학, 공학석사  
2003년~2010년 광주과학기술원 (GIST) 정보기전공학, 공학박사

2012년~현재 대구대학교 정보통신공학부 교수  
관심분야: 머신러닝, 미들웨어, 인터랙티브 시스템, HCI 등