

A System with Efficient Managing and Monitoring for Guidance Device

Jin-Hee Lee[†] · Eun-Seok Lee^{**} · Byeong-Seok Shin^{***}

ABSTRACT

When performing experiments in indoor and outdoor environment, we need a system that monitors a volunteer to prevent dangerous situations and efficiently manages the data in real time. We developed a guidance device for visually impaired person that guides the user to walk safely to the destination in the previous study. We set a POI (Point of Interest) of a specific location indoors and outdoors and tracks the user's position and navigate the walking path using artificial markers and ZigBee modules as landmark. In addition, we develop path finding algorithm to be used for navigation in the guidance device. In the test bed, the volunteers are exposed to dangerous situations and can be an accident due to malfunction of the device since they are visually impaired person or normal person wearing a eye patch. Therefore the device requires a system that remotely monitors the volunteer wearing guidance device and manages indoor or outdoor a lot of map data. In this paper, we introduce a managing system that monitors the volunteers remotely and handles map data efficiently. We implement a management system which can monitor the volunteer in order to prevent a hazardous situation and effectively manage large amounts of data. In addition, we verified the effectiveness of the proposed system through various experiments.

Keywords : Monitoring System, Guidance Device, HCI

보행안내 기기의 효과적인 관리 및 모니터링을 위한 시스템

이진희[†] · 이은석^{**} · 신병석^{***}

요약

실내외 환경에서 실험을 수행할 때에 피험자의 상태를 모니터링 하여 위험한 상황을 미연에 방지하고, 실시간으로 처리해야 하는 데이터를 효과적으로 관리할 수 있는 시스템이 필요하다. 이전 연구에서 우리는 목적지까지 안전하게 보행할 수 있도록 하는 시각장애인을 위한 보행안내 기기를 개발하였다. 이 기기는 실내외 특정 위치마다 POI (Point of Interest)를 설정하고 실내에서는 인공 표식(landmark), 실외에서는 직비(ZigBee) 모듈을 이용하고 보행 경로 탐색 알고리즘을 개발하여 사용자의 보행 위치를 추정할 수 있다. 실제 테스트베드에서는 시각장애인이거나 안대를 착용한 일반인을 대상으로 실험을 수행하므로 실험 대상자가 위험 상황에 노출될 수 있고, 기기의 오작동으로 인해 문제가 발생할 수 있기 때문에 실험 대상자를 원격으로 모니터링 하는 것이 필요하고 대용량의 실내외 지도 데이터를 저장하고 관리하는 것이 중요하다. 본 논문에서는 실험 대상자를 원격으로 모니터링 하고 대용량의 지도 데이터를 처리하는 제어 관리용 시스템을 소개한다. 실험을 수행할 때에 위험한 상황을 미연에 방지하고자 피험자의 상태를 모니터링 하고, 대용량의 데이터를 효과적으로 관리할 수 있는 관리용 시스템을 제작하였고, 다양한 실험을 통하여 제안하는 시스템의 유효성을 입증하였다.

키워드 : 모니터링 시스템, 보행안내 기기, HCI

1. 서론

대부분의 시각장애인들은 보행 시에 현재 위치와 진행 방

향을 인지하는데 많은 어려움을 느낀다. 그러므로 보행안내 서비스는 시각장애인에게 꼭 필요하다. 최근 수십 년 동안 시각장애인을 위해 이동성과 착용 편리성을 고려한 다양한 보행안내 기기들이 개발되었으나 소수의 기기들만이 보행자와의 상호작용과 실시간 적응성을 고려하였다.

이전 연구에서 우리는 시각장애인이 실외에서 목적지까지 안전하게 보행할 수 있도록 보행안내 기기를 개발하였다[1]. 초음파 센서를 이용하여 전방의 장애물 위치를 파악하여 회피하고, 실내 보행 시에는 인공 표식 마커를 천장에 부착하고 적외선 마커 카메라를 이용하여 보행자의 위치를 파악한다. 실외 보행 시에는 GPS 데이터를 통해 보행자의 위치를 추정하였으며 A* 알고리즘을 이용하여 보행자가 원하는 목적지까지 경로를 찾아 안내하도록 하였다. 그러나 이 기기

※ 이 논문은 보건복지부의 재원으로 한국보건산업진흥원의 보건의료기술 연구개발사업 지원에 의하여 이루어진 것임(HI14C0765).
※ 이 논문은 2015년도 한국정보처리학회 추계학술발표대회에서 '보행안내 시스템의 효율적인 모니터링 및 제어 관리를 위한 애플리케이션'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임.
† 비 회 원 : 대구경북과학기술원 CPS글로벌센터 연구원
** 준 회 원 : 인하대학교 인간중심컴퓨팅센터 박사후연구원
*** 종신회원 : 인하대학교 컴퓨터정보공학과 교수
Manuscript Received : December 8, 2015
First Revision : February 15, 2016
Second Revision : March 14, 2016
Accepted : March 17, 2016
* Corresponding Author : Byeong-Seok Shin(bsshin@inha.ac.kr)

는 음성으로 보행자에게 안내를 하므로 실외 공간에서 자동차와 같이 빠르게 움직이는 위험 요소에 의해 사고가 날 수 있고, 기기 오작동으로 인해 문제가 발생할 수 있다. 이러한 상황들을 모니터링하기 위해 현재까지 개발된 대부분의 시스템들은 단순히 기기의 오작동을 체크하거나 사용자의 상태만을 감시하므로 사용자는 그대로 위험한 상황에 노출된다[2-4]. 본 논문에서는 이전에 개발한 보행안내 기기의 성능을 테스트하기 위해 시각장애인(혹은 눈을 가린 실험 대상자)을 대상으로 실험할 때에 보행안내 기기가 감지하지 못하는 맨홀이나 낮은 장애물 등으로 발생할 수 있는 사고를 미연에 방지하기 위한 시스템을 제안한다. 이 시스템은 원격으로 신속히 기기를 모니터링 하고 위험한 상황에 노출되기 전에 보행자에게 미리 상황을 경고하도록 하였다. 또한 대량의 지도 데이터를 효율적으로 관리하는 제어 관리용 시스템이다.

본 논문에서 소개하는 시스템은 피험자의 안전을 위해서 보행안내 기기가 사용자에게 음성으로 안내되는 모든 메시지와 각 센서들의 입력 값을 실시간으로 모니터링 하고, 사용자를 위험에 빠뜨릴 수 있는 상황에서 보행안내를 강제로 종료시킨다. 또한 대용량의 실내외 보행지도들 실시간으로 관리하고 효과적으로 활용될 수 있도록 하였다. 개발한 시스템은 일반 모바일 기기에서 사용 가능하며, 블루투스 모듈을 이용하여 데이터 송수신을 한다. 여기서 소개하는 보행안내 기기는 초음파 센서와 카메라, GPS 로부터 데이터를 획득하여 알고리즘 연산을 수행한다. 관리자 시스템을 사용하는 관측 기기에서도 센서들의 데이터를 받아서 기기와 동일한 알고리즘 연산을 수행한다. 그러므로 보행자의 현재 위치와 안내될 음성 메시지를 보행안내 기기보다 먼저 모니터링 관측자에게 텍스트 메시지와 사고 발생 가능성이 있는 맨홀이나 낮은 장애물의 위치를 시각화하여 보여줌으로써 위험한 상황을 경고하고 즉각 회피할 수 있도록 하였다. 또한 지도 데이터와 POI를 효과적으로 관리함으로써 사용자에게 실시간으로 빠르게 제공할 수 있다.

2장에서는 보행을 돕는 보조 기기들에 대해 간단히 알아보고, 3장에서는 이전에 개발한 보행안내 기기의 구성요소 및 동작 원리와 관리자 시스템을 소개 및 기기와의 연동에 대해 설명한다. 4장에서 시스템의 효용성 실험 결과를 보이고, 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

보행 보조기기로는 다양하게 개발되고 있다. 특히 시각장애인을 위한 보행 보조기기로는 ETA(Electronic Travel Aids)와 EOA(Electronic Orientation Aids)로 구분할 수 있다. ETA는 초음파/레이저와 같은 거리 센서들과 카메라를 이용하여 전방 장애물의 유무와 위치를 파악하여 음성이나 촉각 신호로 변환하여 전달하는 장치로서 Sonic Guide [5], C-5 Laser Cane [6], CyARM [7] 등이 여기에 해당된다

[8-10]. ETA는 거리감지 센서와 비전 센서 등을 이용하여 장애물을 감지하기 위해 주변 환경을 스캔해야 하고, 감지된 장애물의 크기를 알기 위해 추가적인 측정이 필요하다. 일반적인 ETA에 각종 센서 기술과 이동 로봇 기술을 결합하여 사용의 편리성을 증진시킨 보행 보조기기를 EOA라 하는데, Harunobu [11], GuideCane [12], MELDOG [13] 등이 있으며, 최근에는 실외 GPS 정보를 이용하여 이동 로봇 기술과 결합된 기기로 Walking Guide Robot [14], Guidance System [15] 등이 있다[16-18]. 그러나 이들은 로봇이 이동할 수 있는 공간으로만 보행자를 유도할 수 있으며, 외부환경이 계속해서 변화하는 경우 오동작을 일으킬 수 있다.

이전 연구에서 우리는 시각장애인이 실내외에서 목적지까지 안전하게 보행할 수 있도록 다중 센서를 이용한 백팩 형태의 ETA 기기를 개발하였다[1]. 그러나 실제 테스트베드에서는 시각장애인을 대상으로 실험을 수행하므로 실험 대상자가 위험 상황에 노출될 수 있기 때문에 관리자 모니터링이 필요하다. 이전에 개발된 사용자 모니터링 시스템들은 단순히 사용자의 현재 건강 상태나 단순히 안전을 위한 모니터링 기능만을 포함한다[19-21]. 본 논문에서는 실험 대상자를 원격으로 모니터링 하고 위험한 상황에 미리 대처할 수 있도록 경고할 뿐만 아니라 대용량의 실내외 보행 지도 데이터를 저장하고 관리하는 시스템을 소개한다.

3. 보행안내 기기의 모니터링 및 관리용 시스템

3.1 보행안내 기기의 구성

본 장에서는 시각장애인을 위한 보행안내 기기의 구성요소와 다중 센서를 이용하여 목적지까지 안전하게 도착하도록 설계한 기기의 작동원리를 설명한다[1].

보행안내 기기의 하드웨어 구성은 초음파 센서 배열과 적외선 마커감지 카메라, GPS 수신기, 지자기센서, 안드로이드 운영체제가 탑재된 휴대용 컴퓨터, 데이터 송수신용 지그비 모듈과 이어폰으로 구성된다. 그리고 사용자의 명령을 받아들이기 위해 제작한 버튼식의 점자 키패드를 사용하고 출력 장치로는 계산된 진행 방향을 보행자에게 알려주기 위한 이어폰이 있다. Fig. 1은 이전 연구에서 구현한 보행안내 기기의 하드웨어 구성도를 나타낸다. 그림에서와 같이 보행안내 기기는 실내 인공표식으로 천장에 부착된 적외선 마커를 카메라로 감지하고 미리 보행용으로 작성해서 저장한 지도 정보를 이용하여 사용자의 위치를 추정한다. 실외에서는 GPS 수신기를 통해 들어온 위경도 데이터와 지도를 기반으로 사용자의 현재 위치와 진행 방향을 파악한다. 즉 지도에서 사용자가 저장된 POI 들 중 하나의 목적지를 선택하면 마커 ID와 GPS 데이터를 기반으로 A*알고리즘을 이용하여 목적지까지의 최적 경로를 탐색한다[22]. 동시에 6개의 초음파 센서를 이용하여 측정된 거리 데이터를 기반으로 보행자의 전방 공간을 감지하여 사용자에게 장애물 회피 방향을 알려준다[1].

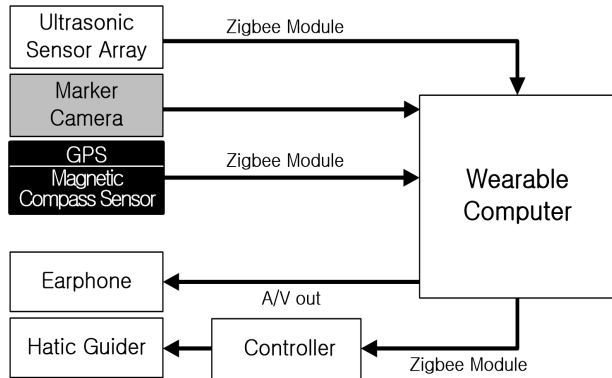


Fig. 1. Hardware diagram of guidance device

실외 보행시 GPS 수신에 불가능하거나 좁은 골목처럼 수신율이 낮은 지역에서는 보행자의 위치 정보를 얻기 어렵다. 이 경우에는 마지막 GPS 수신 값을 토대로 초음파 센서의 거리 데이터를 이용하여 이전 위치 좌표와 목적지 좌표를 이용하여 방향 벡터를 계산하고 보속을 고려함으로써 보행 방향을 결정하는 추측항법(Dead Reckoning)을 적용한다[23]. 다시 GPS 수신에 가능한 지역에 진입하면 GPS와 초음파 센서를 동시에 이용하여 장애물을 회피하면서 안전하게 목적지까지 보행하도록 한다. 보행자의 실내 위치 추정을 위해서는 카메라를 이용하여 마커를 감지하고, 실외 위치 추정을 위해 GPS 수신기를 이용하고, 장애물을 피하기 위해 거리기반의 초음파 센서 배열을 사용하여 회피할 방향을 찾는다. 또한 보행자에게 진행 방향 메시지 전달을 위해 이어폰과 진동자를 이용한다. 센서들간의 움직임을 최소화하기 위해 고정틀을 만들고, 메뉴 설정 및 진동 흐름으로 진행방향을 표현하기 위한 키패드로서 Haptic Guider도 제작하였다. 센서들과 각각의 모듈을 장착한 기기의 시제품은 Fig. 2에서 보여준다.



Fig. 2. Device prototype for visually impaired person

3.2 제안하는 시스템의 기능

보행안내 기기는 시각장애인을 대상으로 실험을 수행하므로 실험할 때 보행자의 안전이 가장 중요하다. 보행안내 기기를 착용하고 실험을 수행할 때 보행자의 눈을 가리거나 시각장애인을 대상으로 수행하기 때문에, 경로를 이탈하거나 매우 낮은 장애물에 걸려 넘어지거나 혹은 맨홀에 빠지는 등의 위험한 상황이 발생할 수 있다. 또한 보행자는 장비의 고장으로 인한 오작동이 발생하게 되면 위험한 상황에 처할 수 있다. 따라서 사용자의 안전을 보장하기 위해 보행안내 기기의 상태를 체크하고 기기가 보행자에게 내리는 명령 및 보행자의 위치 등을 모니터링 하고 관리하는 것이 중요하다. 그러므로 Fig. 3에서와 같이 제안하는 관리용 시스템에서는 실시간으로 보행안내 기기로부터 센서 데이터를 전송 받아 기기보다 빠르게 알고리즘을 수행하여 보행자에게 명령을 내리기 전에 상황을 예측할 뿐만 아니라 모니터링 할 수 있다. 그림에서 회색으로 표시한 부분이 사용자의 상태 및 위험한 상황을 모니터링 하는 부분이고, 흰색으로 표시한 부분이 지도 데이터를 저장하고 관리하는 부분이다. 또한 Fig. 4에서는 보행안내 기기와 제안하는 시스템 간의 정보 흐름을 나타낸다. 그림에서 보행안내 기기에서 사용하는 센서들은 검은색 상자, 알고리즘은 회색 상자, output은 흰색 상자로 나타내고, 제안하는 시스템은 회색 원기둥으로 표현하였다.

앞에서 설명한 바와 같이 이 기기는 실내와 실외에서 보행자의 위치를 파악하는 방법이 다르다. 실외의 경우에는 GPS를 이용하여 위치를 파악하므로 Fig. 5와 같이 시스템에서는 보행자가 선택한 위치와 그 위치의 GPS 좌표를 보여준다. 실외의 경우에 구글이나 애플, 다음, 네이버 등에서 제공하는 지도를 시스템에서 사용하고 보행안내 기기에서는 이전에 작성한 간단한 텍스트 형태의 지도를 이용하므로 별도의 지도가 필요하지 않다. 보행자가 목적지 POI를 선택하기 전에 시스템에서는 Fig. 6A와 같이 POI 목록과 지도상의 현재 위치를 보여주고, 보행자가 하나의 POI를 선택하면 그 선택된 POI의 위치를 다른 색상으로 지도에 표시한다. 보행자가 목적지 POI를 선택하면 Fig. 6B와 같이 경로를 표시하며 진행안내 상황을 우측 상단 창에 표시한다. 그림에서와 같이 본 절에서 소개하는 시스템은 휴대용 모바일 기기나 태블릿 PC 등에서 사용 가능하도록 연산이 간단하고 직관적인 UI (User Interface) 환경으로 제작하였다.

실내의 경우에는 절대 좌표 등의 기준 좌표가 없으므로 직접 격자 기반의 지도를 작성하여 사용한다. Fig. 7은 실내 지도를 작성하기 위한 지도 편집기(Map Editor)이다. 그림에서 파란색 격자는 벽, 장애물 등으로 보행자가 보행할 수 없는 곳을 나타내며, 흰색 격자의 경우 보행이 가능한 경로를 나타낸다. 실내에서 보행자의 위치는 천장에 부착된 적외선 마커를 통해 파악되므로 마커 번호를 흰색 격자 안에 입력을 한다. Fig. 8은 카메라를 이용하여 마커가 인식된 예시 화면이다. 그림에서와 같이 시스템에는 지도의 이름, 보행자의 현재 위치 좌표와 진행방향, 인식된 마커 번호를 보여준다. 실내와 실외에서 사용자의 보행경로 상에 장애물을 감지하기 위해서

이전 장에서 설명한 바와 같이 기기에서는 6개의 초음파 센서를 사용한다. 초음파 센서 데이터는 무시함, 경고, 위험 등의 단계로 구분하여 보행자에게 전달하는데 이때 시스템에서

는 위험 정도를 서로 다른 색상으로 구분하여 표시한다. 흰색은 무시함을 나타내고, 빨간색의 명도가 짙어질수록 장애물과 가까워져서 위험한 상황임을 표현한다.

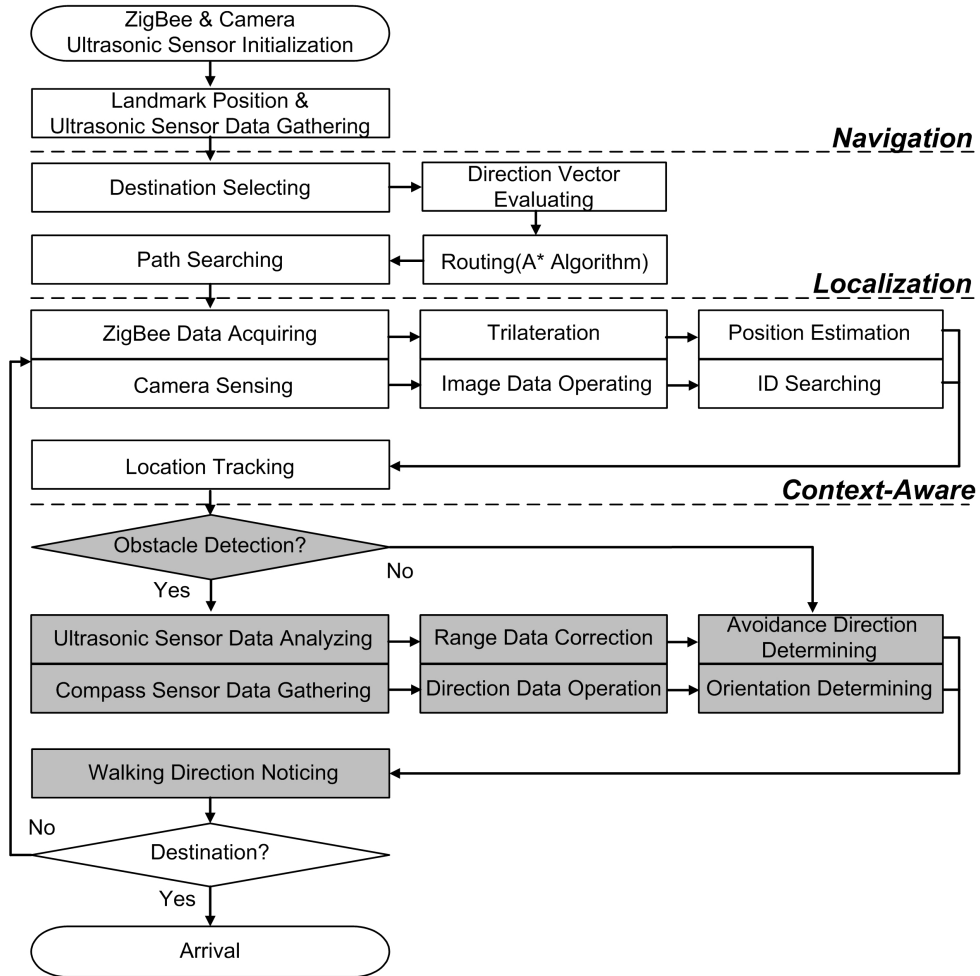


Fig. 3. Flowchart of monitoring service of the proposed system

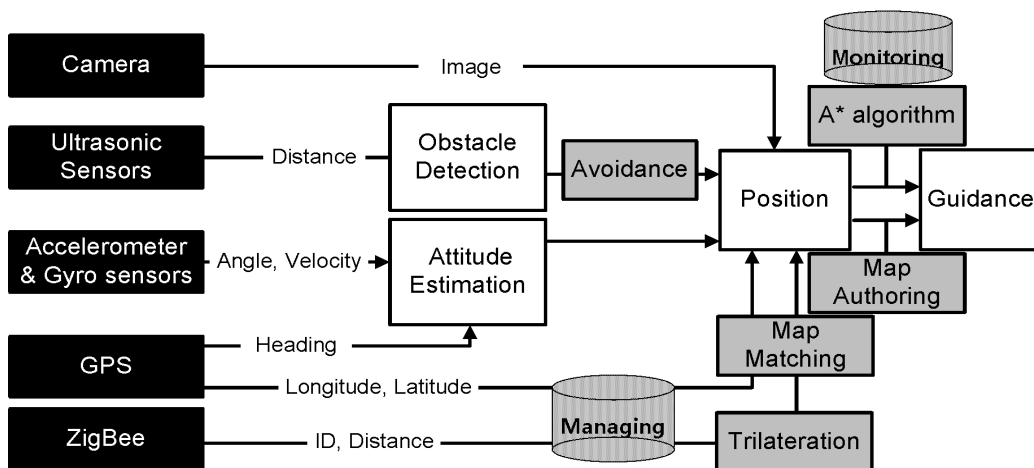


Fig. 4. Flowchart of data between guidance device and the proposed system



Fig. 5. An example using a proposed system with selected POI by user and GPS data

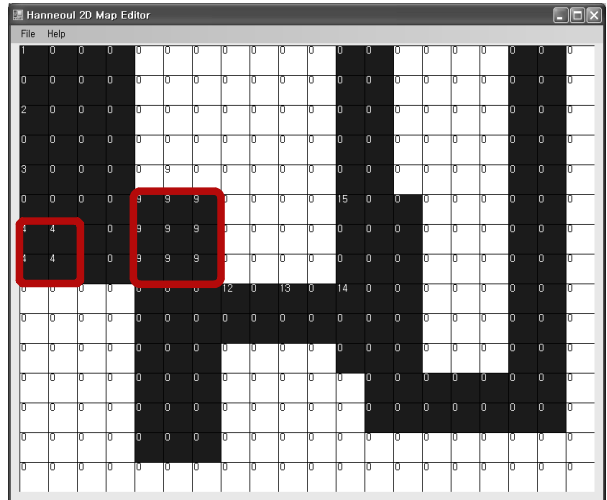
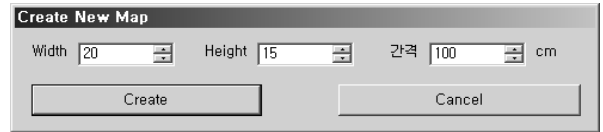
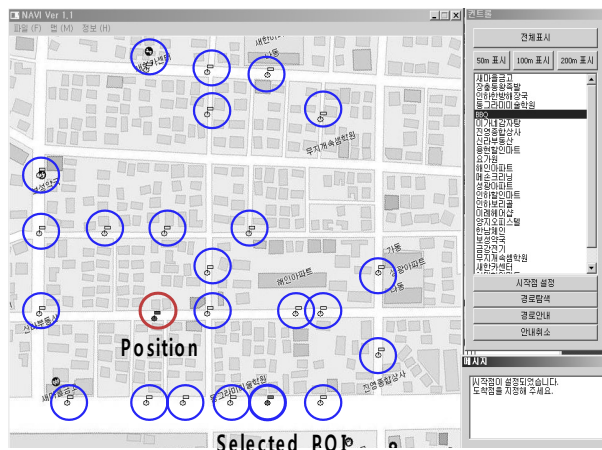


Fig. 7. Map editor: map generating (top) and map editing (bottom)



(A)



(B)

Fig. 6. (A) POI list and map data and (B) An example using a proposed system outdoors

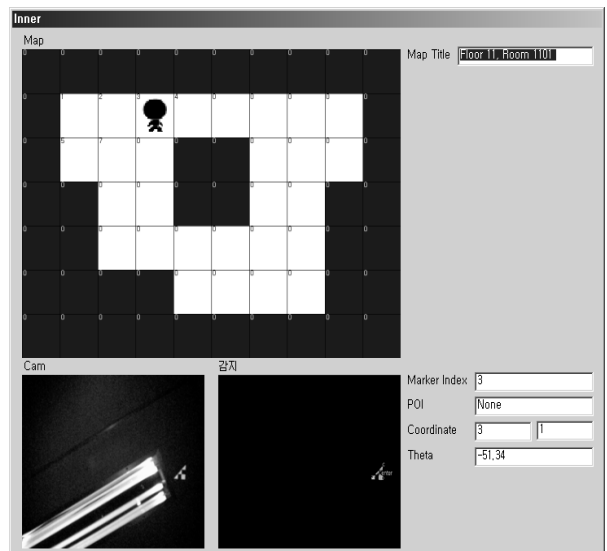


Fig. 8. An example using a proposed system indoors

지도는 공공건물의 내부 구조에 따라 바뀔 수 있으며 많은 건물들의 내부정보를 모두 관리하기가 어렵다. 따라서 보행자가 기기를 착용하고 실험을 준비하는 동안 실시간으로 시스템에서 지도를 간단히 작성하여 블루투스 모듈을 통해 보행안내 기기로 전송한다. 이 방법은 손쉽게 지도를 제작하거나 혹은 건물 입구에서 업데이트된 지도를 제공할 경우 보행안내 기기와 시스템이 편리하게 지도를 송수신할 수 있다. 또한 Fig. 9와 같이 맵소스 프로그램을 이용하여 실시간으로 지도를 전송할 수도 있다.

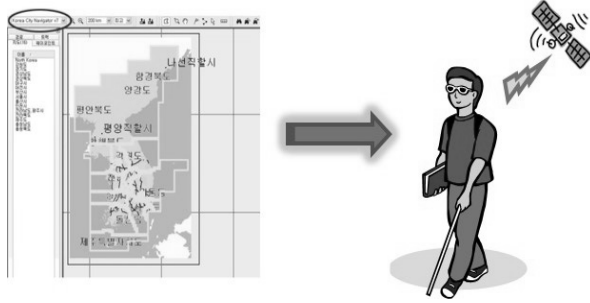


Fig. 9. An example using map source program

4. 실험 결과

수행한 실험은 시각장애인에게 안내될 정보들을 보행자보다 우선적으로 관리용 시스템에서 받을 수 있는지에 초점을 맞추었다. 보행안내 기기를 효과적으로 모니터링 및 제어 가능한지 검증하기 위하여 보행안내 기기와 관리용 시스템이 설치된 기기의 시간을 동기화 한 후에 데이터나 정보를 보낸 시간과 받은 시간을 측정하였다. 시중에서 판매하는 넷북으로 Atom N270 모델이며 CPU는 1.6Ghz이고, 1GB DDR2, 블루투스 2.0을 이용하는 휴대용 PC에 시스템을 설치하여 실험을 수행하였다. 실험 환경은 보행자에게 위험 상황이 발생하였을 때 즉시 대처할 수 있도록 보행안내 기기를 착용한 보행자와 시스템이 설치된 넷북 PC 간에 100m 이내 거리를 두고 수행하였다. 음성 메시지는 보행안내 기기 처리속도가 약 1초 이하이므로 1초에 1번 보행자에게 안내하도록 설정하였다.

Fig. 10은 보행안내 기기와 시스템의 연산 속도를 비교한 결과이다. 시스템은 입력 데이터를 전송 받고 보행안내 기기와 동일한 알고리즘을 처리하므로 기기보다 약 60% 향상된 속도를 보였다. 또한 데이터 송수신 시간을 포함하더라도 텍스트 기반의 시스템을 이용하는 경우가 음성으로 메시지를 전달하는 보행안내 기기에 비해 사용자에게 전달 속도가 훨씬 높았다. 그러므로 시스템을 이용하면 위험한 상황을 방지할 수 있을 뿐만 아니라 신속한 제어 관리를 할 수 있다.

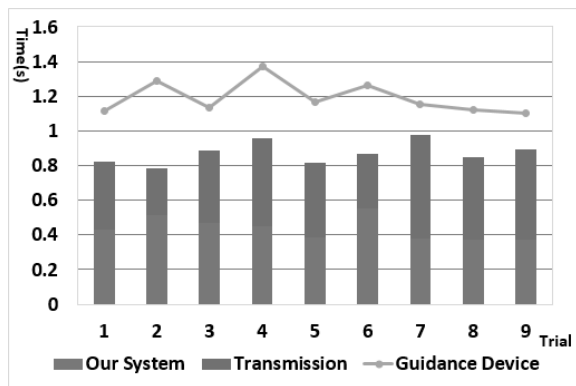


Fig. 10. Comparison of processing time according to cases with only the guidance device and with the system

Fig. 11은 사용자가 보행지원 기기만 사용하는 경우와 시스템을 함께 사용하는 경우의 위험한 상황 감지율을 비교하였다. 기기에 익숙하지 않은 20~30대 일반인 10명(1~10)과 시각장애인협회 시각장애인 10명(A~J)의 피험자를 대상으로 실험을 수행하였다. 일반인은 안대를 착용하여 시각장애인과 동일한 조건에서 실험을 수행하였으며, 피험자들은 보행안내 기기만 의존하여 보행을 하였다. 그림은 약 20회 정도 위험한 상황이 발생할 때의 상황 감지 정확도를 측정하였다. 보행지원 기기만을 사용하는 경우는 평균 50% 정도만 파악 가능하였으며, 시스템을 함께 사용한 경우는 평균 88% 정도의 위험한 상황을 잘 감지하였다. 초음파 센서 배열을 이용하여 장애물을 감지하는 보행지원 기기는 빠르게 지나가는 이륜차나 10cm 이하의 낮은 장애물은 잘 감지하지 못하므로 위험한 상황 파악율이 전체적으로 낮은 결과를 보였다.

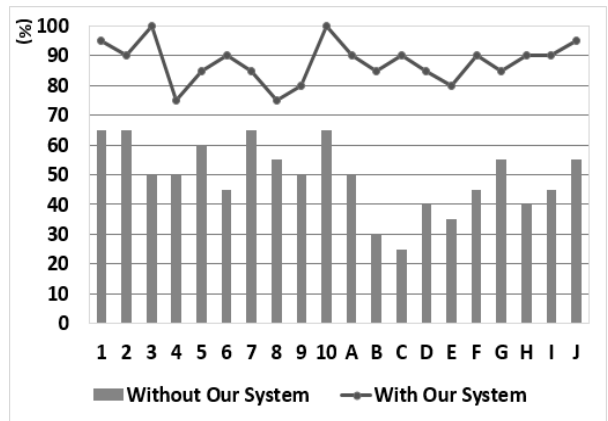


Fig. 11. Comparison of the detection rate according to cases without the system and with the system: X axis shows visually impaired persons (1~10) and normal persons (A~J), and Y axis represents the detection rate.

Fig. 12는 위험한 상황이 발생하는 빈도수에 따라 보행 경로의 복잡한 정도를 세 가지로 나누어 실험을 수행하였다. 위험한 상황이 15번 이상 발생하고 교차로가 6개 이상인 복잡한 경로, 위험한 상황이 10번 이상 발생하고 교차로가 4개인 덜 복잡한 경로, 위험한 상황이 10번 미만으로 발생하고 교차로가 2개인 간단한 경로로 나누어 실험하였다. 위험한 상황으로는 보행안내 기기로 회피 경고가 뜨지 않는 맨홀이나 낮은 장애물이 설치된 환경을 의미하고, 이런 위험한 상황에는 보행 안내 기기보다 시스템이 미리 사용자에게 경고를 알리도록 하였다. 또한 안대를 착용한 일반인 10명(1~10)과 시각장애인 10명(A~J)의 피험자가 목적지까지 도착하는 성공률을 측정하였다. 실험 결과는 간단한 경로인 경우에 목적지 도착 성공률이 약 95%로 높았고, 덜 복잡한 경로인 경우에는 약 91%, 복잡한 경로인 경우에는 81%이며 전체적으로 92%의 성공률을 보였다. 시스템을 이용함으로써 사용자에게 보행안내 기기보다 위험한 상황을 미리 알려주거나, 보행안내 기기가 위험한 상황을 검출하지 못하는 경우에도 시스템이 미리 알려줌으로써 위험한 상황들을 회피할 수 있었다.

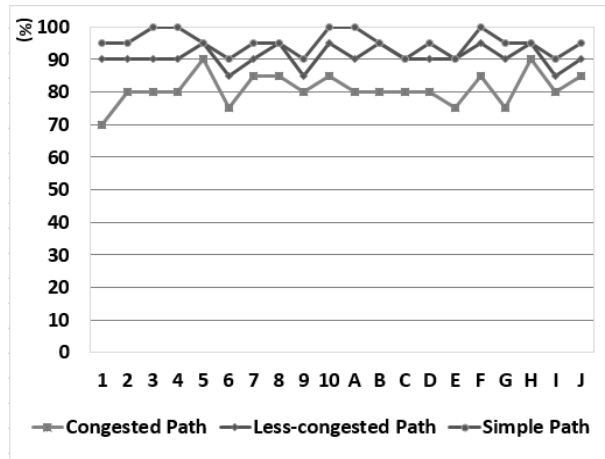


Fig. 12. Comparison of the rate of arriving destination according to path conditions: X axis shows visually impaired persons (1~10) and normal persons (A~J), and Y axis represents the rate of arriving destination.

5. 결 론

이전 연구에서 우리는 실내외에서 목적지까지 안전하게 보행할 수 있는 시각장애인을 위한 기기를 개발하였다. 그러나 위험 요소에 의해 사고가 날 수 있고, 장비의 오작동으로 인해 문제가 발생 할 수 있다. 본 논문에서는 시각장애인을 대상으로 이 기기의 유효성 실험을 할 때에 사고를 미연에 방지하고자 원격으로 기기를 모니터링 하고, 대량의 실내외 지도 데이터를 효과적으로 관리할 수 있는 관리용 시스템을 제작하였다. 추후 헬스케어 장비에서 시스템을 활용하거나 다양한 분야에서 이용 가능한 모니터링 시스템을 개발 중에 있다.

References

- [1] J. H. Lee, S. Lim, E. S. Lee, and B. S. Shin, "An outdoor navigation system for the visually impaired persons incorporating GPS and ultrasonic sensors," *Journal of Korea Information Science Society*, Vol.36, No.6, pp.462-470, 2009.
- [2] D. H. Hanirex, A. Abhay, and A. K. Pratibh, "Android based human monitoring and image tracking with SMS alert," *International Journal of Modern Trends in Engineering and Research*, Vol.4, No.4, pp.1647-1649, 2015.
- [3] J. Y. Hur, K. Y. Lee, D. H. Lee, and J. J. Kang, "Design and development of smart monitoring system for U-Healthcare," *The Journal of the Convergence on Culture Technology*, Vol.1, No.4, pp.107-111, 2015.
- [4] J. H. Lim, M. K. Sung, and J. J. Lee, "Hybrid real-time monitoring system using 2D vision and 3D action recognition," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol.18, No.5, pp.583-598, 2015.
- [5] L. Kay, "A sonar aid to enhance spatial perception of the blind: engineering design and evaluation," *Radio Electronic Engineering*, Vol.44, No.11, pp.605-627, 1974.
- [6] J. M. Benjamin, N. A. Ali, and A. F. Schepis, "A laser cane for the blind," in *Proceedings of San Diego Biomedical Symposium*, pp.53-57, 1973.
- [7] K. Ito, M. Okamoto, J. Akita, and T. Ono, "CyARM: an alternative aid device for blind persons," in *Proceedings of Conference on Human Factors in Computer Systems*, pp.1483-1486, 2005.
- [8] K. Magatani and K. Sawa, "Development of the navigation system for the visually impaired by using optical beacons," in *Proceedings of 23th Annual International Conference for the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 2001.
- [9] S. Cardin, D. Thalmann, and F. Vexo, "Wearable system for mobility improvement of visually impaired people," *Visual Computer Journal*, Vol.23, No.2, pp.109-118, 2007.
- [10] O. Hameed, B. Naseem, J. Iqbal, M. Ahmad, and O. Anwar, "Assistive technology-based navigation aid for the visually impaired," in *Proceedings of 7th WSEAS International Conference on Robotics Control & Manufacturing Technology*, 2007.
- [11] H. Mori and S. Kotani, "Robotic travel aid for the blind: HARUNOBU-6," in *Proceedings of 2nd European Conference on Disability*, pp.193-202, 1998.
- [12] J. Borenstein and I. Ulrich, "The GuideCane : A computerized travel aid for the active guidance of blind pedestrians," in *Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation*, pp.1283-1288, 1997.
- [13] S. Tachi, K. Komiyama, and M. Abe, "Electrocutaneous communication in seeing-eye robot(MELDOG)," in *Proceedings of 4th Annual Conference IEEE EMBS*, pp.356-361, 1982.
- [14] J. H. Kang, B. S. Song, K. H. Yu, and M. J. Yoon, "Walking guide robot with tactile display and 3d ultrasonic sensing system for the blind," in *Proceedings of 21st International Technical Conference on Circuits/Systems Computers and Communications*, 2006.
- [15] K. Soeda, S. Aoki, K. Yanashima, and K. Magatani, "Development of the visually impaired person guidance system using GPS," in *Proceedings of 26th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, pp.4870-4873, 2004.
- [16] H. Hu, D. Gu, and M. Brady, "Navigation and guidance of an intelligent mobile robot," *Second Euromicro Workshop on Advanced Mobile Robots (EUROBOT '97)*, pp.104-111, 1997.

- [17] K. Jiang, L. D. Seveviratine, and S. W. E. Earles, "A shortest path based path planning algorithm for nonholonomic mobile robots," *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, pp.347-366, 1999.
- [18] K. Soeda, S. Aoki, K. Yanashima, and K. Magatani, "Development of the visually impaired person guidance system using GPS," in *Proceedings of 26th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, pp.4870-4873, 2004.
- [19] S. W. Han and Y. N. Kim, "Wearable Monitoring," *International Journal of Arrhythmia*, Vol.16, No.3, pp.165-170, 2015.
- [20] A. Lanata, G. Valenza, M. Nardelli, C. Gentili, and E. P. Scilingo, "Complexity Index From a Personalized Wearable Monitoring System for Assessing Remission in Mental Health," *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, Vol.19, No.1, pp.132-139, 2015.
- [21] H. Inata, F. Araki, and Y. Kuribayashi, et al. "Development of a real-time monitoring system for intra-fractional motion in intracranial treatment using pressure sensors," *Physics in Medicine and Biology*, Vol.60, No.18, pp.7229-7243, 2015.
- [22] P. E. Hart, N. J. Nilsson, and B. Raphael, "A formal basis for the heuristic determination of minimum cost paths," *IEEE Transaction Systems Science and Cybernetics*, Vol.4, No.2, pp.100-107, 1968.
- [23] C. Tsai, "A localization system of a mobile robot by fusing dead-reckoning and ultrasonic measurements," *Instrumentation and Measurement Technology Conference*, 1998.



이진희

e-mail : jhlee07@outlook.com

2005년 한국방송통신대학교 컴퓨터과학과 (학사)

2007년 인하대학교 컴퓨터정보공학과(석사)

2015년 인하대학교 컴퓨터정보공학과(박사)

2015년~현 재 대구경북과학기술원

CPS글로벌센터 연구원

관심분야 : HCI, 웨어러블 컴퓨팅, Cyber Physical Systems



이은석

e-mail : elflee77@nate.com

2008년 인하대학교 컴퓨터공학부(학사)

2011년 인하대학교 컴퓨터정보공학과

(석사)

2016년 인하대학교 컴퓨터정보공학과

(박사)

2016년~현 재 인하대학교 인간중심컴퓨팅센터 박사후연구원

관심분야 : 실시간 렌더링, 컴퓨터 그래픽스, HCI



신병석

e-mail : bsshin@inha.ac.kr

1990년 서울대학교 컴퓨터공학과(학사)

1992년 서울대학교 컴퓨터공학과(석사)

1997년 서울대학교 컴퓨터공학과(박사)

2000년~현 재 인하대학교 컴퓨터정보

공학과 교수

관심분야 : HCI, 멀티미디어, 컴퓨터 그래픽스