

---

# 시각장애인 보행지원 시스템의 안전한 실험을 위한 대화식 모니터링 어플리케이션

## An Interactive Monitoring Application for Secure Experiments of Guidance System for Person with Visual Impairment

이진희, Jin-Hee Lee\*, 이은석, Eun-Seok Lee\*\*, 신병석, Byeong-Seok Shin\*\*\*

---

**요약** 이전 연구에서 우리는 실외에서 특정 목적지까지 안전하게 보행할 수 있도록 하는 시각장애인을 위한 보행지원 시스템을 개발하였다. 보행지원 시스템은 시각장애인을 대상으로 실외에서 실험을 수행하므로 여러 가지 위험 상황에 실험대상자가 노출될 수 있다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 보행지원 시스템을 착용한 실험대상자를 모니터링 하고 위험 상황을 실험대상자에게 원격으로 경고하는 대화식 어플리케이션을 제안한다. 이 어플리케이션은 일반적인 랩탑 컴퓨터에 내장되어있는 블루투스(bluetooth) 모듈과 보행지원 시스템과의 연결을 통해 추가적인 장치 없이 무선으로 시스템과 원격 통신이 가능하다. 따라서 시스템을 착용한 사용자의 위치와 시스템이 사용자에게 안내하는 내용을 실시간으로 원격 모니터링 할 수 있고 목적지까지의 보행 경로나 주변 POI(Point of Interest) 좌표 등을 화면으로 확인할 수 있다. 제안한 모니터링 어플리케이션을 사용함으로써 신속한 위험 상황 감지와 빠른 상황 대처를 할 수 있으므로 안전한 실험이 가능하다.

**Abstract** In previous study, we developed a guidance system outdoors for person with visual impairment to be able to walk safely to the destination. The volunteers are exposed to dangerous situations since they are performed to the experiments in the outdoors. In order to solve the problem, we propose an interactive application that monitors the volunteer wearing guidance system and warns remotely the volunteer about dangerous situations. The application is used to remote wireless communication with guidance system through Bluetooth module that is built in a laptop computer, without additional device. Therefore, we can monitor in real time user's location and guided contents to user, and it is possible to check a path to the destination and POI (Point of Interest) coordinate values. As using a proposed monitoring application, it is possible to perform safe experiment with the rapid situation awareness and fast detection of dangerous.

**핵심어:** *Monitoring Application, Guidance System, Visually Impaired Person*

---

본 논문은 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업(정보통신)의 일환으로 수행하였음. [10035243, CPS를 위한 콤포넌트 기반 설계이론 및 제어커널 개발]

\*주저자 : 인하대학교 컴퓨터정보공학과 학생 e-mail: jhlee07@outlook.com

\*\*공동저자 : 인하대학교 컴퓨터정보공학과 학생 e-mail: elflee77@nate.com

\*\*\*교신저자 : 인하대학교 컴퓨터정보공학과 교수 e-mail: bsshin@inha.ac.kr

■ 접수일 : 2013년 4월 4일 / 심사일 : 2013년 5월 2일 / 게재확정일 : 2013년 7월 3일

## 1. 서론

대부분의 시각장애인들은 보행시 현재 위치와 진행 방향을 인지하는데 많은 어려움을 느낀다. 그러므로 위치 추정과 보행 안내 서비스는 시각장애인들에게 꼭 필요하다. 이런 서비스들은 시각장애인이 목적지를 찾아가는 동안 현재 위치와 진행 방향을 지속적으로 갱신해야 한다. 최근 수십 년 동안 시각장애인을 위해 이동성과 착용성을 고려한 다양한 보행지원 시스템들이 개발되었으나 소수의 시스템들만이 보행자와의 상호작용과 실시간 적용성을 고려하였다.

시각장애인의 보행 보조기기로는 ETA(Electronic Travel Aids)와 RTA(Robotic Travel Aids)가 있다. ETA는 초음파/레이저와 같은 거리 센서들과 카메라를 이용하여 전방 장애물의 유무와 위치를 파악하여 음성이나 촉감 신호로 변환하여 전달하는 장치로서 대표적인 ETA로는 Sonic Guide[2], C-5 Laser Cane[3], CyARM[4] 등이 있다[5-7]. ETA는 거리감지 센서와 비전 센서 등을 이용하여 장애물을 감지하기 위해 주변 환경을 스캔해야 하고, 감지된 장애물의 크기를 알기 위해 추가적인 측정이 필요할 뿐 아니라 다른 정보를 제공할 수 없다. 일반적인 ETA에 각종 센서 기술과 이동 로봇 기술을 결합하여 사용의 편리성을 증진시킨 보행 보조기기를 RTA라 하는데, 현재까지 알려진 기기로는 Harunobu[8], GuideCane[9], MELDOG[10] 등이 있으며, 최근에는 실외 GPS 정보를 이용하여 이동 로봇 기술과 결합된 기기로서 Walking Guide Robot[11], Guidance System[12] 등이 있다[13-15]. 그러나 이들은 로봇이 이동할 수 있는 공간으로만 시각장애인을 유도할 수 있으며, 외부환경이 계속해서 변화하는 경우 오동작을 일으킬 수 있고, 가격과 중량 때문에 일반적으로 보급이 어렵다.

이전 연구에서 우리는 시각장애인이 실외에서 목적지까지 안전하게 보행할 수 있도록 다중 센서를 이용한 backpack 형태의 ETA 시스템을 개발하였다[1]. 초음파 센서를 이용하여 전방의 장애물 위치를 파악하여 회피하고, 실외 보행시에는 GPS 데이터를 통해 보행자의 위치를 추정하였으며 A\* 알고리즘을 이용하여 보행자가 원하는 목적지까지 경로를 찾아 안내하도록 하였다. 하지만 이 시스템은 실외에서 음성으로 보행자에게 안내를 하기 때문에 자동차나 움직이는 위험 요소에 의해 사고가 날 수 있고, 음성 안내가 안될 경우에도 문제가 발생할 수 있다. 본 논문에서는 이 시스템을 시각장애인 (혹은 눈을 가린 실험대상자)을 대상으로 실험을 할 때에 사고를 미연에 방지하고자 블루투스를 이용하여 원격으로 시스템을 모니터링 할 수 있는 어플리케이션을 소개한다.

본 논문에서 소개하는 어플리케이션은 시각장애인의 안전을 위해서 시스템이 보행자에게 음성으로 안내되는 모든 메시지와 각 센서들의 입력 값을 실시간으로 모니터링 하고, 위험한 상황에서 보행안내를 강제로 종료시킴으로써 원격으로 제어하도록 하였다. 최근 일반적으로 사용되는 스마트폰이나 랩탑 PC

에 장착된 블루투스를 이용하여 데이터를 전송한다. 본 논문에서 소개하는 보행안내 시스템은 시각장애인을 위해 특화된 서비스를 제공하기 위한 시스템으로 초음파센서와 GPS로부터 데이터를 획득하여 알고리즘 연산을 수행한다. 모니터링 시스템에서도 센서들의 데이터를 받아서 시스템과 동일한 알고리즘 연산을 해야 하므로 본 논문에서는 모니터링 관측자는 랩탑 PC를 사용하여 큰 화면으로 상황을 신속히 관찰할 수 있도록 하였다. 그러므로 모니터링 PC에서도 보행안내 시스템과 같은 알고리즘을 사용하므로 보행자의 현재 위치와 안내될 음성 메시지를 보행지원 시스템보다 먼저 시각화한다. 보행 중에 사용자에게 안내되지 않는 최종 목적지까지의 경로와 주변의 POI 정보들도 관측자는 실시간으로 원격 모니터로 볼 수 있다. 관측자는 안내 메시지를 음성이 아닌 텍스트로 먼저 받으므로 시스템의 정확하지 않은 정보를 사용자에게 안내할 경우 원격 시스템에 신호를 전송하여 비프음 등의 경고음을 보냄으로써 위험한 상황에도 즉각적으로 대처할 수 있다.

2절에서는 시스템의 구성요소 및 알고리즘, 그리고 시스템과 모니터링 어플리케이션의 연동에 대해 자세히 설명하고 3절에선 이 어플리케이션의 효율성을 몇 가지 실험으로 보여준다. 그리고 4절에 결론을 맺는다.

## 2. 보행지원 시스템의 원격 모니터링 어플리케이션

이전에 개발한 보행안내 시스템은 시각장애인들을 대상으로 실외에서 실험을 수행하므로 실험시 보행자의 안전 문제가 가장 중요하다. 시스템 성능 테스트를 위해 실외에서 실험을 수행하고 사용자의 눈을 가리거나 시각장애인을 대상으로 실험을 하기 때문에, 경로를 이탈하거나 매우 낮은 장애물에 걸려 넘어지거나 혹은 맨홀에 빠지는 등의 위험한 상황이 발생할 수 있다. 본 논문에서는 실험시에 이러한 위험한 상황에 효과적으로 대처 가능한 대화식 실시간 모니터링 어플리케이션을 소개한다. 본 절에서는 시각장애인을 위한 보행지원 시스템의 구성요소와 다중 센서를 이용하여 보행 중 나타난 장애물을 회피하고 목적지까지 안전하게 도착하도록 설계한 시스템의 동작원리와 기능을 설명한다. 그리고 대화식 실시간 원격 모니터링 어플리케이션의 기능과 보행지원 시스템과의 연동에 대해 자세히 설명한다.

### 2.1 보행지원 시스템의 구성 요소 및 동작 원리

보행지원 시스템의 하드웨어 구성은 초음파 센서들과 GPS 수신기, 진동자(vibrator), 임베디드 보드와 RS-232C 통신이 가능한 무선 블루투스가 장착된 센서 제어기와 진동자 제어기, 이어폰으로 구성된다. 그리고 사용자의 명령을 받아들이기 위해 직접 제작한 버튼식의 점자 키패드를 사용하고, 출력 장치로는 계산된 진행 방향을 보행자에게 알려주기 위한 이어폰과 진동

자가 있다. 그림 1은 이전 논문에서 구현한 전체 하드웨어 시스템의 구성도를 나타낸다 [1].

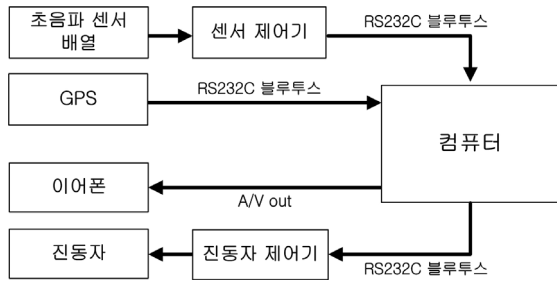


그림 1. 보행지원 시스템의 하드웨어 구성도

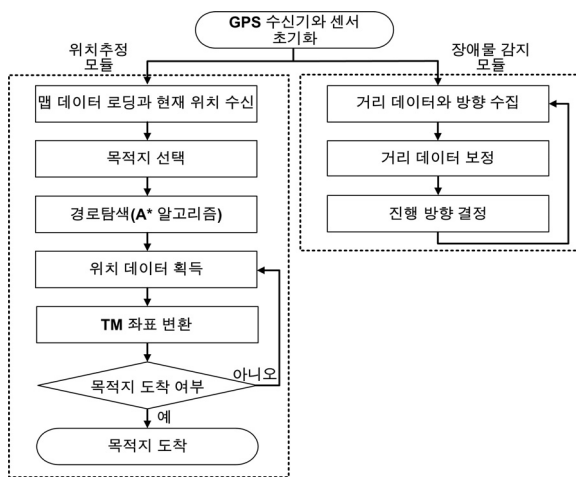


그림 2. 보행지원 시스템의 동작 원리

제안하는 시스템은 GPS 수신기를 통해 들어온 위경도 데이터와 미리 보행용으로 작성해서 저장된 지도 정보를 기반으로 사용자의 현재위치와 진행방향을 파악한다. 지도에서 사용자가 저장된 POI 들 중 하나의 목적지를 선택하면 연속해서 들어오는 GPS 수신 데이터를 이용하여 이동방향을 결정한다. 이때 목적지까지의 최적 경로는 A\* 알고리즘을 이용하여 탐색한다[16]. 동시에 3행 2열의 형태로 배열한 6개의 초음파 센서를 이용하여 측정한 거리 데이터를 기반으로 보행자 전방의 공간을 몇 가지 패턴으로 나누어 감지하는데, 특히 장애물에 대한 거리 값을 획득하고, 이전에 획득한 거리 값과 비교하여 사용자에게 장애물 회피 방향을 알려준다[17]. GPS 수신이 불가능하거나 좁은 골목처럼 수신율이 낮은 지역에서는 보행자의 위치 정보를 얻을 수 없거나 부정확하므로 마지막 GPS 수신 값을 토대로 초음파 센서의 거리 데이터를 이용하여 이전 위치 좌표와 목적지 좌표를 이용하여 방향벡터를 계산하고 보속을 고려함으로써 보행 방향을 결정하는 추측항법(Dead Reckoning)을 적용한다 [18]. 다시 GPS 수신이 가능한 지역에 진입하면 GPS와 초음파 센서를 동시에 이용하여 장애물을 회피하면서 안전하게 목적지까지 보행하도록 한다. 그림 2는 소프트웨어 시스템 동작

과정을 나타내는데 왼쪽 블록은 사용자의 위치추정 모듈로 보행 경로를 탐색하여 목적지로 안내하는 과정이고, 오른쪽 블록은 장애물 탐지 모듈로 경로상에 있는 장애물을 회피하여 안전한 방향으로 안내하는 과정을 보여준다.

센서들과 각각의 모듈을 장착한 시스템의 시제품은 그림 3에서 보여준다. 보행자의 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, 센서 제어를 제작하고 배터리도 소형화하였다.



그림 3. 6개의 초음파 센서와 GPS 수신기를 이용한 보행지원 시스템의 시제품

## 2.2 원격 모니터링 어플리케이션 구성 및 기능

보행지원 시스템을 테스트 하기 위해서 시각장애인 (혹은 눈을 가린 실험대상자)을 대상으로 실외에서 실험을 수행할 때 시스템을 착용한 사용자가 시스템이 감지하지 못하는 맨홀이나 공사중인 도로 등의 위험 요소가 있는 경로로 보행하는 경우가 발생할 수 있다. 이러한 위험에 대비하여 본 논문에서는 관측자를 두어 위험한 상황이 발생하면 관측자가 실험을 중단하기 위해 보행지원 시스템의 상태를 원거리에서 모니터링하고 보행안내를 제어하는 대화식 어플리케이션에 대해 자세히 설명한다.

본 소절에서는 보행지원 시스템을 실시간으로 모니터링 가능하도록 구현한 대화식 어플리케이션의 구성 및 기능에 대해 설명한다. 이 어플리케이션은 멀리 떨어진 보행지원 시스템으로부터 블루투스를 통해 목적지 좌표와 현재 위치의GPS 데이터, 6개의 초음파 데이터 등의 다양한 데이터를 전송 받는다. 시스템을 착용한 사용자에게 음성메시지로 진행 방향이 안내되고, 어플리케이션에서는 전송 받은 데이터들을 보행지원 시스템과 동일한 경로 찾기 알고리즘과 장애물 회피 알고리즘을 통해 진행 방향을 계산하여 보행안내 정보를 원격 모니터에 실시간으로 보여준다.

보행지원 시스템과 원격 모니터링 어플리케이션간의 실시간 대화 방법은 그림 4에서 보여준다. 본 논문에서는 이 시스템의 성능을 실외에서 실험을 할 때 랩탑 컴퓨터의 블루투스를 이용하여 시스템으로부터 데이터 전송이 가능하며 무선으로 그 시스템을 약15m 떨어진 장소에서 실시간으로 모니터링 할 수 있는 어플리케이션을 구현했다. 관측자는 일정한 간격마다 이동하면서 경로에 맞게 보행자가 걷고 있는지, 시스템이 감지하기 어려운 장애물이 있는지 등을 면밀히 관찰하며 빠른 경고 메시지를 전송한다. 그러나 일반적으로 블루투스를 통한 데이터 전송은 약간의 지연 문제가 발생하므로 본 논문에서는 보행안내 시스템보다 성능 좋은 컴퓨터를 사용하여 모니터링 측에서는 보행안내 시스템으로부터 입력 데이터만을 전송 받고 시스템과 동일한 알고리즘을 사용하여 시스템보다 빠르게 최종안내 정보를 연산하도록 하였다. 또한 사용자의 보속을 고려하면 약간의 지연이 있는 블루투스를 사용해도 보행지원 시스템과 모니터링 PC 간에 원활한 통신이 가능하였다.

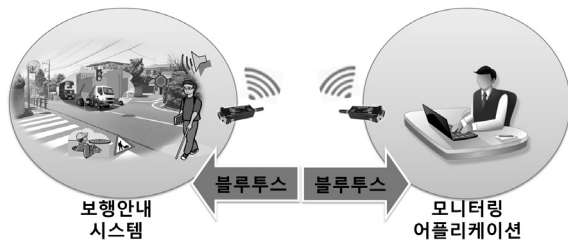


그림 4. 보행지원 시스템과 모니터링 어플리케이션의 블루투스를 이용한 통신

입력 데이터는 사용자의 위치 및 방위각 정보가 포함된 GPS 데이터, 6개의 초음파 센서 데이터, 사용자가 입력한 목적지 POI 를 받는다. 수신된GPS 데이터를 이용하여 사용자의 TM128 좌표로 변환하고, 방위각을 계산한 후에 목적지 POI까지의 경로는 A\* 알고리즘을 이용하여 구한다. 6개의 초음파 센서 데이터를 분석하여 의사 결정 트리를 구성하고 장애물 회피 알고리즘을 구현하여 회피 방향을 찾는다. 이러한 알고리즘들은 임베디드 기반인 보행지원 시스템의 연산처리 속도보다 모니터링 어플리케이션이 수행되는 PC 환경에서 더 빠른 연산

속도를 보이기 때문에 관측자는 신속하게 경고 메시지를 전송할 수 있다.

또한 보행 중에도 사용자에게 음성으로 안내되지 않는 최종 목적지까지의 경로와 주변의 POI정보들을 관측자는 원격 모니터로 볼 수 있으며, 안내 메시지는 음성이 아닌 텍스트로 보여줌으로써 빠른 확인이 가능하다. 관측자는 보행자보다 먼저 텍스트로 메시지를 받으므로 정확하지 않은 음성 메시지로 인해 잘못된 경로로 사용자를 안내할 경우, 그 시스템에게 경고음을 보냄으로써 사용자가 위험한 상황에 직면하기 전에 예방할 수 있다.

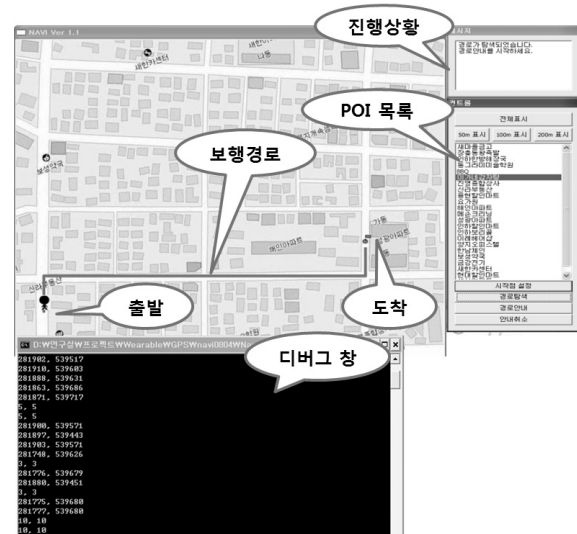


그림 5. 모니터링 어플리케이션의 시현 예

시스템을 착용한 사용자를 모니터링 할 수 있는 어플리케이션은 그림5와 같이 원격 모니터에 사용자의 위치와 앞으로 안내될 음성 메시지를 시각화한다. 메인 화면에는 보행 경로가 포함된 지도가 나타나며 사용자의 위치 좌표 값과 보행자가 선택한 목적지POI가 표시되고 진행할 보행 경로가 지도 위에 표시된다. 시스템 사용자보다 먼저 모니터링 관측자에게 위험한 상황에 대한 신속한 정보 전달을 위해 재생시간이 필요한 음성메시지 대신 우측 첫 번째 창에 표시되는 것처럼 텍스트로 메시지를 보여주도록 하였다. 우측 하단 창에는 정확한 경로로 진행 중인지를 점검하기 위해 보행자 주변의 POI들이 나열되며 현재 위치에서 가까운 POI순서대로 표시된다. 또한 보행자의 안전을 위해 실외 보행 테스트를 하기 전에 가상으로 시뮬레이션 가능하도록 시작점 설정, 경로탐색 등의 메뉴를 만들어 보행지원 시스템의 알고리즘 오류 여부를 사전에 테스트할 수 있도록 하였다. 마지막 콘솔 창에는 TM128 (KATECH) 좌표로 변환한 지도 데이터와 보행자 주변의 POI 데이터, 진행방향, 전방 장애물 유무를 실시간으로 표시하여 알고리즘 오류로 인해 위험한 장소로 보행자를 안내하는지 여부와 시스템이 제대로 작

동하는지 여부를 확인 가능하도록 로그 데이터를 기록한다. 만일 보행 중에 시스템 오작동으로 인해 사용자에게 정확하지 않은 음성정보를 전달하는 경우 위험한 상황에 직면하기 전에 보행을 멈추도록 관측자가 단축키 혹은 컨트롤 창 하단의 경로안내 취소 버튼을 이용하여 즉시 시스템의 경로 안내를 취소하고 경고음을 사용자에게 전송하여 바로 위험에 대처할 수 있도록 한다.

### 3. 실험방법 및 결과

#### 3.1 실험 방법

제안하는 시스템의 효율성을 입증하기 위해서 본 논문에서는 다음과 같은 실험 조건에서 실험을 수행하였다.

실험장소는 그림 6의 상단 위성사진에서 보이는 인하대학교 후문 지역으로 사용자가 선택할 수 있는 목적지 POI는 23개이며, TM128 좌표는 (281600, 539450)에서 (282000, 539750)로서 가로 약 400m, 세로 약 300m 정도이다. 그림 6의 하단 이미 것처럼 본 논문에서는 격자 기반의 지도를 작성하여 실험 지역을 구역화하고 지도 데이터를 시스템에 저장하여 사용하였다.

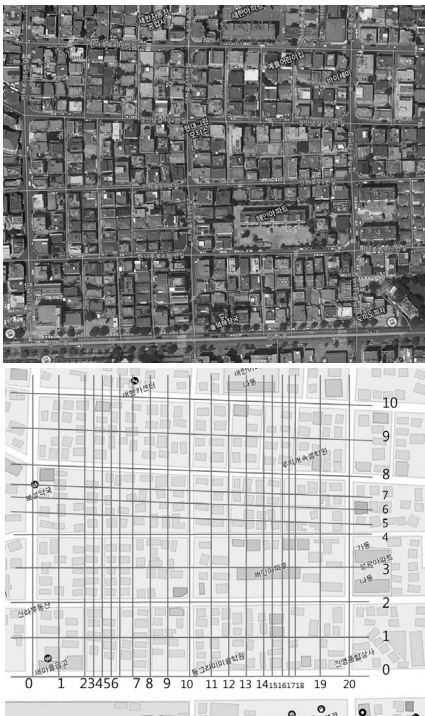


그림 6. 테스트베드의 위성사진(상)과 격자 기반의 지도 작성 예(하)

실험 자는 20~30대의 시각장애인 5명과 일반인 4명을 대상으로 실험을 수행하였다. 시각장애인 협회에서 근무하거나 교육생들로 시각장애인의 경우 2급 1호에서 3급 1호의 장애가 있고 일반인의 경우는 시야를 모두 차단하도록 안대를 착용하고

실험하였다(그림 7). 실험 전에 시스템을 착용하고 메뉴 선택을 할 수 있도록 키보드 조작을 간단히 설명해 주고 시스템 적용을 위한 사전 훈련 없이 실험을 수행하였다.

보행 중 안전과 불안정한 상황을 분류하여 불안정한 상황에 신속히 대처하도록 하였다. 불안정한 상황으로는 시스템 오작동, 보행경로 이탈, 맨홀 등의 시스템 감지가 어려운 장애물이나 이륜차와 같이 빠르게 지나가는 장애물과 만나는 경우 등이다. 보행지원 시스템의 초음파 센서가 전방 장애물 감지 거리를 3m 이내로 했으나 시스템 오작동으로 인하여 감지를 하지 못할 경우 장애물과 부딪히는 상황이 발생할 수 있다. 본 실험에서는 500m 이내 정도로 보행할 경우 불안정한 상황으로 판단되는 경우가 각 실험마다 9~13회 발생하였다. 위험한 상황이 발생하면 보행을 중지시키고 그 위치에서 목적지까지의 경로를 재 탐색하여 보행을 시작하도록 하였다.

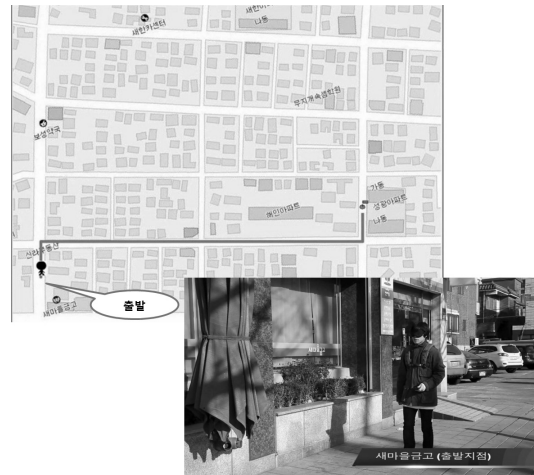


그림 7. 모니터링 어플리케이션 실행 예(상)와 보행지원 시스템을 착용하고 보행 중인 사용자(하)

보행안내 메시지 전달시간 측정은 시뮬레이터가 설치된 랩탑 컴퓨터와 사용자가 착용한 보행안내 시스템의 시간을 동기화 시킨 후 ms 단위로 측정하였다. 수행속도 비교 실험도 시간을 동기화한 후 비교 측정하였다.

#### 3.2 실험 결과

본 논문에서 수행한 실험들은 시각장애인에게 안내될 음성 메시지들을 사용자보다 우선적으로 모니터링 어플리케이션에서 시각 정보를 미리 받을 수 있는지 여부와 보행자의 안전성에 초점을 맞추었다. 시각장애인 5명(1~5)과 안대를 착용한 일반인 4명(A~D)을 대상으로 실험을 수행하였다. 시각장애인용 보행안내 시스템을 효과적으로 실시간 모니터링 기능 여부를 검증하기 위하여 본 절에서는 보행안내 시스템과 모니터링 어플리케이션이 설치된 컴퓨터의 시간을 동기화 한 후에, 시스템

에서 처리된 메시지를 사용자와 관측자에게 보낸 시간과 받은 시간을 비교하였다. 원격 모니터링 어플리케이션은 시중에서 판매하는 넷북 PC MSI U100로써 Intel ATOM N270 1.6GHz와 2GB 메모리를 가진 랩탑에 설치하여 실험하였다. 실험 환경은 사용자에게 위험 상황이 발생하였을 때 즉시 대처할 수 있도록 보행자와 15m 이내의 거리를 두고 계속 주시함으로써 안전하게 수행하였다. 음성 메시지는 시스템의 처리속도가 약 1초 내외이므로 그 시간 간격을 고려하여 1초에 1 번 보행자에게 안내하도록 설정하였다.

그림 8은 보행지원 시스템과 모니터링 어플리케이션의 보행 안내 속도를 비교한 결과이다. 일반적으로 연산속도의 비교를 FLOPS 단위로 측정하는데 본 논문에서 사용한 A\* 알고리즘이나 의사결정 나무는 일정한 양을 측정할 수 없으므로 연산 속도만을 비교하였다. 모니터링 어플리케이션은 입력 데이터만을 보행지원 시스템으로부터 블루투스를 통해 전송 받고 시스템과 동일한 알고리즘 연산을 통해 의사결정을 하기 때문에 랩탑 컴퓨터를 이용한 어플리케이션의 연산 속도가 임베디드 환경의 보행지원 시스템에 비해서 약40% 향상된 빠른 속도를 보였다. 또한 모니터링 어플리케이션에서는 결과를 화면에 시각화하여 보여주고 텍스트 기반의 보행 안내를 하기 때문에, 1초 이상 소요되는 음성 메시지로 안내를 하는 보행지원 시스템에 비해 사용자에게 정보가 전달되는 속도가 빠르다. 보행지원 시스템과 모니터링 PC는 독립적 요소로서 입력 값을 동일하게 받아 각각 연산을 하기 때문에, 모니터링 시스템이 빠른 연산 속도를 보이므로 보행자의 진행상황을 효과적으로 실시간 파악이 가능하고 모든 상황을 한 눈에 알 수 있으므로 실험대상자의 안전한 보행을 유도할 수 있다.

그림 9는 보행지원 시스템에 블루투스를 통하여 음성메시지를 전달하는 시간을 측정하는 결과로서 평균적으로 약 0.36초 걸린다. 이것은 그림 6의 모니터링 어플리케이션의 연산 속도와 블루투스를 통한 메시지 전달 속도를 합산한 시간이 보행지원 시스템에서 보행자에게 음성메시지를 전달하는 시간보다 빨리 전달되는 결과를 보였다. 따라서 블루투스를 통한 빠른 정보 전달을 통해 관측자가 먼저 안내 메시지를 모니터링 하고 현재 상황과 비교함으로써 보행안내 시스템이 잘못된 정보를 사용자에게 전달하기 전에 시스템보다 미리 경고하거나 비상조치를 취할 수 있으므로 위험한 상황을 미연에 방지할 수 있다.

그림 10은 보행지원 시스템만 사용하는 경우와 모니터링 어플리케이션을 함께 사용하는 경우에서 각 사용자의 위험한 상황이 9~13회 정도 발생할 때 상황 파악율을 비교하였다. 보행지원 시스템만을 사용하는 경우는 평균 50% 정도만 파악 가능하였으며, 모니터링 어플리케이션을 사용한 경우는 평균 91% 정도의 위험한 상황을 잘 감지하였다. 초음파 센서 배열을 이용하여 장애물을 감지하는 보행지원 시스템은 빠르게 지나가는 이륜차나 10cm 이하의 낮은 장애물은 잘 감지하지 못하므로 낮

은 위험한 상황 파악율을 보였다.

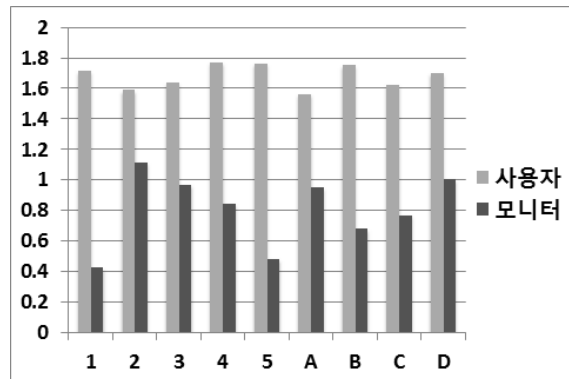


그림 8. 보행지원 시스템과 모니터링 어플리케이션의 안내메시지 연산 속도 비교: 가로축 시각장애인(1~5)과 일반인(A~D), 세로축 연산속도

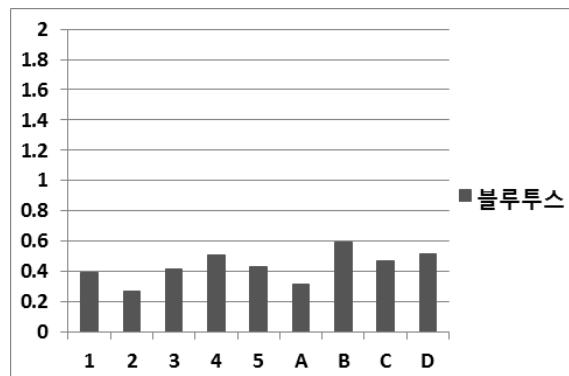


그림 9. 보행지원 시스템에 안내메시지를 전달하는 시간: 가로축 시각장애인(1~5)과 일반인(A~D), 세로축 전달 시간

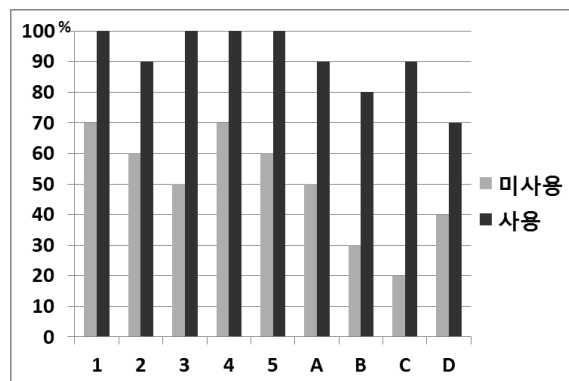


그림 10. 모니터링 어플리케이션 사용여부에 따른 위험한 상황 파악률 비교: 가로축 시각장애인(1~5)과 일반인(A~D), 세로축 감지율

#### 4. 결론

본 논문에서는 시각장애인용 보행지원 시스템을 실외에서 안전하게 테스트하기 위한 원격 모니터링 어플리케이션을 소개하였다. 실험대상자들이 실험 중에 일어날 사고를 효과적으로 줄일 수 있으며, 보행 경로를 한 눈에 파악할 수 있고 시스템

보행 안내 정보가 실험대상자에게 정확하게 전달이 되는지 여부도 확인할 수 있다. 보행자보다 먼저 신속하게 보행 안내 메시지를 받으므로 위험상황에 미리 대처할 수 있으므로 안전하게 목적지까지 보행할 수 있다. 그러므로 시각장애인의 안전한 보행을 위해서 원격 모니터링 어플리케이션은 꼭 필요하다. 추후 다양한 시스템의 모니터링 어플리케이션을 개발하고, 시각장애인을 위한 실내 모니터링 어플리케이션도 개발할 예정이다.

## 참고문헌

- [1] 이진희, 임석현, 이은석, 신병석. 초음파 센서와 GPS를 연동한 시각장애인 실외 보행지원 시스템. 정보과학회 논문지. 36(6). 한국정보과학회, pp. 462-470. 2009.
- [2] Kay, L. A sonar aid to enhance spatial perception of the blind: engineering design and evaluation. Radio Electronic Engineering. 44(11). pp. 605-627. 1974.
- [3] Benjamin, J. M., Ali, N. A. and Schepis, A. F. A laser cane for the blind. In Proceedings of San Diego Biomedical Symposium. 12. pp. 53-57. 1973.
- [4] Ito, K., Okamoto, M., Akita, J. and Ono, T. CyARM: an alternative aid device for blind persons. In Proceedings of Conference on Human Factors in Computer Systems. pp. 1483-1486, 2005.
- [5] Magatani, K. and Sawa, K. 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.
- [6] Cardin, S., Thalmann, D. and Vexo, F. Wearable system for mobility improvement of visually impaired people. Visual Computer Journal. 23(2). pp. 109-118. 2007.
- [7] Hameed, O., Naseem, B., Iqbal, J., Ahmad, M. and Anwar, O. Assistive technology-based navigation aid for the visually impaired. In Proceedings of 7th WSEAS International Conference on Robotics Control & Manufacturing Technology. 2007.
- [8] Mori, H. and Kotani, S. Robotic travel aid for the blind: HARUNOBU-6. In Proceedings of 2nd European Conference on Disability. pp. 193-202. 1998.
- [9] Borenstein, J. and Ulrich, I. 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.
- [10] Tachi, S., Komiya, K. and Abe, M. Electrocutaneous communication in seeing-eye robot(MELDOG). In Proceedings of 4th Annual Conference IEEE EMBS. pp. 356-361. 1982.
- [11] Kang, J. H., Song, B. S., Yu, K. H. and Yoon, M. J. 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.
- [12] Soeda, K., Aoki, S., Yanashima, K. and Magatani, K. 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. 7. pp. 4870-4873. 2004.
- [13] Hu, H., Gu, D. and Brady, M. Navigation and guidance of an intelligent mobile robot. Second Euromicro Workshop on Advanced Mobile Robots (EUROBOT '97). pp. 104-111. 1997.
- [14] Jiang, K., Seveviratine, L. D. and Earles, S. W. E. A shortest path based path planning algorithm for nonholonomic mobile robots. Journal of Intelligent and Robotic Systems. pp.347-366. 1999.
- [15] Soeda, K., Aoki, S., Yanashima, K. and Magatani, K. 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. 7. pp. 4870-4873. 2004.
- [16] Hart, P. E., Nilsson, N. J. and Raphael, B. A formal basis for the heuristic determination of minimum cost paths. IEEE Transaction Systems Science and Cybernetics. 4(2). pp. 100-107. 1968.
- [17] Kim, J. E., Han, J. H. and Lee, C. G. Optimal 3-coverage with minimum separation requirements for ubiquitous computing environments. ACM/Springer Mobile Networks and Applications. 14(5). pp. 556-570. 2008.
- [18] Tsai, C. A localization system of a mobile robot by fusing deadreckoning and ultrasonic measurements. Instrumentation and Measurement Technology Conference. 1998.



**이진희**

2001년 3월~2005년 2월 한국방송통신대학교 컴퓨터학과 졸업(학사). 2005년 3월~2007년 2월 인하대학교 컴퓨터정보공학과 졸업(석사). 2007년 3월~현재 인하대학교 컴퓨터정보공학과 박사 과정. 관심분야는 HCI, 착용형 컴퓨터, 멀티미디어인.



**이 은 석**

2002년 3월 ~ 2008년 2월 인하대학교 컴퓨터공학부 졸업(학사). 2008년 3월 ~ 2010년 8월 인하대학교 컴퓨터정보공학과 졸업(석사). 2011년 3월 ~ 현재 인하대학교 컴퓨터정보공학과 박사과정. 관심분야는 지형 렌더링, 실시간 렌더링, 차세대 컴퓨팅임.



**신 병 석**

1986년 3월 ~ 1990년 2월 서울대학교 컴퓨터공학과 졸업(학사). 1990년 3월 ~ 1992년 2월 서울대학교 컴퓨터공학과 졸업(석사). 1992년 3월 ~ 1997년 2월 서울대학교 컴퓨터공학과 졸업(박사). 2000년 3월 ~ 현재 인하대학교 IT공과대학 컴퓨터정보공학부 교수. 관심분야는 HCI, 멀티미디어, 그래픽스임.