

시각장애인용 길안내 서비스 시스템에 대한 연구

A Study of Pedestrian Navigation Service System for Visual Disabilities

장영건*, 차주현

Y. G. Jang, J. H. Cha

요 약

이 연구는 시각장애인을 위한 길안내 서비스 시스템의 설계와 구현에 관한 연구이다. 시각장애인을 고려한 사용자 인터페이스로써 음성인식을 통한 스마트폰을 입력도구로 사용하였고, 출력도구는 방향 및 음성안내를 하면서도 주변 환경음을 인식할 수 있는 골전도 헤드셋을 사용하였다. 개발된 시스템은 기존의 길안내용 스마트폰 앱과 달리 보행해야할 방향 정보를 착용한 헤드셋의 좌우 스테레오 음의 크기로 전달하며, 갈림길이나 휘어진 길에 대한 음성안내는 수 미터 전에 안내하여 시각장애인의 보행 속도에 적합하게 안내가 이루어지며, 역방향 보행이나 경로이탈을 즉시 경고하는 장점이 있다. 방향센서로 진행방향에 대한 동적 정밀도가 1.5도인 모션 트랙커를 사용하여 안정적이고 신뢰성 있는 방향 정보를 취득할 수 있었다. GPS의 위치오차를 극복하기 위하여 위치오차에 견고한 경로계획 알고리즘을 제안하였다. 구현된 시스템을 실험한 결과 실험 경로에서 평균 방향각 오차가 6.82도(표준 편차 5.98)로 비교적 안정하게 방향을 유도하여 목적지에 도달하였다.

ABSTRACT

This paper is a study on the design and realization of Pedestrian navigation service system for the visually impaired. As it is an user interface considering visually impaired, voice recognition functioned smartphone was used as the input tool and the Osteoacusic headset, which can vocally guide directions while recognizing the surrounding environment sound, was used as the output tool. Unlike the pre-existing pedestrian navigation smartphone apps, the developed system guides walking direction by the scale of the left and right stereo sound of the headset wearing, and the voice guidance about the forked or curved path is given several meters before according to the speed of the user, and the user is immediately warned of walking opposite direction or proceeding off the path. The system can acquire stable and reliable directional information using the motion tracker with the dynamic heading accuracy of 1.5 degrees. In order to overcome GPS position error, we proposed a robust trajectory planning algorithm for position error. Experimental results for the developed system show that the average directional angle error is 6.82 degrees (standard deviation: 5.98) in the experimental path, which can be stated that it stably navigated the user relatively.

Keyword : Pedestrian navigation service, Visual disabilities, Osteoacusic headset, Trajectory planning, Dynamic heading accuracy

1. 서론

접 수 일 : 2017.08.23

심사완료일 : 2017.10.31

게재확정일 : 2017.11.01

* 장영건 : 청주대학교 컴퓨터정보공학과 교수

ygjjang@cju.ac.kr (주저자)

차주현 : 청주대학교 컴퓨터정보공학과 학부생

gsckwngus@naver.com (공동저자)

※ 이 논문은 2016학년도에 청주대학교 산업과학연구소가 지원한 학술연구조성비(특별연구과제)에 의해 연구되었음.

2014년 7월부터 2015년 3월까지 시각장애인 200명을 대상으로 보행 편의 및 안전향상 기술개발과 관련한 욕구 조사를 실시한 연구[1]에 따르면 활동 보조 서비스를 활용 중인 52명을 대상으로 활용하는 서비스를 조사한 결과 출퇴근을 포함한 안내보행이 1순위 32명(61.5%)으로 확인되어, 길 안내가

시각장애인이 요구하는 가장 필요한 서비스라고 판단된다. 스마트 폰 앱을 길안내에 안정적이고, 편리하게 사용할 수 있다면 킬러 어플리케이션이 될 것이다. 총 100명의 시각장애인을 대상으로 실시한 설문조사에 따르면 안내 보행을 제외한 독립 보행을 하는 경우에 한주에 1-2번 정도만 새로운 길을 가는 경우가 63명, 3-4번이 20명, 5번 이상이 8명이었으며, 그들 중에 한번이상 길을 잃는다는 경우가 52명(57.1%)으로 나타났다[1]. 이 결과는 독립보행을 하는 경우에도 길 안내가 필요하다는 것을 시사한다. 2011년 미국인 9명과 한국인 11명을 대상으로 시각장애인의 보행 보조에 대한 요구사항을 분석한 연구[2]에 따르면 주요 3개의 요구사항 중 하나가 길을 잃었을 때 주행 회복을 시켜주는 것이었다.

시각장애인이 보행할 때 도움을 주는 장치에는 전자적 여행 보조장치, 보행 중에 자세나 방향을 알려주는 장치, 위치를 알려주는 장치들이 있다. 전자적 여행 보조장치는 주변 환경에 대한 정보를 변환하여 알려주는 장치이다. 이 중 위험한 장애물을 감지하여 알려주는 연구[3-5]가 진행되었으며, 장애물 감지에는 초음파, 스테레오 카메라들이 사용되었다. 최근에는 실내공간에서 보행을 지원하는 시스템에 대한 연구[6-8]가 활발하여 양[6]은 측각지도 인터페이스의 효용성을 텍타일그램을 중심으로 검증하였다. 모바일 보행유도 또는 정보제공 시스템에 대한 연구[9-15]가 가장 많은 연구의 비중을 차지한다. 권[9]의 연구는 시각장애인에게 공간정보를 음성으로 전달하기 위하여 정보들을 여러 차원으로 분류하고, 그 전달방식을 제시하였다. Huang[10]은 경로에 관련된 맥락적 정보추출을 위하여 고갈적 탐색 방법 대신에 인덱싱 방식을 제안하여 그 타당성을 검증하였다. NAVIG[11] 시스템은 사전에 경로에 대한 정보를 얻을 수 있어 주행 경로를 인지할 수 있으며, 실제 보행을 하면서 머리에 장착한 카메라에서 얻어진 영상정보를 이용하여 주변 환경에 대한 정보를 얻고, 자신의 위치적 상황을 확인할 수 있는 특징이 있다. 위치 측정 장치인 GPS의 오차나 음영문제로 인한 현재 위치 추정에 대하여 카메라 영상과 웹DB를 통한 문제해결[16]과 확장된 칼만 필터를 적용한 위치보정 방식[17]이 제시되었다. 그러나 영상정보를 사용하기 위해서는 영상정보에 대한 빅데이터가 필요하고, 칼만 필터 적용은 정교한 가속, 자이로스코프센서 등이 추가로 요구되며, 실시간 처리를 위한 보다 강력한 컴퓨팅 환경이 요구된다. Fang[15]등은 기존의 프로세스 또는 목표지향적 접근방식 대신에 보행자의 필요성에 기반한 접근 방식을 제안하였다.

본 연구에서는 시각장애인의 보행 네비게이션을 위한 모바일 서비스 시스템을 구현하고, 실제에 적용하여 그 유용성을 검증하고자 한다. 모바일 구현을 위하여 휴대성이 용이한 장치들을 채용하였다. 위치 검출을 위하여 스마트폰에 내장된 GPS센서를 사용하였고, 스마트 폰을 기본적인 사용자 인터페이스 장치로 선택하였다. 본 연구에서는 GPS오차 때문에 발생할 수 있는 잘못된 보행과 주행방향 유도를 방지하기 위하여 GPS오차에 견고한 경로 스케줄링 방식을 제안하고, 구현하였다.

1.1 GPS 오차

GPS 위치측정의 정확성을 떨어뜨리는 요소들은 크게 세부분으로 나눌 수 있다. 첫째 구조적 요인으로 생기는 오차는 인공위성 시간 오차, 인공위성 위치 오차, 전리층과 대류층의 굴절, 잡음(Noise), 다중 경로(Multipath)등이 있다. 두번째 위성의 배치상황에 따른 기하학적 오차가 있으며 마지막으로 가장 큰 오차 원인인 SA (Selective Availability) 가 있다. 이 요소들이 모두 잠재적으로 합쳐져서 오차 결과를 낳는데 이것을 UERE(User Equivalent Range Error)라고 한다. 각 오차들은 시간과 장소에 따라서 크게 변할 수 있다. Garmin 12XL이란 GPS 수신기에 서로 다른 3 종류의 안테나를 부착하여 약 1.23m 떨어져 48시간 동안 관찰한 위치 오차표 1에 표시하였다[18]. 95%의 신뢰도를 가질 때 위치 오차가 10m를 넘어가는 것을 알 수 있다. 스마트폰에 내장된 안테나와 GPS수신기를 사용할 경우 위치오차는 더욱 커질 수 있다. 삼성 갤럭시 7에 내장된 GPS를 사용하여 청주대학교 인근 안덕별로의 보도 위에서 구글 맵을 실행시켜 얻은 지도상의 본인 위치 그림을 그림 1에 표시하였다. 시험자가 도로(폭 13m) 밖의 보도에 있음에도 GPS로부터 얻은 위치는 도로 가운데에 있는 것처럼 표시되고 있다.

1.2 경로 계획

일반적으로 길찾기는 크게 결절(node)과 세부경로(link)로 구성된다[19]. 전체 경로(route)는 이러한 결절과 세부 경로의 집합이라고 할 수 있는데 두 개의 결절과 이들을 잇는 한 개의 세부경로는 하나의 구간(segment)를 구성하게 된다. 본 연구에서의 Mapzen이라는 지도 서비스 플랫폼[20]을 이용하여 전체적인 결절과 세부경로를 얻었다.

표 1. Germin GPS 수신기의 위치오차
Table 1. Position errors of Germin GPS receiver

	Garmin 12XL	Eagle Explorer	Garmin 12XL	Garmin III+	Garmin 12XL	Garmin III+ ext. ant.
RMS error	5.5 m 5.5 m	3.6 m 4.0 m	5.6 m	4.2 m	5.6 m	4.9 m
Mean error	4.6 m 4.6 m	3.0 m 3.5 m	4.8 m	3.6 m	4.7 m	4.2 m
CEP (50%)	4.1 m 4.3 m	2.9 m 2.9 m	4.4 m	3.4 m	4.3 m	3.8 m
95%	9.8 m 10.1 m	7.2 m 7.1 m	9.9 m	7.5 m	10.1 m	8.7 m
Mean no. sat.	6.92 6.67	6.60 6.60	6.75	6.80	6.79	7.14
Mean HDOP	1.36 1.42	1.15 1.16	1.44	1.41	1.43	1.34
RMS HDOP	1.39 1.46	1.16 1.18	1.49	1.46	1.48	1.38
Notes	Two simultaneous 48 hour sessions (interchanging receiver positions)	One simultaneous 48 hour sessions	Internal antenna	26 dB Micropulse antenna	One simultaneous 48 hour session	

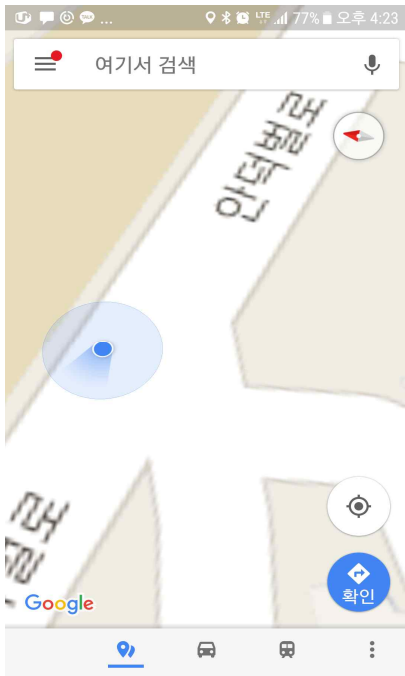


그림 1. 갤럭시 7에서 나타난 GPS 오차 예
Fig. 1. An example of GPS error using Google map

그림 2에 결절과 세부경로의 개념을 표시하였다 [9]. 하나의 구간에서의 경로계획은 일정한 시간간격마다 GPS로부터 얻어진 위치정보로부터 계획된 경로와 가장 근접한 위치를 계산하여 자신의 위치 정보라고 추정하고, 그 위치가 결정지점과 같은지를 비교하여, 같지 않다면 계속 보행을 하는 것이다.

안정된 경로를 가고 있다고 느끼는 것은 보행해왔던 경로까지 GPS로부터 얻은 위치 정보가 신뢰성이 있다고 판단하는 것과 일치한다고 가정한다. 이러한 관점은 보행자의 지나온 보행 경로가 Huang등이 제시한 심리적 안전 층에 있다고 가정하는 것이다.

신뢰구간에서 센서로부터 취득된 이동 방향, 이동 속도와 부합되지 않는 위치정보가 GPS로부터 입력되는 경우의 문제는 어떻게 현재 위치를 추정하

나이다. 하나는 dead reckoning에 의한 추정 방식이 있고, 다른 하나는 정상적으로 길을 가고 있다고 가정한 현재 위치의 추정이다. 본 연구에서는 후자의 방법을 선택하였다.

실제적인 경로에서의 자신의 위치는 GPS로부터 취득한 위치로부터 GIS에서 취득한 계획경로에 가장 가까운 위치라고 추정한다. 그렇게 추정된 위치에서 진행할 방향과 방향센서에서 얻어진 각도와와의 차이를 제어에 사용하였다.

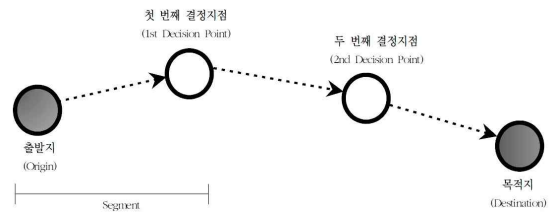


그림 2. 길찾기의 구성요소
Fig. 2. Configuration elements of navigation

2. 시스템의 구현

본 연구에서 구현한 시각장애인을 위한 길안내 서비스 시스템의 구성도는 그림 3과 같다. 시스템은 스마트폰을 중심으로 방향유도기와 음향 및 음성을 전달하는 폴진도 헤드셋으로 구성되며, 지도서비스와 길찾기 서비스를 위하여 각각 OSM(open street map)[21] 서버와 Mapzen[20] 서버에 원격으로 접속하여 필요한 지도 정보와 길찾기 경로를 가져온다. 방향유도기는 윈도우즈 10을 탑재한 LattePanda[22]를 사용하여 구현하였고, 동글을 통하여 모션 트랙커인 MTw[23]와 접속하여 사용자의 진행방향 정보를 추출하여 스마트폰에 전달하는 역할을 한다. LattePanda의 크기는 가로, 세로가 각각 88mm, 70mm로 휴대가 간편하다. 전자지도는 시각적 인터페이스를 제공하기 위하여 사용하므로 실제 시각장애인을 위한 서비스는 제공하지 않지만 경로 결정에 혼란이 있을 경우 주변 사람과의 소통을 위하여 사용할 수 있다. 사용자는 스마트폰 앱을 구동하여 Mapzen 서버에 접속하고, 경로에 포함된 노드 정보를 받고, 움직임 추적 센서인 MTw로부터 진행방향 정보를 받아 GPS위치 정보 및 서버로부터 얻은 경로 정보와 결합하여 사용자가 보행해야 할 방향을 결정한다. 결정된 방향정보는 폴진드 헤드셋을 통하여 전달된다. 진행할 방향은 단순음의 스피커 방향과 소리 강도를 제어하여 헤드셋의 두 개의 스피커에 출력하는 방식을 사용하였다. 폴진드 헤드셋은 휴리아사의 HUH-01을 사용하였다.

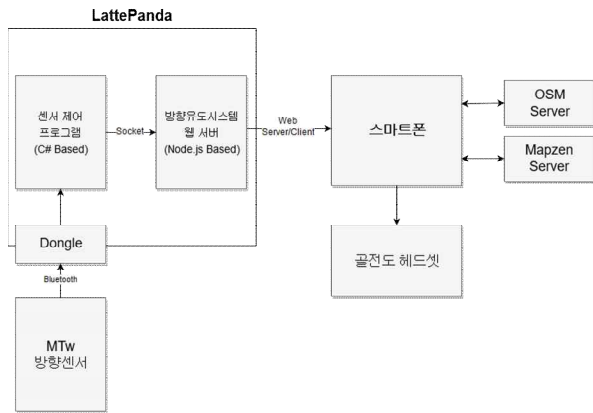


그림 3. 시스템 구성도
Fig. 3. System configuration

전자지도 서비스는 OSM(Open Street Map)을 이용하였다. 기존의 다음이나 네이버 지도의 경우 제한된 기능의 API 제공만을 제공하여 지도의 노드 및 링크의 정보를 얻을 수 없다. 따라서 구현하고자 하는 청주대학교의 건물의 출입구, 편의시설 및 공공시설의 정보를 입력할 수 없다. 본 논문에서는 OSM의 편집기능을 사용하여 위성지도를 바탕으로 청주대학교 교내의 데이터를 직접 구축하였다. 구축된 청주대학교의 전자지도의 예를 그림 4에 표시하였다.

방향센서는 Xsens사의 고정밀 모션 트래커인 MTw Awinda를 이용하였다. 방향정보의 동적 정밀도는 헤딩 방향이 1.5°, 롤과 피치가 0.75°이며, 각속도(3축), 가속도(3축), 자기장(3축)의 정보도 같이 제공된다.

구현한 시스템을 그림 5에 표시하였다. 실제 진행하는 방향을 인지하는 방향 센서는 블루투스로 연결하였고, 위치센서인 GPS는 스마트폰에 내장된 것을 사용하였다. 방향정보는 위치추정에도 효과적으로 사용할 수 있다[24]. 위치정보는 1Hz마다, 방향정보는 5 Hz마다 취득하여 사용하였다.

GPS센서로부터 취득한 위치 정보는 실제로 부정확하며, 경로상의 주변 환경에 영향을 받아 오차가 커질 수 있다. GPS정보를 이용하는 다른 논문의 경우 최대 17m 정도의 오차를 보고한 사례도 있다 [25]. 본 논문에서는 현재의 위치를 추정하는 방법으로 확장된 칼만 필터 적용과 같이 GPS의 위치정보의 오차를 줄이는 방법을 사용하는 대신에 휴리스틱한 방법을 선택하였다. 즉 GPS로부터 취득한 위치에서 계획된 경로에 수직인 법선을 그어 교차하는 좌표를 현재의 위치로 간주하였다. 이 방식은 방향유도가 정상적으로 이루어져 계획된 경로로부터

터의 이탈이 일정 거리 이하에 있을 때 효과적으로 작동한다. 따라서 일정거리 이상 이탈이 되었다고 판단되면, Mapzen을 이용하여 자동으로 경로 설정을 다시 하는 방법을 사용하였다.



그림 4. 청주대학교의 전자지도 구축 예
Fig. 4. A construction example of electronic map in Cheongju University

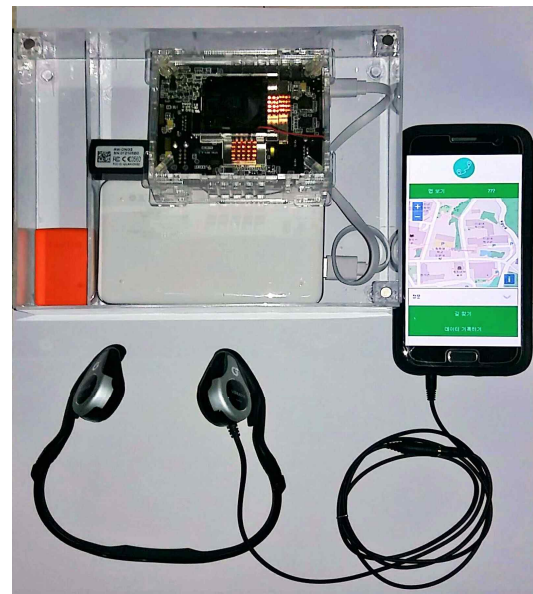


그림 5. 구현된 길안내 서비스 시스템
Fig. 5. Implemented Pedestrian navigation service system

Mapzen 서버로부터 취득한 노드 정보로부터 진행하여야 할 목표(bearing)각을 계산하고, 방향 센서로부터 받은 실제 보행의 진행(Heading)각과 비교하여, 그 차이를 골전도 헤드셋의 좌우 스피커에 비프음의 강도로 변환하여 제어하였다. 각도의 차이름음의 강도로 나타내는 것은 실험값을 통하여 결정하였다. 방향유도 어플리케이션은 웹에서 작동하며, 대부분 자바스크립트로 구현하였고, node.js를 이용하였다. 길 안내 경로는 현재위치와 목적지간에 생

성된 노드의 순차적 집합으로 표현되며, 노드간 이동 중에 노드 도착은 위도 및 경도 값의 차이가 만분의 일 이내이면 도착한 것으로 판별하며, 그 차이는 7m 이내이다. 진행할 방향각(bearing)은 현재의 노드에서 다음노드간의 위도와 경도를 이용하여 계산한다. 구현된 시스템의 장치간 정보 흐름도를 그림 6에 표시하였다.

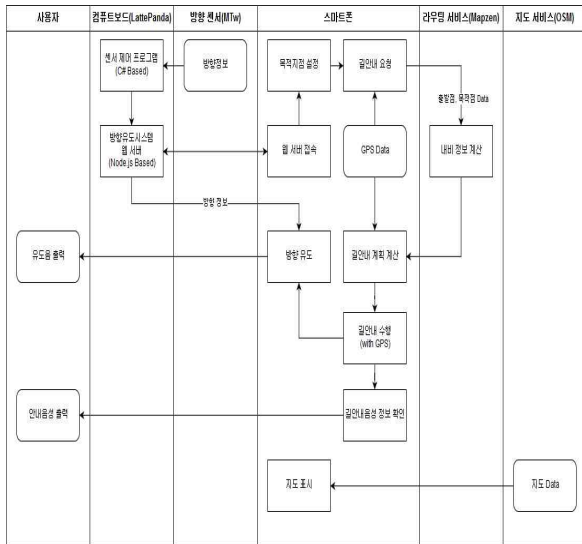


그림 6. 시스템의 장치간 정보 흐름
Fig. 6. Information flow between devices in the system

3. 실험 및 평가

본 연구에서는 보행 중 길안내의 기능 및 성능을 평가하기 위하여 스마트폰에 보행 경로 및 안내 방향 정보를 기록하고, 지도로 표시하는 평가 도구를 구현하였다. 그림 7에 구현된 평가도구에서 지도화하는 과정이 표시되는 화면을 표시하였다. 데이터 확인 버튼을 눌러 기록된 데이터 파일을 선택할 수 있고, 보행기록 지도화버튼을 누르면 점선으로 표시된 계획된 경로와 일점 쇄선으로 표시된 실제 이동 경로를 확인할 수 있다. 좀 더 자세한 정보는 스마트폰에서 파일을 다운 받아 분석에 사용할 수 있다.

실험은 정상인이 안내를 쓰고, 구현된 보행 안내기의 안내를 받아 보행을 수행하였다. 실험 화면을 그림 8에 표시하였다. 실험은 대학 구내에서 시작 위치와 반환위치를 지정하고, 다시 시작 위치로 돌아오는 경로를 지정하였고, 두 지점 사이에는 완만하게 구부러진 경로와 급격하게 구부러진 경로들이 모두 포함되게 하였다. 평가도구를 사용하여 유도 보행의 적정성을 평가하였다.



그림 7. 보행기록 지도화 과정
Fig. 7. Mapping process for pedestrian record

이 실험의 결과로써 GIS상에 나타난 진행경로를 그림 9에 표시하였다. 진행 경로에서 일부분을 확대하여 그림 우측에 계획된 경로, 실제 진행경로와 진행 방향을 표시하였다.



그림 8. 실험 수행 사진
Fig. 8. An experimental scene

흑색 점선은 Mapzen에 의하여 형성된 노드들이 연결된 선이며, 계획된 경로를 의미한다. 일점쇄선으로 표시된 선은 GPS에서 측정된 위치들을 연결한 것이다. 실선은 진행경로에서 2 Hz단위로 검출된 진행방향을 표시한 것이다. 그림에서 보듯이 출발점에서 목적지까지 음향 안내만으로 도착하였다. 일부 경로에서 계획된 경로와 차이가 약간 나타나지만, 이는 GPS의 오차가 기여한 바가 크며, 실제 이동 경로는 그림에 나타난 계획경로와의 차이보다 작았다.



그림 9. GIS상에 표시된 계획경로, 진행경로와 진행 방향 실험 결과
 Fig. 9. Experimental results of scheduled path, GPS path and pose direction

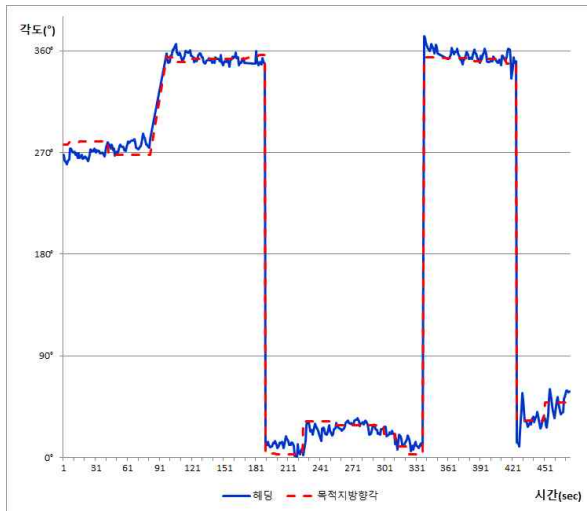


그림 10. 계획된 방향각과 실제방향각(헤딩)의 시간 적 추이
 Fig. 10 Time-based progress of scheduled bearing angle and heading angle

이 실험에서 보행 경로의 계획된 방향각(bearing)과 측정된 방향각(heading)을 시간에 따라 그림 10에 표시하였다. 두 각의 차이의 평균은 6.82°이고, 표준편차는 5.98이다. 비교적 방향 추종을 잘 한 것으로 나타났고, 정확히 목적지에 도달할 수 있었다. 그림에서 나타난 GPS 측정위치와 계획된 경로의 최근접 위치와의 차이는 최대 12.09 m였으며, 평균은 3.4 m이고, 표준편차는 2.51이다. 음향유도의 사용에 익숙해지면 더 좋은 결과를 얻을 수 있다고 판단된다.

본 논문에서 구현한 앱을 사용하면 방향유도 없이 카카오맵과 같은 스마트 폰 앱을 이용했을 때와

비교하면 길을 잃을 가능성이 크게 줄어든다. 실제 카카오맵은 진행 중에 역방향으로 이동하면 수십 미터를 진행한 후에야 스마트폰에 시각적으로 사용자 위치가 표시된다.

4. 결론

고정밀 방향 센서, 골전도 헤드셋과 스마트폰을 사용한 시각장애인을 위한 휴대용 길안내 서비스 시스템을 구현하였다. 청주대학교 구내에서 구현된 시스템을 시험한 결과 골전도 헤드셋을 이용한 음향유도로 길 찾기를 하는데 어려움이 없고, GPS의 오차 때문에 발생하는 현 보행경로 추정문제를 제한한 휴리스틱 알고리즘으로 해결할 수 있음을 확인하였다. GPS 음영지역을 통과할 때 발생할 수 있는 현 위치를 못 찾는 문제를 해결하기 위하여 위치 추정 알고리즘을 추가로 개발하여 시스템을 보완할 계획이다.

REFERENCES

- [1] Electronics and Telecommunications Research Institute, Korea Blind Union, A Study of Requirements for Pedestrian Convenience of Visually impaired, Final report, 2015.
- [2] Pablo-Alejandro Quiñones et al, "Supporting Visually Impaired Navigation: A Needs-finding Study", CHI 2011, 2011.
- [3] Laehyun Kim et al, "Improvement of An Electronic Aid for the Blind using Ultrasonic and Acceleration Sensors", Journal of KISS: Software and Applications, vol. 36, no. 4, pp. 291-297, 2009.
- [4] Alberto Rodríguez et. al., "Assisting the Visually Impaired: Obstacle Detection and Warning System by Acoustic Feedback", pp. 17476-17496, 2012.
- [5] Dimitrios Dakopoulos and Nikolaos G. Bourbakis, "Wearable Obstacle Avoidance Electronic Travel Aids for Blind: A Survey", IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics - Part C: Applications and Reviews, vol. 40, no. 1, pp. 25-35, 2010.
- [6] Yang Seung Ho, A Study on the Walking Aids' Interface for Independent Indoor Walking of the Visually Impaired, Kookmin University, Phd thesis, 2012.

[7] Dhruv Jain, "Path-Guided Indoor Navigation for the Visually Impaired Using Minimal Building Retrofitting", ASSETS'14, pp. 20-22, 2014.

[8] Aura Ganz et al, "PERCEPT Indoor Navigation System for the Blind and Visually Impaired: Architecture and Experimentation", Int. Jour. of Telemedicine and Applications, vol. 2012, Article ID 894869, p. 12, 2012.

[9] Kyu-Sang Kwon, "Spatial Information and Providing Methods in Mobile Pedestrian Navigation for the Visually Impaired", Jour. of KCA, vol. 13, no. 2, pp. 95-111, 2013.

[10] Bo Huang, Nan Liu, "Mobile Navigation Guide for the Visually Disabled", Transportation Research Record, no. 1885, pp. 28-34, 2004.

[11] Brian F.G. Katz et al, "NAVIG: Guidance system for the visually impaired using virtual augmented reality", Technology and Disability, vol. 24, pp. 1-16, 2012.

[12] K. Ramarethinam et al, "Navigation System for Blind People Using GPS & GSM Techniques", IJAREEIE, vol. 3, Special Issue 2, pp. 398-405, 2014.

[13] Andrew J. May et al, "Pedestrian navigation aids: information requirements and design implications", Pervasive Ubiquitous Computing, 7: 331-338, 2003.

[14] Michael Minock et al, "Prediction and Scheduling in Navigation Systems", GeoHCI Workshop at CHI 2013, April 2728, 2013, Paris, France

[15] Zhixiang FANG et al, "What about people in pedestrian navigation?", Geo-spatial Information Science, vol. 18, no. 4, pp. 135-150, 2015.

[16] Kyoung-ho Kim, Sang-Woong Lee, "Positioning System for the Blind Navigation", Journal of Korean Institute of Next Generation Computing, vol. 8, no. 4, pp. 6-16, 2012.

[17] Jae-koon Yoo et al, "Development of Localization Tracking System and User Interface of Guiding Robot for the Visually Impaired", Journal of Korea Information Processing Society D, vol. 12, no. 3, pp. 481-491, 2005.

[18] GPS HORIZONTAL POSITION ACCURACY, <http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Molin/leb447/Arquivos/GNSS/ArtigoAcuraciaGPSsemAutor.pdf>

[19] Raubal, M and Winter, S., 2002 Enriching Wayfinding Instructions with Local Landmarks,

Lecture Notes in Computer Science, 2478, pp. 243-259.

[20] Get driving, biking, walking and transit navigation in your app, <https://mapzen.com/>

[21] Open street map, <https://www.openstreetmap.org/#map=7/35.948/127.736>

[22] A Windows 10 Computer with integrated Arduino, <http://www.latepanda.com/>

[23] Xsens 3D motion tracking, <https://www.xsens.com/products/mtw-awinda/>

[24] Kwang-jin Kim et al, "Dead-Reckning Error Correction Using Orientation Information", 2007 Preceeding of KIIT Summer Conference, pp. 238-243, 2007.

장영건(Young Gun Jang)



1980년 2월 인하대학교 전자공학
학과 학사
1992년 8월 인하대학교 전자공학
학과 석사
1995년 2월 인하대학교 전자공학
학과 박사
1996년 3월 - 현재 청주대학교
컴퓨터정보공학과 교수

Interest: Intelligent System, Iot, Assistive Web Technology

차주현(Young Gun Jang)



2012년 3월 - 현재 청주대학교
컴퓨터정보공학과 학부
생

Interest: Iot, Web Technology