

WPAN을 이용한 전기 휠체어용 실내 위치 기반 서비스 플랫폼*

남영진*, 박영균*, 강신재*, 정주석*, 김범준**, 최병준***

*대구대학교 컴퓨터·IT공학부

**계명대학교 전자공학과

*** (주)위캔솔루션

e-mail:yjnam@daegu.ac.kr

In-door Location-based Service Platform with WPAN for Electric Wheelchairs

Young Jin Nam*, Young Kyun Park*, Sin Jae Kang*, Ju Seok Jung*,
Beom Joon Kim**, Byeong Jun Choi***

*School of Computer and Information Technology, Daegu University

**School of Electronics Engineering, Keimyung University

***Wecan Solution, co., Ltd.

요 약

장애인 및 노인인구의 증가로 이동성의 확보를 위해 일반 휠체어를 포함한 전기휠체어 사용자가 증가하고 있다. 본 논문에서는 실내에서 장애인 및 노약자가 휠체어를 사용 시 대처하기 어려운 갑작스러운 위험 등에 대해 보다 효율적인 관제 및 관리를 위한 위치 기반 서비스 플랫폼을 제시하며, 실험을 통해 기능 및 성능을 검증한다. 제안하는 플랫폼은 단순 관제, 관리뿐만 아니라 사용자가 원하는 목적지까지 경로를 안내하며 사용자의 스케줄에 따라 목적지를 알려주는 등 생활 전반에 도움이 될 수 있다.

1. 서론

장애인 및 노인의 이동성을 향상시키기 위하여 사용되는 이동 보조기기로는 지팡이, 목발, 휠체어 등이 있으며, 이중 휠체어는 앉은 자세에서 지지와 동시에 이동 기능을 제공하는 장비로써 널리 이용되고 있다. 장애인 및 노인에게 레저나 여가활동 등의 문화생활을 통한 삶의 질 확보를 위해 선결되는 조건으로 다양한 사회적 접근성이 핵심인 요소 중의 하나이다.

이러한 접근성 향상에 있어서 가장 중요한 요소는 이동성의 확보이다. 2000년 12월말 장애인복지법에 의한 등록 장애인은 102만 여명으로 보고되었고, 2005년 6월말 169만 여명으로 전체 인구증가비율인 0.7%에 비하여 현저히 빠른 증가를 보이고 있다[1]. 또한, 65세 이상 노인의 86.7%가 만성퇴행성 질환을 앓고 있으며 이러한 질환을 가진 노인은 인지기능은 정상이나 하체관절의 손상으로 인해 보행이 곤란하고 일상생활에도 지장을 초래하고 있다.

위치 기반 서비스(Location-based Service: LBS)[2]는 사용자의 변경되는 위치에 따라 특정 정보를 제공하는 무선 콘텐츠 서비스를 의미하며, 전시관 안내 시스템, 교통정체 상황 경고 등 다양한 응용들이 존재한다. LBS의 핵

심은 측위기술로서 실외에서는 GPS가 이미 널리 이용되고 있으며, 실내에서는 CSS기반의 IEEE 802.15.4a[3]가 점차 널리 사용되고 있는 추세이다. 병원, 요양원과 같은 실내 환경에서 휠체어 이용 시, 휠체어가 갖는 이동성 및 갑작스런 위험 등으로 인해 사용자에게 대한 보다 효율적인 관제 및 관리가 필요하다. 휠체어 사용자 중에는 보호자 없이 목적지까지의 이동 뿐 아니라, 해야 할 일(약 투여, 정기치료)을 제대로 수행하지 못 할 수도 있다. 이 경우 위치 기반 서비스 인프라를 통해 휠체어(사용자)의 목적지 및 할 일을 전달받는다면 경우에 따라서는 보호자 없이 스스로 생활할 수 있게 될 것이다. 또한, 전기 휠체어는 배터리를 기반으로 동작하는 기계이므로 배터리 소진으로 인해 멈춘다던지 고장이 날 수 있다. 이러한 상황을 휠체어가 인지하고 인프라를 통해 건물의 중앙 관제실에 상황과 위치를 알린다면 신속한 대응을 통해 신체손상의 정도를 줄이고 고장으로 인한 불편함을 단시간에 해결할 수 있을 것이다. 본 논문에서는 위치 기반 서비스(LBS) 기술을 휠체어 의료기기에 접목하기 위해 관제서버, 게이트웨이, WPAN기반 통신 인프라 및 휠체어용 제어기로 서비스 플랫폼을 구성한다. 또한, 실제 환경에서 개발 플랫폼의 기능 및 성능을 시험한다.

2. 관련연구

위치인식을 위한 기술은 이미 영상처리, 초음파, RFID 등을 이용한 기법과 같이 많이 연구되어 왔고 GPS를 이

* 본 과제(결과물)는 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 광역경제권 선도산업 인재양성사업 및 교육과학기술부와 한국산업기술진흥원의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임

용한 차량용 네비게이션과 같이 상용화된 경우도 있다. 특히 GPS의 경우 실내에서는 위성신호를 받을 수 없어 사용이 불가능했으나 근래에는 실내에서 위치 인식을 할 수 있는 다양한 기술들이 연구 및 개발되고 있다. 위치 인식 기술은 일반적으로 두 가지로 나눌 수 있다. 앵커노드 혹은 비컨노드로 불리는 고정된 노드와 이동 단말간 거리를 측정해 위치를 계측하는 기술과 별도의 거리 측정 없이 위치를 추정하는 기술로 나눌 수 있다. 거리를 측정하는 기술로는 신호가 전송되는데 걸리는 시간과 속도를 이용하는 ToA[4]기법, 속도가 다른 두 신호의 도착 시간차이를 이용하는 TDoA[5]기법, 수신된 신호의 각을 이용하는 AoA[4][5]기법, 수신된 신호의 세기(RSS)[6]를 이용하는 기법이 대표적이다.

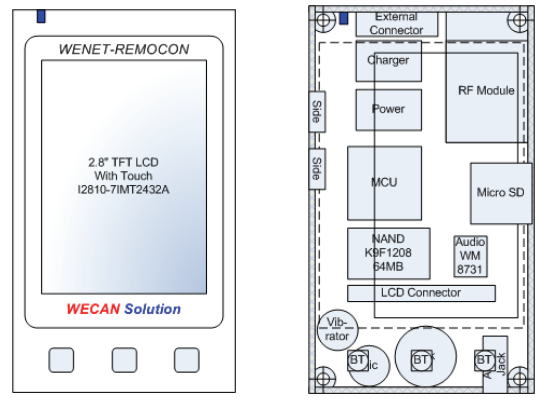
하지만 이러한 거리 측정 기법에는 두 노드 간 시간 동기화가 되어야 하는 문제 혹은 각을 측정할 수 있는 별도의 장치가 필요한 문제가 있다. 2007년 IEEE에서 WPAN의 표준으로 제정한 IEEE 802.15.4a는 이러한 문제를 극복할 수 있는 SDS-TWR 거리 측정 기법을 포함하고 있어 본 논문에서는 거리 측정의 정밀도를 높이기 위해 SDS-TWR 거리 측정 기법을 이용한다. 측정된 거리를 이용해 위치를 계측하는 기법에는 고정된 세 노드와의 거리로 교차점을 찾는 삼변측량 기법과 거리뿐만 아니라 각도도 이용하는 삼각측량이 대표적이거나 본 논문에서는 선형 연구되었던 이변측량[7]기법을 이용한다.

3. 실내 위치 기반 서비스 플랫폼 설계

전기 휠체어 사용자가 실내 환경에서 위치 기반의 다양한 서비스를 제공받기 위한 서비스 플랫폼을 제안한다. 플랫폼은 그림 1과 같이 휠체어에 장착되는 단말기, WPAN(IEEE 802.15.4a) 기반의 위치인식 통신 인프라, 실시간 관제를 위한 웹기반 관제서버 그리고 서버와 제어기 사이의 통신을 담당하는 게이트웨이로 구성한다.

트웨이로부터 수신하는 정보는 크게 사용자의 위치 정보와 사용자의 상태와 같은 이벤트 정보로 나눌 수 있으며, 이러한 데이터는 상황정보 저장소에 저장된다. 상황정보 저장소는 휠체어 위치정보를 저장하는 데이터베이스, 사용자(휠체어)상태의 이상상태 및 사용자의 일정을 저장하는 데이터베이스 그리고 실내 맵 정보를 저장하는 데이터베이스로 구성된다.

그림 x의 휠체어용 제어기는 사용자에게 현재 위치를 출력하거나 위치기반 서비스를 위한 인터페이스를 출력하고 사용자로부터의 입력을 담당하는 임베디드 보드 기반의 제어기이다. 제어기는 40Mhz에서 40MIPS로 동작하는 MCU, 64MB 낸드 플래시 메모리, 인터페이스 출력 및 사용자의 입력을 위해 터치스크린이 포함된 2.8인치 LCD 등으로 구성한다. 그 외에 실내 맵 정보 등 데이터 저장을 위한 마이크로 SD카드와 터치 이외의 입력 수단으로 키, 버튼이 포함되며 WPAN 통신 인프라와 연결을 위해 UART 통신 기능을 가진다.



(가) (나)
(그림 2) (가)휠체어 제어기 외관 (나)하드웨어 블록도

그림 2는 휠체어 제어기의 외관 예상도와 하드웨어 블록도이다. 사용자 인터페이스는 실내 맵 이미지와 현재 사용자의 위치를 출력해야 하므로 제어기를 가로로 돌려 사용할 수 있도록 설계한다.

게이트웨이는 관제 서버와 휠체어용 제어기 사이에서 프로토콜 변환기능을 주로 담당한다. 휠체어용 제어기는 WPAN 통신으로 위치 정보 및 상태 정보를 전송하는데 게이트웨이는 이를 수신해 관제서버로 보내기 위해 패킷을 변환한다. 본 논문에서는 간단하게 수신한 패킷의 데이터만 파싱해 소켓을 이용해 관제 서버로 전송한다. 관제서버로부터 휠체어 제어기로 전송되는 데이터도 마찬가지로 소켓을 통해 수신 후 WPAN 패킷형태로 변환하여 휠체어 제어기로 전송한다.

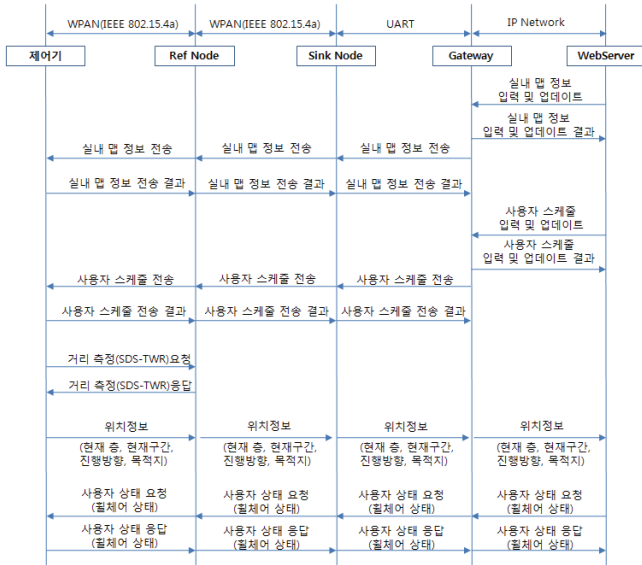
WPAN(IEEE 802.15.4a, CSS) 기반의 위치인식 통신 인프라는 거리 측정이 가능한 노드들로 구축한다. 각 노드는 CSS 변조방식을 사용해 거리 측정이 가능한 나노트론사의 RF와 8bit MCU로 구성된다. 휠체어용 제어기와 게이트웨이는 WPAN 통신을 위해 노드를 각각 시리얼 통신으로 연결되어야 하며, WPAN을 통해 사용자의 현재 위치 정보와 상태정보를 게이트웨이를 통해 관제 서버로 전송



(그림 1) 서비스 플랫폼의 전체 구조

웹기반 관제 서버는 IP망을 통해 게이트웨이와 통신하며 구축된 상황정보 저장소를 기반으로 위치추적엔진, 이벤트 탐지 및 일정관리엔진, 실시간 상황정보 중계 엔진을 이용해 운영 웹 인터페이스나 시스템 관리 웹 인터페이스를 통해 사용자의 위치 및 상태정보 등을 출력한다. 게이

할 수 있고, 게이트웨이 또한 WPAN을 통해 관제서버로부터 전송되는 실내 맵 이미지, 사용자 스케줄과 같은 정보를 휠체어 제어기로 전송할 수 있다.



(그림 3) 서비스를 위한 메시지 종류 및 전송범위

그림 3은 위치기반 서비스를 위해 휠체어 제어기, WPAN 인프라, 게이트웨이, 웹 관계 서버 간 전송되는 메시지의 종류와 전송범위를 나타낸다. 거리 측정 메시지를 제외한 대부분의 메시지가 휠체어용 제어기로부터 웹 관제서버까지 송수신 된다. 실내 맵 정보는 이동 경로 상에 위치하는 고정 노드 간 연결 상태와 거리를 직접 그래프형태로 표현하는 기법[7]을 이용한다. 위치 인식 기법 또한 기존의 대표적인 방법인 삼변측량 대신 실내 이동 경로의 특성을 고려해 두 노드만으로 거리를 측정하는 이변측량[7]기법을 이용한다. 하지만 이 경우에도 오차가 발생하므로 실측된 데이터를 기반으로 오차를 보정하는 식을 유도한다.

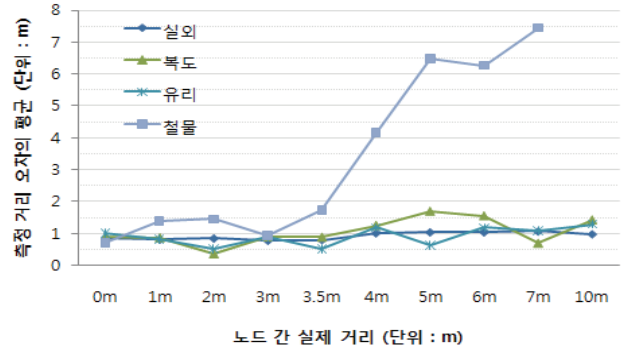
4. 성능 평가

위치 기반 서비스에서 위치 인식의 정밀도만큼 중요한 문제도 없다. 따라서 일반적으로 많이 접할 수 있는 몇몇의 실내 환경에서 거리 측정 성능을 실험하였다.



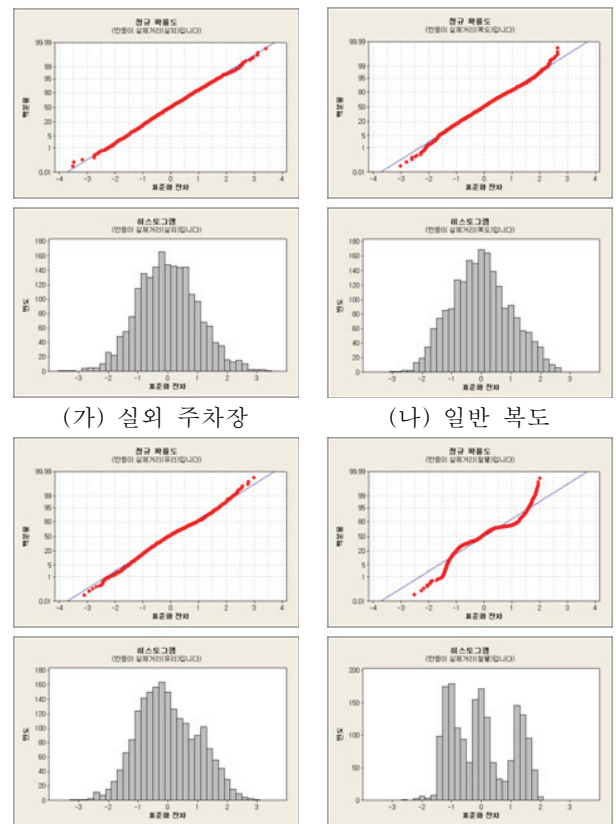
(가) 실외 주차장 (나) 일반 복도 (다) 유리창이 많은 공간 (라) 철제 사물함 배치 복도
(그림 4) 거리 측정 성능 실험 환경

거리 측정 성능 실험은 그림 4와 같이 일반 복도, 유리창이 많은 복도, 철제 사물함이 양쪽으로 배치된 복도 그리고 실내는 아니지만 완전히 개방된 공간인 주차장에서 실시하였다. 노드 하나를 고정시키고 0m에서 10m까지 다른 노드를 이동시키며 거리를 측정했다.



(그림 5) 환경별 거리 측정 오차의 평균

그림 5는 실험 결과를 그래프로 나타낸 것이다. x축은 거리를 측정한 실제 지점이고 y축은 측정된 거리 오차의 평균이다. 실외 주차장, 일반 복도, 유리창이 많은 복도에서는 최대오차가 2m를 넘지 않는 반면 철제 사물함이 배치된 복도에서는 고정 노드와 이동 노드와의 거리가 3.5m를 기점으로 급격히 증가하는 현상을 보였다.



(가) 실외 주차장 (나) 일반 복도 (다) 유리창이 많은 공간 (라) 철제 사물함 배치 복도
(그림 6) 환경 별 거리 오차에 대한 정규확률도 및 히스토그램

그림 6은 환경별로 거리 오차에 대해 정규확률도와 히스토그램으로 나타낸 것이다. 실험 결과 주변에 장애물이 없는 트인 장소 일수록 오차가 일정하고 금속 물질에 영향을 많이 받는 것을 알 수 있다.

현재 휠체어용 제어기를 제작중이며 랩탑 컴퓨터를 이용해 실내 맵 다운로드 및 목적지 선택, 안내 등의 기능을 시험 중이다.

5. 결론 및 향후계획

본 논문에서는 CSS기반 WPAN을 이용해 전기 휠체어 사용자를 위한 위치 기반 서비스 플랫폼을 제안하였다. 휠체어용 제어기, 게이트웨이, 웹 기반 관제 서버로 구성되는 플랫폼으로 웹 인터페이스를 통해 사용자의 스케줄을 관리하여 보호자가 없는 경우에도 시간에 따른 목적지 및 경로 안내가 가능하며 사용자의 위치 및 상태를 실시간으로 확인 할 수 있어 이상 발생 시 신속한 대처가 가능하다. 현재 휠체어 제어기를 제작중인 관계로 랩탑 컴퓨터를 이용해 기능 및 거리 측정 성능을 실험 중이다. 통합 실험은 제작중인 휠체어 제어기가 완성되는 데로 진행할 계획이다. 게이트웨이로부터 실내 맵 정보 다운로드, 목적지 선택, 경로 안내 등 기본적인 기능은 정상적으로 동작함을 확인했다. 경로 안내 중 경로 알림 메시지의 출력 시점이 나 목적지 도착 알림 메시지 출력 시점이 거리 측정 오차에 의해 늦어지거나 빨라지는 문제가 있지만 향후 환경별 거리 오차 데이터를 이용해 오차를 보정하는 실험을 진행할 예정이다.

참고문헌

- [1] 구현모 외 3인, “지체부자유인의 휠체어 사용 실태 및 요구 조사,” 특수교육저널: 이론과 실천, 제6권 3호, pp.229-245, 2005년.
- [2] 위키피디아, <http://www.wikipedia.org/>.
- [3] IEEE 802.15.4a, “Part 15.4 : Wireless Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Network(LR-WPAN),” *IEEE Society*, 2007.
- [4] T.Y. Chen, C.C. Chiu, T.C. Tu, “Mixing and Combining with AOA and TOA for Enhanced Accuracy of Mobile Location,” IEE, Michael Faraday House, Stevenage, 2003.
- [5] L. Cong and W. Zhuang, “Hybrid TDOA/AOA Mobile UserLocation for Wideband CDMA Cellular Systems,” *IEEE Transactions on Wireless Communications*, Vol.1, No.3, July 2002.
- [6] C Alippi and G Vanini, “A RSSI-based and calibrated centralized localization technique forWireless Sensor Networks,” *Proceedings of the Fourth Annual IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshop*, 2006.

- [7] Y. Nam and Y. Park, “Efficient Indoor Localization and Navigation with a combination of Ultrasonic and CSS-based IEEE 802.15.4a,” *Proceedings of the 4th International Conference on Ubiquitous Information Technologies & Applications*, 2009.