

사물인터넷에서 초음파 센서와 블루투스 통신을 이용한 스마트 주차 시스템 (Smart Parking System Using Ultrasonic Sensor and Bluetooth Communication in Internet of Things)

이 충 산 [†] 한 영 탁 [†] 전 수 빈 [†] 서 동 만 ^{**} 정 인 범 ^{***}
(Chungsan Lee) (Youngtak Han) (Soobin Jeon) (Dongmahn Seo) (Inbum Jung)

요 약 사물인터넷이 대중화되면서 주차장에도 사물인터넷 환경을 구축해 이용객이 주차한 차량의 위치 식별 및 주차 위치 안내 서비스를 제공하려는 연구가 진행되고 있다. 기존 시스템들은 차량을 식별하기 위해 식별 장치를 차량에 부착하거나 이용객이 소지하는 방법 또는 고화질 카메라를 이용하여 주차된 차량의 번호판을 인식하는 방법 등을 이용하고 있다. 하지만 이 방법들은 이용 방법과 비용 측면에서 아쉬운 면을 보였다. 본 논문에서는 초음파 센서와 블루투스 통신을 이용한 스마트 실내 주차장 관리 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 각 주차공간에 설치된 주차장 센서 모트의 초음파센서를 이용하여 차량의 점령을 판단하고 블루투스의 RSSI를 이용하여 주차된 차량의 위치 식별이 가능하다. 또한 블루투스 RSSI를 이용한 실시간 실내 위치 인식을 통해 주차된 차량까지의 길 안내 서비스가 가능하다. 시스템의 성능평가를 위해 주차된 차량의 위치 인식률과 RSSI를 변환해 얻은 거리의 정확도를 측정하였다.

키워드: 주차장관리시스템, 사물인터넷, 초음파센서, 블루투스, RSSI, 실내위치인식

Abstract IoT (Internet of Things) technologies have largely contributed to our smart living environment. The smart parking system is one of the prominent services that IoT supports. To identify the parked vehicles, the previous parking system use special identifying devices, the RFID tags carried by the users, and the high quality camera to recognize the vehicle license numbers. However, the previous methods cause cost inefficiency and unfriendly usages. To address these problems, we propose a smart parking system based on ultrasonic sensors and Bluetooth communication. The proposed system decides the available slots by using the sensor motes located in the parking spaces. Also it recognizes the location of the parked vehicle using Bluetooth RSSI between a Smartphone and the sensor motes. In addition, based on these converging technologies, it can support the parked routes of vehicles for users. To evaluate the implemented smart parking system, we applied the RSSI transform equations and the recognition rate for parked vehicles. As a result, the accurate rate of transformed distances could be measured.

Keywords: smart parking system, IoT, ultrasonic sensor, bluetooth, RSSI, location awareness

· 이 논문은 정부 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(NRF-2013R1A1A2008811)

[†] 학생회원 : 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과
zealee@kangwon.ac.kr
bang9211@kangwon.ac.kr
sbjeon@kangwon.ac.kr

^{**} 중신회원 : 대구가톨릭대학교 컴퓨터공학전공 교수
sarum@cu.ac.kr

^{***} 중신회원 : 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 교수
(Kangwon National Univ.)
ibjung@kangwon.ac.kr
(Corresponding author인)

논문접수 : 2016년 2월 19일
(Received 19 February 2016)
논문수정 : 2016년 4월 12일
(Revised 12 April 2016)
심사완료 : 2016년 4월 12일
(Accepted 12 April 2016)

Copyright©2016 한국정보과학회 : 개인 목적이거나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.
정보과학회 컴퓨팅의 실제 논문지 제22권 제6호(2016. 6)

1. 서론

현대 사회에서 차량은 사람에게 없어서는 안 될 가장 중요한 이동수단으로 자리 잡았다. 차량의 수가 증가하면서 자연스럽게 문제가 되고 있는 것이 바로 주차 관리이다. 전 세계 도심에서 주차장은 꼭 필요한 시설이기 때문에 주차장 관리에 대한 기술들도 빠르게 발전해 왔다. 최근까지의 주차 관리 시스템은 단순히 차량의 점령 여부만 파악하고 주차장의 전광판을 통해 현재 주차정보를 제공하는 방법이 많이 이용되고 있다. 하지만 위와 같은 방법은 주차장 이용 고객이 전광판을 통해 현재의 빈 공간 정보를 받고 직접 빈공간의 위치를 찾아야 하는 불편함을 가지고 있다. 또한 단순히 정보만 제공해주는 단계에 머물러 있어 설치비용에 비해 활용도가 많이 부족한 것이 현재의 주차 시스템의 문제점이다.

사물 인터넷(IoT:Internet of Things)은 다양한 환경에 배치된 사물들에 센서와 통신기능을 탑재하여 사람의 개입 없이 자발적으로 네트워크를 형성하여 서로 상호작용해 정보를 생산한다. 최근 기술의 발전으로 인해 센서와 마이크로프로세서의 성능은 향상되면서 크기가 작아져 많은 분야에서 사물인터넷을 접목한 환경을 구성하는 연구가 진행 중이다. 사물인터넷과 결합한 스마트 주차장 관리 시스템도 사물인터넷에서의 주요 분야 중 하나로 연구가 진행되고 있다[1,2].

주차공간의 점령여부만 판단하는 것에서 나아가 주차된 차량을 식별하여 주차한 이용자에게 정보를 제공하는 시스템도 존재한다. 이러한 시스템들은 차량의 식별을 위해 카메라로 차량번호를 인식하거나 RFID 모듈을 차량이나 사용자에 부착해 사용한다. 하지만 차량번호를 인식할 정도로 영상을 얻기 위해서는 고화질의 카메라를 사용해야 하며 하나의 카메라로 많은 주차구역을 감지할 수 없기 때문에 모든 주차공간에 설치하려면 많은 비용이 발생하게 된다. 또한 RFID를 사용하는 경우에는 사용자가 서비스를 받기 위해 자신의 차량에 RFID 모듈을 추가로 설치해야 하는 불편함과 비용이 발생한다.

블루투스는 Bluetooth SIG(Special Interest Group)에서 발표한 2.4GHz 대역의 주파수를 사용하는 근거리 무선 통신(PANs:Personal Area Networks) 표준이다. Master-Slave 방식으로 통신하며 통신거리가 수십 미터이고 주파수 호핑 방식을 사용한다. BLE(Bluetooth Low Energy)는 기존 블루투스를 더욱 저전력 솔루션으로 설계한 통신 기술이다. 기존 블루투스과 호환하지 않으며 단일 홉만을 지원한다. 하지만 사물인터넷에서의 중요한 요소로 자리 잡을 것이라는 시각이 많아 근미래에 수억 개의 디바이스에 사용될 것으로 전망하고 있다[3].

본 논문에서는 기본 주차관리 시스템에 사물인터넷 환경을 적용하여 초음파 센서와 BLE 통신을 이용한 사물인터넷 기반의 스마트 실내 주차장 관리 시스템을 설계 및 구현한다. 제안하는 시스템은 각 주차공간의 차량 점령여부 판단할 수 있으며 사용자별로 차량을 식별할 수 있다. 또한 기존 스마트 주차장에서는 제공하지 않는 실내 주차장 내 실시간 위치인식이 가능해 주차된 차량까지의 경로 안내 서비스를 제공한다. 주차공간의 차량의 점령 여부를 판단하기 위해 현재도 많은 실내 주차장 시스템에서 사용하고 있는 초음파 센서를 이용한다. 주차된 차량의 위치 판단과 식별 그리고 주차장 내 실시간 위치 인식을 위해 많은 사람들이 사용하고 있는 스마트폰에 포함되어 있는 블루투스의 RSSI(Received Signal Strength Indication)를 이용한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존 주차장 관리 시스템들의 연구동향과 무선 통신을 이용한 위치 추정 기술들을 설명한다. 3장에서는 본 논문에서 제안하는 초음파 센서와 블루투스 통신을 이용한 사물인터넷 기반의 스마트 주차장 관리 시스템을 기술한다. 4장에서는 스마트 주차장 관리 시스템의 구현과 시스템의 위치 인식률에 대한 실험 및 결과에 대해 기술하고 5장에서 결론 및 향후 계획으로 마무리한다.

2. 관련연구

2.1 주차장 관리 시스템

차량 식별이 가능한 주차장 관리 시스템은 RFID와 카메라 등을 이용하여 많이 연구되고 있다. RFID를 이용한 주차장 관리 시스템들은 RFID 태그를 이용하여 차량을 식별하거나 빈 주차 공간을 안내해준다. 이 시스템에서는 RFID 모듈을 추가적으로 차량에 설치하여야 하며 빈 주차 공간을 안내받기 위해서는 주차장 입구에 설치된 별도의 디스플레이를 이용하여야 하는 불편함이 있다[4]. 또 다른 주차장 관리 시스템에서는 빈 주차공간을 안내해주기 위해 사용자의 스마트폰을 이용하여 사용자의 편의성을 향상시켰다. 하지만 RFID를 이용한 스마트 주차장 관리 시스템은 차량이나 사용자가 별도로 RFID 모듈을 설치하거나 소지해야 한다는 점에서 추가적인 유지보수 비용이 발생하게 된다[5]. 카메라를 이용한 주차장 관리 시스템은 하나의 카메라로 3~5개의 주차구역에 주차된 차량을 촬영하여 차량번호를 인식한다[6]. 영상처리 기술의 발전과 카메라의 성능 향상으로 높은 정확도로 차량의 번호를 인식할 수 있다. 하지만 하나의 카메라로 식별할 수 있는 주차공간의 수가 많지 않고 차량 번호를 인식하기 위해서는 고화질의 카메라를 사용해야 하기 때문에 전체 주차공간에 설치하기에는 비용적인 부담이 크다.

2.2 무선 통신을 이용한 위치 추정 기술

무선 주파수와 관련된 특징을 이용하여 위치를 추정하는 ToA(Time of Arrival), TDoA(Time Difference of Arrival), RSSI, AoA(Angle of Arrival) 등을 이용할 수 있다. ToA는 ToF(Time of Flight)라고도 불리며 송신지로부터 수신지까지 라디오 신호가 도착한 시간을 이용하여 거리를 추정하는 기법이다. 라디오 신호는 빛의 속도에 근접하게 전송되기 때문에 이 방법을 이용하여 위치를 추정하기 위해서는 송신지와 수신지가 정확하게 시간 동기화가 이루어져야 한다. 하지만 사물인터넷 환경에서 정확한 시간의 동기화는 현재도 많은 연구가 이루어지고 있는 해결하기 어려운 이슈이다. TDoA는 ToA와 유사하게 신호가 전달되는 시간을 이용한다. ToA는 신호가 전달되는데 소모된 시간을 이용하여 거리를 구하지만 TDoA는 위치를 알고 있는 여러 수신지의 수신 시간 차이를 이용하여 위치를 추정한다. 또한 AoA는 수신된 신호의 각도를 이용하여 방향을 추정하는 방법이다. 지향성이 있는 여러 안테나를 설치하여 각 안테나에 수신되는 시간의 차이를 이용해 신호가 수신되는 각도를 측정한다. 하지만 이 방법을 이용하기 위해서는 지향성이 있는 안테나를 여러 개 설치하여야 하며 이 방법은 거리가 아닌 방향을 측정하기 적절한 방법이다. RSSI는 수신한 라디오 신호의 크기를 나타내는 수치이다. 거리가 가까울수록 큰 수치를 나타내어 거리를 측정할 수 있다. 위에서 언급한 다른 방법들과는 다르게 현재 제공되는 통신모듈들은 자체적으로 수신한 신호의 RSSI를 얻을 수 있는 API를 제공하기 때문에 쉽게 접근할 수 있다. 하지만 RSSI는 벽이나 주변 환경에 민감한 경향이 있어 정확한 위치를 얻기 위해서는 여러 필터링을 거쳐야 한다는 단점이 있다[7-9].

2.3 경로 탐색 알고리즘

최단 경로 탐색은 그래프상 두 노드사이의 최소비용을 갖은 경로를 찾아내는 알고리즘은 말한다. 이 중 A*(에이스타) 알고리즘은 Best-first search의 한 예로 각 노드에 랭킹을 부여하는 휴리스틱 탐색방법이다. 비교적 간단하게 구현이 가능하고 적은 량의 계산으로 최단경로를 찾아내는 것을 보장한다.

A* 알고리즘은 그래프 탐색 알고리즘으로 주어진 출발점으로부터 목표점까지 가는 최단 경로를 찾아낸다. 방문한 노드를 닫힌 노드, 방문하지 않은 노드를 열린 노드로 설정하고 목표점까지 열린 노드들을 방문하면서 각 노드에 f(fitness:적합도)를 부여한다. f는 다음과 같은 식으로 계산된다.

$$f = g + h \quad (1)$$

g는 goal(목표)로써 시작노드부터 현재 노드까지 이동하는데 발생하는 비용을 의미한다. h는 heuristic(휴리

스틱)으로 현재 노드에서 목적지 노드까지 이동하는데 필요한 추정된 비용을 의미한다. 추정된 값을 사용하는 이유는 현재 노드에 방문한 시점에서는 현재노드에서 목적노드까지 이동하는데 발생하는 비용을 알 수 없기 때문이다. 이 heuristic을 계산하는 방법은 일반적으로 현재 노드에서 목적지 노드까지의 일직선 거리를 이용한다. A* 알고리즘에서는 모든 이전 상태들을 저장한다. 알고리즘의 순서는 다음과 같다. 시작 노드에서 이웃 노드들의 f를 계산한다. 가장 적은 f를 갖는 이웃 노드를 방문하고 한 번도 방문하지 않았던 열린 이웃 노드의 f를 계산한다. 다시 제일 적은 f를 갖는 열린 이웃 노드를 방문하여 이웃 노드들의 f를 계산한다. 이러한 과정을 반복하여 최종 목적지까지 도착하게 되면 저장된 경로들을 따라가면서 전체 경로를 구할 수 있다. 현재 A* 알고리즘은 게임 개발에서 가장 효율적인 경로 탐색 알고리즘으로 사용되고 있다. Dijkstra 알고리즘과 Best-First Search보다 성능이 뛰어나지만 경로 생성을 위해 열린 노드와 닫힌 노드의 목록을 관리하기 때문에 맵의 크기가 커지면 많은 메모리를 요구하게 된다는 단점이 있다[10].

3. 주차장 관리 시스템

그림 1은 본 논문에서 제안하는 스마트 주차장 관리 시스템의 구성도이다. 스마트 주차장 관리 시스템은 사물인터넷을 기반으로 하며 주차 공간의 차량 점령 여부 판단과 사용자 위치 인식을 위한 주차장 센서 모트, 주차장의 현황 정보와 각 주차 공간의 식별 정보를 저장하기 위한 주차장 관리 서버, 주차장 이용객이 사용하며 사용자의 차량의 위치를 저장하고 주차된 차량까지의 경로를 안내하는 기능을 가진 사용자 어플리케이션으로 구성된다. 주차장 센서 모트는 초음파 센서와 BLE 통신 모듈, 제어 모듈로 구성되며 각 주차공간의 천장에 하나씩 설치된다. 초음파 센서를 통해 주차공간의 점령 여부를 판단하고 서버에 주차장 현황을 갱신한다. BLE 통신모듈은 사용자의 스마트폰과 통신하여 사용자로부터 차량 식별정보를 수신하고 주차장 내부에서 사용자의 위치 인식을 위한 비컨의 역할을 한다. 주차장 관리 서버는 주차장 센서 모트로부터 주차장 점령 여부 및 차량 식별 정보를 수집한 주차장의 실시간 현황을 유지하며 사용자의 스마트폰에 주차장 현황이나 특정 차량의 위치를 전송한다. 사용자 어플리케이션은 사용자의 스마트폰에 설치되며 주차장 관리 서버와의 통신을 통한 실시간 주차장 현황 제공, 주차장 센서 모트와 통신을 이용한 사용자의 위치 인식, 주차 위치 식별을 위한 주차장 센서 모트로 식별정보 전송 등의 기능을 수행한다.

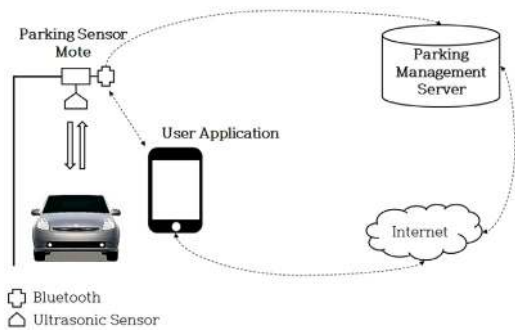


그림 1 스마트 주차장 관리 시스템의 구성
Fig. 1 Structure of smart parking system

본 시스템의 동작 순서는 다음과 같다. 차량이 주차 위치로 들어오면 주차장 센서 모트는 초음파 센서를 이용하여 차량의 주차 여부를 판단한다. 주차를 마친 사용자는 자신의 스마트폰을 이용하여 자신의 주차 위치를 등록한다. 이때 사용자는 미리 설치된 스마트폰 어플리케이션을 사용하며 어플리케이션은 주차 위치에 설치된 주차장 센서 모트와 블루투스로 통신하여 자신의 식별 정보를 전달한다. 사용자의 식별정보를 수신한 주차장 센서 모트는 주차 위치와 식별정보를 관리 서버로 전달한다. 관리 서버는 주차장의 모든 주차 구역의 차량 및 사용자의 위치를 저장하고 통제한다. 마지막으로 사용자는 스마트폰에 설치된 어플리케이션을 이용하여 자신의 주차 위치를 찾고 주차장 내에서 길안내 서비스를 받을 수 있다. 어플리케이션은 주차장의 여러 구역에 설치된 BLE 모듈을 이용하여 자신의 위치를 인식하고 서버에 등록된 차량 위치를 이용하여 사용자에게 길 안내 서비스를 제공한다.

3.1 주차 공간의 차량 점령여부 판단 방법

본 논문에서 제안하는 스마트 주차장 관리 시스템은 주차 공간의 차량 점령 여부를 판단하기 위해 초음파 센서를 이용한다. 초음파 센서는 다양한 차량 인식 기술에 사용되는 기술로 주로 건물 내 실내 주차장의 차량 인식을 위해 사용된다. 또한 주차뿐만 아닌 실제 도로에서의 차량 인식에서도 사용할 수 있는 차량 인식의 성능이 검증된 기술이다[11,12]. 초음파 센서를 이용한 실내 주차장에서의 차량 점령 인식 방법은 다음과 같다. 초음파 센서를 각 주차공간의 천장에 설치하고 바닥까지의 거리를 측정하여 차량의 주차 공간 점령 여부를 판단한다. 주차장법 시행규칙 제6조 5항에 의하면 지하식 또는 건축물식 주차장의 높이는 주차바닥면으로부터 2.3M 이상으로 설치하여야 한다. 본 논문에서는 편의를 위해 실내 주차장의 높이를 2.5M로 가정하였다. 차량이 없을 때에 초음파는 주차공간의 바닥에 반사되어 오기

때문에 평균 2.5M 정도의 거리 데이터를 받아 오고 이를 기준 거리로 사용한다. 하지만 차량이 주차 시에는 차량의 높이에 따라 기준 거리보다 짧은 0.5M~1M 정도의 데이터를 받아 오기 때문에 이 데이터를 이용하여 주차 공간의 점령 여부를 판단할 수 있다.

3.2 주차장 내 위치 인식

본 시스템에서는 사용자가 주차를 완료하면 사용자 어플리케이션이 현재 위치의 주차장 센서 모트에게 사용자 식별정보를 전달해 주차공간의 사용자 식별이 가능하다. 사용자가 주차한 주차공간의 센서 모트와 통신하기 위해서는 사용자의 실시간 위치 인식 기술이 필요하다. 사물을 이용한 위치인식은 스마트 주차뿐만 아니라 사물인터넷 전 분야에서 사용자 위치 기반의 서비스를 제공하는데 핵심기술이며 현재 연구 중인 사물인터넷 분야에서도 가장 중요한 분야 중 하나이다. 기존의 사물인터넷 기반 시스템에서는 위치인식을 위해 GPS나 Wifi를 이용한 위치 인식 기술 등이 연구되고 있다. 하지만 본 논문의 스마트 주차장 관리 시스템은 실내 주차장에서의 위치 인식을 목표로 하고 있기 때문에 GPS를 사용하기에는 적절하지 않다. 또한 Wifi를 이용한 위치인식을 사용할 경우에는 본 시스템의 중요 기능인 주차 위치 저장 기능에서의 문제점이 발생할 수 있다. 사용자는 자신이 주차한 주차공간의 주차장 센서 모트로 식별정보를 전달해야 한다. 이를 위해서는 주차장 센서 모트와의 통신이 필요하다. 하지만 스마트폰을 이용하는 사람들은 셀룰러 데이터 절약을 위해 상시 Wifi를 다른 공용 AP(Access Point)나 자신의 에그 등에 연결하여 사용하는 경우가 많다. 이때 주차 위치 저장을 위해 주차장 센서 모트와 통신할 때 Wifi를 이용할 경우 사용자가 기존에 사용 중인 AP와 잠시 연결을 끊어야 하는 경우가 발생할 수 있다. 반면에 최근 사물인터넷 분야에서 많은 주목을 받고 있는 통신기술인 BLE는 현재 대부분의 스마트폰에서 지원하고 있으며 통신거리도 수십 미터로 주차장에서 사용하기에 적합하고 전력 소모량도 Wifi에 비해 현저히 낮다. 또한 여러 가지 기기와 연결이 가능해 Wifi와는 다르게 기존 연결을 유지하고도 주차장 센서 모트와 통신이 가능하다. 따라서 본 시스템에서는 주차장 센서 모트와의 통신을 위해 BLE를 사용한다.

시스템의 주요 기능에서 사용하는 위치인식은 주차 위치 저장을 위한 위치인식과 주차장내 실시간 경로 안내를 위한 위치인식 2가지로 구분할 수 있다. 주차위치 저장을 위한 위치인식은 주차를 마친 차량 내부에서 진행하게 되므로 움직임이 거의 없고 위치 판단에 있어 신속함보다 정확함이 우선시 된다. 주차장 내 실시간 경로 안내를 위한 위치인식은 사용자가 지속적으로 움직

이기 때문에 신속한 위치인식이 가능하여야 한다. 따라서 본 논문에서는 더 정확한 위치인식이 필요한 주차위치인식과 더 신속한 위치인식이 필요한 주차장 내 실시간 위치인식방법을 독립적으로 구현하였다. 두 가지 위치인식 방식 모두 BLE의 RSSI를 이용한다. RSSI는 수신한 신호의 세기를 나타내 거리가 가까우면 강해지고 멀면 약해지는 특징을 가지고 있다.

3.2.1 주차 위치 저장을 위한 차량 위치 인식 방법

RSSI는 거리에 가까울수록 크게 측정되기 때문에 주차를 마친 사용자가 주차 위치를 저장할 때 신호가 제일 강한 주차장 센서 모드가 자신이 주차한 주차공간의 주차장 센서 모드라고 판단할 수 있다. 또한 이 방법은 RSSI를 거리로 정확하게 구분하지 않아도 신호의 세기를 상대적으로 비교하여 선택하기 때문에 RSSI가 거리별로 정확한 값이 측정되지 않더라도 높은 신뢰성을 보일 수 있다. 사용자 어플리케이션은 사용자가 주차한 주차공간의 주차장 센서 모드에 사용자의 식별을 위해 스마트폰의 USIM ID(Universal Subscriber Identification Module ID)를 전달한다. USIM ID는 스마트폰 등의 모바일기기가 통신사의 서비스를 제공받기 위해 사용자를 식별할 수 있는 고유의 값이다. 따라서 이 정보를 이용하여 주차 공간의 사용자 식별이 가능하다.

본 논문에서는 주차 위치 인식의 신뢰성을 높이기 위해 RSSI의 신호가 제일 강한 3개의 주차장 센서 모드들을 후보로 선택한 후 후보 주차장 센서 모드의 상태를 확인하여 올바른 주차장 센서 모드를 선택하였는지 확인한다. 주차장 센서 모드의 상태는 3가지로 나눌 수 있다. 첫째, 차량이 비어있으며 현재 주차중인 차량도 없는 “대기 모드”, 둘째, 차량이 점령한지 얼마 되지 않아 USIM ID를 수신하기 위해 대기 중인 “USIM ID 수신 모드”, 마지막으로 차량이 점령한지 일정 시간이 지나도록 사용자가 주차 위치를 저장하지 않거나 사용자의 USIM ID를 수신을 완료하여 주차위치가 저장된 “주차 완료 모드”이다. 만약 사용자 어플리케이션이 선택한 주차장 센서 모드의 현재 상태가 “USIM ID 수신 모드”라면 올바른 주차장 센서 모드를 선택한 것이므로 USIM ID를 전송한다. 하지만 모드가 “USIM ID 수신 모드”가 아닐 경우 다음으로 신호가 높은 후보 모드와 페어링 하여 확인한다. 그림 2는 주차 중인 상황 중 하나의 예이다. 사용자가 Node3에 차량을 주차하면 Node3은 “USIM ID 수신 모드”로 변경하고 사용자 스마트폰과의 연결을 일정 시간 대기한다. 사용자가 주차 위치 저장을 위해 주차장 센서 모드를 선택할 때 Node2가 최우선 후고, Node3이 차선후보로 선택된다면, 스마트폰은 Node2와 페어링 하여 현재 “USIM ID 수신 모드”인지를 확인한다. Node2는 “주차 대기 모드”이

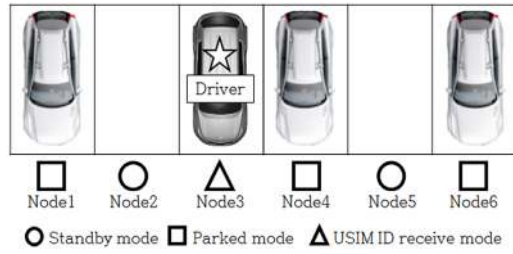


그림 2 센서 모드의 모드상태
Fig. 2 State of parking sensor mote

므로 다음 후보군인 Node3과 페어링 하여 상태를 확인하고, “USIM ID 수신 모드”로 확인을 한 후 자신의 주차 위치를 저장한다. 주차위치의 저장을 마친 Node3은 상태를 “주차 완료 모드”로 변경한다. 이러한 알고리즘을 통해 사용자가 주차한 차량의 위치를 인식하고 저장할 수 있다.

3.2.2 주차장 내 실시간 경로 안내를 위한 위치 인식 방법

본 시스템에서는 사물인터넷을 활용하여 주차장 내 사용자의 위치를 실시간으로 인식해 주차된 차량까지의 경로를 안내해주는 서비스를 제공한다. 앞서 다룬 블루투스를 이용한 위치 인식은 가장 신호의 세기가 강한 노드를 찾아 해당 위치에 있음을 인식하는 방법이다. 이 방법은 주차장 센서 모드가 존재하지 않는 차량 및 보행자 통로에서는 사용할 수 없어 실시간 경로 안내를 위한 위치 인식을 위해서는 새로운 인식 방법이 필요하다. 주차장에서 주차된 차량까지의 경로 안내를 위해서는 CM단위의 정밀한 위치 인식은 필요하지 않다. 따라서 본 논문에서는 주차장을 주차 공간 크기의 셀 단위로 나누고 사용자가 위치한 셀을 인식한다.

그림 3은 주차장을 셀 단위로 분할한 예이다. 그림에서 회색 부분은 주차공간을 의미하며 하나의 셀은 하나

| | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 7 | A | B | C | D | E |
| 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 14 | F | G | H | I | J |
| 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| K | L | M | N | O | P |

그림 3 셀 단위로 나눈 주차장의 예
Fig. 3 Example of parking space which was divided up into cell unit

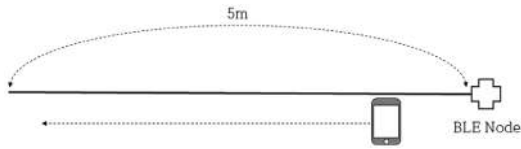


그림 4 RSSI 신호 세기에 따른 거리식 도출을 위한 실험 환경
Fig. 4 Experiment environment for distance formula in accordance with RSSI signal strength

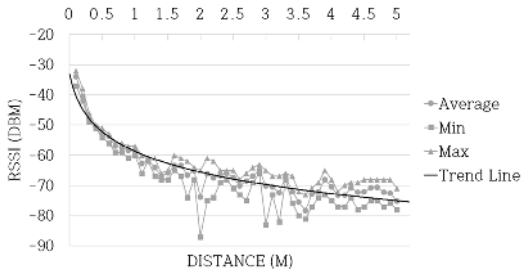


그림 5 거리에 따른 BLE의 RSSI
Fig. 5 BLE RSSI changes by distance

의 주차공간을 의미한다. 하얀 부분은 주차공간이 아닌 일반적인 경로이다. 주차장 내부에서의 사용자의 위치 인식 방법은 다음과 같다. 우선 사용자의 스마트폰을 이용하여 주차공간(A, B, C, ...)에 설치되어 있는 BLE 모듈의 RSSI를 측정한다. 측정된 RSSI의 값 중 가장 신호의 세기가 가장 3개의 신호를 선택한다. 각 RSSI 값을 거리로 변환하여 삼각측량을 이용해 사용자가 위치한 셀을 찾는다. RSSI를 거리로 변환하기 위한 식을 도출하기 위해 다음과 같은 실험을 진행하였다.

그림 4와 같이 BLE 모듈을 설치하고 RSSI를 측정하기 위한 스마트폰을 10CM 간격으로 최대 5M까지 이동하면서 각각 10번씩 RSSI 측정한다.

그림 5는 0M~5M까지 10CM단위로 이동하며 각 위치마다 측정한 10개 RSSI 데이터의 평균과 최댓값, 최솟값을 나타낸 그래프이다. 측정된 RSSI 값을 대략적인 거리로 변환하는 식을 표현하기 위해 그래프의 평균값을 이용하여 추세를 그려 식 (2)을 도출한다.

$$Distance(m) = 0.0035e^{-0.096 * RSSI} \quad (2)$$

본 시스템에서는 식 (2)을 이용하여 사용자의 스마트폰이 주차 공간에 설치된 주차장 센서 모듈들의 BLE의 RSSI 값을 수신하여 신호의 세기가 제일 강한 3개의 모듈을 선택한다. 식 (2)을 이용해 각 모듈에서의 신호를 거리로 변환하고 이 거리를 이용하여 삼각측량을 통해 사용자가 위치한 셀을 인식한다.

3.3 주차된 차량까지의 길안내 방법

3.2.2절을 통해 인식한 사용자의 주차장 내 현재 위치

로부터 주차 시 저장한 차량 위치까지의 경로를 안내하기 위해 A* 알고리즘을 사용한다. A* 알고리즘은 출발 지점에서 목표지점으로 가는 최단 경로를 찾는 알고리즘으로 간단하지만 성능이 뛰어나 경로 찾기에서 많이 사용되는 알고리즘이다[10]. 주차장 내 경로 안내를 위해서는 이동 가능한 셀과 이동 불가능한 셀을 판단하여야 한다. 본 논문에서는 차량이 주차한 주차공간과 벽을 이동 불가능한 셀로 구분하고 차량이 주차하지 않은 비어있는 주차공간과 차량 및 보행자가 이동하는 경로를 이동 가능한 셀로 구분하였다.

3.4 시퀀스 다이어그램

그림 6은 주차 관리 시스템의 전체 서비스 시퀀스를 나타낸 그림이다. 사용자가 주차를 완료하면 주차장 센서 모듈이 관리 서버로 모듈 ID를 전송하여 주차현황을 갱신시킨다. 사용자가 주차 위치 저장 기능을 호출하면 어플리케이션은 BLE 통신 모듈의 RSSI를 이용해 주차 위치 판단하고 고유 식별 정보로 사용자의 USIM ID를 주차장 센서 모듈로 전송한다. 주차장 센서 모듈은 수신 받은 USIM ID를 모듈 ID와 함께 서버로 전송하여 저장한다. 사용자가 자신의 차량 위치 정보를 요청하면 어플리케이션이 서버에 USIM ID를 조회해 차량 위치 정보를 받아올 수 있다. 주차장 내에서 사용자가 자신의 차량까지의 경로 안내를 요청하면 스마트폰 어플리케이션은 주기적으로 주변 주차장 센서 모듈로부터 BLE 모듈의 RSSI를 받아 현재 위치를 판단하고 사용자에게 주차된 차량까지의 경로 안내 서비스를 제공한다.

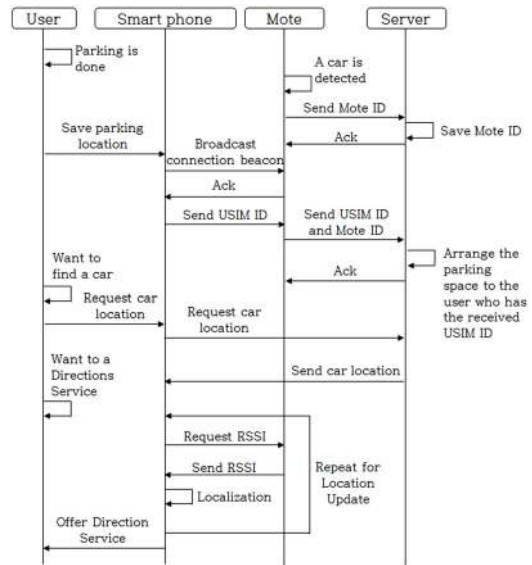


그림 6 제안하는 스마트 주차장 시스템의 시퀀스 다이어그램
Fig. 6 Sequence diagram of smart parking system

4. 구현 및 실험결과

4.1 주차장 센서 모트 구현

사용자의 스마트폰과 통신하고 차량의 주차 여부를 판단하여 서버에 알려주기 위해 그림 7과 같이 주차장 센서 모트를 제작하였다. 주차장 센서 모트는 초음파 센서 Devantech의 SRF04를 사용하였고 BLE 통신 모듈 Jinan Huamao Technology의 HM10, 제어모듈을 위해 Crossbow의 Micaz를 사용하였다. 표 1은 본 시스템에서 사용된 Micaz 모트의 사양이다. Micaz는 Atmega128L 프로세서를 기반으로 한 무선 센서 네트워크 환경에 적합한 저전력 프로세서로 51개의 확장핀을 이용하여 확장성이 높다[13]. 또한 주차장 센서 모트의 미들웨어로는 UC버클리에서 개발한 TinyOS를 사용하였다. TinyOS는 이벤트 기반의 운영체제로 필요한 기능만 컴포넌트로 불러와 사용할 수 있어 저전력 저용량인 마이크로프로세서에서 사용하기에 적합하다[14].



그림 7 주차장 센서 모트
Fig. 7 Parking sensor mote

표 1 Micaz 모트의 사양
Table 1 Specific of Micaz mote

| | |
|-----------------|---|
| MCU | ATMEGA 128L 8MHz |
| Memory | 4K RAM / 128K FLASH |
| I/O and Sensors | Large expansion 51 pin connector |
| RF Transceiver | 2.4GHz Frequency band 250Kbps Transmit data rate - 24dBm to 0 dBm RF power 20m to 30m indoor Range |

4.2 사용자 어플리케이션 구현

사용자 어플리케이션은 안드로이드 4.1 버전(SDK 16)에서 개발되어 사용자의 스마트폰에 설치되며 기본 화면으로 현재 주차장의 현황과 자신이 주차한 차량의 위치를 표시하며 주차 위치 저장기능과 주차 위치 안내 기능을 포함하고 있다.

그림 8(a)는 사용자 어플리케이션의 기본 화면을 보여준다. 각 그리드는 주차 공간 혹은 차량이나 보행자용 통로이다. 회색 그리드는 주차가 가능한 빈 주차공간을

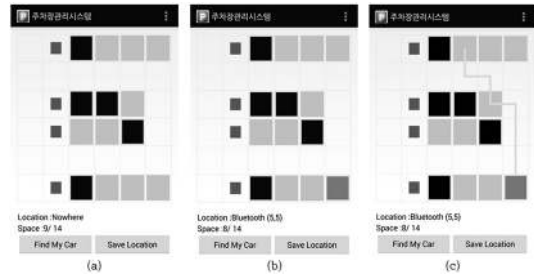


그림 8 사용자용 어플리케이션 및 기능 (a) 주차장 현황, (b) 주차 위치 저장, (c) 주차 위치 안내
Fig. 8 User Application (a) Current state of parking lot, (b) Saving parking location, (c) Parking location guide

의미하고 검정 그리드는 이미 다른 차량이 주차를 완료한 주차 공간을 의미한다. 흰색 그리드는 차량 혹은 보행자가 이동할 수 있는 통로를 의미한다. 사용자 인터페이스는 크게 3가지 기능으로 구분된다. 첫 번째로, 위치 저장 기능(Save Location)은 현재 차량의 위치를 서버로 등록하기 위한 기능이다. 두 번째로, 주차구역 현황 기능은 사용자가 이 기능을 통해 그림 8(b)와 같이 주차한 차량의 위치가 짙은 회색으로 변하여 현재 주차장의 전체 정보와 자신의 차량의 위치를 한눈에 파악할 수 있도록 서비스를 제공한다. 세 번째로, 주차 위치 안내 서비스 기능이다. 주차 위치 안내 서비스는 사용자가 주차장 내 임의의 위치에서 주차 시 등록된 차량의 위치를 파악할 수 없을 때 주차된 차량의 위치를 안내 받는 기능을 말한다. Find My Car를 터치하면 그림 8(c)에서와 같이 BLE의 RSSI와 삼각측량을 이용한 현재 자기의 위치로부터 자신의 저장한 차량까지 실시간 길 안내 서비스를 받을 수 있다.

4.2.1 주차 위치 저장

차량의 식별과 사용자에게 주차된 자신의 차량의 위치를 제공하기 위해 주차장 센서 모트와 통신하는 기능이다. Save Location 기능을 호출하면 3.2절에서 다른 주차위치 저장을 위한 위치 인식 방법을 통해 현재 주차된 주차공간의 주차장 센서 모트를 확인하고 사용자의 식별 정보로 USIM ID를 주차장 센서 모트에게 전달한다.

4.2.2 주차 위치 안내

사용자가 주차장 내에서 자신이 주차한 차량까지의 경로를 안내받는 기능이다. Find My Car를 이용하여 호출할 수 있으며 이 기능을 호출하면 주변 주차장 센서 모트의 BLE RSSI를 수집하여 그림 8(c)와 같이 사용자에게 주차장 내에서 자신의 현재 위치와 차량으로 가는 길을 화면으로 라인 형태로 표현해 안내한다.

4.3 BLE 통신 모듈의 신호 세기 선택 실험

본 논문에서 사용한 주차장 센서 모트의 BLE 통신

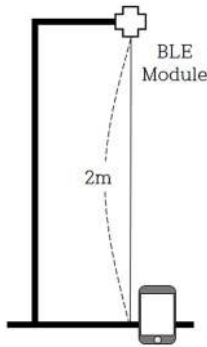


그림 9 BLE 모듈의 신호 세기 선택을 위한 실험 환경
Fig. 9 Experiment environment for selection of BLE module signal strength

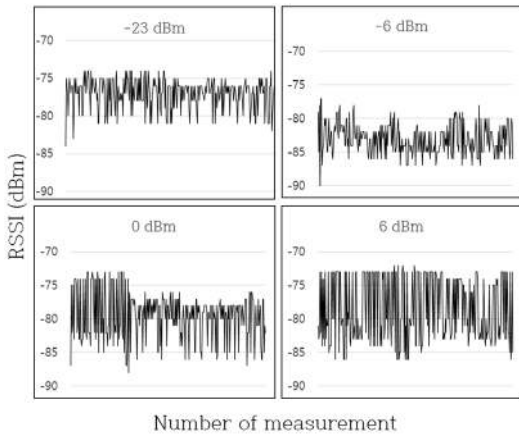


그림 10 BLE 모듈의 신호 세기별 RSSI
Fig. 10 RSSI of BLE module signal strength

모듈은 모듈 신호의 세기를 -23dBm, -6dBm, 0dBm, 6dBm의 4가지 단계로 조절이 가능하다. 각 신호의 세기별로 RSSI가 다르게 나타나므로 사용자가 주차 위치 저장에 대해 2~3M 거리에 가장 최적화된 신호의 세기를 찾을 필요가 있다. 이를 위해 그림 9와 같은 환경에서 BLE 신호 세기별 특징 분석 실험을 진행하였다. 주차장 센서 모드를 2M 높이에 설치하고 300번씩 데이터를 측정하였다.

BLE 모듈의 신호 세기를 정하기 위한 실험 결과는 그림 10과 같다. 실험결과 2m 위치에서 측정했을 때 BLE 모듈에서 설정한 신호 세기는 측정된 RSSI 값과 비례하지 않았다. 신호 세기 별 RSSI는 다른 특징을 보였다. -23dBm에서는 세기가 강하지만 RSSI 변화폭이 높지 않았고, -6dBm에서는 신호세기는 오히려 낮아졌지만 변화폭은 거의 같다. 0dBm에서는 세기의 변화는 -6dBm과 같지만 변화폭이 커졌고, 6dBm에서는 변화폭이 매우

커졌다. 주차된 차량 위치를 신뢰성 있게 측정하기 위해서는 RSSI의 세기가 약하고 변화의 폭이 작아야한다. RSSI 세기가 강할수록 많은 센서 모드를 발견하여 측정 속도를 늦어지고, 다른 노드를 선택할 가능성이 높아져 신뢰성이 떨어지며, 변화폭이 클수록 잘못된 센서 모드를 선택할 가능성이 높아지기 때문이다. 본 시스템에서는 BLE 세기는 변화의 폭이 적고 측정된 신호의 세기가 제일 약한 -6dBm을 선택했다.

4.4 주차된 차량 위치 인식을 위한 모드 선정 정확도 측정 실험

주차된 차량의 위치 인식의 정확성을 측정하기 위해 RSSI가 가장 큰 주차장 센서 모드를 사용자가 주차한 주차 위치의 주차장 센서 모드로 선정하기 위한 실험을 진행하였다. 실험 환경은 그림 11과 같이 실제 주차장 규격에 맞춰 높이 2.6m, 주차 공간간격 2.3m로 정하여 주차장과 같은 거리에 3개의 노드를 설치 한 후 각 주차 위치에 차량이 주차를 했다고 가정한다. 각 주차 위치 별로 RSSI를 측정하여 가장 높은 신호가 주차 위치에 있는 센서 노드인지 확인한 후 정확도를 측정했다. 각 주차 위치마다 1분 간격으로 RSSI 데이터를 수집하여 총 100번의 정확도를 측정했다. 또한 데이터 수집 간격마다 1번의 검색 데이터를 쓰는 방법과 2~8개의 평균 데이터를 쓰는 방법에 따라 정확도가 다르기 때문에 가장 높은 정확도를 갖는 평균 데이터를 알기 위해 1번의 수집 간격 당 1~8번의 RSSI를 측정하고 평균 데이터를 사용하여 정확도를 측정했다.

그림 12는 RSSI가 제일 강한 모드를 선정했을 때 정확도를 나타낸 그래프이다. 그래프는 각 노드별로 1번~8번 측정 후 평균 데이터를 사용한 결과이다. 실험 결과 6번 이상 측정한 RSSI의 평균값을 이용할 경우 100% 확률로 가장 가까운 주차장 센서 모드를 선택할 수 있었다. 하지만 RSSI를 6번 측정하기 위해서는 측정 시간이 길어지는 단점이 있다. 따라서 본 시스템에서는 약 1~2 초 정도 소요되는 3번의 측정된 데이터의 평균을 이용하였으며 실험을 통해 측정된 평균 정확도는 83%로 나타났다. 본 논문에서는 신호의 세기가 큰 주차장 센서 모드를 순차적으로 연결하여 모드의 현재 상태를 확인한다.

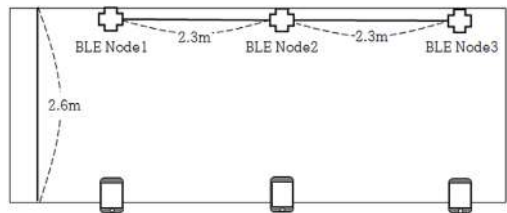


그림 11 센서 모드 선정 실험 환경
Fig. 11 Experiment environment of sensor mote selection

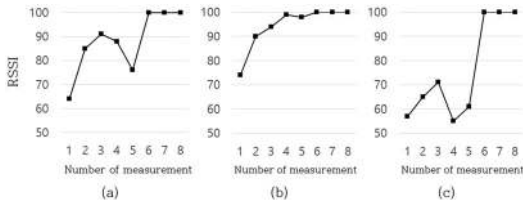


그림 12 센서 노드 선정 정확도. (a) Node1에서의 정확도, (b) Node2에서의 정확도, (c) Node3에서의 정확도
 Fig. 12 Sensor mote selection accuracy. (a) Accuracy at BLE Node1, (b) Accuracy at BLE Node2, (c) Accuracy at BLE Node3

따라서 시간의 차이는 있지만 사용자가 주차한 위치의 주차장 센서 모드를 정확하게 파악할 수 있다.

4.5 사용자 위치 인식을 위한 거리식의 정확도 측정 실험

BLE의 RSSI 값을 식 (2)를 이용하여 변환해 얻은 거리의 정확성을 측정하기 위해 오차율을 구하는 실험을 진행하였다. BLE 모듈로부터 사용자의 스마트폰을 10CM 만큼 증가하며 5M까지의 측정하였다. 각 위치에서 한번의 RSSI를 측정해 식 (2)에 대입하여 얻은 거리와 실제 거리간의 오차를 측정하여 오차율을 구한다. 또한 정확도를 높이기 위해 최대, 최소값을 1개씩 제외한 값들의 평균을 이용하여 오차를 측정하는 실험 또한 진행하였다.

RSSI값을 변환식을 이용하여 변환한 거리의 오차의 절댓값은 그림 13과 같다. BLE 모듈과의 거리가 2.3m 이내에서는 50cm 이내의 오차를 보여 높은 신뢰성을 나타내지만 5m까지의 전체 오차가 약 25%로 큰 편이었다. 정확도를 높이기 위해 최대, 최소값 1개씩을 제외한 값들의 평균을 이용한 오차는 그림 14와 같다. 이 실험에서는 변환식을 이용해 변환한 거리와 실제 거리 간 오차가 약 22%로 가장 낮은 오차율을 갖는 것을 확인하였다. 하지만 그림 14에서 볼 수 있듯이 실제 오차는 5미터 이내에서 대략적으로 1m이내이며 최대 2m 이하로 본 논문에서 사용하는 점이 아닌 셀 단위 위치 인식에는 큰 문제가 없다.

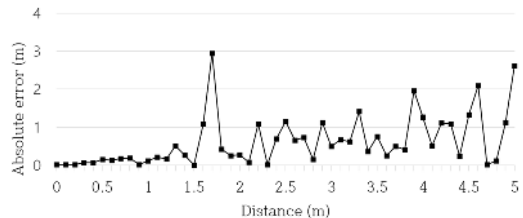


그림 13 변환식을 이용한 거리와 실제 거리의 오차
 Fig. 13 Absolute error between real distance and calculated distance using distance formula

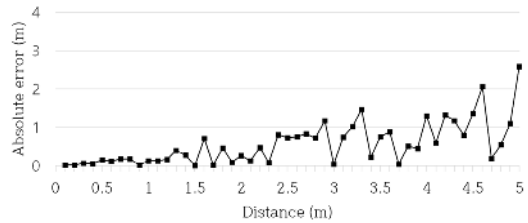


그림 14 최대·최소값 1개씩 제외한 후의 오차
 Fig. 14 Absolute error after removing maximum-minimum value between real distance and calculated distance using distance formula

5. 결론 및 향후계획

본 논문에서는 초음파 센서와 BLE 통신을 이용하여 사물인터넷 기반의 스마트 주차장 시스템을 설계 및 구현하였다. 본 시스템에서는 각 주차 공간의 차량 점령 여부를 실시간으로 확인할 수 있으며 주차를 완료한 사용자의 주차위치를 인식하여 자신이 주차한 위치를 식별하는 서비스와 주차장 내의 사용자 위치를 실시간으로 인식하여 주차된 차량까지의 경로 안내 서비스를 제공한다. 주차 공간의 차량 점령은 주차장 센서 모드에 설치된 초음파 센서가 바닥과의 거리를 측정하여 100CM 이하가 되면 차량이 점령한 것으로 판단하였다. 사용자의 위치인식을 위해 BLE의 RSSI를 이용하였다. 안정적인 RSSI를 수신하기 위해 BLE 모듈의 신호세기별 데이터를 측정하여 가장 안정적인 데이터를 보인 -6dBm을 선택하였다. 주차 위치를 인식하기 위해 주변 주차장 센서 모드의 BLE RSSI를 측정하여 가장 높은 신호를 보이는 모드를 선택하는 방법을 사용하였다. 성능 평가 결과 6번 이상 측정할 경우 100%의 정확도를 보였고 3번 이상 측정할 경우 90% 이상의 정확도를 보였다. 주차장 내 사용자의 위치로부터 주차된 차량까지의 경로 안내를 위한 주차장 내에서 사용자 위치 인식을 위해 삼각 측량을 이용한 위치 인식을 사용하였다. 삼각 측량에 사용할 사용자와 센서 모드 사이의 거리를 측정하기 위해 실험을 통해 도출한 변환식을 이용하여 RSSI를 거리로 변환하였다. 변환식과 실제 거리의 오차는 22%로 나타났다. 5M 이내의 주차장 센서 모드로부터의 오차는 평균적으로 1M 이내로 나타났으며 최대 2M로 나타나 위치 인식과 경로 안내의 편의성 및 정확성 향상시키기 위해 주차장 내부를 셀 단위로 구성하고 셀 단위로 위치를 인식하였다.

향후에는 주차장 센서 모드가 설치된 주차장 환경에서의 차량 충돌 경고, 주차 공간 예약 등 다양한 응용의 연구와 BLE의 RSSI를 이용한 위치 인식의 정확도를 향상시켜 실내주차공간이 아닌 사무공간이나 가정공간에서 활용할 수 있도록 세밀한 위치 인식을 연구할 예정이다.

References

[1] E. P. K. Gilbert, B. Kaliaperumal, and E. B. Rajsingh, "Research issues in wireless sensor network applications: a survey," *International Journal of Information and Electronics Engineering*, Vol. 2, No. 5, pp. 702-706, 2012.

[2] J. Jin, J. Gubbi, S. Marusic, and M. Palaniswami "An information framework for creating a smart city through Internet of things," *Internet of Things Journal IEEE*, Vol. 1, No. 2, pp. 112-121, 2014.

[3] C. Gomez, J. Oller, and J. Paradells, "Overview and evaluation of bluetooth low energy: An emerging low-power wireless technology," *Sensors*, Vol. 12, No. 9, pp. 11734-11753, 2012.

[4] L. Wei, Q. Wu, M. Yang, W. Ding, B. Li and R. Gao, "Design and Implementation of Smart Parking Management System Based on RFID and Internet," *Control Engineering and Communication Technology (ICCECT)*, 2012 International Conference on. IEEE, 2012.

[5] L. Mainetti, L. Palano, L. Patrono, M. L. Stefanizzi and R. Vergallo, "Integration of RFID and WSN technologies in a Smart Parking System," *Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM), 2014 22nd International Conference on*. 2014.

[6] H. Lee, D Kim, D Kim, And S. Bang, "Real-time automatic vehicle management system using vehicle tracking and car plate number identification," *Multi-media and Expo, 2003. ICME'03. Proceedings, 2003 International Conference on*. Vol. 2, pp. 353-356, 2003.

[7] H. Kim, "The Near Location Tracking Technology Trends," [Online]. Available <http://hakyongkim.net/Paper/wttrends.2007.pdf> (downloaded 2015, Nov. 15) (in Korean)

[8] S. Han, T. Choi, D. Ryu, and S. Shin, "Error Compensation Algorithm of CSS-Based Real-Time Location Awareness Systems," *The Journal of the Institute of Internet Broadcasting and Communication*, Vol. 11, No. 2, pp. 119-126, 2011. (in Korean)

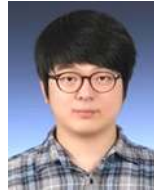
[9] G. Jung and K. Sim, "Mutual Localization of swarm robot using Particle Filter," *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, Vol. 20, No. 2, pp. 298-303, 2010. (in Korean)

[10] P. E. Hart, N. J. Nilsson, and B. Raphael, "A formal basis for the heuristic determination of minimum cost paths," *Systems Science and Cybernetics, IEEE Transactions on*, Vol. 4, No. 2, pp. 100-107, 1968.

[11] Y. Jo, J. Choi, and I. Jung, "Traffic Information Acquisition System with Ultrasonic Sensors in Wireless Sensor Networks," *International Journal of Distributed Sensor Networks*, Vol. 2014, Article ID 961073, 2014.

[12] S. Jeon, E. Kwon and I. Jung, "Traffic Measurement on Multiple Drive Lanes with Wireless Ultrasonic Sensors," *Sensors*, Vol. 14, No. 12, pp. 22891-22906, 2014.

[13] Crossbow [Online]. Available <http://xbow.com>
 [14] TinyOS [Online]. Available <http://tinyos.net/>



이 충 산

2014년 강원대학교 정보통신공학과 학사
 2014년~현재 강원대학교 정보통신공학과 석사과정. 관심분야는 센서네트워크, 사물인터넷



한 영 탁

2015년 강원대학교 정보통신공학과 학사
 2015년~현재 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 석사과정. 관심분야는 운영체제, 센서네트워크, 사물인터넷



전 수 빈

2010년 강원대학교 정보통신공학과 학사
 2010년~2012년 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 석사. 2012년~2014년 University of Minnesota Duluth 방문 연구원
 2014년~현재 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 박사과정. 관심분야는 지능형 교통시스템, 센서네트워크, 사물인터넷



서 동 만

2002년 강원대학교 컴퓨터공학과 학사
 2004년 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 석사. 2010년 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 박사. 2010년 3월~2014년 2월 KIST 영상미디어센터 박사후 연구원. 2014년 3월~현재 대구가톨릭대학교 IT공학부 교수. 관심분야는 멀티미디어 시스템, 클라우드 시스템, WSN, IoT, SNS



정 인 범

1985년 고려대학교 전자공학과 학사. 1985년~1995년 (주) 삼성전자 컴퓨터 시스템 사업부 선임 연구원. 1992년~1994년 한국과학기술원 정보통신공학과 석사. 1995년~2000년 8월 한국과학기술원 전산학과 박사. 2001년~현재 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 교수. 관심분야는 운영체제, 소프트웨어공학, 멀티미디어 시스템, 센서네트워크