



BLE 5.0을 이용한 실내 측위 개선에 관한 연구

천민솔*, 이지영**, 최진규***

A Study on Improvement of Indoor Position Using BLE 5.0

Min-Sol Cheon*, Ji-Young Lee**, and Jin-Kyu Choe***

이 논문은 2017학년도 한남대학교 학술연구조성비 지원에 의하여 연구되었음

요 약

최근 유/무선 통신망으로 획득한 위치정보를 통해 이용자에게 위치정보를 제공하는 LBS가 개발되어 서비스 되고 있다. 이러한 실내 위치 측위 연구들은 건물의 고층화, 대형화, 지하 심층화 되면서 다양한 문제점으로 연구에 어려움을 겪고 있다. 이에 본 논문에서는 측위방법에서 최신 개발 동향을 고려한 BLE 5.0을 이용하여 측위 신호의 정확도를 높이는 방법을 연구하였다. 실내 측위의 정확도를 높이기 위하여 최근 공개된 BLE 5.0을 사용하고, 측정된 RSSI 값을 제안된 알고리즘으로 수정하여 측위의 정확도를 개선하였다. 연구 결과, 제안된 알고리즘으로 추정 값에 도달하기 위한 초기 시간 지연을 개선하고, 측정값의 변동을 비교적 안정적인 수치로 변환하여 실내 측위를 어렵게 하는 부분을 개선할 수 있었다. 본 연구에서 제안된 알고리즘은 향후 BLE 5.0을 사용하는 실내 측위 시스템에 효과적인 기초연구가 될 것으로 기대된다.

Abstract

Recently, LBS has been developed and provided to give location information to users through wired and/or wireless communication networks. However, there have been difficulties in the research of the indoor location positioning due to various problems caused from the increase in the size of the buildings, the enlargement of the buildings, and the depth of the buildings. In this paper, we have investigated a method to increase the accuracy of positioning signals using BLE 5.0 considering the latest development trends in positioning method. To improve the accuracy of the indoor positioning, the accuracy of the positioning is improved by using the recently released BLE 5.0 and modifying the measured RSSI value with the proposed algorithm. As a result of the study, it was possible to improve the initial time delay to reach the estimated value with the proposed algorithm, and to convert the variation of the measured value into a relatively stable value, which makes it difficult to perform indoor positioning. The proposed algorithm is expected to be an effective basic research for indoor positioning system using BLE 5.0 in the future

Keywords

RSSI, BLE 5.0, wireless, indoor positioning, positioning accuracy

* 한남대학교 대학원 전자공학과
- ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0460-8518>
** 한남대학교 대학원 전자공학과
- ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2200-2245>
*** 한남대학교 전자공학과 교수(교신저자)
- ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2435-9806>

· Received: Jan. 25, 2018, Revised: Apr. 05, 2018, Accepted: Apr. 08, 2018
· Corresponding Author: Jin-Kyu Choe
Dept of Electronic Engineering, Hannam University, 50 Hannam-ro, Daeduk-gu, Daejeon, 306-791, Korea,
Tel.: +82-42-629-7566, Email: jkchoe@hnu.kr

I. 서 론

현대 사회에서는 LBS(Location-Based Service)라 불리는 유/무선 통신망을 획득한 위치정보를 통해 이용자에게 위치정보를 제공하는 서비스로 편리한 삶을 누리게 되었다. 실외에서는 GPS(Global Positioning System)를 이용해 인공위성에서 받은 위치정보로 차량용 네비게이션이나 핸드폰 위치정보 시스템에 사용되지만 실내에서는 GPS를 이용한 위치정보를 얻기에는 어려움을 지니고 있다. 실내에서는 와이파이, 블루투스과 같은 무선신호를 이용하고 있으며 이와 같은 무선 신호를 이용한 실내측위 기술에 대한 관심이 높아지고 있다[1][2].

기존에 개발되어 있는 무선 측위 기술은 GPS, WLAN, 적외선, 초음파, RFID, 블루투스 등을 이용한 기술들이 있다. 그 중 GPS는 실내나 수중에서는 전파를 받지 못하고 전파 교란에 취약하다. WLAN은 보안성에 취약해 도청 가능성이 높다. 적외선, 초음파도 실내 측위를 함에 제한된 인식거리, 직사광선에 취약, 고가의 설치비용 등으로 인해 실내 위치 측위에 적용하려면 고려해야할 사항이 많다 [3][4]. 그 중에 부분적인 상용화를 하고 실내 측위의 정확성을 높이고자 많은 연구를 하는 저전력 블루투스(BLE, Bluetooth Low Energy)가 있다. 이 블루투스의 장점은 연결방식이 간결하고 저렴하여 개발비용 부담이 적다. 그리고 전 세계 공통의 표준규격이어서 다른 나라에 여행을 가거나 다른 다양한 장치에 블루투스가 지원한다면 자유롭게 연결 할 수 있다. 그러나 실내 측위를 함에 있어서는 RSSI 값의 불안정으로 신뢰성이 떨어진다. 불안정한 RSSI 값의 정확성을 개선하기 위해서는 측정된 RSSI 값의 이전 값과 실시간 측정된 값에 각각 알맞은 가중치를 주어 거리에 따라 변화하는 값을 이상적인 값과 비교하여 향상됨을 판단한다.

본 논문의 구성은 2장에서 측위를 하기 위한 연구에 대하여 설명한다. 3장에서는 필터링을 적용시켜 측위를 함에 있어 정확도를 높이는 실험을 하여 설명한다. 마지막으로 4장에서 결론으로 맺는다.

II. 관련 연구

2.1 BLE 5.0

저전력 블루투스인 BLE는 블루투스 스마트로도 불린다. 블루투스는 휴대기기를 서로 연결하여 정보를 교환하는 단거리 무선통신 기술을 말한다.

무선 시스템은 ISM(Industrial Scientific and Medical) 주파수 대역을 사용하고 주파수 대역은 2400~2483.5MHz 대역을 가지고 있다.

BLE 5.0에서는 4.0 대비 전송거리가 4배 증가하여 40m까지 확장되었고 전송속도는 2배를 높였다. 사물 인터넷 제품이나 주변 환경에 의해 간섭이 일어나지만 5.0에서 그러한 문제점들을 개선시켰다[5].

2.2 CC2640R2F 보드

실내에서의 거리를 측정하기 위해 사용된 보드는 그림 1에 제시한 TI사의 CC2640R2F제품이다. CC2640R2F에는 BLE 5.0이 탑재되어있어 중심부 모드와 주변장치 모드로 나누어서 실험하였다.

그림 2는 보드에 탑재된 BLE의 프로토콜 스택을 그림으로 표현한 것이다. GAP(Generic Access Profile)는 Advertising, Connection 그리고 Device Scanning을 제어한다. BLE 프로토콜의 GAP에서는 장치들 간에 연결방법과 어떤 역할을 할 것인지 결정해야한다.



그림 1. CC2640R2F 보드
Fig. 1. CC2640R2F board

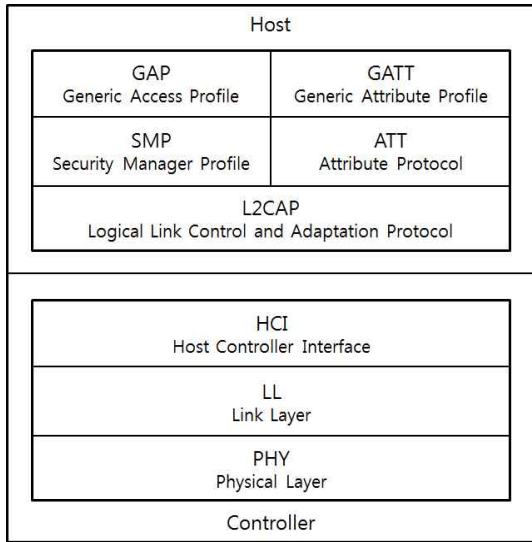


그림 2. BLE 프로토콜 스택 원리
Fig. 2. BLE protocol stack basics

표 1. CC2640R2F 보드의 GAP 역할
Table 1. GAP role of CC260R2F board

Role	Explanation
Broadcaster	Devices that distribute and transmit data on a regular basis
Observer/Scanner	Receiver that collects data from broadcasted devices
Peripherals	Connection-oriented slave device in Link Layer
Center	In the Link Layer, a connection-oriented master device

표 1에서 GAP에 정의된 역할 네 가지를 볼 수 있으며 주변장치와 중심부는 가장 중요한 역할이다. 중심부는 충분한 메모리와 전원을 갖춘 장치이다. 주변장치는 많은 리소스를 가진 중심부에 연결되어 동작하는 장치이며 저전력으로 동작한다.

2.3 RSSI(Received Strength Signal Indicator)

RSSI는 무선 통신 기술에서 수신된 신호의 세기를 측정하는 것이며 무선 통신의 무선 신호의 전력을 말하는 것이다. RSSI는 수신되는 무선 장치에 수신 전력을 표시하는데 dB값이 높을수록 0에 가까워질수록 신호가 강해진다.

RSSI는 보드에서 나타내어질 때 식 (1)의 과정을 거친 dB값으로 표현이 된다. dB값을 식 (2)에 적용해 연산을 하게 되면 거리(m)로 표현할 수 있다. 식 (1), (2)에서 n 은 전파손실을 의미하며, $TXPower$ 는 송신전력레벨을 나타낸다[6][7].

$$RSSI = -10 * n * \log(D) + TXPower [dB] \quad (1)$$

$$D = 10^{((TXpower - RSSI) / (10 * n))} [m] \quad (2)$$

RSSI 방식을 이용하기 위해서는 다양한 지점에서의 신호 세기를 측정해야 하며, 환경적 요인으로 추정오차가 발생할 수 있다.

2.4 제안한 성능 개선 알고리즘

본 논문에 제시한 BLE 5.0을 이용해서 위치 측위를 할 때 필요한 RSSI 값을 받아 보정한다. 보정한 RSSI 값으로 안정성을 높여 측위 성능을 개선시킬 수 있다. 제안하는 방법은 측정된 RSSI 값의 이전 값과 실시간으로 측정되는 값의 가중치를 변화하여 RSSI 값의 안정화를 하는 방법이다. 이때 초기치는 먼저 측정된 RSSI 값의 3개를 평균화한 값으로 실시간으로 측정되는 값의 근사치에 도달하는 시간을 단축시킨다.

식 (3)은 제안한 성능 개선 알고리즘에 적용되었다. w 는 가중치, x 는 RSSI(이전 값)을 의미한다.

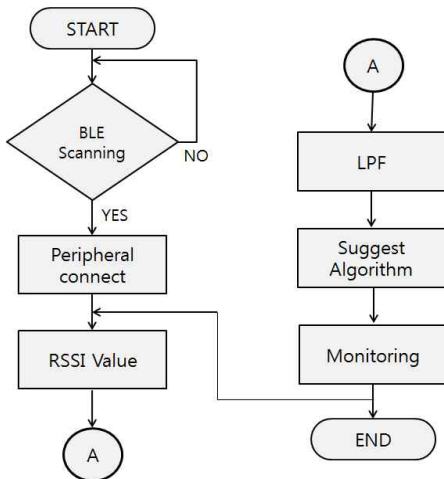


그림 3. 알고리즘 순서도
Fig. 3. Algorithm flow chart

식 (3)의 초기 값을 받아 누적을 시킬 때 실시간으로 측정된 3개의 값을 평균화하여 나온 값을 초기 값에 넣어 변화를 주는 것이다.

$$RSSI = w \times x + (1 - w) \times RSSI(\text{측정값}) \quad (3)$$

그림 3은 제안한 알고리즘의 동작 흐름도이다. BLE 5.0은 주변장치를 검색하여 연결한다. 연결 후 RSSI 값을 제안한 알고리즘에 적용한 RSSI 값을 시리얼 모니터로 확인한다.

III. 실험 및 고찰

3.1 실험 환경

본 논문에서 제안하는 알고리즘에 적용된 RSSI 값을 거리 변화에 따른 오차율의 변화를 분석한다. RSSI 값을 측정하는 간격은 그림 4와 같이 시스템을 구축하여 1m, 3m, 5m, 10m, 15m, 20m, 25m 간격으로 측정하였다. 측정된 결과와의 비교 분석하기 위해서는 측정 기준을 장애물이 없는 환경으로 하였다.

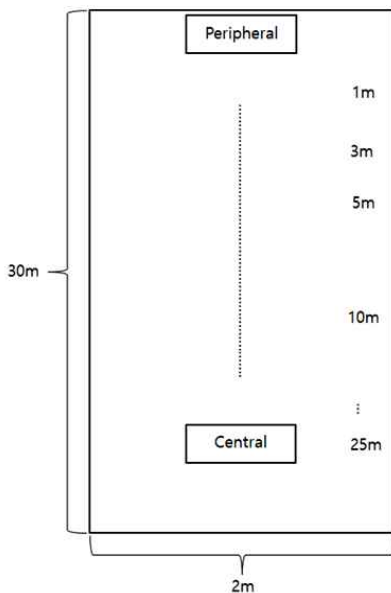


그림 4. 실내 실험 환경 구성
Fig. 4. Configure indoor experiment environment

표 2는 제안한 알고리즘과의 비교를 위해서 필요한 이론값 파라미터 값이다. 측정되는 값과의 오차율을 비교하기 위해서 이론값은 장애물이 없는 순수한 공간으로 설정하여 거리에 따른 RSSI 변화 값을 계산하였다. Tx Power는 0dBm으로 설정하고 n 전파손실은 2로 설정하였다.

표 2. 실험 파라미터
Table 2. Experimental parameter

Parameter	Value
Tx Power	0dBm
n	2
RSSI polling period	1000ms
BLE 5.0	CC2640R2F

3.2 실험 내용

3.2.1 거리에 따른 RSSI 값 측정

BLE 5.0을 이용한 신호 세기 측정을 1m, 3m, 5m, 10m, 15m, 20m, 25m 간격으로 30회 측정을 하였다. 그림 5는 각 거리에 따라 수신된 신호의 세기 변화를 나타낸 것이다. 측정되는 신호 세기의 변화는 적으면 1에서 많게는 18까지 변화하는 것을 확인할 수 있었다.

측정한 거리별 RSSI 값을 이론값과 비교 분석하기 위해서 측정된 RSSI 값의 최소값과 최대값 그리고 30회 측정값들을 산술평균한 값을 그림 5를 바탕으로 표 3에 정리하였다.

측정된 값의 최대값, 최소값의 차이가 클수록 측정되는 신호의 값이 불안정하다는 것을 판단할 수 있으며 차이가 가장 큰 값은 25dB이다. 같은 거리에서의 dB값이 급격하게 변화되는 것을 보며 거리별 측정되는 값들의 신뢰성이 떨어지게 된다.

표 3. 측정된 RSSI 값과 이론값
Table 3. Measured RSSI and theoretical values

Distance	1m	3m	5m	10m	15m	20m	25m
Minimum	-51	-58	-66	-72	-77	-82	-85
Maximum	-67	-73	-86	-94	-96	-95	-95
Average	-57.87	-64.63	-71.63	-79.10	-82.67	-87.57	-90.40
Theoretical	-40	-49.54	-53.97	-60.00	-63.52	-66.02	-67.95

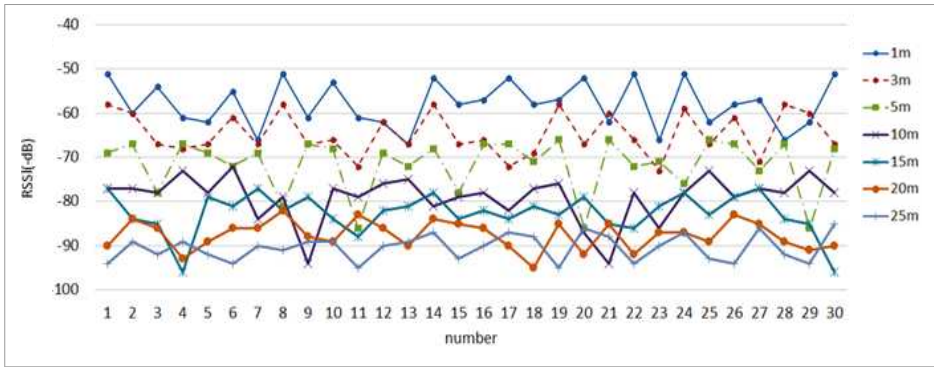


그림 5. 거리 별 측정된 수신 신호 세기
Fig. 5. Measured received signal strength by distance

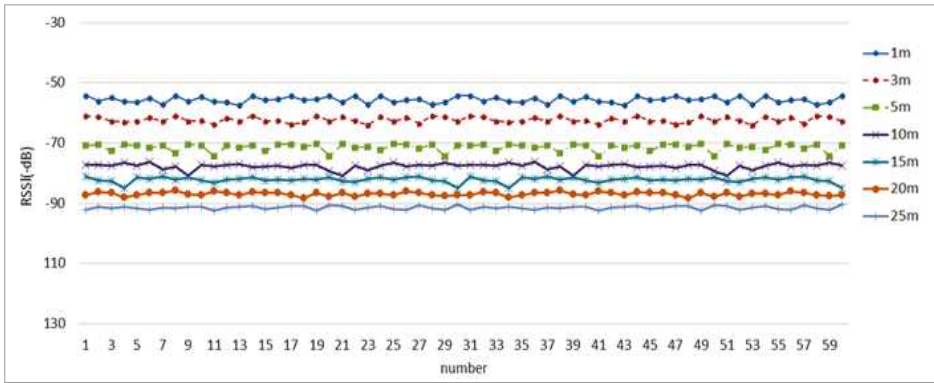


그림 6. 각 거리에 제한한 알고리즘 적용 (20%)
Fig. 6. Apply the proposed algorithm to each distance (20%)

3.2.2 성능 개선 알고리즘을 이용한 RSSI 값 측정

본 논문에서 제한한 알고리즘을 적용하기 위해서 초기 값에 넣어 줄 적절한 값을 찾아보았다. 표 4에서 나타난 평균 3회, 5회, 10회 3가지로 나누어 거리 별 평균값을 확인하였다. 세 가지 경우의 값들 중 이론값에 더 가까운 평균 3회를 결과를 이용하기로 하였다.

앞서 정한 초기 값과 실시간으로 측정되는 RSSI 값을 가중치 20%로 적용했을 때 그림 5의 결과를 확인 할 수 있다. 그림 6은 각 거리 별 60회씩 측정 하였으며 초기 값에 영향을 받아 실제 측정되고 있는 값에 빠르게 도달하는 점을 확인 할 수 있다. 초기 값이 실제 측정되고 있는 값의 근사치로 연산이 되기 때문에 실제 측정되고 있는 근사치에 도달하는 시간을 감소시킨다.

표 4. 성능 알고리즘 적용을 위한 초기 값

Table 4. Initial value for performance algorithm application

Distance	1m	3m	5m	10m	15m	20m	25m
average 3 times	-55.00	-61.67	-71.33	-77.33	-82.00	-86.67	-91.67
average 5 times	-57.60	-64.00	-70.00	-76.00	-84.20	-88.40	-91.20
average 10 times	-57.40	-63.90	-70.70	-78.90	-82.40	-87.30	-90.90

그림 7은 앞서 적용한 방법과 같으며 실시간으로 적용되는 가중치를 10%로 변화하였다. 그래프에 보이는 것처럼 10%로 적용한 RSSI 값들이 20%보다 안정적인 것을 확인하였고 RSSI 값을 오랜 시간 사용하여 실내 측위를 함에 있어 오차 값을 조금 더 줄일 수 있는 10% 방법이 가장 효율적이라고 볼 수 있다.

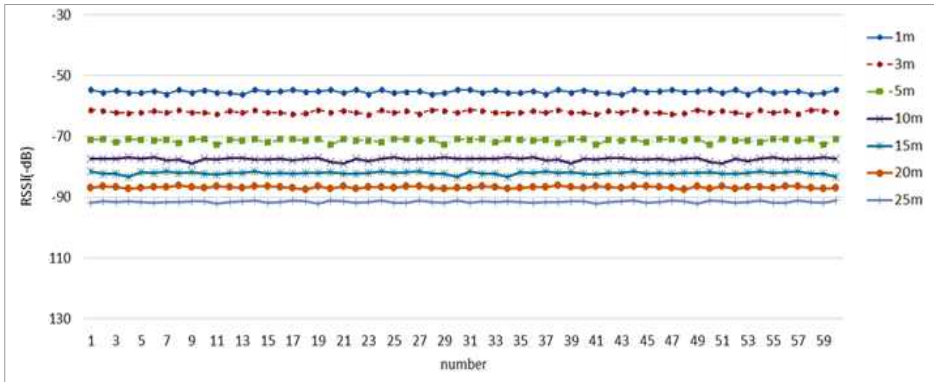


그림 7. 각 거리에 제한한 알고리즘 적용 (10%)
 Fig. 7. Apply the proposed algorithm to each distance (10%)

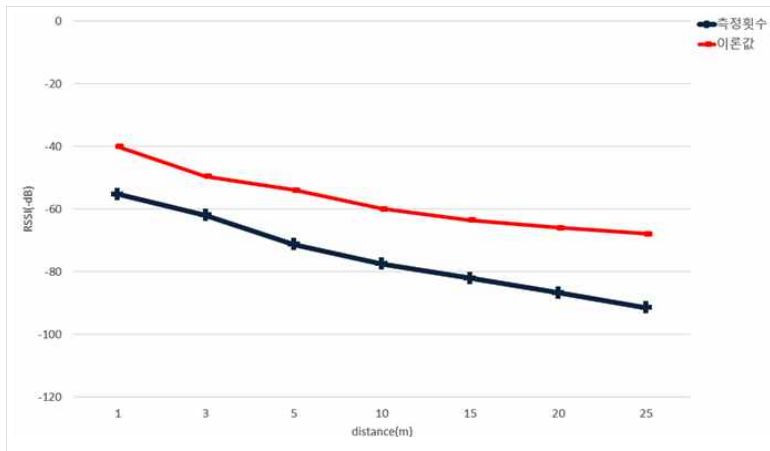


그림 8. 이론값과 성능 개선 알고리즘을 적용한 RSSI 값 (10%)
 Fig. 8. RSSI value (10%) using theor and performance improvement algorithm

그림 8은 RSSI 값의 이론치와 제시한 알고리즘이 적용된 값의 차이를 거리의 변화에 따라 나타내었다. 제시한 알고리즘에 적용된 RSSI 값은 60회 측정된 값의 평균을 나타내었다. 측정된 신호 세기는 거리가 멀어질수록 신호의 세기가 감소하는 것을 볼 수 있다. 그래프가 이론값과 제시한 알고리즘의 신호세기가 비슷하게 변화하는 것을 알 수 있다.

IV. 결 론

실내 위치 기반 서비스는 실내공간에서 이루어지는 쇼핑, 박물관, 병원, 엔터테인먼트 등이 다양하게 이루어지면서 실내공간에서의 위치 측정에 대하여 중요시되고 있다. 이에 실내공간에서 무선 통신 기

술이 계속해서 발전하면서 실내 측위 시스템도 함께 발전하고 있는 현황이다. 그러나 실내 측위의 정확성, 신뢰성이 떨어져 생활 장치에 접목시키기에는 아직 어려움을 겪고 있다. 따라서 본 논문에서는 향후 건물의 고층화, 대형화가 가속화됨에 따라 실내 위치 기반 서비스의 필요성도 대두될 것이라는 점에 초점을 두어 실내 측위의 정확성과 신뢰성을 높일 수 있는 실내 측위 개선 알고리즘을 제안하였다 [8]. 실내에서의 실험을 통해서 2.4GHz의 같은 주파수대의 주변 장치의 간섭 현상과 사람의 이동에 의한 오차 그리고 주변 장애물에 의한 난반사 등이 실내 측위 함에 있어서 오류를 유발하는 요인이 되었다. 이러한 점을 고려하여 제안한 알고리즘으로 측정되는 세 개의 값의 평균값을 초기치로 설정하

여 이에 새로 측정되는 값의 가중치를 10%로 적용하였다. 측정된 값들을 BLE 5.0에서 나오는 RSSI 값과 LPF를 적용한 값들로 비교 분석하였을 때 dB값의 변동률이 크게 -17dB정도의 차이를 -1.5dB로 줄어드는 것을 확인하여 제안한 알고리즘의 안정성과 실내 측위에 적용하여 장시간 사용했을 때의 누적 오차율에 대비해서도 장점이 될 것으로 생각한다. 제안한 알고리즘이 실내 위치 측위의 정확성을 개선시키기 위해서 필요한 기술이 되어 큰 기여를 할 수 있을 것으로 기대한다.

References

- [1] Minseok Choi, "A study of Fingerprinting based Indoor Positioning Algorithm for higher accuracy", The Graduate School Sangmyung University, Feb. 2017.
- [2] Sunguk Choi, Hyunsoo Park, Sunghan Lee, Minhyun Son, Yonghyun Koo, Kyungsoon Park, and Taeseok Kim, "An indoor location recognition scheme combining the triangulation method and fingerprinting", Korea Information Science Society, Vol. 38, No. 2(D), pp. 112-114, Nov. 2011.
- [3] Tae-Woo Byeon and Seongyong Jang, "A Study on the Technological and Environmental Factors Affecting the Accuracy of Beacon Indoor Positioning System", Journal of the Korea Society for Simulation, Vol. 25, No. 2, pp. 21-29, Jun. 2016.
- [4] Mohit Saxena, Puneet Gupta, and Bijendra Nath Jain, "Experimental analysis of RSSI-based location estimation in wireless sensor networks", Communication Systems Software and Middleware and Workshops, pp. 503-510, Jun. 2008.
- [5] Ilkwon Lim, "Indoor Positioning System using BLE Beacon and Extended Kalman filter", Hannam University, Feb. 2015.
- [6] Minsol Cheon and Jinkyu Choe, "Study on the Implementation of Unmanned Carrier Using Zigbee", Journal of KIIT, Vol. 14, No. 10, pp. 97-103, Oct. 2016.

- [7] Youngtae Kim, Yoonsu Jeong, and Gilcheol Park, "Energy-efficient routing Protocol based on localization Identification and RSSI value in Sensor network", Journal of digital Convergence, Vol. 12, No. 1, pp. 339-345, Dec. 2014.
- [8] H. Liu, H. Darabi, P. Banerjee, and J. Liu, "Survey of Wireless Indoor Positioning Techniques and Systems", IEEE Transactions on Human-Machine Systems, Vol. 37, No. 6, pp. 1067-1080, Oct. 2007.

저자소개

천 민 솔 (Min-Sol Cheon)



2016년 2월 : 한남대학교
전자공학과(공학사)
2018년 4월 현재 : 한남대학교
대학원 전자공학과 졸업예정
관심분야 : 디지털시스템 설계,
마이크로 컨트롤러, Embedded
System

이 지 영 (Ji-Young Lee)



2017년 2월 : 한남대학교
전자공학과(공학사)
2018년 4월 현재 : 한남대학교
대학원 전자공학과 재학
관심분야 : 디지털시스템 설계,
Embedded System

최 진 규 (Jin-Kyu Choe)



1980년 : 고려대학교
전자공학과(공학사)
1982년 : 고려대학교 전자공학과
공학석사
1987년 : 고려대학교 전자공학과
공학박사
2005년 ~ 2006년 : 미국 University
of Arizona 방문 교수
2018년 4월 현재 : 한남대학교 전자공학과 교수
관심분야 : 통신망 성능평가, 디지털시스템 설계,
Embedded System