

<https://doi.org/10.7236/IIBC.2017.17.1.25>

IIBC 2017-1-4

RSSI 측정결과 필터링을 이용한 거리계산 보정 알고리즘에 관한 연구

A Study on Distance Calculation Revision Algorithm using the Filtering of RSSI Measurement Results

김지성*, 김용갑**

Ji-seong Kim*, Yong-kab Kim**

요약 본 논문에서 제안하는 실내 위치기반서비스는 움직이는 사용자를 대상으로 하였다. 실외환경에서 GPS를 이용한 위치 측위는 정확하지만 실내 환경에서는 위치 측위가 부정확하고 어려움이 있다. 이를 극복하기 위해 Wi-Fi, Zigbee, 블루투스 등의 무선 통신 기술을 기반으로 위치 측위를 위한 다양한 기술들의 연구가 이루어지고 있다. 본 논문에서는 비콘의 송출 신호인 RSSI 값을 이용하여 거리에 따른 RSSI 값을 측정하여 데이터 베이스화하였다. 원거리에서 측정되는 RSSI 값의 오차를 줄이기 위해 RSSI 평균 필터링과 RSSI Feedback 필터링에 대한 계산 값을 산출 적용하였다. 평균 필터링과 계수 값을 0.5로 설정한 Feedback 필터링을 통하여 불규칙하고 높은 RSSI 값이 다소 감소하는 것을 확인하였으며, 거리계산 보정 알고리즘을 통해 거리가 증가함에 따른 오차의 범위가 감소하는 것을 확인하였다. 최종적으로 RSSI 측정결과 필터링을 이용해 불안정한 신호를 보정하고 오차 범위를 줄이기 위해 거리계산 보정 알고리즘을 시행하였다.

Abstract The indoor location based service proposed in the study was assigned to target a moving user. Positioning in the outdoor environment is accurate while using GPS. However, in an indoor environment, positioning is inaccurate and difficult. In order to overcome this, studies of various techniques for positioning based on wireless communication such as Wi-Fi, Zigbee and Bluetooth are being performed. The RSSI value and the delivery signal of the bluetooth beacon are measured according to the distance, and to a database. It was applied calculating the value for the average RSSI and the RSSI filtering feedback. Filtering is used to reduce the error of the RSSI values that are measured at long distance. When average and feedback filtering coefficient are set with 0.5, irregular and highly RSSI values are decreased. As the distance increases, the range of error is confirmed to have a reduction when using a distance calculation correction algorithm. Finally, when using the RSSI measurement results filtering, it corrects an unstable signal. Also, the distance correction algorithm is used to reduce a range of errors.

Key Words : Location based service, Bluetooth4.0, RSSI, Measurement result filtering, Distance measurement correction algorithm

*정회원, 원광대학교 정보통신공학과

**중신회원, 원광대학교 정보통신공학과

접수일자 2016년 10월 20일, 수정완료 2016년 12월 20일

게재확정일자 2017년 2월 3일

Received: 20 October, 2016 / Revised: 20 December, 2016 /

Accepted: 3 February, 2017

**Corresponding Author: ykim@wku.ac.kr

Dept of Information and Communication Engineering, Wonkwang University, Korea

I. 서 론

무선 통신 기술과 스마트 기기의 발전으로 시간과 장소에 제약 없이 정보에 쉽게 접근 할 수 있는 사물통신(IoT: Internet of Things) 환경이 구축되고 있다. IoT 환경은 위치 정보를 기반으로 다양한 서비스를 제공하며 많은 사람들에게 주목 받고 있다. 위치기반서비스(LBS: Location Based Service)는 다수의 사용자로부터 새로운 콘텐츠로 각광 받고 있다^[1]. 대표적인 기술로 실외환경에서 사용되는 GPS(Global Positioning System)는 사회 전반에 많은 변화를 초래하여 실생활에서 활용되며 사용자의 편의성이 극대화 되었다. 스마트폰이 등장하면서 GPS를 이용한 위치기반서비스가 더욱 활발해지고 있다. 위치 측위에 가장 널리 사용되는 GPS의 경우 5m 내외의 정확도를 보장하지만 별도의 네트워크가 필요하다^[2]. GPS 신호의 특성상 실내에서 수신이 어렵기 때문에 실내 위치 추적 서비스에는 적용이 어렵다는 한계점이 존재한다. 실내 위치추적 서비스를 제공하기 위해서는 GPS 없이 사용자의 위치 추적을 할 수 있는 위치추적 기술이 요구된다^[3].

업무, 엔터테인먼트 등 대부분의 활동이 실내 공간에서 이루어지고 있다. 실내 공간의 중요성이 부각되고 있으며, 실내공간을 대상으로 제공하는 다양한 형태의 위치 기반 서비스도 주목 받기 시작했다^[4]. 위치 기반 서비스는 위치추적 시스템을 이용하여 이동체의 위치를 찾아내는 기술로, GPS를 이용해 길을 안내하는 네비게이션을 시작으로 발전하고 있으며, 차량 또는 사람을 포함하여 이동체들을 대상으로 하는 서비스로 확대되고 있다^[4]. 서비스 및 콘텐츠는 획득된 위치정보를 실시간으로 처리하고 사용자 위치를 지도에 표시하는 등 사용자의 요청 처리, 정보저장을 수행한다^[5].

기존의 GPS 기술 대신, Wi-Fi, 적외선, 블루투스, Zigbee, UWB, RFID 등의 무선 통신 기술을 기반으로 위치를 인식해낸다. 최근 가장 활발히 연구되고 있는 것이 UWB, Wi-Fi, RFID, 블루투스를 이용한 측위기술이다^[6]. 비콘은 블루투스4.0 저전력 스펙을 따르며 장치와 단말기 간의 1:N 동기화가 가능한 무선 통신 장치이다. 블루투스 비콘이 출시되면서 실내정보 안내 및 가이드 서비스를 제공하는 등 실내 위치기반 서비스 영역을 점차 넓혀가고 있는 추세이다.

본 논문에서는 실내 환경에서 GPS를 이용한 위치 측

위는 부정확하고 어렵기 때문에 BLE 신호와 연동해 GPS 정보 등 다양한 정보를 송수신하는 근거리 무선통신 기술인 블루투스4.0의 송출 신호인 RSSI 값을 이용하여 측정결과 필터링을 이용한 거리계산 보정 알고리즘을 구현해 실내 측위를 측정한다. 거리 및 장애물에 따른 실내 환경요소에 의해 수신감도의 차이가 있으므로 RSSI 신호의 세기를 조절한다. 원거리에서 불안정한 RSSI 값을 측정결과 필터링을 이용해 보정하고 오차의 범위를 줄이기 위해 거리계산 보정 알고리즘에 대해 연구한다.

II. 비콘을 이용한 측위

1. 노드 간 거리 추정 기술

노드의 거리 추정은 사물의 거리나 사용자의 거리 정보를 획득하여 다양한 응용 분야에 사용 될 수 있다. 블루투스는 근거리 무선 통신 규약으로 반경 10~100m 사이의 정보통신 기기를 무선으로 연결하는 기술로 BLE(Bluetooth Low Energy)는 정보기기간의 양방향 근거리 통신을 위한 기술로 저전력 무선통신기술이다. BLE는 2.4GHz 주파수대역에서 작동한다.

블루투스 비콘 및 Wi-Fi와 같은 무선통신 기반의 실내 위치 측정 기술은 RSSI를 이용한다. RSSI란 Received Signal Strength Indicator의 줄임말로 수신된 신호강도 지표를 의미한다. RSSI는 신호의 세기를 통계적인 방법에 근거하여 확률분포와 대조하여 거리를 추정하는 방법이다. 일반적으로 실내에서의 전파신호강도는 사람의 움직임이나 문의 열고 닫음 등에 의해 왜곡된 신호를 가지게 된다^[7]. RSSI는 주변 환경의 특성에 따라서 변화가 심하기 때문에 직접적으로 이용하기 어렵다. 신호원으로부터 수신기에 들어오는 신호전력을 의미하며 안테나의 이득이나 회로내부의 손실은 고려하지 않는다^[8].

블루투스 비콘은 저전력 시스템을 이용해 RSSI만 송출하도록 만들어 졌으며 수신된 기기에서 RSSI 값을 이용해 거리를 계산한다. RSSI 방식을 이용하기 위해서 사전에 다양한 지점에서 신호 세기들을 RSSI 표본 수집을 통하여 측정하여야 한다. 비콘의 송신 신호를 각 수신노드들이 신호의 감쇠 정도를 측정하여 확률적 방법을 통해 미리 수집되었던 RSSI 표본과 대조하여 노드의 위치를 추정한다^[8].

2. RSSI 평균 방식 필터링

실내의 환경적인 요소들로 인해 RSSI 측정값은 감쇠가 비연속적이고 불규칙한 형태를 띠게 된다. 일반적으로 실외에서 LoS가 보장된 환경에서 RSSI는 이상적인 형태로 거리에 비례하여 감소하는 형태를 나타낸다. 거리에 따른 RSSI 값의 이상적인 형태로 로그함수를 식(1)과 같이 표현한다^[9].

$$RSSI = -(10 \log_{10} d + A) \quad (1)$$

거리에 따른 신호 세기 감쇠 모델에 적용시키기 위해서는 RSSI 측정값을 필터링하는 과정이 필요하다. RSSI 측정값 필터링에는 평균 방식 필터링과 피드백 방식 필터링이 존재한다.

$$RSSI_m = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n RSSI_i \quad (2)$$

평균 방식 필터링은 단위시간 동안 수신된 전체 RSSI 값의 합을 수신된 RSSI 값의 개수만큼 나눈 평균값을 사용하여 식(2)와 같이 표현할 수 있다^[10]. 평균 방식 필터링의 계산을 위해서 많은 수의 패킷이 전송되어야 한다.

3. RSSI Feedback 필터링

Feedback 방식 필터링은 이전에 수신된 RSSI 값이 이후에 수신된 RSSI 값에 의해 변화되는 형태로 식(3)과 같이 표현할 수 있다.

$$RSSI_n = a \cdot RSSI_n + (1-a) \cdot RSSI_{n-1} \quad (3)$$

Feedback 방식 필터링은 최근 RSSI 값의 적은 수로도 필터링이 가능하다. Feedback 방식의 필터링은 스무딩 효과는 떨어지지만 이론적인 감쇠곡선에 근접하고 있으며, 계수 a 값의 조정을 통해 감쇠곡선에 더 근접한 결과 값을 도출할 수 있다^[10]. 적은 수의 RSSI 값으로도 필터링이 가능하나 지연이 발생하는 단점이 존재한다. 계수 a 값에 따른 이전과 이후에 수신된 RSSI 값의 가중치를 부여할 수 있다. 실외에서 필터링된 RSSI 값은 문제가 없으나 실내 환경에서는 정확도가 떨어지는 문제점을 가지고 있다.

III. 거리계산 보정 알고리즘

이론적으로 라디오 신호의 강도는 거리의 제곱에 반

비례하고 RSSI값은 강도를 임의로 정한 기준에 로그로 비례하여 표현한 단위이다. 신호의 세기가 강하면 거리가 가깝다는 것을 의미하고 신호의 세기가 약할수록 거리가 멀다는 것을 의미한다.

송신신호가 전파됨에 따라 감소하는 신호의 강도를 의미하는 Path Loss를 이용하여 신호가 전파된 거리를 계산할 수 있다. 신호 강도의 감소는 거리의 제곱에 반비례하다. Path Loss를 이용하여 거리를 구하는 식을 표현하면 다음과 같다^[11].

$$Distance = 10^{((Tx Power) - (Rx power))/20} \quad (4)$$

$$RSSI_n = a \cdot \left(\frac{1}{n} \sum_{i=0}^n RSSI_i \right) + (1-a) \cdot \left(\frac{1}{n} \sum_{i=0}^n RSSI_{i-1} \right) \quad (5)$$

식(4)에 송신신호 RSSI 값과 수신신호 RSSI 값을 대입하면 송신지점과의 거리를 계산할 수 있다.

본 논문에서는 실내 환경적인 요소들로 인해 감쇠가 불규칙하고 비연속적인 형태를 띠는 RSSI 값을 보정하기 위해 식(5)에 RSSI 평균 방식 필터링 측정값을 Feedback 방식 필터링에 대입하여 결과를 얻은 RSSI 값을 이용한 거리계산 보정 알고리즘을 제안한다.

IV. 실험 및 결과

1. RSSI 평균방식 필터링 측정 결과

두 지점 간에 RSSI 값의 차이를 이용하여 거리를 계산할 수 있다. 두 지점 사이의 거리는 path loss에 의해 계산된다. 그림 1은 거리가 멀어질수록 path loss가 증가된다는 것을 나타낸다.

본 논문에서 제안한 RSSI 평균 방식 필터링 방법을 평가하기 위하여 거리는 1m 를 유지하고, 비콘의 설정을 통하여 송출 신호의 세기와 송출 간격을 일정하게 하고 수신된 RSSI를 기록한다. 기존의 RSSI 값과 평균 방식 필터링을 통한 RSSI 값을 비교하여 데이터베이스화한다.

그림 2은 단위시간 동안 수신된 전체 RSSI 값의 합을 RSSI 값의 개수만큼 나눈 평균값을 이용하는 평균 방식 필터링의 측정결과와 일반적인 RSSI 측정 결과 값을 비교하여 나타낸다. 평균방식 필터링을 사용하지 않은 일반적인 측정 방식은 거리가 증가함에 따라 불규칙하고 높은 RSSI 값을 가진다. 일반적인 측정에서 최대 -65dBm 값을 가지게 되고 불규칙한 측정값을 가지게 된다.

평균 방식 필터링을 이용하여 측정된 RSSI 값은 일반적인 측정 결과 값에 비해 불안정한 RSSI 값이 다소 안정적인 것을 확인하였다. 총 30번의 실험을 통해서 평균 값을 낸 RSSI 값을 10번의 측정값으로 작성하였다. 일반적인 측정에 비해 최대값이 -58.5dBm 으로 줄어든 것을 확인하였다. 불안정한 RSSI 값을 보다 안정적이게 측정하기 위해서는 많은 수의 RSSI 값이 필요하다는 단점이 있지만 많은 수의 RSSI 값을 사용하여 평균으로 나눈 값을 사용하게 되면 dBm 값이 다소 안정될 것으로 예상된다.

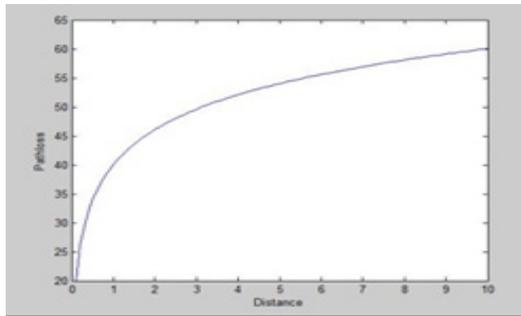


그림 1. Path loss 그래프
Fig. 1. Path loss graph

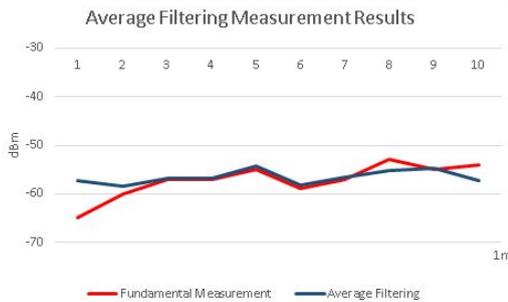


그림 2. RSSI 평균 필터링 측정결과
Fig. 2. Measurement result of RSSI Average Filtering

2. RSSI Feedback 필터링 측정 결과

RSSI Feedback 방식 필터링 측정 실험을 위하여 1m의 거리를 유지하고 송출 신호의 세기와 송출 간격을 일정하게 한다. 일반적인 측정을 통한 RSSI 값과 변화되는 형태의 RSSI 값을 비교한다. 식 (2)의 계수 값 a 를 0.3과 0.5로 조정하여 변화되는 형태의 RSSI 값을 측정한다.

그림 3은 이전에 수신된 RSSI 값이 이후에 수신된 RSSI 값에 의해 변화되는 Feedback 필터링을 이용한 측

정결과를 나타낸다. 일반적인 측정을 통한 RSSI 값과 식 (2)의 계수 값 a 를 0.3으로 조정하여 측정된 RSSI 결과를 나타낸다. 그림 4는 일반적인 측정을 통한 RSSI 값과 계수 값 a 를 0.5로 조정하여 측정된 RSSI 결과 값을 나타낸다.

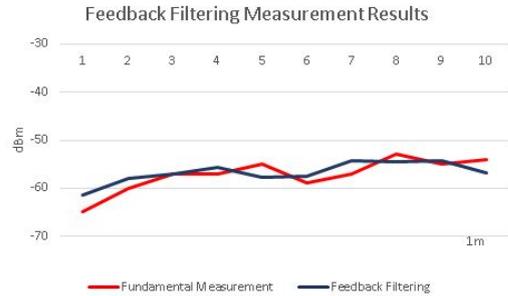


그림 3. RSSI Feedback 필터링 측정결과 ($a=0.3$)
Fig. 3. Measurement result of RSSI Feedback Filtering ($a=0.3$)

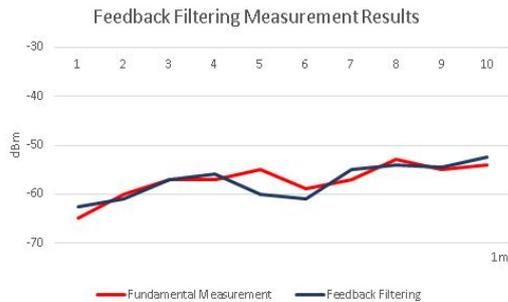


그림 4. RSSI Feedback 필터링 측정결과 ($a=0.5$)
Fig. 4. Measurement result of RSSI Feedback Filtering ($a=0.5$)

Feedback 필터링 측정을 위하여 1m에서 총 10번에 실험을 통해 RSSI값을 측정하였다. 일반적인 측정을 통한 RSSI 값이 최대 -65dBm 에서 최소 -53dBm 까지 측정됐으며 규칙적이지 못하고 불안정하다는 것을 확인하였다. 계수 값 a 를 0.3으로 조정된 Feedback 필터링을 통한 측정에서는 최대 -61.5dBm 에서 최소 -54.2dBm 까지 측정되었다. 계수 값 a 를 0.5로 조정된 Feedback 필터링을 통한 측정에서는 최대 -62dBm 에서 최소 -52dBm 까지 측정되었다. 조정된 계수 값 a 의 따라서 최대, 최소 dBm 값이 차이가 있는 것을 확인하였다.

Feedback 필터링은 이전에 수신된 RSSI 값이 이후에 수신된 RSSI 값에 의해 변화되는 형태를 가지게 되는데 이후에 수신된 RSSI 값이 처음 수신된 RSSI 값보다 높

게 되면 Feedback필터링을 하더라도 dBm 값이 높게 측정되는 것을 확인하였다. 계수 값을 0.3으로 조정하였을 경우 일반적인 측정에 비해 dBm 값은 안정적이지만 일반적인 측정 RSSI 값과 크게 차이가 없다는 것을 확인하였다. 반면에 계수 값을 0.5로 조정하였을 경우 dBm 값은 다소 불규칙하지만 최소 dBm 값이 계수 a가 0.3일 경우에 비해 줄어드는 것을 확인하였다. 계수 값을 0.3과 0.5로 조정하였을 경우 최대 측정결과는 0.3이 좋은 것으로 확인되었지만 최소 측정결과는 계수 값을 0.5로 하였을 경우가 좋은 것으로 확인되었다. Feedback필터링 실험을 통해서 계수 값에 따라서 일반적인 측정보다 RSSI 값이 일부분 좋아지고 다소 안정된 값을 가지는 것을 확인하였다.

이 실험을 통해서 계수 값을 0.5로 설정하여 Feedback 필터링한 측정값을 이용하여 거리계산 보정 알고리즘을 이용할 경우 오차율이 낮아질 것이라 예상된다.

3. 거리계산 보정 알고리즘 측정 결과

실내 환경적인 요소들로 인해 원거리에서 높고 불규칙한 신호를 보다 안정적으로 계산할 수 있는 알고리즘이 필요하다. 1m에서 거리에 따른 RSSI의 이론적인 값인 -49.48dBm을 식(5)에 Tx Power 값에 대입하고 평균 필터링 된 RSSI 값을 Rx Power 값에 대입하여 거리를 구할 수 있다. 각 m 별로 RSSI의 이론적인 값과 필터링 된 RSSI 값을 이용하여 거리를 계산하여 측정 결과를 나타낸다.

표 1은 거리에 따른 이론적인 RSSI 값을 나타낸다. 그림 5는 식(1)을 이용하여 수신된 RSSI 값을 구한 평균 필터링 된 RSSI 값을 식(4)에 대입하여 거리에 대한 측정 결과 값을 나타낸다.

표 1. 거리에 따른 이론적인 RSSI 값
 Table 1. RSSI theoretical value based on the distance

Distance(m)	RSSI (dBm)
1.0	-49.48
2.0	-55.02
3.0	-58.54
4.0	-61.04
5.0	-62.97

Distance Calculation Correction Algorithm
 Measurement Results

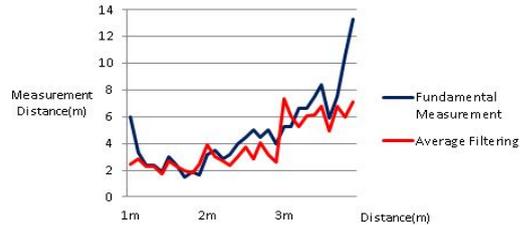


그림 5. 거리계산 보정 알고리즘 측정 결과
 Fig. 5. Measurement Results of Distance Calculation Revision Algorithm

그림6은 평균 필터링 된 RSSI 값을 Feedback 필터링에 대입하여 거리를 계산하여 측정된 결과를 나타낸다. 1m에서 거리에 따른 이론적인 값인 -49.49dBm 값과 평균 필터링 된 RSSI 값을 Feedback 필터링 시킨 후 나온 RSSI 값을 식(4)에 대입하여 거리를 구할 수 있다. m 별로 RSSI의 이론적인 값은 각각 -49.48dBm, -55.02dBm, -58.54dBm 이다. Feedback 필터링을 하더라도 이후에 수신된 RSSI 값이 처음 수신된 RSSI 값보다 높게 되면 dBm 값이 높아지게 되는데 이런 경우 거리계산 보정 알고리즘을 통해 측정해도 일부분에서는 실제거리보다 높게 측정되는 것을 확인하였다. 실제 거리와 오차가 적은 -52.5dBm부터 -56dBm 값만 사용하게 된다면 오차율이 줄어들 것으로 예상된다. 향후 실제거리와의 오차율을 줄이기 위한 연구를 진행할 예정이다.

Distance Calculation Correction Algorithm
 Measurement Results

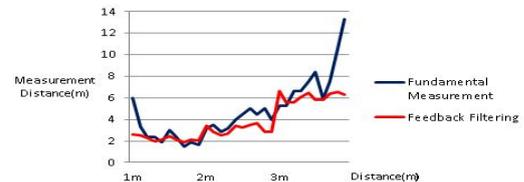


그림 6. 거리계산 보정 알고리즘 측정결과
 Fig. 6. Measurement Results of Distance Calculation Revision Algorithm

V. 결론

GPS와 같은 기존의 위치기반서비스는 위성신호와 단

절되어 있는 건물 내부에서와 같은 정밀한 위치추적을 필요로 하는 다수의 소비자들에게는 적절하지 못한 서비스임을 고려해 보았을 때, 실내에서 위치기반서비스의 개발은 필수적이라 할 수 있다.

본 논문에서는 실내 측위를 위해 블루투스 비콘의 RSSI 송출 신호를 이용하여, 비콘의 송출 신호인 RSSI 값을 이용하여 거리에 따른 RSSI 값을 측정하여 데이터베이스화하였다. 원거리에서 측정되는 RSSI 값의 오차를 줄이기 위해 RSSI 평균 필터링과 Feedback 필터링에 대해서 연구하였다. 또한 원거리에서 불안정한 신호를 보정하기 위해 RSSI 측정결과 필터링을 이용한 거리 계산 보정 알고리즘을 구현해 실내 측위를 측정하였으며, 일반적인 측정을 통한 RSSI 값은 거리가 증가함에 따라 불규칙하지만 평균 필터링과 계수 값을 0.5로 설정한 Feedback 필터링을 통한 RSSI 값이 다소 줄어드는 것을 확인하였다. 거리 및 장애물에 따른 수신감도의 차이가 있었으므로 RSSI 신호의 세기를 조절을 가능하게 하여 결과치 값을 유도하였다.

본 연구를 통하여 원거리에 대한 오차의 범위를 더욱 줄인다면 정밀한 위치추적이 필요한 실내 위치 기반서비스에서 비콘을 이용한 위치추적이 가능할 것으로 예상된다. 향후 거리 계산 보정 알고리즘을 이용한 LED 거리 인식 측정에 관해 연구할 예정이다.

References

- [1] Hyung-woo Choi, "Indoor location estimation system using bluetooth low energy beacon landmark", Ph. D. Dissertations, Korea University, Dec. 2015
- [2] Young-ho Song, "Capacity analysis of bluetooth access point for location based service with mobile phones and bluetooth", The Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication, Vol. 10, no. 5, pp187-192, Sep. 2010
- [3] Spiekermann, Sarah, "General aspects of location-based services", Morgan Kaufmann Pub, pp13-14, May. 2004
DOI: <https://doi.org/10.1016/b978-155860929-7/50002-9>
- [4] Jae-joon Yoo, "Trends in technical development and standardization of indoor location based services", Electronics and Telecommunications Trends, Vol. 29, no. 5, pp51-61, Sep 2014
- [5] Myung-jae Lim, "Image processing for mobile information retrieval service", The Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication, Vol. 11, no. 1, pp103-108, Feb. 2011
- [6] Jung-hwan Kim, "Design and implementation of bluetooth4.0-based indoor location-based service system", Ph. D. Dissertations, Kangwon National University, Feb. 2015
- [7] Myung-gwan Kim, "Implementation of indoor location-aware system based on probability distribution of rssi", The Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication, Vol. 8, no. 4, pp9-14, Aug. 2008
- [8] Paramvir Bahl and Venkata N. Padmanabhan, "RADAR: An in-building RF-based user location and tracking system", Nineteenth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies, Vol. 2, pp.775-784, 2000
DOI: <https://doi.org/10.1109/infcom.2000.832252>
- [9] Jagoba Arias, Aitzol Zuloaga, Jesús Lázaro, Jon Andreu and Armando Astarloa. "Malguki: an RSSI based onad hoc algorithm", Microprocessors and Microsystems, pp.403-409. 2004
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.micpro.2004.03.001>
- [10] Amodt, K, CC2431 Location Engine. Applications Note A N042, Texas Instrument Incorporated, 2006
- [11] Moon-soo Kim, "Identifying location of object using RSSI of beacon signal", Ph. D. Dissertations, Inha University, Jun 2015

저자 소개

김 지 성(정회원)



- 2013년 : 원광대학교 정보통신공학과 졸업(공학사)
 - 2015년 : 원광대학교 대학원 정보통신공학과 석사과정(공학석사)
- <주관심분야 : 블루투스, 실내위치기반서비스, LED조명제어>

김 용 갑(중신회원)



- 1988년 : 아주대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 - 1993년 : 앨라배마 주립대학교 (공학석사)
 - 2000년 : 노스캐롤라이나 주립대학교 (공학박사)
 - 2003년 ~ 현재 : 원광대학교 정보통신공학과 교수
- 2006년 ~ 2013년 : 공과대학 POST-BK21 사업단장
• 2012년 ~ 2015년 : 원광대학교 창업보육센터장
• 2014년 ~ 2015년 : 원광대학교 창업지원단장
• 2012년 ~ 현재 : LED 인력양성사업단장(전북)
- <주관심분야 : 가시광통신시스템, 광메모리센서, 전력선통신>

※ 이 논문은 2016학년도 원광대학교의 교비지원에 의해서 수행됨