

비콘 삼변측량을 이용한 실내 환경에서의 사용자 위치 추정

임수종 · 성민관 · 윤상석*
신라대학교

A Study on User Location Estimation using Beacon Trilateration in Indoor Environment

Su-Jong Lim · Min-Gwan Sung · Sang-Seok Yun*
Silla University

E-mail : waterbell75@gmail.com / sungmingwan@naver.com / ssyun@silla.ac.kr

요 약

본 논문은 실내 환경에서 사용자를 대상으로 위치기반 서비스를 제공하기 위해 비콘을 이용해 사용자의 위치를 추정하는 방법을 제안한다. 저전력 비콘을 이용하여 위치를 추정하기 위해 비콘이 가지는 RSSI 값에 가우시안 필터를 적용하였고, 필터링한 RSSI 값을 통해 거리변환 함수를 구하여 삼변측량으로 태그 위치를 추정할 수 있게 구성하였다. 다수의 비콘이 설치된 실내 공간에서 3개의 비콘이 일정한 거리를 두고 있는 8곳에 대한 위치 추정 정밀도를 확인하였다. 그 결과 거리오차 0.242 표준편차 ± 0.097 를 가지는 사용자의 위치 추정이 가능함을 확인할 수 있었다.

ABSTRACT

This paper proposes a method for estimating the location of a user using a beacon to provide a service in an indoor environment. To estimate the location using the beacon, a Gaussian filter was applied to the RSSI value of the beacon, and the distance conversion function was obtained through the filtered RSSI value to estimate the tag location by trilateration. Then, in the indoor space where the beacons are installed, the location estimation accuracy of 8 places where 3 beacons are at a certain distance was confirmed. As a result, it was possible to confirm the position estimation accuracy of ± 0.097 standard deviation and 0.242 distance error.

키워드

Indoor location estimation, Location based service, Trilateral, Gaussian filter

1. 서 론

일상생활 중 실내에서 보내는 시간이 증가함에 따라 실내 환경 기반의 서비스에 대한 수요가 증가하고 있다. 서비스 제공을 위한 사용자 위치 추정 기법에는 주로 GPS(Global Positioning System)을 통한 위치 추정을 하였으나, 실내 공간에서는 위성 신호가 도달하지 못해 위치 추정의 어려움이 존재한다[1]. 이로 인해 실내공간에서는 무선 신호

를 이용한 방법을 주로 사용되고 있으며, 무선 신호를 이용한 실내 측위에는 UWB, BLE Beacon, Wi-Fi를 이용한 방법이 사용되고 있다. UWB를 이용한 위치 측위 방법은 비교적 높은 정확도를 가지고 있으나 높은 가격으로 인해 광범위하게 사용하기에는 제약이 따르게 된다. 반면, BLE Beacon과 Wi-Fi를 이용한 위치 측위 방법은 상대적으로 저렴한 비용으로 구축이 가능하며 설치에 제약이 없어 음영지역으로 인한 문제에 대해 자유로운 장점이 있다. 그렇지만, 무선 신호의 특징으로 인한 간섭에 의해 위치 오차가 커질 수 있어 이에 대한

* corresponding author

보완이 필요하다.

본 논문은 BLE Beacon을 이용한 실내 위치 추정을 위해 비콘의 RSSI (Received Signal Strength Indicator)에 가우시안 필터를 사용하여 잡음과 외곡을 필터링한 후, 거리로 변환하여 삼변측량을 이용한 위치 추정 기법을 사용해서 실내 공간에서 위치 추정 정밀도를 개선하고자 한다.

II. 실내 위치 추정 방법

BLE Beacon을 이용한 위치 추정 프로세스는 그림 1과 같이 구성하였다.

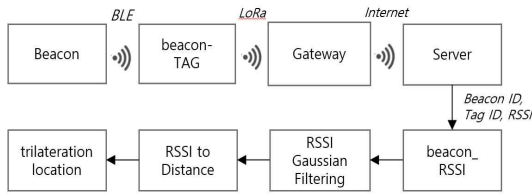


그림 1. 위치 추정 프로세스

비콘에서 BLE 통신을 통해 보내는 신호를 태그가 수신한다. 이후 태그는 수신 받은 데이터를 실내 공간 내 설치되어 있는 게이트웨이로 전송한다. 게이트웨이는 수신 받은 데이터를 MQTT 프로토콜로 서버에게 전송한다. 서버는 Beacon ID와 Tag ID, RSSI 데이터를 수집 및 처리하고 PC로 전송한다. 이후 PC에서는 수신 받은 데이터들 중 Beacon ID와 RSSI를 이용하여 위치를 추정한다. RSSI는 무선 신호를 수신할 때의 신호 강도이며 거리의 변화에 따라 신호 세기의 감소가 일어나는 특징을 이용해 실내 위치 추정이 가능하다[2]. 하지만, RSSI는 주변에서 발생하는 신호, 장애물에 의한 간섭 등의 이유로 왜곡이 발생하여 정확도가 떨어질 수 있다. 이를 보완하기 위해 수식 1의 가우시안 필터를 적용하여 왜곡으로 인한 RSSI의 편차를 필터링 한 뒤 거리 변화에 따른 RSSI를 확인하였다[3].

$$g(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

그 다음 RSSI를 거리로 변환하기 위해 수식 2의 최소자승법을 이용한 거리 변환 함수를 도출하여 거리 정보로 변환하였다[4].

$$H(x) = \omega x + b \quad (2)$$

수식 2에서 H(x)는 거리함수이고, ω, b 는 모델 파라미터이다. 변환한 거리 정보를 이용해 삼변측

량 기법으로 실내에서 위치를 추정하였다. 삼변측량을 이용한 위치 추정은 기준점과 태그와 각 기준점 사이의 거리를 이용한다. 여기서 기준점의 경우 실내 공간에 설치하여 고정된 비콘의 위치이며 기준점과의 거리는 비콘의 RSSI를 거리로 변환한 것으로 구할 수 있다. 2개의 기준점에서부터 태그와의 거리를 구하였을 때 교점 2개를 구할 수 있으나, 사용자의 위치를 결정하기 위해선 추가적으로 3번째 기준점과 그 기준점의 거리를 통해 교점 1개를 최종적으로 구하여야 위치를 추정할 수 있다[5]. 이후 삼변측량을 이용하여 교점을 구한 뒤, 변환한 거리 정보를 수식 3의 원의 방정식을 통해 교점의 거리를 계산하여 대상자의 위치를 추정할 수 있게 된다.

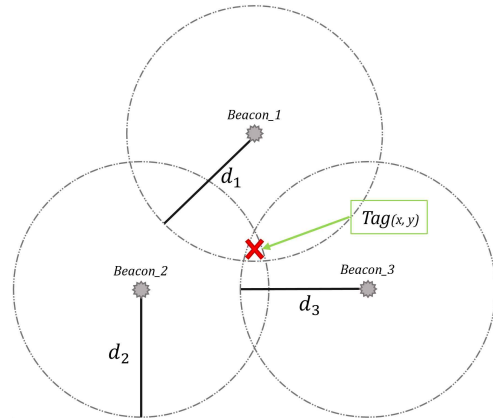


그림 2. 위치 추정을 위한 삼변측량 구성

$$\begin{aligned} d_1^2 &= (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 \\ d_2^2 &= (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 \\ d_3^2 &= (x - x_3)^2 + (y - y_3)^2 \end{aligned} \quad (3)$$

III. 실험 환경 구성 및 결과

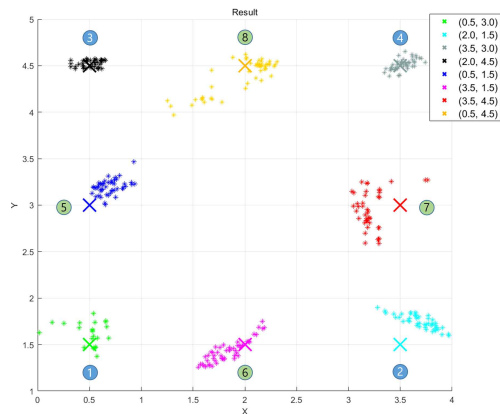


그림 3. 설정된 좌표에 대한 위치 추정 결과

실내 환경 비콘 삼변측량을 이용한 사용자 위치 추정의 정밀도를 확인하기 위해 8개의 비콘이 설치된 4.85m×9m 크기의 실내 공간에서 3개의 비콘이 서로 같은 거리를 두고 있는 8곳에 대해 프로세스를 통한 위치 추정 정밀도를 실험하였다.

표 1. 측정좌표 별 위치 추정 결과

	측정좌표	거리오차	표준편차
1	0.5, 1.5	0.197	0.112
2	3.5, 1.5	0.353	0.055
3	0.5, 4.5	0.092	0.046
4	3.5, 4.5	0.102	0.055
5	0.5, 3.0	0.284	0.107
6	2.0, 1.5	0.245	0.132
7	3.5, 3.0	0.369	0.065
8	2.0, 4.5	0.293	0.207

위치 추정 프로세스를 통해 데이터를 50회씩 측정하여 그림3과 같은 결과를 얻을 수 있었고 그림 3의 거리 오차 표1과 같다. 가장 적은 거리 오차를 가지는 측정좌표 3, 4번의 결과를 확인해 본 결과 평균 0.097의 거리 오차와 ±0.05의 표준편차를 나타냄을 확인하였다. 측정좌표 2, 6, 8번 위치에서의 측정 결과는 평균 0.297의 거리 오차와 ±0.131의 표준편차를 보임으로써, 상대적으로 오차가 크게 발생함을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 측정값 중 측정 위치에 인접한 비콘을 통한 위치 추정 결과가 아닌 다른 위치에 설치된 비콘을 이용하여 위치 추정한 결과가 포함되어 거리오차와 표준편차의 평균이 증가한 것으로 분석되었다.

측정 결과 8곳에 대한 평균 거리오차는 0.242, 평균 표준편차는 ±0.097로써 제안하는 위치 추정 프로세스의 정밀도가 실내 위치기반 서비스에 적용가능함을 확인하였다.

[2] J. S. Kim, Y. K. Kim, and G. C. Hoang, "A Study on Indoor Position-Tracking System Using RSSI Characteristics of Beacon", *The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, Vol. 17, No. 5, pp. 85-90, Oct. 2017.

[3] M. H. Kim, B. K. Kim, Y. W. Ko, and K. S. Bang, "Indoor Location Tracking System of Low Energy Beacon using Gaussian", *The Journal of Korean Institute of Information Technology*, Vol. 14, No. 6, pp. 67-74, June, 2016.

[4] M. H. Kim, B. K. Kim, and Y. W. Ko, "Least Squares Method for BLE Beacon based Indoor Localization", *The Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, pp. 376-378, Dec. 2015.

[5] S. G. Kim, T. H. Kim, and S. W. Tak, "Performance Evaluation of RSSI-based Various Trilateration Localization", *The Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Daegu, pp. 493-496, Oct. 2011.

Acknowledgement

본 연구는 2021년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원을 받아 수행된 연구임(과제번호: 20000515).

References

[1] A. S. Paul, and E. A. Wan, "Rssi-based indoor localization and tracking using sigma-point kalman smoothers", *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, Vol. 3, No. 5, pp. 860-873, Oct. 2009.