

RSSI 기반의 실내측위를 위한 거리오차 감소 방안

박 양 배*, 정 광 열*, 이 예 훈°

Distance Error Reduction Method for Indoor Positioning Based on RSSI

Yang-Bae Park*, Gwang-Ryeol Jung*,
Ye Hoon Lee°

요 약

본 논문에서는 블루투스 비콘으로부터 수신되는 RSSI 값의 신뢰도 향상과 그 RSSI를 이용한 실내 위치계산에서 거리오차 감소 방안에 관하여 연구한다. 기존에 주로 사용되었던 위치추정 알고리즘들은 일정하지 않은 RSSI 값의 영향으로 인하여 위치에 대한 오차율이 상당히 큰 경향을 보임을 알 수 있다. 이에 따라 거리오차를 줄일 수 있는 새로운 개선책을 제안하고 실제 측정된 실험데이터를 바탕으로 제안한 방법의 유효성과 우수성을 검증하기로 한다.

Key Words : beacon, RSSI, bluetooth, Indoor positioning, distance error

ABSTRACT

In this paper, we investigate the reliability improvement of received signal strength indication (RSSI) received from a bluetooth beacon and reduction of distance error in indoor localization based on RSSI. It can be seen that the conventional location estimation algorithms tend to have a fairly high error rate due to the influence of large variation of the RSSI. Accordingly, we propose an improvement method that can reduce the distance error and verify the effectiveness and excellence of the proposed method through the actual measured

experimental data.

I. 서 론

실내 활동의 비중이 커져가는 추세에 맞춰 실내 공간에서의 정확한 위치 제공을 위한 연구 또한 활발히 이루어지고 있는데, 그중에서 블루투스 비콘(beacon)을 이용한 실내측위 방식은 저전력이면서 설치가 손쉬운 이점을 가지고 있어 주목받고 있다¹⁾. 하지만 실내 환경은 벽, 천장, 가구 등 수많은 반사체들로 인하여 무선 신호에 다중경로 페이딩이 발생함으로써 RSSI(received signal strength indication)에 영향을 미치게 된다²⁾. 이로 인해 고정된 수신위치에서 조차도 수신신호의 세기가 일정하지 않은 문제가 발생하여 정확한 실내 위치추정을 하는데 방해요소로 작용하게 된다.

실내 공간에서 RSSI 값을 기반으로 하는 위치추정에는 삼각측량 알고리즘^{3),4)}이 가장 일반적으로 사용되는 방식이다. 본 논문에서는 보편적으로 사용되는 삼각측량 알고리즘을 이용하면서, 다중경로의 영향을 받은 수신신호에서 변동성이 매우 큰 신호를 사전에 제거하는 보정 방법과 RSSI 값을 기반으로 비콘까지의 거리를 계산할 때 거리오차를 줄일 수 있는 개선 방법을 제안한다. 제안한 방식을 적용하였을 때 거리오차 개선 여부는 실제 실내 환경에서의 측정실험을 통하여 확인하고 검증한다.

II. 제안하는 측정 및 거리계산 방식

본 논문에서는 제안된 측정 및 거리계산 방식이 다양한 실내 환경에서 유효하게 적용될 수 있는지 검증하기 위하여 실내 공간을 벽, 천장 등으로 모든 방향이 막혀있는 닫힌 공간과 그렇지 않은 열린 공간으로 구분하고, 두 장소 모두에서 측정실험을 진행하였다. 진행된 실험에서는 8개의 비콘에서 송출되는 RSSI 신호를 안드로이드 기반의 휴대폰으로 측정하여 수신 데이터를 획득하였다.

2.1 기존의 측정 방식

삼각측량 알고리즘에서 RSSI를 기반으로 위치를

※ 이 연구는 서울과학기술대학교 교내연구비(2019-0300)의 지원으로 수행되었습니다.

• First Author : SeoulTech, Dept. of Elec. and IT Media Eng., pyb0282@seoultech.ac.kr, 학생(석사과정), 학생회원

° Corresponding Author : SeoulTech, Dept. of Elec. and IT Media Eng., y.lee@seoultech.ac.kr, 정교수, 종신회원

* SeoulTech, Dept. of Elec. and IT Media Eng., jgr735@naver.com

논문번호 : 202108-197-C-LU, Received August 6, 2021; Revised August 8, 2021; Accepted August 8, 2021

추정할 때 필요한 거리계산은 식(1)을 이용한다^{[3][4]}. 이때 n 은 공간에 따른 감쇄상수이며, A 는 송수신기 사이의 거리가 1m일 때 측정된 RSSI 값으로 그 단위는 dBm이며, d 는 송신 비콘까지의 거리이다.

$$RSSI = -10n \log d + A \quad (1)$$

고정된 위치에서 비콘으로부터 신호를 받을 경우라도 수신 RSSI 값은 다중경로 등의 영향으로 일정하지 않기 때문에 적은 횟수의 측정만으로는 위 식(1)을 이용하여 계산된 거리는 그 신뢰도가 떨어진다. 그러므로 신뢰할 만한 데이터를 얻기 위해서는 측정 횟수를 늘려가며 누적 평균을 계산하여 최종 수렴되는 값을 이용하여야 한다. 본 연구에서는 실제 실내 환경에서의 측정을 통하여 최종 누적 평균값의 ±3%안에 포함되는 횟수를 기준으로 했을 때 한 장소에서 약 20회 이상 측정해야만 신뢰할 수 있는 누적 평균값을 얻을 수 있음을 확인할 수 있었다.

2.2 제안하는 측정 및 거리계산 방식

기존의 방식으로 거리를 계산하기 위해 RSSI를 20회 측정하여 그 평균값을 사용하더라도 각종 노이즈 및 신호간섭에 의해 평균값이라도 그 변동성이 상당히 하고 이로 인해 거리계산 시 오차가 발생하게 된다. 이를 보완하기 위해 먼저 RSSI 값의 분포를 가우시안으로 근사화한 후^[2] 가우시안 분포 그래프에서 상·하 위 10%의 값을 노이즈로 처리하여 거리계산에서 제외하는 것을 고려한다. 즉, 가우시안 분포를 가지는 RSSI 값 X 에서 노이즈를 제외한 안정된 범위 내에서의 측정 데이터만을 사용하게 되고 이를 식으로 나타내면 식 (2)와 같다. 여기서 m 은 평균, σ 는 표준편차이다.

$$m - 1.29\sigma \leq X \leq m + 1.29\sigma \quad (2)$$

식 (2)의 방법을 이용한 측정 데이터의 획득으로 RSSI에서 변동성이 큰 성분을 줄였음에도 불구하고 여전히 거리를 계산할 때 오차가 존재한다. 이는 주어진 공간의 감쇄상수인 n 값이 거리에 따라 차이가 발생하는데 기존 방식에서는 그 값을 단일 값으로 대표하여 사용함으로써 발생하는 문제이다. 식(1)에서 $10 \log d$ 를 x 로 치환한 식 $RSSI = -nx + A$ 를 이용하여 n 값의 경향을 실제 측정을 통하여 그림 1에 도시하였다. 그림 1에서 n 값은 거리별로 크게 두 구간으로 근사적으로 나누어지는 것을 관찰할 수 있다.

추세선의 정확도를 비교하기 위하여 평균제곱근

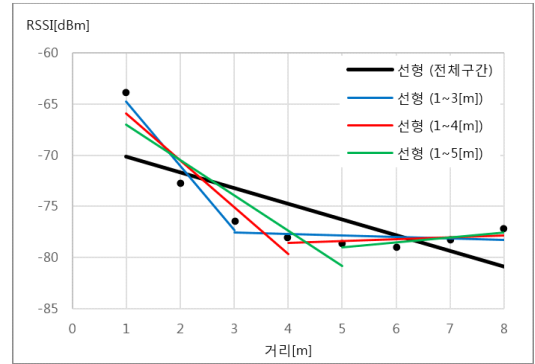


그림 1. 구간별 추세선 및 감쇄상수 n 의 변화
Fig. 1. Trend lines and the variation of the attenuation constant n

(root mean square) 오차를 이용하였는데, 거리 8m를 두 개의 구간으로 분리하여 3m를 기준으로 n 값을 이등분했을 때 평균제곱근 오차가 가장 감소하는 것을 관찰할 수 있었다. 위 실험결과를 바탕으로 본 논문에서는 0m~3m와 3m~8m로 거리구간을 이등분하여 서로 다른 감쇄상수 n 값을 적용하는 것을 제안한다.

III. 측정 환경 및 실험결과 분석

측정을 위하여 실내 환경을 열린 공간(7×7[m])과 닫힌 공간(6×6[m])으로 나누어 진행하였다. 열린 공간(그림 2의 왼쪽)과 닫힌 공간(그림 2의 오른쪽)의 배치도를 보면 같은 간격으로 설치된 비콘으로부터 1m씩 떨어진 안쪽 정사각형을 Area Ⓐ라고 정의하였고, 측정 범위에서 Area Ⓐ를 제외한 나머지 바깥쪽 공간을 Area Ⓑ라고 정의하였다. 또한 측정에 사용하는 비콘 신호의 송출세기는 0[dBm], 송출주기는 250[ms]로 설정하였다.

기존 방식으로 측정할 경우 전체 구간의 평균 n 값을 사용하였고, 제안방식에서는 3m를 기준으로 구간



그림 2. 열린 공간(좌)과 닫힌 공간(우)에서의 비콘 배치도
Fig. 2. Beacon layout in open space(left) and close space(right)

I(0m~3m), 구간 II(3m~8m)에 따라 n 값을 다르게 적용하였다. 닫힌 공간과 열린 공간 각각에서 기존의 방식과 제안방식을 적용하여 측정하고 거리계산을 수행한 각각의 결과를 거리오차 평균으로 비교하였고, 거리오차가 개선된 정도를 개선율로 나타내서 확인하였다.

표 1과 표 2에서는 각각 열린 공간과 닫힌 공간에서 제안방식의 성능을 기존 방식과 비교하였다. 표 1과 표 2에서 볼 수 있듯이 제안방식을 적용함으로써 기존 방식과 비교할 때 열린 공간에서는 평균 거리오차가 0.586[m]가 감소하였으며 개선율로는 36.79[%]가 좋아짐을 확인할 수 있었다. 또한 닫힌 공간에서는 평균 거리오차가 0.691[m]가 줄어들어 43.83[%]가 개선효과가 있었다.

위의 실험결과를 통해 열린 공간과 닫힌 공간 모두에서 제안방식을 적용하였을 때 기존 방식보다 평균 거리오차가 줄어드는 것을 확인할 수 있었다. 이것은 비콘으로부터 수신된 신호에 포함되어 있는 큰 변동성을 지닌 RSSI 값을 사전에 제거하여 데이터를 수집하는 것이 신뢰도 향상에 도움이 된다는 것을 의미한다. 또한 실내공간에서 거리에 따른 감쇄상수 n 값을 구간별로 적응적으로 각기 다른 값을 사용함으로써 거리오차 개선에 상당한 효과가 있음을 확인할 수 있었다.

제안방식을 적용하였을 때 열린 공간과 닫힌 공간 모두 area⑥의 개선율이 area④ 보다 우수하였다. 그 이유는 기존의 전체 구간에 단일 n 값을 적용하였을 경우에 주로 1m~3m 구간에서 큰 오차가 발생하였는데, n 값을 두 구간으로 나누어 적용하면서 송수신 거리가 3m이내가 많은 area⑥에서 오차가 많이 개선되

표 1. 열린 공간에서의 제안방식의 평균 거리오차[m]
Table 1. Average distance error[m] of the proposed method in open space

	기존방식	제안방식	개선율[%]
전체	1.593	1.007	36.79
area④	1.635	1.189	27.27
area⑥	1.559	0.861	44.78

표 2. 닫힌 공간에서의 제안방식의 평균 거리오차[m]
Table 2. Average distance error[m] of the proposed method in closed space

	기존방식	제안방식	개선율[%]
전체	1.575	0.884	43.83
area④	1.309	1.073	17.98
area⑥	1.725	0.778	54.87

었기 때문에 분석된다.

IV. 결 론

본 논문에서는 RSSI를 기반으로 실내측위를 수행할 때 생기는 문제점을 파악하여 오차를 개선하기 위한 방안을 연구하였다. 변동성이 매우 큰 RSSI 신호를 측정 단계에서 클리핑하여 배제시키고 구간별로 감쇄상수를 다르게 설정하여 거리오차를 줄이는 방법을 제안하였다. 실제 실내에서의 측정실험을 통하여 제안방식의 유효성을 확인하고자 하였으며, 측정 데이터를 비교 분석한 결과 기존 방식 대비 제안방식의 유효성을 검증할 수 있었다.

References

- [1] J. W. Yang, et al., "A distance estimation scheme based on WLAN RF properties for localization of mobile terminals," *J. KICS*, vol. 39, no. 7, pp. 449-458, Jul. 2014.
- [2] H. Ahn, T. V. Thuy, and Y. H. Lee, "Bluetooth beacon planing considering position estimation accuracy in small and isolated indoor environment," *J. KICS*, vol. 40, no. 7, pp. 1307-1312, Jul. 2015.
- [3] F. Zafari, A. Gkelias, and K. K. Leung, "A survey of indoor localization systems and technologies," *IEEE Commun. Surv. & Tuts.*, vol. 21, no. 3, pp. 2568-2599, Apr. 2019.
- [4] B. Yang, L. Guo, R. Guo, M. Zhao, and T. Zhao, "A novel trilateration algorithm for RSSI-based indoor localization," *IEEE Sensors J.*, vol. 20, no. 14, pp. 8164-8172, Jul. 2020.