

비콘의 신호 세기를 이용한 실내 위치 추적 정확도 개선에 관한 연구

박종형, 박두익, 염철민, 강진수, 원유재*
 충남대학교 컴퓨터공학과

e-mail: chrisangel2@naver.com, duikpark@naver.com,
 ymc12377@naver.com, kangjs1798@naver.com, yjwon@cnu.ac.kr

* Corresponding Author

A Study on Improvement of Indoor Positioning Accuracy Using Beacon Signal Strength

JongHyung Park, DuIk Park, CheolMin Yeom,
 JinSu Kang, YooJae Won*

Department. Computer Science, Chungnam National University

요 약

최근 사용자의 위치 정보를 기반으로 응용서비스를 제공하는 위치 기반 서비스가 각광 받고 있다. 그 중 실내 위치 정보 수집을 위한 방법 중 하나로 비콘을 사용하고 있다. 비콘을 이용하여 실내공간에서 사용자의 위치를 계산하는 방법은 비콘과 단말기와의 거리를 측정하고, 측위 알고리즘을 적용하여 단말기의 위치를 계산하는 것이다. 하지만 비콘이 단말기와의 거리를 측정하는데 사용하는 RSSI는 주변 환경에 영향을 많이 받아 측정 시 오차가 발생한다. 따라서 정확한 실내 측위를 위해서는 불안정한 RSSI를 보정할 필요가 있다. 본 논문에서는 RSSI의 오차 범위를 평균필터와 칼만필터, 그리고 신호의 정확도 개선 과정을 통해 보정하고 그 결과를 제시한다.

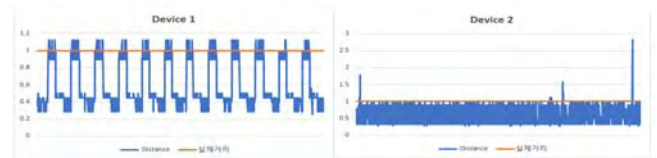
1. 서론

최근 고객의 위치를 기반으로 여러 가지 서비스를 제공해주는 위치기반서비스가 다양한 산업 분야에서 각광받고 있다. 위치기반서비스의 핵심 기술인 측위기술에는 일반적으로 GPS가 활용되고 있다. 하지만 실내 공간에서는 GPS 신호를 이용하여 위치를 찾아낼 수 없기 때문에 다른 방식의 측위 기술을 필요로 하고 있다.[1] 그 중 하나로 비콘을 사용하고 있다. 비콘은 블루투스 기술을 기반으로 근거리 내에 감지되는 단말기에 각종 정보와 서비스를 제공할 수 있는 무선 통신 장치를 말한다. 사용자가 비콘이 신호를 송신하는 특정 공간에 진입했을 때 스마트폰 어플리케이션을 통해 각종 서비스를 제공받을 수 있다.[2] 비콘을 이용하여 실내 공간에서 단말기의 위치를 알아내기 위해서는 3개 이상의 비콘과 단말기 사이의 거리를 측정하고 삼변측량법과 같은 측위 알고리즘을 적용하여 단말기의 위치를 계산해야 한다. 이 때 비콘과 단말기의 거리를 측정하기 위해서 비콘의 RSSI 신호를 이용한다.[3] 하지만 RSSI는 주변의 장애물 존재 여부, 날씨, 습도와 같은 주변 환경에 굉장히 민감하기 때문에 그대로 적용하여 단말기의 거리를 측정한다면 오차가 발생하고 이로 인해 실내 측위 시 계산한 위치 역시 신뢰도가 떨어진다.[4] 따라서 정확한 실내 측위를 위해서는 비콘과 단말기 사이의 거리가 정확하게 측정되어야 한다. 이를 위해 보정 알고리즘을 적용하여 RSSI의 오차를 개선해야 한다.

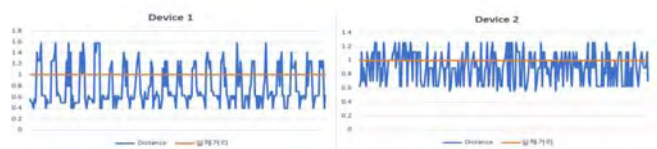
본 논문에서는 불안정한 RSSI 데이터에 필터 알고리즘을 적용하고 측정값과 실측값 사이의 관계를 찾아 근사시키는 과정을 거쳐 오차를 개선하는 연구를 진행하였다.

2. 일반 RSSI로 계산한 거리 데이터 분석

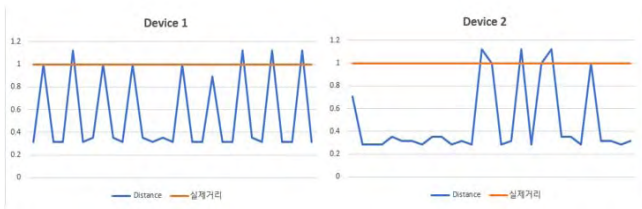
필터 알고리즘을 적용하기에 앞서 모바일 어플리케이션을 이용하여 비콘에서 수신한 RSSI로 계산한 거리를 분석하였다. 같은 시간 동안 비콘과 단말기 사이의 거리, 단말기의 종류, 비콘이 신호를 송신하는 주기를 변경하면서 RSSI를 측정하고 결과를 분석하였다.



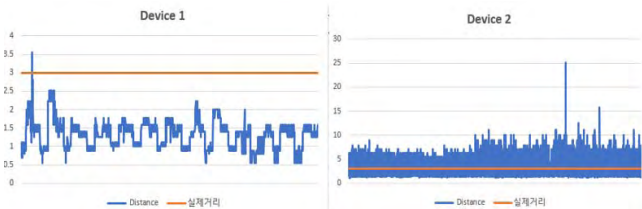
(그림 1) 거리1m, Interval 100ms



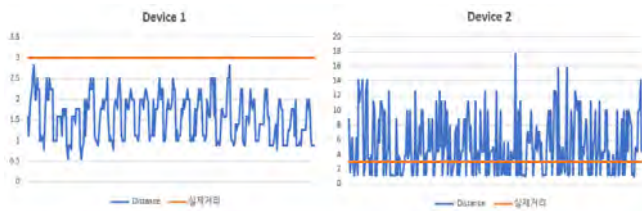
(그림 2) 거리1m, Interval 1000ms



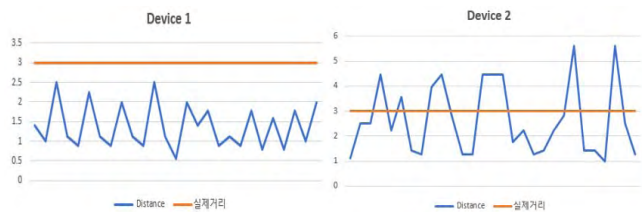
(그림 3) 거리 1m, Interval 10000ms



(그림 4) 거리 3m, Interval 100ms



(그림 5) 거리 3m, Interval 1000ms



(그림 6) 거리 3m, Interval 10000ms

그림 1은 1m의 거리에서 비콘 신호의 Interval을 100ms로 설정했을 경우의 측정 결과이다. 한 단말기에서는 주기적으로 일정한 측정 결과가 나타나고 다른 단말기에서는 부분적으로 불규칙한 데이터가 섞여 있는 등 서로 다른 결과가 나타나는 것을 확인할 수 있다. 이를 통해 측정에 사용하는 단말기마다 다른 측정 결과가 나타나는 것을 확인하였다. 그림2와 그림3은 같은 거리에서 Interval을 1000ms와 10000ms로 변경하고 거리를 측정된 결과이다. 이 경우 측정 결과에서 규칙성이 나타나지 않았다.

그림4, 그림5, 그림6은 비콘과 모바일기기의 거리를 3m로 하고 거리를 측정된 결과이다. 거리를 1m로 하였을 때 보다 오차가 큰 측정값들이 발견되었고, 불규칙한 결과가 나타나는 것을 확인하였다.

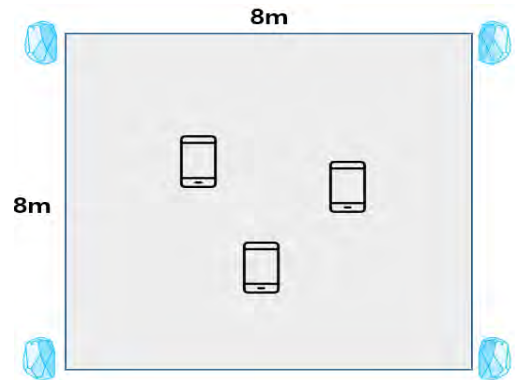
3. 필터 알고리즘을 이용한 RSSI 데이터 보정

측정한 RSSI를 그대로 이용하여 거리를 계산하면 불안정하고 오차가 큰 결과 값이 나타난다. 이러한 오차를 줄이기 위해 측정한 RSSI에 칼만필터와 평균필터를 적용하여 값을 보정하였다.[5]



(그림 7) 필터를 적용한 그래프와 오차가 큰 초깃값

그림 7은 필터 알고리즘을 적용하여 계산한 거리의 측정 결과이다. 필터알고리즘을 적용하지 않은 결과에 비해 실제 거리와 비슷한 값이 측정되었으나 필터의 초깃값으로 노이즈가 큰 값이 들어올 경우 평균 필터와 칼만 필터의 초기 가중치에 영향을 미치기 때문에 안정적인 측정값이 나올 때까지 시간이 소요되는 것을 확인하였다.



(그림 8) 모바일 기기의 위치 측정 환경

다음으로 필터 알고리즘을 적용하여 보정한 데이터로 실내 공간에서 모바일기기의 위치를 나타내었다. 모바일기기의 위치는 실제 공간을 2차원 평면으로 나타내고 그 위에 한 점으로 나타나도록 하였다. 그림 8과 같이 실험 공간의 모서리마다 비콘을 하나씩 설치하고 각 비콘이 신호를 방송하도록 하였다. 사용자의 모바일 디바이스에서 4개의 비콘 신호를 수신하고 가장 먼 거리의 비콘을 신호를 제외한 나머지 3개의 비콘과의 거리를 이용하여 삼변 측량을 적용하였다.

이 때 잡음이 큰 초깃값을 필터링 하기 위해 측정 초기에 측정 되는 몇 개의 RSSI 데이터를 보정하지 않고 수집한 후 비정상적으로 값이 높거나 낮은 데이터를 필터링하고 남은 값들의 평균값을 초기 측정값으로 사용하였다.

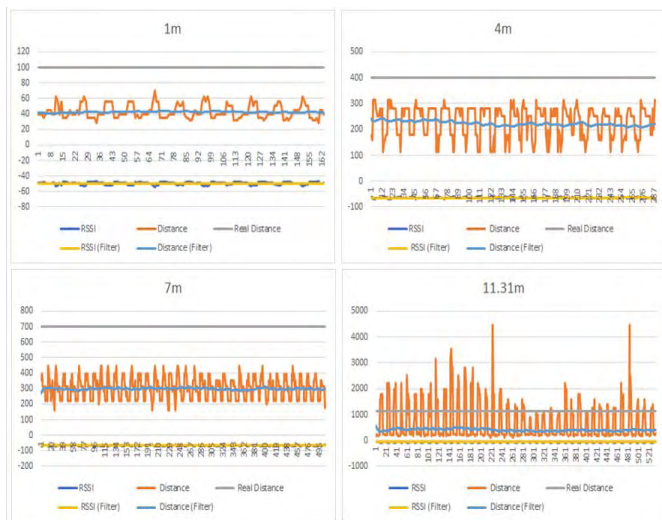
앞선 실험에서 기기마다 측정값이 다르게 나타나는 문

제가 발생했기 때문에 단말기와 비콘의 쌍마다 다른 관계식을 적용할 필요가 있었다. 앞의 측정 결과 비콘과 단말기의 거리를 증가시키며 측정된 거리의 증가량이 실제 거리의 증가량보다 작음을 알 수 있었다.

이를 보정하기 위해 필터 알고리즘 적용 후 조정과정을 한 번 더 진행하였다. 조정 단계에서는 비콘과 모바일기기의 실제 위치를 입력한 후 측정된 거리와 비교하여 두 값 사이의 방정식을 만든다. 각 비콘으로부터 측정된 거리와 실제 거리를 이용해 일차함수를 구하는 방법을 사용할 수 있지만 이는 증가폭을 정확히 반영할 수 없다. 따라서 증가폭을 반영할 수 있는 더 정밀한 방법이 필요하였다.

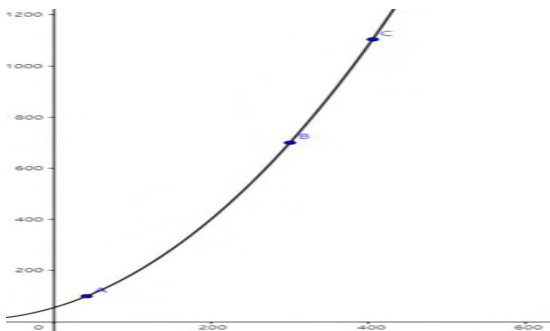
4. 측정값과 실제 값의 관계를 나타내는 그래프

앞의 측정 시 Interval이 1000ms일 때 가장 오차가 작았기 때문에 Interval을 1000ms로 설정하고 실험을 진행하였다. 필터 알고리즘을 적용한 결과는 그림 9와 같다. 1m의 경우 0.4m의 오차가 발생하였고, 4m에서는 2.2m, 7m 경우 3m, 11m에서는 4.05m의 오차가 발생하였다.



(그림 9) 필터 알고리즘을 적용한 거리 측정 결과

이 결과를 이용하여 그림 10의 그래프를 생성하였다.



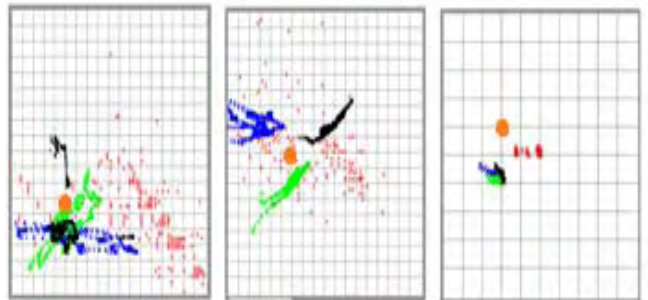
(그림 10) 실제 거리와 측정 거리의 관계

실제 거리와 측정되는 거리 사이의 관계를 그래프로 나타내고, 세 점을 지나는 방정식을 세웠다.

$$f(x) = \frac{(x - 300)(x - 405)}{(42 - 300)(42 - 405)} \cdot 100 + \frac{(x - 42)(x - 405)}{(300 - 42)(300 - 405)} \cdot 700 + \frac{(x - 42)(x - 300)}{(405 - 42)(405 - 300)} \cdot 1131$$

(그림 11) 세 점을 지나는 방정식

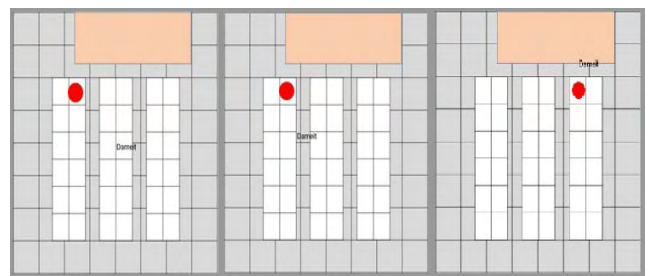
위의 방법들을 적용하여 실내 공간에서 단말기의 위치를 계산한 결과는 그림 12와 같다.



(그림 12) 서로 다른 측정방식과 단말기로 나타난 결과

그림 12에서 주황색 점은 단말기의 실제 위치를 나타내며 빨간색은 필터 알고리즘을 적용하지 않은 RSSI로 계산한 단말기의 좌표를 나타낸다. 파란색은 필터 알고리즘을 적용한 3개의 RSSI로 계산한 단말기의 좌표, 초록색은 필터 알고리즘을 적용한 4개의 RSSI로 구한 좌표의 평균 좌표, 검정색은 4개의 비콘 중 가까운 3개의 비콘으로부터 수신한 RSSI로 계산한 좌표이다. 단말기 3개를 이용하여 실내 공간의 위치를 측정하였는데, 측정 시 3번째 단말기를 토대로 오차방정식을 생성하였다. 그 결과 단말기 3은 실제 좌표와 거의 유사하게 좌표가 측정되는 것을 확인할 수 있었다.

위의 과정에서 비교적 신용도가 높은 4개의 비콘 중 거리가 가까운 3개의 비콘에 오차 방정식을 적용하였다.



(그림 13) 서로 다른 단말기에 오차방정식이 적용된 모습

그림 13은 사전에 실제 위치를 입력한 후에 그림의 빨간점의 위치에 단말기를 두고 측정을 수행한 결과이다. 측정 좌표를 사전에 입력받고 해당 위치의 좌표를 측정해 둘의 관계식을 만든 후 측정값을 식을 통해 실제 거리에 근사하도록 적용하였다. 그 결과 오차가 상당히 개선된 것을 확인할 수 있었다. 비콘과 단말기의 실험값으로부터 서로 다른 함수를 적용해야 하는 번거로움이 있으나, 이전

의 오차방정식을 적용하지 않은 결과보다 정확한위치 측정을 수행할 수 있었다.

5. 결론

본 논문에서는 평균필터와 칼만필터에 기반을 둔 필터 알고리즘과 측정값과 실측 값 사이의 오차방정식을 적용하여 RSSI의 오차 범위를 줄이는 방법을 제시하였다.

실내측위의 오차를 개선하기 위한 연구를 크게 두 가지 방법으로 나누어 진행하였다. 첫 번째는 보다 정확한 위치를 측정하는 계산법을 찾는 방법이고 두 번째는 장애물에 의한 간섭이 일어나는 환경에서 장애물이 측정에 미치는 영향을 최대한으로 줄이는 방법이다. 첫 번째의 경우 비콘과 단말기의 특성을 고려하여, 측정거리와 실제거리가 매칭된 이차방정식을 적용하여 측정값을 실제 거리에 근사시켰다. 두 번째의 경우 3개의 비콘을 사용하여 측정값들 중 오차가 크지 않은 값을 선별하는 방식, 4개의 비콘을 사용하여 측정값을 평균하는 방식, 4개의 비콘 중 상대적으로 오차가 적은 3개의 비콘을 선택하여 사용하는 방식들을 적용하였다.

이러한 과정으로 실내 공간에서 단말기의 위치를 측정하는 실험을 진행한 결과 보정을 거치지 않은 데이터를 이용하여 계산한 위치는 실제 위치와 약 8m 정도의 차이가 발생한 반면에 보정을 거친 데이터를 이용하여 계산한 위치는 실제 위치와 약 1~3m 정도 차이가 나는 것을 확인하였다.

그러나 개선된 계산법과 간섭을 피하기 위한 측정방식을 따르더라도, 이상적인 측정값을 도출하기 위해서는 각각의 비콘과 단말기에 서로 다른 조정 값을 대입해야하기 때문에 실험에 사용하는 비콘과 단말기의 수가 많아질수록 조정 값의 수 또한 크게 증가하는 한계가 있다.

향후연구에서는 오차를 개선하기 위해 사용하는 조정 값의 수를 줄이는 것을 연구할 계획이다.

Acknowledgement

“본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기술진흥센터의 SW중심대학지원사업의 연구결과로 수행되었음 (2015-0-00930)”

참고문헌

- [1]조영수, “실내의 연속측위 기술 동향”, 한국전자통신연구원, 전자통신동향분석, 22권 3호, pp.20~28, 2007.6
- [2]한국 인터넷 진흥원, “국내·외 LBS 산업 동향 보고서”, 2018
- [3]Y. Wang, X. Yang, Y. Zhao, Y. Liu, and L. Cuthbert, “Bluetooth positioning using rssi and triangulation methods,” Consumer Communications and Networking Conference (CCNC), 2013 IEEE, pp.837 - 842, IEEE
- [4]Q. Dong and W. Dargie, “Evaluation of the reliability of RSSI for indoor localization,” in Proc. International Conference on Wireless Communications in Unusual and Confined Areas (ICWCUCA), Aug. 2012.
- [5]김성필, “칼만필터의 이해”, 아진, pp. 75~80, 2010