Single-Anchor UWB 측위 알고리즘

오은섭, 고영배* 아주대학교, *아주대학교

Zlking2@ajou.ac.kr, *youngko@ajou.ac.kr

Single-Anchor UWB Localization Algorithm

Oh Eun Seob, Ko Young-Bae* Ajou Univ., *Ajou Univ.

요 약

본 논문은 태그와 앵커가 1:1 로 연결된 상황에서 UWB 기술을 사용하여 태그의 위치를 정확하게 측위하기 위한 방법을 제안한다. 기존에는 앵커와 태그 사이의 거리와 각도만을 이용하여 위치를 추정하는데 제안된 방법은 추가로 태그의 평균속도를 계산하여 측위 정확도를 향상시킨다. 실험 결과를 통해 제안된 방법이 실제 위치와 비교하여 거리와 각도만을 이용한 방법에 비해 속도 값을 추가한 경우 오차가 크게 감소한 것을 보여준다.

I. 서 론

최근, 실내에서 위치 기반 서비스를 제공하기 위하여 많은 무선 통신 기술들이 연구되고 있다. UWB 는 500MHz 이상의 매우 넓은 주파수 대역을 사용하여 lns 의 초단파 펄스로 전송되며 펄스의 지속 시간이 매우 짧기 때문에 최대 10cm 정도의 위치 정확도를 보여주어 실내에서 측위를 위한 기술로 관심 받고 있다[1].

기존 UWB 를 사용한 실내 측위 기술들은 충분히 앵커(Anchor)가 배치된 상황에서 앵커와 연결이 3 개이상인 환경에서 통신이 되는 상황을 고려하여 제안되었다. 하지만 실내에서는 다양한 요소로 인하여음영효과가 생기게 되고, 음영효과로 인하여 3 개이상의 앵커에 연결되지 않아 위치 정보를 정확하게 알수 없는 문제가 있다. 따라서 적은 수의 앵커로 측위가능한 기술들의 연구가 필요하다.

관련 연구로 [2]에서는 UWB 와 IMU 장치를 같이 사용하여 앵커의 수가 3개 미만인 상황에서도 머신러닝기법과 EKF 를 사용하여 높은 위치 정확도를 달성하는 것을 보여준다. 하지만 IMU 장치가 추가되면 더 정확한 측위가 가능하지만 추가적인 비용과 계산이 복잡해지는 문제가 있다. 또 다른 연구로는 앵커가 1 개인 경우, DW3001 칩을 사용하면 앵커와 태그 간 거리와 신호의 각도를 알 수 있다[3]. 하지만 거리와 신호의 각도에는 오차가 있기 때문에 AOA 의 정확도가 낮은 한계가 있어 정확한 위치를 여전히 알 수 없다는 단점이 있다[4].

본 논문에서는 태그와 연결된 앵커가 1 개인 상황에서 단일 UWB 장치로 위치 정확도를 높일 수 있는 방법을 제시한다. 기존 거리와 앵커와 태그 간 통신 신호의 각도만으로 정확한 위치가 알 수 없지만, 지속적인 통신을 하여 태그의 움직이는 속도를 계산하여 사용하여 앵커가 1 개인 상황에서 측위 정확도를 높이는 방법을 제안한다.

Ⅱ. 본론

본논문에서는 통신이 가능한 앵커의 개수가 1 개 인 상황에서, AOA로 계산되는 태그와 앵커의 각도, 거리 값, 속도를 통하여 측위 정확도를 높일 수 있는 방법을 제안한다. Fig 1 은 본 제안 기법의 구조를 나타낸다.

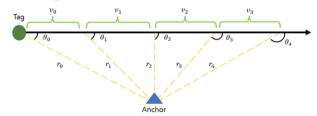


Figure 1. 제안 방법의 구조

목표는 위치가 알려져 있지 않은 Tag 디바이스의 위치를 구하는 것이다. 2 차원 측위를 위해서는 앵커 디바이스가 최소 3개가 필요하다. 하지만, 태그와 통신할수 있는 앵커 디바이스가 3 개 미만인 경우 거리 측정은 가능하나 오차가 발생하여 정확한 위치를 알 수 없다. 이를 해결하기 위하여 고정된 위치(x_A, y_A)에 있는 앵커 디바이스와의 통신을 시작하여 거리와 각도를 측정한다.

속도를 구하는 방법은 앵커와 태그의 거리와 고정된 앵커의 좌표 정보를 사용하여 피타고라스를 통해 태그의 x 축에 대한 좌표를 알 수 있고, 일정한 시간동안 움직인 태그의 거리 값을 리스트로 저장하여 현재 이동한 거리와 전에 이동한 태그의 거리 값을 빼고 통신 간격으로 나누어 Tag 의 속도를 계산한다.

$$current_{-} t_{r} = \sqrt{r_{n}^{2} - y_{a}^{2}}$$
 (1)

$$Vn = \frac{(current_{t_x} - prev_{t_x})}{time}$$
 (2)

속도의 오차를 줄이기 위하여 수집된 속도 값 5 개의 평균을 구한다.

$$Average_Speed = \frac{(V_0 + V_1 + \dots + V_n)}{5}$$
 (3)

태그는 Fig3 와 같은 알고리즘을 통해 자신의 위치를 찾을 수 있다.

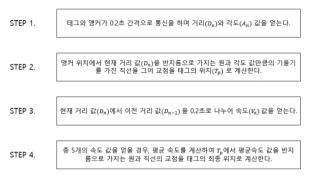


Figure 2. 제안하는 측위 기법 알고리즘

STEP 2 에서 진행되는 과정은 아래의 식과 같다.

$$y = A_n * x - y_A \tag{4}$$

$$(x - x_4)^2 + (y - y_4)^2 = D_n^2$$
 (5)

위의 (4),(5)을 이용하여 하나의 교점 (x_1, y_1) 을 알 수 있다.

교점에서 평균 속도 값을 반지름으로 가지는 원과 직선의 교점(x_2 , y_2)을 선택하여 태그의 좌표로 한다.

$$(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 = Average_Speed^2$$
 (6)

Fig1 의 Tag 의 위치를 구하기 위해 위의 알고리즘을 적용하고, 최종적으로 식(5)와 (1)의 교점을 구하여, 높은 정확도로 태그 위치를 알 수 있다.

Ⅲ. 성능평가

실험은 Qorvo 의 DWM3001c 디바이스 1 기와 아이폰 11pro max 에 장착된 UWB 칩을 활용할 수 있는 Qorvo Nearby Interaction 앱을 사용하여 진행하였다.

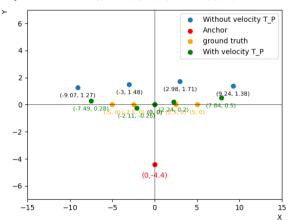


Figure 3. Tag 의 측위 결과

Fig2 는 특정 지점에서 실측 값, 통신을 통한 거리와 각도 값을 사용한 측위 결과, 평균 속도 값을 활용한 측위 결과를 비교하여 오차를 보여준다.

빨간색 점은 실제 앵커가 설치된 곳의 좌표 값, 노란색점은 실제 통신과 각도를 측정한 위치의 좌표 값이다. 파란색 점은 태그와 앵커간 거리 값으로 원으로 그리고 각도 값을 기울기로 가진 앵커와 태그의 직선을 그렸을 때 교점을 초록색 점은 속도 값을 원으로 그리고 직선의 교점을 나타낸 것이다.

실체 위치와 비교하였을 때, 속도 값을 포함하지 않고 측위의 경우 실제 위치와 큰 오차를 보이고 있으며, 속도 값을 추가한 경우 실제 위치와 비교하였을 때 작은 오차를 보이고 있는 것을 확인할 수 있으며, 제안 기법과 비교할 기법의 성능을 비교하면 Fig4와 같다.

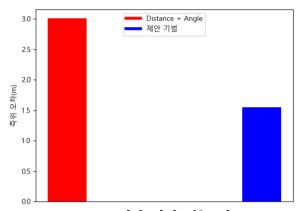


Figure 4 제안 기법 성능 비교

위의 그림에서 빨간색 막대는 비교할 기법의 평균 거리 오차, 파란색 막대는 제안기법으로 측정한 평균 거리 오차, 초록색 막대는 제안기법과 비교할 기법의 성능 비교를 나타낸다.

Ⅳ. 결론

본논문에서는 LOS로 존재하는 앵커가 1개인 상황에서 오차가 크게 발생하여 태그의 위치를 정확하게 알 수 없는 문제를 해결하기 위한 기법을 제안하였다. 거리와 각도를 사용한 방법과 평균 속도 값이 추가된 기법을 비교하였 때, 오차가 많이 차이가 나는 것을 확인하였다. IMU 장치와 합쳐진 UWB 시스템과의 비교는 결과를 보여주지 못했기 때문에 추후 연구를 통해 보강할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 지원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF2020R1A2C1102284).

참고문헌

- [1] Zafari, Faheem, Athanasios Gkelias, and Kin K. Leung.
 "A survey of indoor localization systems and technologies." IEEE Communications Surveys & Tutorials 21.3 (2019): 2568-2599.
- [2] Feng, Daquan, et al. "An Adaptive IMU/UWB Fusion Method for NLOS Indoor Positioning and Navigation." IEEE Internet of Things Journal (2023).
- [3] Coppens, Dieter, et al. "An overview of uwb standards and organizations (ieee 802.15. 4, fira, apple):

 Interoperability aspects and future research directions."

 IEEE Access (2022).
- [4] Qorvo DWM3001C Data Sheet.pdf