

UWB TWR 기반 삼변 측위 알고리즘에 관한 연구

김종연, 성상모, 정재일*

한양대학교 융합전자공학과, 한양대학교 융합전자공학과, *한양대학교 융합전자공학과

duelking11@hanyang.ac.kr, smsung@hanyang.ac.kr, *jjjung@hanyang.ac.kr

An Study on the Application of Indoor Localization Algorithm based on UWB TWR using Trilateration method

Kim Jong Yeon, Sung Sang Mo, Jung Jae Il*

Department of Electronic Engineering, Hanyang Univ., Department of Electronic Engineering, Hanyang Univ.,

*Department of Electronic Engineering, Hanyang Univ.

요 약

본 논문은 삼변측량법을 사용한 초광대역 양방향 범위(TWR) 기반 현지화 알고리즘에 대한 실험 결과를 제시합니다. DWM3000 UWB 장비(태그 1개, 앵커 3개)를 사용하여 거리 데이터를 측정합니다. UWB 거리 측정 결과의 3개 거리 데이터를 사용하여 위치 좌표를 확인합니다. 따라서 본 연구의 전반적인 목표는 태그의 위치 좌표를 실시간으로 효과적으로 얻을 수 있는 실험을 제안하는 것입니다.

I. 서론

널리 사용되는 Global positioning system(GPS) 신호는 야외 위치 측위 시에 약 20m의 오차 범위를 가진다. [1] 실내 위치 측위에서 GPS 신호는 사용자 위치를 감지하기 어렵고 범위 오류가 더 높으나 UWB(Ultra Wide Band) 신호를 사용한 측위는 실내 측위를 위한 정확한 위치 결과를 제공합니다. UWB 기반 측위에서 위치 측위 정확도는 UWB 펄스의 time of arrival(ToA)에 기반한 UWB 앵커와 UWB 태그 사이의 거리 추정에 따라 달라집니다. [2] 앵커와 태그는 UWB 신호를 통해 통신하며 UWB 신호의 TOA는 앵커로부터 사용자의 거리를 추정하는데 사용됩니다. [3]

이 논문은 삼변측량법을 사용한 UWB Two-way Ranging(TWR)을 기반으로 하는 실내 측위 알고리즘에 대한 실험 결과를 제시합니다. 우리는 경험을 수행하면서 고려한 삼변측량 모델, 칼만 필터 알고리즘 등을 사용했습니다. 우리는 30cm 이내의 실내 측위 결과를 보여주었습니다.

II. 본론

A. TWR 거리 측정 모델

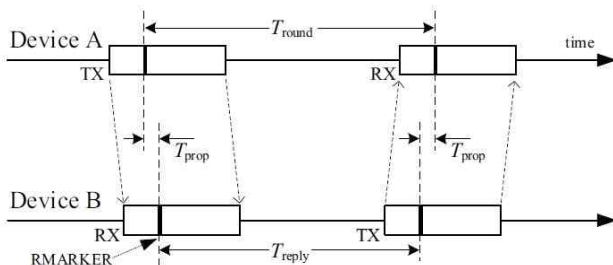


Fig.1 Operation of SS-TWR [4]

SS-TWR(Single Sided Two-Way Range)에는 한 장치에서 다른 장치로 전송되는 단일 메시지의 왕복 지연 측정과 원래 장치로 다시 전송되는

신호 응답이 포함됩니다. SS-TWR의 작동은 Fig.1에서 디바이스 A는 교환을 시작하고 디바이스 B는 교환을 완료하기 위해 응답합니다. 그리고 \hat{T}_{prop} 는 디바이스 간의 RMARKER의 전파 시간입니다. [4]

$$\hat{T}_{prop} = \frac{1}{2}(T_{round} - T_{reply}), \quad (1)$$

물체 사이의 거리를 계산할 때, 두 장치의 거리는 다음과 같이 표시되도록 요구되는 속도와 시간의 곱으로 표현이 가능하다.

$$distance = \hat{T}_{prop} * c, \quad (2)$$

이때, c 는 빛의 속도이다.

B. 삼변측량 알고리즘

삼변측량법의 원리로 이동체의 경우 'UWB Tag', 고정 액세스 포인트(AP)의 경우 'UWB Anchor'를 사용하여 공통된 방식을 적용한다. 삼각측량은 삼각형의 기하학적 구조를 기준으로 둘 이상의 기준점과 측정하고자 하는 이동 물체까지의 거리를 이용한 측정 방법이다. 이 삼변측량법에 는 세 가지 이상의 참조가 필요합니다. [5]

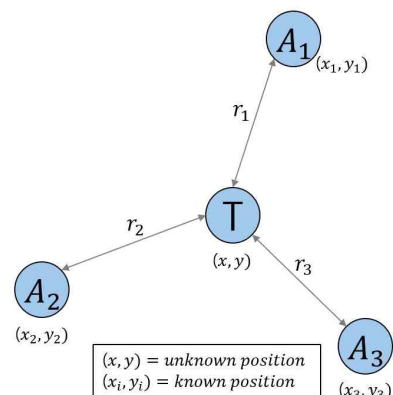


Fig.2 Structure of trilateration algorithm

$$x = \frac{(r_2^2 - r_1^2 - x_2^2 + x_1^2 - y_2^2 + y_1^2)(2(y_2 - y_1)) - (2(y_3 - y_2))(r_1^2 - r_2^2 - x_1^2 + x_2^2 - y_1^2 + y_2^2)}{(2(y_2 - y_1))(2(x_3 - x_2)) - (2(y_3 - y_2))(2(x_2 - x_1))}$$

$$y = \frac{(r_2^2 - r_1^2 - x_2^2 + x_1^2 - y_2^2 + y_1^2)(2(x_2 - x_1)) - (2(x_3 - x_2))(r_1^2 - r_2^2 - x_1^2 + x_2^2 - y_1^2 + y_2^2)}{(2(x_2 - x_1))(2(y_3 - y_2)) - (2(x_3 - x_2))(2(y_2 - y_1))}$$

C. 실험 준비

우리는 데이터 수집을 위해 Qorvo에서 제공한 DWM3000 UWB 칩을 사용했습니다. DWM3000은 태그와 앵커로 수행할 수 있기 때문에 펌웨어가 1개의 태그와 3개의 앵커로 작동하도록 플래시되었기 때문에 태그-앵커 사이의 거리는 UWB ranging을 사용하여 측정됩니다.

UWB 범위에서 측정된 위치에 칼만 필터를 적용하여 실제 움직임과 측정된 위치 사이의 보정을 수행하여 데이터를 수집합니다. 실험적인 구성은 그림3과 같다.

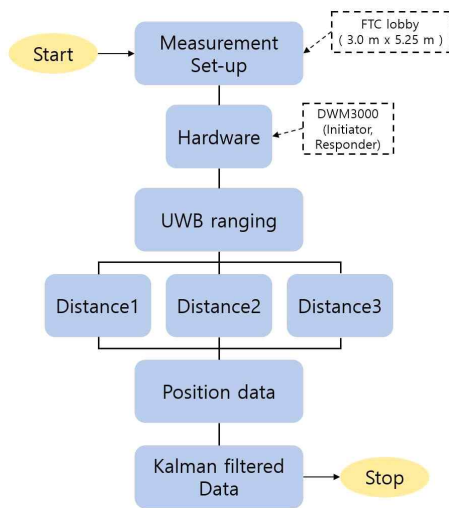


Fig.3 Experimental flow chart how this paper do the simulation using UWB

III. 결론

UWB를 이용하여 물체의 위치를 결정하는 실험을 진행하였으며, 실험은 그림 3과 같은 Flow chart에 따라 진행되었고 다음과 같은 결과를 얻었다. 가로 1.8m, 세로 2m의 공간에서 사각형으로 이동하여 실시간으로 실험을 진행하였으며, 도 5의 결과를 얻었다. 실제 이동과 측정된 이동 사이에 오차가 있었음에도 칼만 필터를 이용하여 보정하였으며, 그 결과 평균 오차는 x 0.29m와 y 0.28m의 오차범위 내에서 0.3m 이내로 나타났다.

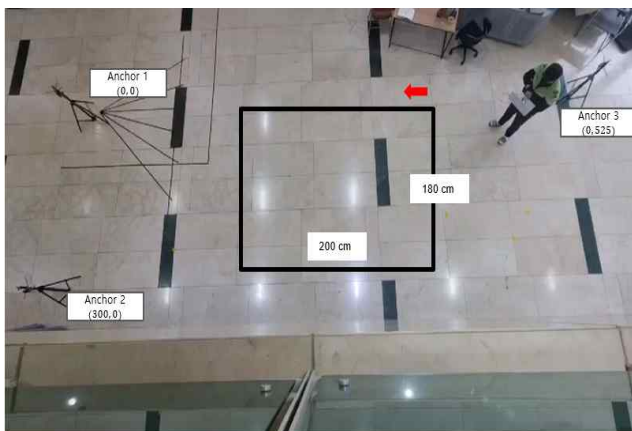


Fig.4 Experimental environment

본 실험 시뮬레이션 결과에 따르면, DWM3000 장비를 사용하면 실제 움직임과 시뮬레이션 위치 결정 데이터의 차이가 30cm 미만으로 나타났다. 평균 오차율은 x 값 0.2924m, y 값 0.2855m이므로 태그의 이동 위치를 지정하는 데 유용합니다.

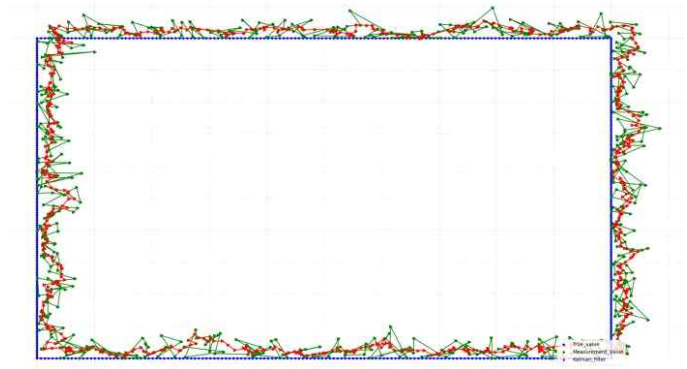


Fig.5 Experimental result square movement

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2023년도 '4단계 두뇌한국21 사업(4단계 BK21 사업)'에 의하여 지원되었음

참 고 문 헌

- [1] J.Kang and et al., "Accuracy Analysis of GPS Absolute Positioning," Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography v.19 no.1, 2001년, pp.1 - 8
- [2] A. Poulou and D. Han, "Uwb indoor localization using deep learning lstm networks," Applied Sciences, vol. 10, p. 6290, 09 2020
- [3] M. Navarro, S. Prior, and M. Najar, "Low complexity frequency domain toa estimation for ir-uwv communications," in IEEE Vehicular Technology Conference, 2006, pp. 1 - 5
- [4] "Ieee standard for low-rate wireless networks - amendment 1: Enhanced ultra wideband (uwb) physical layers (phys) and associated ranging techniques," IEEE Std 802.15.4z-2020 (Amendment to IEEE Std 802.15.4-2020), pp. 1 - 174, 2020.
- [5] J. Lee and et al., "Common chord based trilateration correction algorithm and hybrid positioning system development," Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering, p. 448 - 458, 2020.