

UWB 모바일 폰을 이용한 고정밀 실내 측위 시스템

성상모, 정재일*

한양대학교 융합전자공학과, *한양대학교 융합전자공학과

smsung@hanyang.ac.kr, *jijung@hanyang.ac.kr

UWB Mobile Phone based High Precision Indoor Positioning System

Sung Sang Mo, Jung Jae Il*

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

요 약

본 논문은 UWB 모바일 폰을 이용한 고정밀 실내 측위 시스템을 소개한다. 측위 시스템에서 사용된 UWB Tag는 Apple사의 모바일 폰 1대, Anchor는 Qorvo사의 DWM3000 장비 3대를 사용했고, TWR에서 모바일 폰은 Initiator, DWM3000은 Responder의 역할을 수행한다. SS-TWR을 통해 3개의 거리 데이터를 계산하고, 칼만필터를 통해 보정한다. 보정된 거리를 Trilateration Positioning 알고리즘에 적용하여 위치를 계산하고, 다시 칼만필터를 통해 위치를 보정한다.

I. 서 론

UWB(Ultra Wide Band)는 500MHz이상의 대역폭을 사용하는 무선통신 혹은 중심 주파수의 20% 이상의 대역폭을 갖는 통신기술을 말한다[1]. 넓은 대역폭을 사용하기 때문에, 시간 영역에서 짧은 펄스폭을 이용하여 고해상도의 다중경로에 의한 신호 판단이 가능하다.

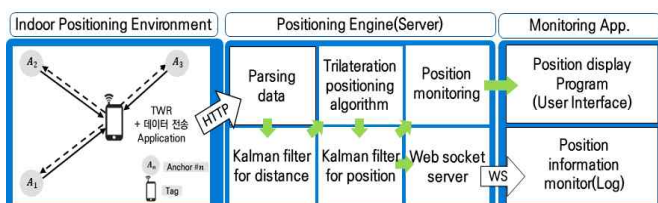
또한, UWB는 신호의 ToA(Time of Arrival)를 통해 거리를 계산하는데, 이는 신호 세기에 의존하는 타 무선통신과 달리 시간 정보를 이용하여 장애물이나 다중경로에 강인하기 때문에 타 통신기술에 비해 높은 Ranging 정확도를 갖는 것을 가능하게 한다.

이러한 특성으로 UWB는 높은 거리 측정 정확도를 요구하는 모바일 폰, 도어락, 스마트 태그, 자동차 키 등과 같은 서비스에 적용되고 있다. 최근에는 거리 측정 뿐만 아니라, 실내 내비게이션, 실내 위치 관제 등과 같은 고정밀 실내 측위에 대한 연구로 확장되었다[2-5].

본 논문에서는 UWB 모바일 폰 기반 고정밀 실내 측위 시스템을 소개한다. 본 논문은 UWB 기반의 실내 측위 시스템 구조, 실험 환경, 실험 결과 및 결론으로 구성된다.

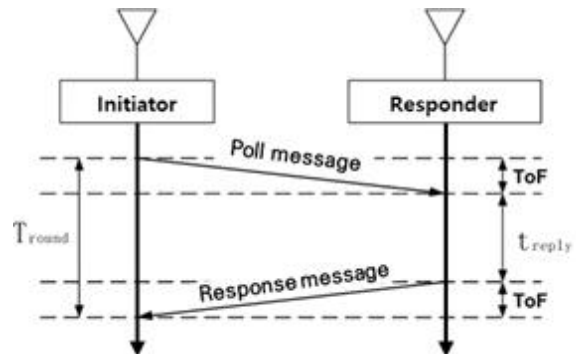
II. UWB 모바일 폰 기반 실내 측위 시스템

UWB 모바일 폰 기반 실내 측위 시스템은 크게 실내 측위 환경, 측위 서버, 위치 모니터링 어플리케이션으로 구성된다. UWB 실내 측위 환경을 구성하기 위해 Qorvo사의 DWM3000 모듈 및 Apple사의 iPhone을 사용하였다. 거리 데이터는 SS-TWR 방식으로 측정하고, 측정된 거리 데이터는 Trilateration positioning 알고리즘에 적용되어, 위치를 계산한다. 전체 시스템 구성도 및 동작 절차는 [그림 1]과 같다.



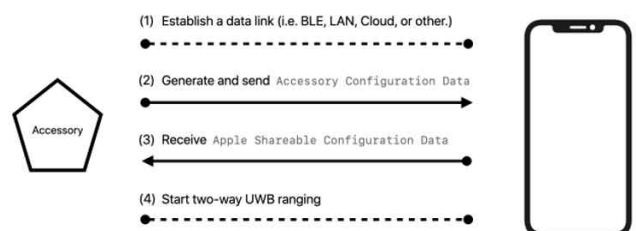
[그림 1] UWB based indoor positioning system architecture

실내 측위 환경에서 모바일 폰과 각 Anchor들과의 SS-TWR은 Initiator인 모바일 폰에서 Responder인 UWB Anchor로 Poll Message를 전송하고, Poll message를 수신한 Anchor에서 Tag에 Response 한다. 이 과정에서 각 Message의 전송, 수신 시간을 통해 ToF(Time of Flight)를 계산하고, ToF에 전파 속도를 곱하여 거리를 계산한다. SS-TWR의 절차는 [그림 2]와 같다.

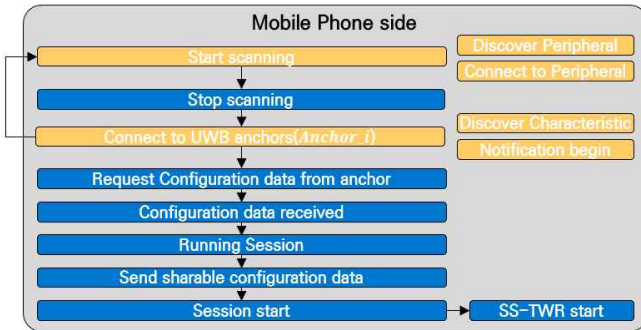


[그림 2] SS-TWR(Single-sided Two-way Ranging) 동작 절차

모바일 폰과 Anchor간에 TWR을 위해서 모바일 폰 제조사에서 제공하는 NI(Nearby-Interaction) 펌웨어를 적용한다. NI는 Apple사에서 제공하는 UWB Third Party Device와 UWB 모바일 폰의 UWB 통신 인터페이스이다. NI의 동작 절차와 Mobile Phone 측의 TWR 준비 절차는 각각 [그림 3], [그림 4]와 같다.



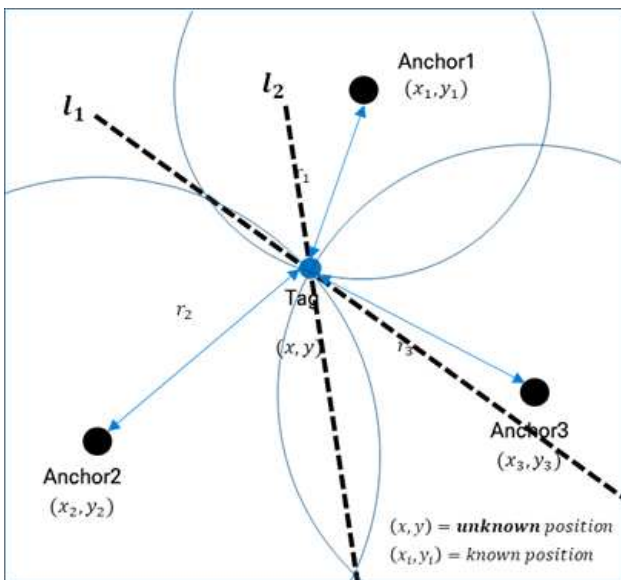
[그림 3] Nearby Interaction 동작 절차



[그림 4] NI functional architecture on mobile phone side

안정적인 측위 결과를 위해서 칼만 필터를 통해 모바일 폰과 UWB Anchor 간의 TWR을 통해서 얻은 거리데이터에 포함된 노이즈를 제거한다. 칼만 필터의 시스템 모델로 등속도 운동 모델을 선정했다.

Anchor로부터 얻은 3개의 보정된 거리데이터 r_1, r_2, r_3 를 Trilateration positioning 알고리즘에 적용하여 위치 데이터를 얻는다. Trilateration positioning 알고리즘은 [그림 5]와 같이 Anchor의 위치 x_i, y_i 를 중심으로 r_i 를 반지름으로 갖는 3개의 원을 생성하고, 한 쌍의 원을 지나는 교점을 잇는 직선의 방정식 l_i 을 구하고, 두 직선의 교점으로 위치를 결정한다.



[그림 5] Trilateration 기반의 위치 결정 방식

Trilateration positioning 알고리즘에 의해 결정된 위치에 다시 칼만필터를 적용하여 위치 데이터의 Outlier를 방지한다. 위치 보정을 위한 칼만필터의 시스템 모델은 등가속도 운동 모델을 적용한다.

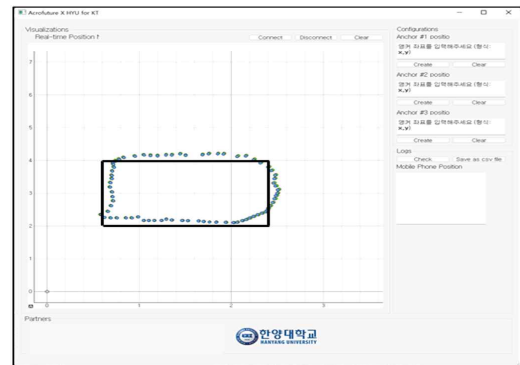
III. 실험 결과

실내 측위 시스템의 측위 실험 환경은 [그림 6]과 같다. 실험은 3개의 고정된 위치에 UWB Anchor를 설치하고, 모바일 폰을 손에 휴대한 상태로 이동한다. 측위 서버에서 계산된 모바일 폰의 측위 결과는 모니터링 어플리케이션에 표출된다.



[그림 6] 실내 측위 시스템 실험 환경

[그림 7]은 실내 측위 시스템의 위치 표출을 위한 어플리케이션을 나타낸다. 흑색 선은 이동궤적을 나타내고, 청색 점은 측위 결과를 나타낸다.



[그림 7] UWB 단말 모니터링 프로그램

IV. 결론

본 논문에서 UWB 모바일 폰의 실내 측위를 위해 모바일 폰과 상용 UWB Device간의 Ranging을 통해 얻은 거리 데이터와 거리 데이터를 측위 알고리즘에 적용하여 위치를 결정하는 실내 측위 시스템을 구축했다. 공항, 백화점 등과 같은 대규모 실내 측위를 위해, 향후 본 연구를 다수의 Anchor, Tag로 구성된 실내 측위 환경에 대한 측위 기술 연구로 확장할 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 2023년도 '4단계 두뇌한국21 사업(4단계 BK21 사업)에 의하여 지원되었음

참고 문헌

- [1] Thakare, R. and Kulat, K "ANALYSIS OF DATA RATE TRADE OFF OF UWB COMMUNICATION SYSTEMS", International Journal of Advances in Engineering & Technolog, pp. 165-171, March, 2013.
- [2] A. Bahr, A. Feldman, J. Colli-Vignarelli, S. Robert, C. Dehollain, and A. Martinoli, "Modeling and bench- marking ultra-wideband localization for mobile robots," in 2012 IEEE International Conference on Ultra-Wideband (ICUWB), Syracuse, NY, Sep. 2012, pp. 443-447.
- [3] A. R. Jiménez, F. Seco, "Comparing decawave and bespoon UWB location systems: Indoor/outdoor perfor- mance analysis," in Proceedings of the 2006 International Conference on Indoor Positioning Indoor Navigation(IPIN), Alcalá de Henares, Oct. 2016, pp. 1-8.
- [4] J. H. Choi, J. E. Kim, and K. T. Kim, "People counting using IR-UWB radar sensor in a wide area," IEEE Internet Things Journal, vol. 8, no. 7, pp. 5806-5821, Apr. 2021.
- [5] A. Chehri, P. Fortier, and P. M. Tardif, "Uwb-based sensor networks for localization in mining environments," Ad Hoc Networks, vol. 7, no. 5, pp. 987-1000, 2009.