

UWB 핑거프린팅 및 TDoA 기반 실내 측위 알고리즘 연구

서효승*, 이준범*, 민진기*, 송동혁*, 김현정*, 손봉기**, 이재호****

*서원대학교 정보통신공학과

**서원대학교 컴퓨터공학과

****e-mail : izeho@seowon.ac.kr

A Study of Indoor Positioning Algorithm Based on UWB Fingerprinting and TDoA

Hyo-Seung Seo*, Joonbeom Lee*, Jin gi Min*, Dong Hyuk Song*,
Hyeon jung Kim*, Bong-Ki Son**, Jaeho Lee*

*Dept. of Information and Communications Engineering, Seowon University

**Dept. of Computer Engineering, Seowon University

요 약

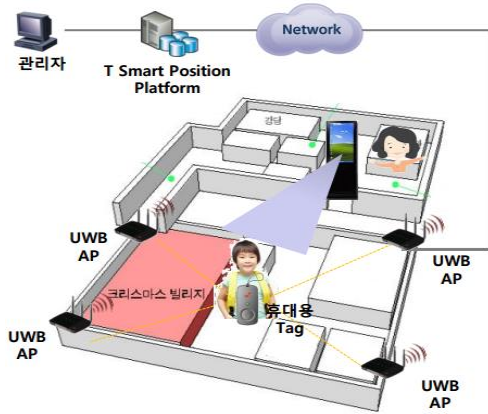
실내 위치 인식 기술은 Wi-Fi, Bluetooth Low Energy 등 여러 기술을 통해 시도되어 왔으며, 실내 위치 인식 시스템의 상용화가 급증하는 추세이다. 대표적인 실내 측위 시스템인 Wi-Fi 기반 실내 측위는 고출력으로 넓은 범위에 서비스를 제공해주지만, 각 AP 마다 파워 출력이 다르기 때문에 위치 인식 측면에서의 오차가 발생하고, Bluetooth Low Energy 기반 실내 측위는 10m Cell 내에서는 정확한 인식이 가능하지만, 10m 거리 밖 오차는 매우 크다. UWB(Ultra Wide Band)[1][2][3]는 저전력으로, 3.1~10.6GHz의 대역을 이용하여, Wi-Fi의 10 배 이상의 속도로 데이터를 전달한다. 이때, 데이터 전달에 사용되는 전파신호는 레이더 신호와 유사한 특징을 가져 거리측정에 사용될 수 있으며, 실내 측위 시 15cm 이내의 정확도를 가진다. 본 논문에서는 UWB의 광대역을 이용한 핑거프린팅과 정밀 측위를 위한 TDoA 기법을 이용한 정밀 실내 측위 알고리즘을 제안한다.

1. 서론

최근 위치 인식 기반의 시장은 큰 활력을 받아 수요량이 대폭 늘어나고 있으며, 실내·외 측위 기술로는 GPS, Bluetooth Low Energy, Wi-Fi, Magnetic 등 다양한 기술이 상용화되고 개발 중에 있다. 하지만 현재 실내 측위 시스템은 구축비용, 유지비용, 기술적인 문제 등의 이유로 모든 건물에 상용화 시키기엔 많은 문제점들이 있다.

기존 대표적인 실내 측위인 Wi-Fi는 넓은 범위에 서비스를 제공할 수 있는 장점이 있으나, 높은 유지비용과 Bandwidth가 overlap되어 정밀 위치 인식이 힘들다는 문제점이 있으며, Bluetooth Low Energy는 10m Cell 안에서 정밀 위치 인식이 가능하고, 배터리로 2년간 유지보수를 할 필요가 없는 장점이 있지만, 하나의 비콘이라도 손상이 된다면 위치 인식이 어려워지는 단점이 있다.

본 논문에서 제안하는 기술은 UWB 기술이다. UWB 기술은 단거리 구간에서 넓은 주파수 대역을 통해 많은 양의 데이터를 전송하기 위한 무선 기술로서, 변복조 기능이 필요 없다. UWB는 저전력으로 Wi-Fi의 10 배 정도의 대용량 데이터를 전달 가능하며, 데이터 전달에 사용되는 전파신호는 레이더 신호와 유사한 특징을 가지므로 거리 측정에 활용이 가능하다. UWB의 핵심은 실내 측위에서 15cm 이내의 정확도를 가졌으며, RFID에 비해 신호 도달거리가 긴 것이다. 그리고 Bluetooth와 같이 piconet을 지원할 수 있어, LAN에 활용되는 기술을 대체할 잠재력을 지녔다. SK텔레콤에서 2014년도에 양주 소재 필룩스 조명박물관에 UWB 기반의 측위 시스템을 상용화했다고 발표했다. 그림 1은 T Smart Position 상품의 조감도이며, 스페인 바르셀로나에서 열린 ‘모바일월드콩그레스(MWC)’에도 UWB 기반 측위 기술을 소개했다.

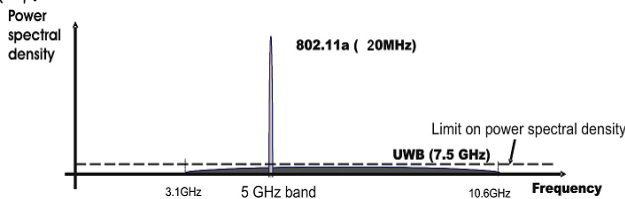


(그림 1) SK 텔레콤 UWB 측위 기술 상용화[4]

	네트워크속도	보안 여부	인식 거리	위치 정확도
Wi-Fi	1~11Mbps/s	매우 좋음	2~5m	Up to 100m
Bluetooth	1Mbit/s	매우 좋음	10m	Range
RFID	N/A	-	-	-
UWB	40~60Mbps/s	-	30ft	6in
IR	-	-	10~30cm	Room Level
IrDA	16Mbps/s	좋음	1~3m	Range

(그림 2) 센서별 실내측위 스펙 및 성능비교[1]

그림 2은 센서별 실내측위 스펙 및 성능을 비교해 놓은 것으로, UWB가 다른 센서에 비해 높은 위치 정확도를 나타내는 것을 볼 수 있다. 그림 3은 Wi-Fi와 UWB의 대역폭과 전력소모를 보여준다. 먼저 Wi-Fi를 볼 수 있는데, Wi-Fi는 5GHz Band에서 20MHz 정도의 좁은 대역을 가졌으며, 높은 전력소모를 보여준다. 반면 UWB는 3.1~10.6 GHz(7.5 GHz 범위)의 넓은 대역을 가졌으며, 저전력이라는 장점을 명확히 볼 수 있다.



(그림 3) UWB & Wi-Fi 대역[5]

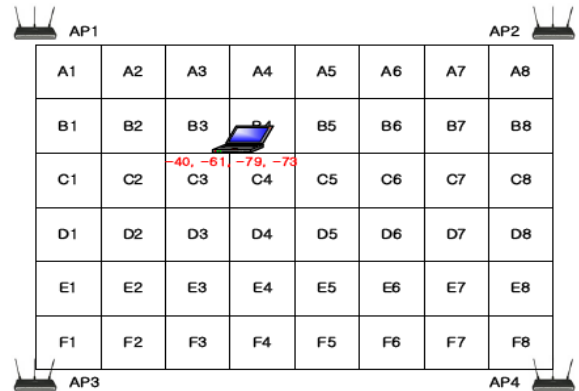
본 연구에서는 Wi-Fi와 BLE의 단점을 보완한, UWB의 넓은 대역을 이용한 UWB 기반 핑거프린팅 기법과 TDoA 측위 기법을 이용한 실내 측위 시스템을 제안한다.

2. 제안하는 핑거프린팅 및 TDoA 기법

2.1. 기존 핑거프린팅 기법

핑거프린팅 기법은 공간상의 특정 위치에 기록된 RSSI(Received Signal Strength Indicator)의 패턴을 이용한 측위 방식으로, GPS가 무용지물인 실내에서 사용된다. 이때 RSSI 패턴을 이용하는 이유는 실내환경(시간 별 건물내 인구밀도, 가구의 위치, 벽, 파티션 위

치 등)에 의해 위치마다 다른 RSSI 값을 가진다.

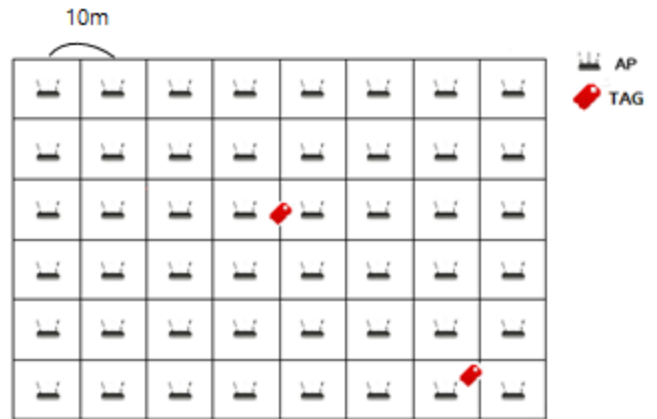


(그림 4) 핑거프린팅 기법 예시[6]

그림 4은 4대의 AP로 핑거프린팅을 수행하는 환경을 도식화하였다. 각 edge에는 AP가 설치되는데, AP로부터 수신된 RSSI 값을 DB화시켜 위치를 알 수 있게된다. DB화시킬 때 RSSI 값은 실내환경에 따라 고유의 값을 가지게 된다.

2.2. 제안하는 UWB 기반의 핑거프린팅 기법

본 논문에서는 UWB 기반의 핑거프린팅 기법을 이용한 시스템을 설계하고자 한다. UWB는 30ft(약 10m)의 인식거리를 가져, 10m 이내에서 정밀 측위를 하는 Bluetooth Low Energy와 매우 흡사한 특징을 가진다. 기존의 핑거프린팅 기법과 같이 각 edge마다 AP를 설치하지 않고, 10m 간격으로 AP를 설치한다. UWB가 사용할 수 있는 대역은 3.1~10.6 GHz로, 넓은 대역을 가졌으므로, 시스템이 갖추어질 장소의 Cell이 나누어진 만큼 대역을 나누어 핑거프린팅을 실행한다.



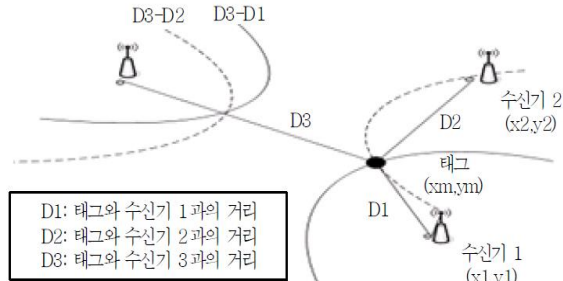
(그림 4) UWB 기반 핑거프린팅 기법 예시

그림 2에서 인식거리가 30ft(약 10m)로 많은 수의 UWB AP가 필요하다. 인식거리를 염두한 UWB AP는 10m 거리마다 설치되어 측위가 가능한 환경을 만들도록 한다. 핑거프린팅을 위한 예시는 그림 4와 같다.

2.3. TDoA 측위 기법

본 논문에서 제안하는 TDoA(Time Difference of Arrival)은 3개 이상의 UWB AP를 이용하여, 단말기로부터 각 AP로 들어오는 신호의 도달시간을 측정,

상호간 시간차를 구해 위치를 추정하는 기법으로, 단말기(태그)와 세 개 이상의 센서가 송수신 하는 신호의 도착 시간의 차이를 측정하여 센서 간 거리차가 일정한 지점, 즉 센서를 초점으로 하는 쌍곡선상에서 단말기의 위치를 찾아내는 원리이다. TDoA 는 센서간 동기화 시스템이 필요하지만, 단말기와 센서의 동기가 필요하지 않아, 알고리즘 구현이 매우 용이하다.



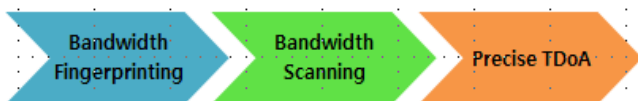
(그림 3) TDoA 에 의한 위치 추정[7]

그림 3 은 TDoA 의 동작 방식을 나타낸다. 단말기 (태그)의 위치좌표는 (x_m, y_m) 이고 (x_1, y_1) , (x_2, y_2) , (x_3, y_3) 는 각 센서의 위치 좌표를 나타낸다. D1-D2, D1-D3, D2-D3 는 각 센서에서 단말기의 신호 도착 시간의 지연차를 나타내며 각 신호의 도착 시간 지연차는 쌍곡선 형태로 도시, 쌍곡선의 교차점이 단말기의 위치 좌표가 된다.

이외의 대표적인 측위 기술로 GPS 에 이용되는 ToA(Time of Arrival)기법이 있다. ToA 기법은 신호가 도착하는 시간을 이용한 측위 알고리즘으로, 고정 노드의 위치를 미리 알고 있어야 하고, 단말기와 센서의 동기화가 매우 중요한 기법으로 알고리즘 구현이 힘들다는 단점이 있어, TDoA 기법을 제안한다.

3. UWB 기반 위치 측위 알고리즘 설계

본 논문에서는 UWB 기반의 실내 측위를 위해 핑거프린팅과 TDoA 측위 기법을 이용하였다. UWB 기반의 핑거프린팅 기법과 TDoA 측위 기법을 이용한 모든 단계는 크게 세 단계로 이루어졌다. AP 의 담당 대역을 DB 에 저장시키는 Bandwidth Fingerprinting 단계, Tag 가 위치한 Cell 을 찾도록 도와주는 Bandwidth Scanning 단계, TDoA 측위 기법을 사용하여, 영역 안 Tag 의 위치를 찾는 Precise TDoA 단계가 있다. 마지막 Precise TDoA 단계는 정밀 실내 측위가 가능하도록 만든 단계로, Bandwidth Scanning 이 끝난 후에 실행되어 정밀 측위를 가능하게 한다.

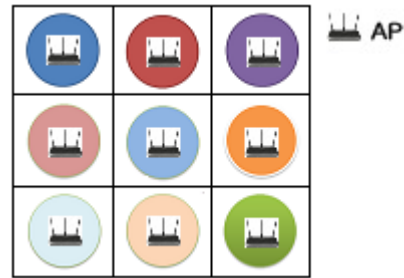


(그림 5) UWB 기반 실내 측위 순서도

3.1. Bandwidth Fingerprinting & Scanning

먼저 Bandwidth Fingerprinting 단계는 각 Cell 내 AP 를 3.1GHz 상위의 여러 대역으로 분할하고, 그 Cell 에 속한 AP 의 설정 대역을 DB 에 저장시키는 단계이

다. 대역을 DB 에 저장하기 위해, 각 UWB AP 마다 설정하는 대역은 서로 차별화시키도록 한다.

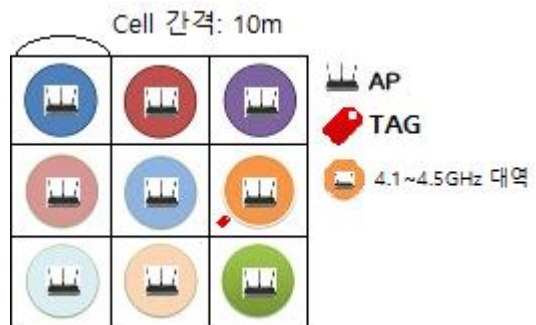


(그림 6) AP 설정 대역 차별화

그림 6 은 AP 설정 대역의 차별화를 나타내는 것으로, Cell 안의 Circle 은 3.1GHz 상위의 각자 다른 대역 값을 갖는다. 차별화하지 않을 시, Bandwidth Scanning 단계에서 사용자 위치가 중복되는 오류가 발생할 수 있기 때문에 설정 대역 차별화는 매우 중요하다.

3.2. Bandwidth Scanning

Bandwidth Scanning 은 Tag(서비스 이용자)가 속한 위치의 UWB 대역을 DB 에서 찾는다. 그림 7 은 주황색 대역 Circle 이 존재하는 Cell 안에 Tag 가 위치한 것을 도식화하였다. Tag 가 위치한 Cell 의 AP 설정 대역은 4.1~4.5GHz 로, DB 에서 Tag 가 위치한 Cell 의 대략적인 위치를 매칭한 후, Precise TDoA 단계로 넘어가게 된다.



(그림 7) Bandwidth Scanning

3.3. Precise TDoA

TDoA 기법을 이용한 마무리 단계로, 핑거프린팅을 한 이후에 실행된다. 핑거프린팅만을 이용했을 시, Tag 가 속한 대략적인 Cell 위치 측정은 가능하지만, 정확한 측위 결과를 얻지 못한다. 정확한 위치를 알기 위해, Tag 주변 UWB AP 들로부터 UWB Tag 까지의 도착 시간 지연차를 계산하여 Tag 의 위치를 정확히 인식한다.

4. 결론

본 논문에서는 위와 같이 핑거프린팅 및 TDoA 기법을 이용하여 실내 측위 알고리즘을 설계하였다. 대역의 차별성을 이용한 핑거프린팅으로 위치 오차를 감소시켰으며, TDoA 기법을 이용하여 실내 측위의 정밀성을 증대시켰다. 하지만 UWB AP 는 타 기술의 AP 보다 가격이 높고, 인식거리가 짧아 많은 양의 AP 가

필요하다는 문제점을 가졌다. 본 논문에서 제안한 실내 측위 알고리즘의 개선과 UWB AP 수의 절감을 중점으로 연구 및 개발할 계획이다.

Acknowledgement

본 연구는 중소기업청에서 지원하는 20년도 산학협력 기술개발사업(No. C0396518)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

참고문헌

- [1] 조영수, 조성운, 김병두, 이성호, 김재철, 최완식, 실내외 연속측위 기술 동향, 전자통신동향분석 제 22 권 제 3 호 2007년 6월
- [2] Kolodziej, Krzysztof W., and Johan Hjelm. *Local positioning systems: LBS applications and services*. CRC press, 2006.and Services
- [3] 이형수, 신철호 (2002). UWB 기술 정의 및 특성. 전자파기술, 13(3), 3-8.
- [4] <http://file.bizworld.co.kr/data/libfile/pdf/Smart%20Position.pdf>
- [5] <http://wides.usc.edu/research/ultrawideband-communications-and-localization/>
- [6] 하일규, 장철호, 박희주, 김종근 (2012). 실내 위치 측정을 위한 Wi-Fi 신호 특성 분석. 한국정보통신학회논문지, 16(10), 2177-2184.
- [7] 김보미, 심민진, 이종은(2007). 유비쿼터스 센서 네트워크의 위치탐지 기술 및 동향. 주간기술동향 통권 1291 호, 2007. 4. 11.