

스마트폰 기반 실내 측위 기술 동향

임정민, 성태경
충남대학교

요약

본고에서는 스마트폰과 WiFi 신호를 중심으로 수행된 다수의 실내 측위 연구를 소개한다. 우선, 실내측위 시장의 필요성에 대하여 설명하고 신호 세기(RSS, received signal strength), 도달 시간(TOF, Time of flight), 도래각(AOA, Angle of Arrival) 측위 기술과 그 외 기타 측위 기술에 대하여 정리하여 소개한다. 마지막으로 실제 시장에서 사용되고 있는 실내 측위 기술에 대해서도 소개한다.

I. 서론

1996년 미국이 GPS(Global Positioning System)를 민간 개방한 이래 위성항법을 중심으로 하는 다양한 측위 기술의 연구가 가속화되었다. 그 결과, 오늘날에는 누구나 내비게이션을 이용하여 목적지 조회, 교통상황 안내와 같은 LBS(Location Based System)를 이용할 수 있게 되었다. 미국의 GPS를 비롯하여 러시아의 GLONASS, 유럽연합의 Galileo, 중국의 Beidou 등의 GNSS(Global Navigation Satellite System)를 이용하여 전세계의 사용자에게 높은 수준의 정확도 및 가용도를 보장할 수 있다.

실외에서뿐만 아니라 실내에서도 사용자 위치를 인지해야 할 필요가 있다. 하지만, 근래에 조차도 이러한 요구를 충족시키지 못하고 있는데, 그 이유는 기존 측위 시스템의 한계 때문이다. 기존 측위 시스템으로 가장 많이 사용되고 있는 위성항법 시스템은 실외 환경에서 높은 성능을 보이는 것과는 대조적으로 터널, 주차장, 건물안과 같은 실내 환경에서 매우 측위가 어렵다. 그 이유로는 위성으로부터의 수신신호가 미약한 점, LOS(Line-Of-Sight) 보장이 되지 않는 점 등의 원인이 있다. 따라서, 이러한 문제들을 해결하기 위하여 위성 측위가 아닌 다른 기술을 이용한 다수의 실내측위 연구가 진행되었다. 본 고에서는 현 실내측위 기술의 필요성 및 연구동향을 정리하였다.



그림 1. 실내주차 경로안내 서비스

실내 항법은 실내 지도뿐만 아니라 사용자를 안내하기 위하여 실내 측위 기술을 필요로 한다. 실내 항법이 가능해지면 스마트폰은 사용자에게 현재 위치 정보를 제공할 뿐만 아니라 목적지까지 경로안내를 수행할 수 있다.

실내 측위시장의 잠재적인 규모는 크다. 특히, 실내 측위가 필요한 시장은 실내공간이 대형화 및 복잡화되고 있는 복합환승센터, 복합 쇼핑몰, 대형 병원, 그리고 생산 공장과 같은 수요 시장이 있다.

구글은 공항에서 사용자의 위치를 구하기 위해 노력할 것이라고 발표하였다[1]. 복합환승센터와 같은 교통시설 등에서는 탑승객은 탑승 시간에 맞추어 이동하려면 길을 헤매지 않는 것이 중요하다. 공항, 열차, 항공기, 선박, 버스, 택시 등의 환승 활동을 지원할 수 있는 복합환승센터의 경우 구조가 복잡해져 사용자가 이용에 어려움을 느낄 수 있다. 실내측위가 가능해지면 이러한 불편함을 해소할 수 있다.

두 번째로 복합쇼핑몰의 경우에는 실내주차장, 쇼핑몰 내부 등에서 실내 측위 시스템의 적용이 가능하다. 실내측위 기술을 이용하면 실내 주차장의 빈 공간으로 주차안내를 할 수 있다. 이를 <그림 1>에 나타내었다. 실외에서 GNSS기반으로 측위를 수행하다가 실내에서는 다른 실내측위 기술이 적용되어 GNSS 측위가 불가능한 실내에서도 연속적으로 측위가 되는 것을 나타낸다. 쇼핑몰 내부에서는 원하는 상점 검색뿐만 아니라 상품 검색 및 장보기 안내 등의 서비스 제공이 가능하다. 그림 2에



그림 2. 실내 장보기 서비스

경로안내 기능이 추가되어 있는 장보기 서비스를 나타내었다. 더 나아가 실내측위를 통하여 사용자의 동선과 관심 상품에 관한 통계 정보를 얻을 수 있으며, 서비스 제공자는 이러한 정보를 매장과 상품 배치 등의 마케팅 자료로 활용할 수 있다.

대형 병원의 경우 응급환자 또는 의사의 신속한 이동이 필요할 때나 처음 내원한 환자가 치료실이나 병실을 찾을 때 복잡한 병원 내부 공간을 헤매는 것을 방지할 수 있다.

마지막으로 대형 공장에서는 고가의 장비 위치를 추적하여 입부의 재배치 시에 활용한다면 더 높은 생산성을 갖도록 도와줄 것이며 사고 발생 시 공장 근로자의 위치를 파악하여 신속한 대처를 가능하게 한다.

쇼핑몰에 다양한 종류의 점포들이 입점해 있을 때 실내 측위가 의미가 있다는 것을 알 수 있다. 또한, 중공업에 종사하는 관리자는 넓은 작업장 안에서 중장비, 기계와 자원을 다루는 공장 안에서 자산 및 숙련공을 추적함으로써 공장 관리에 도움을 받을 수 있다. 이러한 예로부터 앞으로의 실내 측위 기술은 좁은 지역에서보다 넓은 지역에서, 단순한 공간보다 복잡한 공간에서, 그리고 추적하고자 하는 객체가 적을 때보다 많을 때 유용한 것을 알 수 있다.

실내 측위 시에 사용자의 위치를 구하기 위한 다양한 기술들이 존재한다. 무선 측위를 가능케 하는 측정치로는 크게 수신 신호 세기 (RSS, received signal strength), 다중 주파수 반송파 측정치, 전파 시간(TOF, time of flight), 그리고 도래각 (AOA, angle of arrival) 등이 있다[2]. 한편, 전 세계적으로 스마트폰 사용자가 매우 많으며, 따라서 스마트폰 기반의 기술은 다른 기술에 비하여 접근성이 높기 때문에 본 고에서는 스마트폰에서 적용 가능한 측위 기법들을 정리하였다. 시장에서는 수많은 WiFi AP가 이미 설치되어 있으므로, 이를 활용하는 측위 기술이 유망할 것이며 차선책으로 스마트폰의 악세서리 형식의

로 제공 가능한 측위 기술이 유망할 것이다.

우선, RSS 기반의 측위 기술을 조사하였으며, 이어서, WiFi AP를 이용하여 AOA 측정치를 획득하는 기술들에 대하여 소개하였다. 세 번째로 TOF 기반의 측위 기술을 소개하였다. TOF 기술의 경우 초광대역(UWB, ultra-wideband) 및 초음파 등이 사용될 수 있으나, 초음파 기반의 측위 기술은 다중경로에 취약하므로[3] UWB 기술 위주로 설명한다. 그리고 그 외의 측위 기술들에 대하여도 정리하였다. 스마트폰에는 자이로스코프, 가속도계, 그리고 지자기센서 등과 같은 관성 센서들이 이용 가능하다. 그리고 고도계 또한 사용자에게 층(floor) 정보를 제공하기 위하여 사용될 수 있다. 스마트폰에 장착된 카메라는 엔지니어들에게 영상 기반의 위치 측위 기술을 적용할 기회를 준다. 영상 기반 측위기술은 무선 측위의 대안으로써 사용이 가능하다.

II. 본론

1. RSS(received signal strength) 기반 기술

RSS 기반 측위 기술은 스마트폰에서 기존의 WiFi AP 인프라를 이용하여 위치정보를 구할 수 있는 장점이 있다. RSS를 이용한 측위 기법은 거리 추정 기법, 핑거프린트 (fingerprint), 그리고 근접 측위 (proximity)의 세 가지로 크게 나누어볼 수 있다.

거리 추정 기법은 전파 신호 손실 모델에 기반하여 사용자가 측정한 WiFi AP의 신호세기로부터 거리추정치를 추정하고, 다수의 WiFi AP로부터 획득한 거리 추정치 및 AP의 위치로부터 사용자의 위치를 구하는 방법이다. Skyhook사는 WiFi AP에 대한 데이터베이스를 이용하여 사용자의 위치를 구하는 기술을 개발하였다[4]. 한편, 수신 신호를 이용해 추정된 거리 측정치는 채널 페이딩 등의 영향을 받을 수 있어 부정확하다. <그림 3>에서는 WiFi 근처에서의 RSS 측정치를 나타내었다. dBm단

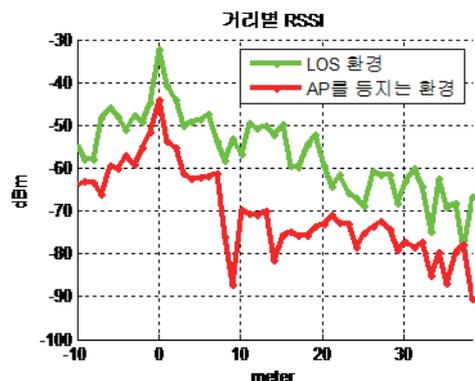


그림 3. RSS 측정데이터 (삼성 갤럭시 탭) [충남대학교 제공]

위로 나타낸 이 그림은 신호 감쇄가 주변 환경의 영향에 의하여 변동이 심한 것을 알 수 있다. 특히 스마트폰을 들고 있는 사용자가 AP를 바라보는 LOS 환경 및 AP를 등지는 환경을 비교하면 동일한 위치에서도 RSS 값이 10dB 이상 차이가 나는 것을 확인할 수 있다. 본 기법에 있어 측정된 RSS 값 및 이상적인 경로 손실 모델의 차는 측위오차의 원인이 된다.

만약 사용자가 많은 AP들로부터 측정치를 획득할 수 있고 측정치 간에 적당한 가중치를 할당할 수 있다면, 측위 정확도는 개선될 수 있다.

둘째로, 신호세기를 거리정보로 환산하지 않고 신호세기들 자체의 정보를 이용하여 측위를 하는 핑거프린트 기법이 개발되었다. 핑거프린트 방식의 측위 기술은 측위가 필요한 장소에서 미리 측정된 전파맵 정보를 이용하여 측위를 수행한다. 그림 4에 이를 나타내었다. 측위 공간에 3대의 AP가 설치되어 있으며 각 포인트 지점에서 AP들의 신호 세기를 측정해 전파맵이 측위용 DB서버에 저장되어 있다면 사용자 위치 T는 전파맵 및 사용자 위치에서 측정된 AP들의 신호 세기를 통하여 구할 수 있다. 전파맵으로부터 위치를 추정하기 위해, 유클리드 거리를 이용하는 기법 및 베이스 추론 기법이 연구되었다[2]. 전자는 RSS 측정치와 측정된 전파맵 간의 유클리드 거리를 최소화 하는 점을 사용자의 위치로 결정하는 기법이고 베이스 추론의 경우 특정 위치가 주어졌을 때의 신호세기 정보를 이용하여 신호세기 정보가 주어졌을 때의 위치를 추정하는 방법이며 이 때 필요한 확률 변수는 사전에 측정되었다고 가정한다. 또한, 순위 벡터(rank vector)를 이용하는 측위기법이 연구되었다. 기존 핑거프린팅 기법과 순위(rank) 기반의 핑거프린팅 기법의 차이점은 순위(rank) 기반의 측위 기법은 위치 추정을 위해 제약조건들을 이용한다는 것이다. AP로부터 측정된 RSS 값들은 정렬된 후 제약조건 하에서 비교된다. 위치 추정치는 제약조건을 가장 잘 만족시키는 중심점이 된다[5]. 또한, 측위정확도 향상을 위해 핑거프린트 칼만필터에 대한 연구가 수행되었다[6]. 이 경우 시스템 모델이 선형 시스템의 형태로 나타내기 어려우므로 확장 칼만 필터(EKF, extended Kalman filter), 무향 칼만 필터(UKF, unscented Kalman filter) 및 파티클 칼만 필터(PKF, particle Kalman filter)로 나타내어지며 UKF 및 PKF는 시스템 잡음이 가우시안이 아닐 경우에 선호된다[7]. 한편, 측위 알고리즘이 복잡해지면 사용자의 위치를 구하기 위해 보다 많은 연산이 수행되어야 하기 때문에 이를 경감시키기 위한 클라우드소싱 기법에 대한 연구도 진행되었다[8]. 그러나, 이러한 기법은 서버와 스마트폰 사용자 간의 끊김 없는 연결을 필요로 한다.

측위정확도 향상을 위해서는 측정치의 개수를 늘리기 위하여 WiFi AP의 설치 대수를 증가시켜야 한다. 한편, AP의 설치 대

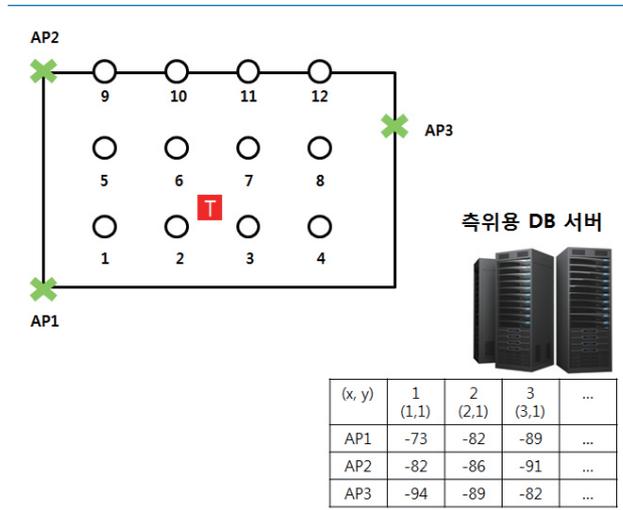


그림 4. RSSI Fingerprinting([2]에서 재구성)

수가 증가하면 WiFi AP 간의 간섭이 발생하여 측위 정확도가 저하된다[5].

마지막으로, 근접 측위(proximity) 연구가 진행되었다[9]. AP는 비이콘 신호를 송신하며 이를 수신한 단말기는 자신의 위치를 AP의 위치로 결정하는 방법으로 위치 계산이 간편하고 측위를 위해 전파맵을 생성할 필요가 없다. 근접측위를 위해 WiFi, Bluetooth, NFC등을 이용할 수 있다. 그림 5에 비이콘 측위 시스템을 나타내었다.

AP간의 신호 간섭을 줄이기 위하여, 비이콘 신호는 좁은 공간에만 방송(broadcast)될 수도 있으며 이 경우 측위 정확도를 높일 수 있다.

한편, 측위용 AP에서 다방향으로 비이콘을 송출하게 되면 단일 비이콘을 송출할 때보다 측위정확도를 높이면서 사용자의 진입 방향도 알 수 있다[10]. 이 다방향 비이콘 AP를 이용하면 2미터 이내의 측위 정확도를 얻을 수 있다.



그림 5. 비이콘 송출형 실내측위 시스템

2. AOA(angle of arrival) 기반 기술

측위용 AP(access point)를 이용하여 신호의 도래각을 측정하고 이를 이용하여 사용자의 위치를 구하는 기법에 대한 연구가 진행되었다. 다중 안테나를 이용하면 신호의 입사각을 추정하여 전파원의 위치를 구할 수 있다[11]. 그림 6에 AOA 기반 실내측위 시스템의 구조를 나타내었다. AOA 측위전용 AP는 사용자로부터의 신호를 수신하여 각도를 추정하며, 이러한 각도 및 높이 정보를 활용하면 물체의 위치를 구할 수 있다.

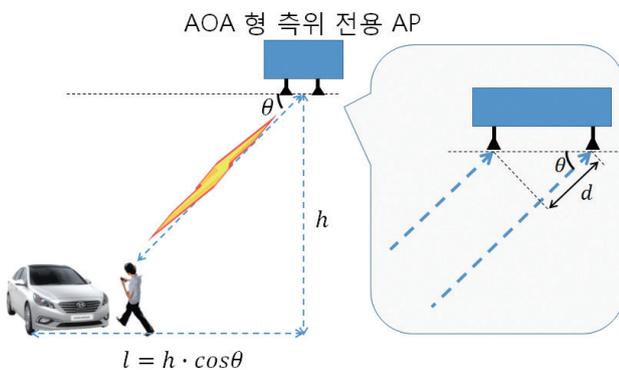


그림 6. AOA 기반 실내측위 시스템

다중 안테나로부터의 측정치에 MUSIC(multiple signal classification), MP(matrix pencil) 등의 각도 추정 알고리즘을 적용하면 신호의 도래각을 추정할 수 있다[12]. 간단한 형태의 AOA 시스템은 두 개의 안테나 혹은 스마트 안테나를 이용하는 것이다. 스마트 안테나를 이용하면 안테나의 이득 특성 및 신호 세기를 이용하여 AOA를 추정할 수 있으나[13] 스마트 안테나는 고가인 단점이 있다. 두 안테나로 입사된 두 무선 신호의 위상차를 이용하면 저가로 신호의 입사각을 측정할 수 있다. 2.4GHz의 경우 신호 파장의 길이는 12.5센티미터로 모호치 없는 입사각을 측정하려면 6센티미터 이내로 두 안테나가 설치되어야 한다(5.4GHz의 경우 약 2.7센티미터임). 사용자의 1차원 위치는 각도 정보들[13]로부터 추정하거나 각도 정보와 높이 정보를 통하여 추정할 수 있다[14]. AOA를 이용한 WiFi 측위 기술은 고정밀 WiFi 비이콘으로 간주될 수 있다. 구 노키아(Nokia)에서는 블루투스 기반의 AOA 측위 기술을 개발하였고[15] (주)와이파이브에서는 2.4GHz 및 5GHz 대역에서 WiFi 기반의 AOA 솔루션을 개발 중에 있다.

3. TOF(time of flight) 기반 기술

전파 시간 측정치는 두 단말 A와 B간의 패킷 전달 시간을 의미하여 이를 이용하여 거리 측정치를 추정할 수 있다. 만일 두 단말 간에 시각동기가 되어있다면, 단말 A는 시간을 포함한 패

킷을 전송하고, 단말 B는 수신된 패킷으로부터 경과 시간을 구할 수 있다. 한 방향으로 패킷을 전달하고 경과 시간을 추정하는 기법을 OWR(one-way ranging)이라고 한다. 그러나, 단말 간의 시각은 일반적으로 동기화되어 있지 않으며 전파 시간 측정치에는 바이어스 오차가 포함되어 있는데 이를 의사거리(pseudorange)라고 한다. TDOA 기법을 이용하면 의사거리로부터 사용자의 위치를 구할 수 있다. 고정된 위치에 설치되어 있는 단말들 간에 유선으로 시각동기를 수행하면 위치를 구하고자 하는 단말과 고정된 단말들 간의 바이어스 오차가 상수가 되어 측위를 수행할 수 있다. 한편, 1ns(nanosecond)의 시각 동기 오차는 30cm의 거리 오차를 유발하므로 ps(picosecond) 단위의 시각 동기가 필요하다. 한편, OWR의 경우 다른 기법들에 비하여 통신량이 적으므로 다수의 통신 노드들의 관리가 가능하다.

바이어스 오차 문제를 해결하기 위하여 TWR(two-way ranging) 기법이 개발되었다. 이 경우 단말 A에서 단말 B로, 그리고 단말 B에서 단말 A로 패킷이 전달되며, 패킷이 다시 돌아오기까지의 RTT(round-trip time)를 측정하여 이로부터 단말 A와 B 간의 거리를 측정한다. 이 경우, 클럭 바이어스 오차는 패킷의 왕복 시에 부호가 반대이므로 이를 합산하는 과정에서 상쇄가 된다. 한편, 수신기 클럭은 고가가 아니므로 시간이 지남에 따라 드리프트가 발생하는데, 이로 인한 오차는 단말 간의 거리가 멀어질수록 증가한다. 이를 해결하기 위하여, IEEE 802.15.4a 표준은 SDS-TWR(symetric double-sided TWR) 기법을 권장한다[16]. SDS-TWR 방식은 TWR을 단말의 양 방향에서 추정하여 이를 합산하는 것으로, TWR 측정치에 포함되어 있는 클럭 드리프트 오차를 경감시켜준다.

UWB 표준에서는 칩 스펙트럼 확산(CSS, chirp spread spectrum) 및 IR(impulse radio)기법 등을 사용한다[17]. CSS 신호는 신호의 중심주파수가 낮은 주파수에서 높은 주파수로 변화하는 up-chirp과 높은 주파수에서 낮은 주파수로 변화하는 down-chirp 신호로 이루어진다[18]. 독일의 Nanotron 사는 CSS 기반의 거리 측정 칩셋 및 시스템을 생산하고 있다[19]. IR-UWB는 BPM(burst position modulation)-BPSK 기법을 이용하여 저대역(lowband, 3.3-4.7GHz) 및 고대역(highband, 5.9-10GHz)을 차지하는 신호를 생성한다[3]. IR-UWB에 대한 기술적 난점 때문에 개발이 지연되었지만, Decawave는 2010년 처음 IR-UWB 시제품을 공개하였고 최근 상용화를 진행하고 있다[19]. UWB 기술은 현재 스마트폰에서는 배제되어 있으나, 향후 탑재될 가능성이 있고 지금도 휴대폰 액세서리 형태로 부착은 가능하며, 향후 실내 측위 시장에서 중요한 역할을 할 것으로 전망된다.

4. PDR(pedestrian dead-reckoning) 및 기타 기술

추측항법(DR, dead reckoning)은 관성항법(INS, inertial navigation system)의 간략화된 형태이다. DR항법 장치는 속도 및 방향을 추정하여 이전 위치를 다음 위치로 갱신시킨다. 차량용 DR의 경우 휠 센서 및 요 레이트 센서 등을 이용하여 추측항법이 가능하지만, 보행자용 DR의 경우는 발걸음 및 방향을 인식하여 추측항법이 가능한 것이 차이점이다. 보행자용 DR(PDR, Pedestrian Dead-Reckoning)의 원리를 <그림 7>에 나타내었다. 발걸음을 검출하는 순간 사용자의 방향(Attitude)으로 보폭(stride)만큼의 위치를 이동시킨다. 발걸음 검출은 가속도계, 자이로센서 등을 이용하여 수행할 수 있다.

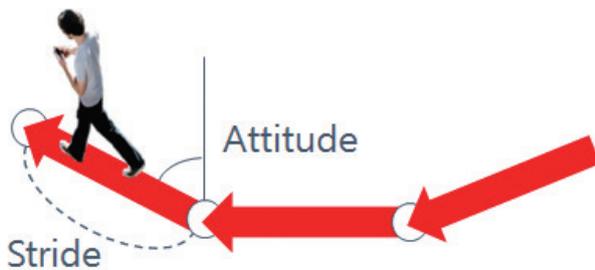


그림 7. PDR의 항법 원리

일반적으로 발걸음 인식은 센서의 부착 위치에 따라 다르다. 만일 센서가 신발 등에 부착이 되어 있다면 ZUPT(zero velocity update) 혹은 ZARU(zero angular rate update) 방식을 이용하여 발걸음을 검출할 수 있다[20]. 그렇지 않은 경우에 발걸음 인식 알고리즘은 사용자의 행동에 따라서 달라질 수 밖에 없다. 발이 아닌 손에 들고 다니는 스마트폰의 경우에는 화면을 보고 걷는 행동, 통화를 하면서 걷는 행동, 손에 쥐고 팔을 흔들면서 걷는 행동에 따라 최적의 PDR기법이 다르다. 예를 들어, 일반적으로 스마트폰을 들고 걷게 되면 가속도계로 발걸음을 검출하지만, 스마트폰을 흔들면서 걷는다면 자이로센서로 검출하는 것이 유리하다. 이러한 이유로, 여러 상황에 있어서 패턴인식을 통해 적절한 PDR 기법을 적용하도록 하는 연구가 진행되었다[21]. 이외에도 정확한 위치 인식을 위하여, 발걸음 인식 이외에 보폭 추정 알고리즘을 이용하는 경우도 있으며[22] WiFi 비이콘 등으로 구한 측위 기법과 PDR을 융합하여 보폭 오차를 보정하는 연구가 진행되었다[10]. 이를 <그림 8>에 나타내었다. 다방향 비이콘 AP가 설치 간격을 두고 설치되어 있어 AP 반경 내에서는 비이콘 측위를 수행하며 AP 사이의 간격에서는 PDR로 측위를 보완할 수 있다. 연구에서 스마트폰은 두 측위 결과의 칼만 융합을 통해 보다 정밀한 측위 결과를 산출한다.



그림 8. WiFi 및 PDR 융합 항법 개념도

자이로센서를 이용한 자세 추정은 추가적인 보정이 없으면 시간이 지남에 따라 발산하는 문제가 있고 지자기센서는 철골 구조 및 배선 시스템과 같이 실내의 여러 간섭요인에 취약한 단점이 있다. 이러한 자세 오차를 보정하기 위하여, 자이로 센서와 지자기 센서를 상황에 맞게 가중치 융합하는 연구가 진행되었다. 또한 지자기 센서의 장기적인 왜곡 상황을 대처하기 위해, 지도 정합 기법을 이용하여 자세 오차를 보정하는 연구가 진행되었다[23]. <그림 9>에 이를 나타내었다. 보행자 항법 결과는 지도 상의 링크에 정합되면서 방향 오차 및 위치오차가 경감된다.

또한, 영상 정보를 이용하면 복도의 진행 방향 등을 추정해 단말의 자세를 보정할 수도 있다[24]. 일부 스마트폰은 고도계를 포함하고 있으며, 이는 사용자의 층(floor) 인식 시 보조적으로 이용될 수도 있다[25].

WiFi 뿐만 아니라, 실내에서 GPS 방식으로 변조한 신호를 전송하는 기법으로 IMES(Indoor Messaging System)가 있다[26]. IMES 정보는 GPS의 L1 C/A 코드를 이용하여 변조된다. IMES에서 방송되는 정보는 구체적으로 의사잡음 코드 173번부터 182번을 사용하며 위도, 경도, 층 정보를 제공한다. 스마트폰에 내장된 GPS가 IMES 기능을 제공한다면 WiFi를 대체하는 것도 가능하나, 1.5GHz 대역은 2.4GHz대역처럼 무면허 대역이 아닌 점이 문제가 된다.

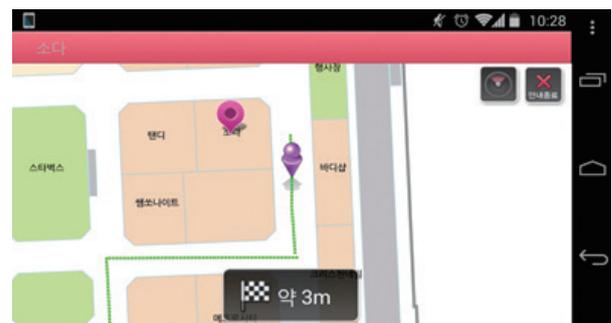


그림 9. 지도 정합 기법을 적용한 실내 측위 기술 (와이파이브 기술연구소 제공)

5. 시장 및 표준 동향

애플은 블루투스 비이콘을 이용하여 스마트폰의 위치를 찾는 iBeacon이라는 기술을 개발하였다. NFC(near-field communication)과는 다르게, 70m의 커버리지를 가지며 RSS 등을 활용하여 반경 안에서의 거리도 추정할 수 있다[27]. 하지만 정확한 거리를 알려주기 어렵고 측위 갱신률이 낮은 단점이 있다. 또한, ekahau는 WiFi 핑거프린트 기반의 RTLS 솔루션을 제공하여 보다 정확한 위치를 구할 수 있다[28]. ekahau의 방식은 ISO/IEC 24730-2 를 준수한다. Zebra technologies는 ISO/IEC 24730-2 표준 및 ISO 24730-61 표준을 준수하는 측위 솔루션들을 제공하고 있다[29]. ISO/IEC 24730-21 및 22 표준은 2.4GHz에서 비이콘 기반으로 2차원 실내측위를 수행하는 표준이고 ISO/IEC 24730-61 및 62 표준은 UWB 기반의 실내 측위를 명시한 표준이다[30]. ISO/IEC 24730-61:2013 표준은 물리 계층(PHY, physical layer) 및 태그 관리 계층(TML, tag management layer)로 구성되며 배터리 소모가 제한된 저속의 어플리케이션에 적합하다. ISO/IEC 24730-62:2013 표준은 IEEE 802.15.4a 표준의 PHY에 의거하여, AIP(air interface protocol)을 정의한다. 기본적으로 TDOA 기반의 RTLS를 제공해야 하며, 옵션으로 TWR을 제공할 수 있다.

III. 결론

급성장한 스마트폰 시장 및 WiFi 이용의 증가는 실내 측위 기술을 시험해볼 수 있는 새로운 기회를 제공하였다. 측위 시스템 개발자는 WiFi 신호를 이용하여 RSS 혹은 AOA를 획득하여 측위를 수행할 수도 있고 UWB 칩셋을 이용하여 TOF 기반의 고정밀 위치 측위를 수행할 수도 있다. 또한, 측위 음영지역은 보행자 DR등의 기법 등을 이용하여 보간할 수 있다. 실내 측위 기술이 발달함에 따라 사용자들은 실내에서 원하는 것을 찾을 때에 도움을 받을 수 있을 것이다. 개인의 위치 추적은 개인정보 보호 등의 문제가 있는 것도 사실이지만, 실내 보행자 경로 안내 등의 기술이 상용화되면 복합환승센터, 쇼핑몰, 대형 병원 등에서 모르는 길을 헤매지 않고도 목적지에 도착할 수 있으며, 물건을 찾기 위해 전체를 둘러보지 않고 특정 구역만을 찾아볼 수 있는 장점이 있으며, 미아 및 실종자 탐색 시에 실내측위 정보를 이용하면 빠른 탐색에 도움이 되고 비상구 위치 안내 등의 공공복리에도 기여할 수 있다. 이러한 실내측위 기술은 향후 기술발전 및 관련 법규 제정의 귀추가 주목된다.

참고 문헌

- [1] "Now Google Maps Can Help You Find The Airport Check-In Desk", TIME.com, Nov. 26, 2013.
- [2] A. Bensky, "Wireless Positioning Technologies and Applications," Altech House, 2008.
- [3] Z. Sahinoglu, S. Gezici, and I. Güvenc, "Ultra-wideband Positioning Systems Theoretical Limits, Ranging Algorithms, and Protocols," Altech House, 2008.
- [4] <http://www.skyhookwireless.com/>
- [5] J. Machaj, P. Brida and R. Piché, "Rank Based Fingerprinting Algorithm for Indoor Positioning," Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), 2011.
- [6] S. Ali-Loytty, T. Perala, V. Honkavirta, and R. Piche, "Fingerprint Kalman Filter in indoor positioning applications," 3rd IEEE Multi-conference on Systems and Control, pp1678-1683, 2009
- [7] E. N. Chartzi and A. W. Smyth, "The Unscented Kalman Filter and Particle Filter methods for Nonlinear Structural System Identification with Noncollocated Heterogeneous Sensing," Journal of Structural control and health monitoring, January 2008.
- [8] K. Kaji and N. Kawakuchi, "Design and Implementation of WiFi Indoor Localization based on Gaussian mixture Model and Particle Filter," Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), 2012.
- [9] J. M. Lim, S. H. Yoo, K. J. Lee, and T. K. Sung, "Integration of Pedestrian DR and Beacon-AP based Location System for Indoor Navigation," Symposium on International Global Navigation Satellite Systems Society (IGNSS), 2013
- [10] S. H. Yoo, J. M. Lim, K. J. Lee, J.H. Kang, and T. K. Sung, "Integration of Beacon-AP and Pedestrian DR for Indoor Pedestrian Navigation," International Symposium on Global Navigation Satellite Systems(IGNSS), 2013.
- [11] R. Mardiana and Z. Kawasaki, "Broadband radio interferometers utilizing sequential triggering technique for locating fast electromagnetic sources

- emitted from lightning,” IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 49, No.2, pp.376–381, April 2000.
- [12] P. Fan and Z. R. Jing, “Parametric estimation of ultra wideband radar targets,” Journal of Systems Engineering and Electronics, Vol. 20, No 3, pp 499 – 503 , June 2009
- [13] C. H. Lim, Y. H. Wan, B. P. Ng and C. M. S. See, “A Real-Time Indoor WiFi Localization System Utilizing Smart Antennas, ” IEEE Transactions on Consumer Electronics, VOL. 53, NO. 2, May 2007.
- [14] J. M. Lim, K. J. Lee, J. H. Oh, S. H. Yoo, J. H. Kang and T. K. Sung, “Performance Analysis of Indoor Positioning Using Uplink AOA Measurement,” International Symposium on Global Navigation Satellite Systems(ISGNSS), 2013.
- [15] F. Belloni, V. Ranki, A. Kainulainen, and A. Richter, “Angle-based Indoor Positioning System for Open Indoor Environments”, Proceeding of Workshop on Positioning, Navigation and Communication (WPNC), Hannover, Germany, 2009.
- [16] IEEE Standard 802.15.4a-2007
- [17] C. M. De Dominicis, P. Pivato and P. Ferrari, “Timestamping of IEEE 802.15.4a CSS Signals for Wireless Ranging and Time Synchronization,” IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, VOL. 62, NO. 8, August 2013.
- [18] <http://www.nanotron.de/>
- [19] http://www.zdnet.co.kr/news/news_view.asp?article_id=20131109012413&type=det&re=
- [20] M. Romanovas, V. Goridko, A. Al-Jawad, M. Schwaab, M. Traechtler, L. Klingbeil, and Y. Manoli, “A study on indoor pedestrian localization algorithms with foot-mounted sensors,” International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), 2012
- [21] B. J. Shin, J. H. Lee, J. H. Kim, C. K. Kim, S. Lee, Y. T. Byun, D. H. Yun and T. J. Lee, “Motion-Awareness 3D PDR System in GPS-Denied Environment using Smartphone,” Proceedings of the 25th International Technical Meeting of The Satellite Division of the Institute of Navigation (ION GNSS), 2012.
- [22] J.A.B. Link, P. Smith, N. Viol, K. Wehrle, “FootPath: Accurate map-based indoor navigation using smartphones,” International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), 2011
- [23] M. Peter, B. Schäfer, J. A. B. Link, “Versatile Geo-referenced Maps for Indoor Navigation of Pedestrians,” Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), 2012.
- [24] J. B. Kim and H. S. Jun, “Vision-Based Location Positioning using Augmented Reality for Indoor Navigation,” IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 54, No. 3, AUGUST 2008.
- [25] B. H. Lee, B. Harvey, T. Gallagher, “Using Barometers to Determine the Height for Indoor Positioning,” Symposium on International Global Navigation Satellite Systems Society (IGNSS), 2013
- [26] N. Kohtake, S. Morimoto, S. Kogure and D. Manandhar, “Indoor and Outdoor Seamless Positioning using Indoor Messaging System and GPS,” 2011 International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), 21–23 September 2011, Guimarães, Portugal
- [27] <https://community.estimote.com/hc/en-us/articles/201636913-What-are-Broadcasting-Power-RSSI-and-Measured-Power->
- [28] <http://www.ekahau.com/real-time-location-system/technology/how-rtls-works#how-works>
- [29] <https://www.zebra.com/us/en.html>
- [30] <http://www.iso.org/>

약 력



성 태 경

1984년 서울대학교 제어계측공학과 학사
1986년 서울대 대학원 제어계측공학과 공학석사
1992년 서울대 대학원 제어계측공학과 공학박사
1997년~현재 충남대 전기정보통신공학부 교수
관심분야: GPS/GNSS, 지상파 측위, UWB WPAN
측위, 위치인지 신호처리



임 정 민

2011년 충남대학교 전기정보통신공학부 학사
2013년 충남대 대학원 전자전파정보통신공학과
석사
2013년~현재 충남대 대학원
전자전파정보통신공학과 박사과정
관심분야: 협업측위 및 UWB 무선측위