

LBS를 위한 무선랜 RTT 기반 측위기술

김동규 ETRI 자동차통신융합연구부 선임연구원

최완식 ETRI 자동차통신융합연구부 책임연구원



1. 머리말

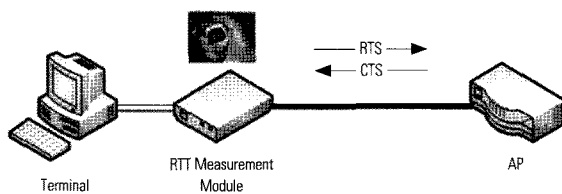
위치정보 추정 기술이란 사람이나 사물의 위치 또는 주변물체와의 위치적 관계에 기반한 다양한 서비스를 창출할 수 있는 기술이다. 위성항법장치에 기반한 차량용 내비게이션을 비롯한 전통적인 실외 항법 서비스 분야에서 최근에는 Skyhook 서비스와 같이 무선랜 기술 접목을 통해 실내의 위치인식이 가능함에 따른 쇼핑, 소셜네트워킹, 보안 등 다양한 새로운 서비스가 창출되고 있다.

무선랜 기반의 위치정보 추정 기술은 Skyhook의 XPS 기술에서 무선랜 신호 정보처리부가 사용하는 수신신호 세기 측정값(RSS)에 기반하는 Fingerprint 방식이 널리 사용되고 있다.[1] XPS 기술은 위성항법 기술을 융합하여 실내 및 실외 지역에서 약 10미터에서 20미터 정도의 위치 추정 정밀도를 갖는다. 또 다른 무선랜 기반의 위치정보 추정 기술로써 수신신호 전파 시간 측정값(RTT)에 기반하는 기술이 있는데 이는 두 무선랜 장치 간에 송수신 신호의 전파 시간을 측정하여 두 장치 간의 거리를 추정하는 원리로써 IEEE802.15.4a에 정의된 양방향 거리측정 기술(TWR)의 원리와 유사

한 방식을 이용해 ToA(Time-of-Arrival)를 측정하는 방식이다 [2]. RTT 방식이 RSS 방식보다 좋은 점은 소수의 AP(Access Point)를 이용하여 넓은 범위의 측위가 가능하고, 측위인프라의 유지/보수 비용이 적은 편이 있는데 있다. RSS 방식은 Radiomap과 같은 신호세기의 패턴이 위치추정에 사용되기 때문에 매우 높은 밀도의 AP 인프라가 설치되어 있어야 좋은 성능을 얻을 수 있다. 또한 측위 인프라를 구성하는 AP의 상태변경이 발생한 경우 AP의 밀도가 높을수록 신호세기 패턴의 변화가 자주 발생하게 되어 Radiomap의 업데이트 주기가 짧아져야 한다. 그러나 AP 인프라의 상태를 업데이트하기 위한 유지/보수의 인적, 시간적 비용이 상당히 높은 편이기 때문에 무선인프라의 환경이 자주 갱신되고 있는 현실에 비추어볼 때 실제 시스템에 적용하기가 어려운 단점이 있다. 반면 RTT 방식은 비교적 소수의 AP를 이용하더라도 좋은 품질의 측위데이터 수집이 가능하기 때문에 유지/보수의 비용이 적어 실제 시스템으로의 적용성이 뛰어나다. 하지만 기존의 무선랜 표준은 RTT를 측정하는 프로세스가 정의되어 있지 않기 때문에, 측위에 이용할 수 있는 수준의 정밀한 RTT를 측정할 수가 없다. 측정 정밀도는 RTT의 측위정밀

도와 밀접한 관계가 있는 것을 다음의 두 연구결과를 통해 알 수 있다. 실내에서 무선랜용 RTT 측정과 관련된 기존의 연구 중 응용계층에서 1 usec의 측정 정밀도로 RTT를 측정한 결과로 거리를 추정한 결과 거리추정 오류의 편차가 약 8미터로 나타났으며, 무선랜을 개조하여 22.7nsec의 측정 정밀도를 갖는 측정 시스템으로 RTT를 측정한 결과로 거리를 추정한 결과는 2.82미터의 추정 오류 편차를 얻은 것으로 나타났다. 상기 두 연구 결과를 통해 측정 정밀도가 높아짐에 따라 거리 추정 오류 편차는 줄어드는 것을 알 수 있다.

본 고에서는 기존 무선랜을 기반으로 RTT를 측정하는 경우의 문제점을 기술하고, 이를 해결하기 위한 IEEE802.11v[3] 및 TTA PG305[4]의 표준화 동향을 기술한다.

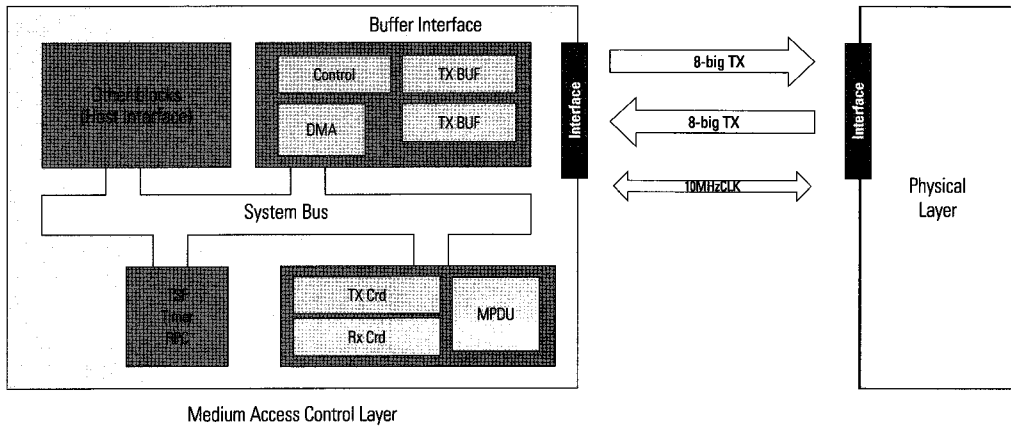


[그림 1] 무선랜 RTT 측정 시스템 구성

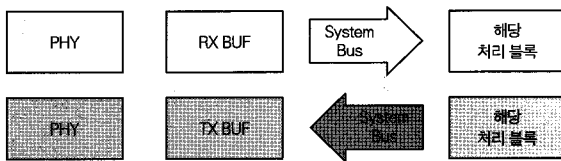
2. 기존 무선랜에서의 RTT 측정 특성

무선랜 시스템의 일반적인 PHY/MAC 구조는 [그림 2]와 같다. 채널코딩, Interleaving, 신호 동기 등을 수행하는 PHY 블록과 장치검색, Association/Disassociation, 매체제어 등을 수행하는 MAC블록이 있으며, 두 블록 간에는 버퍼를 이용하는 병렬 PHY/MAC 인터페이스가 있다. MAC블록은 PHY인터페이스 서브블록, TSF 등 각종 타이머 서브블록, MPCU처리 서브블록, 기타 기능 서브블록으로 구성되며 각 서브블록은 시스템 버스(System bus)를 통해 데이터를 주고 받는다. 따라서, PHY블록과 MAC블록 간에 데이터를 주고 받기 위해서는 [그림 3]과 같이 버퍼와 시스템 버

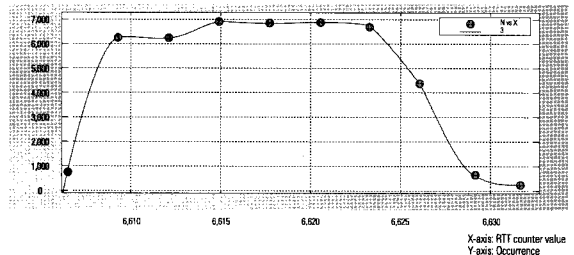
스를 거쳐야 한다. 시스템 버스는 MAC블록을 구성하는 모든 서브블록(프로세서 포함)이 공통적으로 사용하는 자원이기 때문에 PHY블록과 MAC블록 간의 데이터 전송 시 임의 지연 시간이 발생하게 된다. [그림 1]과 같이 RTT 측정 시스템을 구성하여 일반적인 무선랜 AP의 임의 지연 시간을 측정하면 [그림 4]와 같은 결과를 얻을 수 있다. [그림 4] 그래프는 총 5만 번의 실제 측정 결과를 나타내며, 가로축은 RTT 카운터 측정 값을, 세로축은 해당 카운터 측정 값의 발생 횟수 즉 히스토그램을 의미한다. RTT카운터는 80MHz의 클럭속도를 갖는다. [그림 4]에서 보듯 무선랜 AP의 지연 특성이 카운터 값을 통해 6605에서 6634까지 임의적으로 발생함을 알 수 있다. 특히 전체 측정회수의 절반을 넘는 경우의 카운터 값이 6615에서 6625 내에서 각각 7100번 정도로 일정하게 발생하였다. [그림 4]에서 붉은 실선은 각 카운터값을 보간법을 이용하여 연속적으로 표현한 것이며, 6609에서 6613내의 구간에서는 단조 증가하며 6626에서 6634내의 구간에서는 단조 감소하는 것을 알 수 있다. 일정한 임의 지연 발생 구간이 발생하는 특성은 MAC 블록 내에서 각 서브블록을 거쳐 데이터가 처리될 때 System Bus가 공평하게 사용되고 있음에 기인한 결과이다. 또한, 단조 증가 그리고 단조 감소하는 구간이 발생하는 원인은 MAC 블록의 시스템 클럭 정밀도 특성이 반영되어 있다고 볼 수 있다. MAC 블록의 시스템 클럭 정밀도는 100 PPM으로 정의되어 있는데 PHY/MAC 인터페이스가 8 bit이며 카운터 값 6615가 나타내는 시간이 82.6875 usec인 점을 감안하면 이 시간 동안 MAC 블록에서의 클럭 정밀도에 의한 시간 편차는 약 8.2687 nsec가 된다. 이는 PHY/MAC 인터페이스의 최대 1 클럭 오차를 유발할 수 있기 때문에 PHY 블록에서는 100 nsec 즉 RTT 카운터 값으로는 8의 편차를 가지게 된다. [그림 4]에서 보듯이 단조 증가 구간의 카운터 값 편차가 8이며, 단조 감소 구간의 카운터 값 편차 또한 8임을 알 수 있다. 나머지 임의 지연 편차는 RTT Measurement Module



[그림 2] 일반적인 무선랜 PHY/MAC 시스템 구조



[그림 3] 무선랜 송수신 데이터 흐름



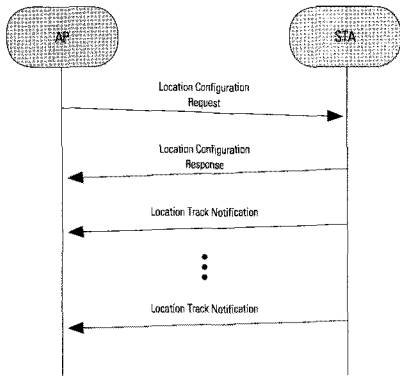
[그림 4] 무선랜 AP 자체에서 발생하는 임의 지연시간 측정 결과

과 무선랜 AP 간의 주파수 오프셋에서 발생하는 것이며 이는 최대 50 PPM의 편차가 발생 할 수 있는데 이 영향은 일정한 임의지연 발생 구간 내에서 존재한다. 이것이 RTT 측정에 미치는 영향은 최대 362.5nsec 즉, 약 100미터의 거리측정 오차로 발생될 수 있다. 이를 보완하기 위해서는 다양한 측위 추정 알고리즘을 사용함과 동시에 측위 지점마다 매우 많은 데이터를 오랜 시간동안 수집해야 하는 단점을 갖게 된다. 이는 기존의 무선랜을 이용해서는 RTT 기반의 측위를 실제 적용하기가 힘들다는 뜻이 된다.

3. IEEE802.11v 표준화 내용 및 현황

IEEE802.11v 표준 활동은 2004년 SG가 결성되고, 같은 해 TG가 결성되어 시작되었다. 2005년 9

월에 CFP가 있었으며, 다수의 Letter Ballot, 9번의 Sponsor Ballot을 통해 2011년 2월 9일 표준화가 완료되었다. IEEE802.11v의 기능 목록을 살펴보면 절전기능(Power saving), 단말관리(Station management(troubleshooting, diagnostics & reporting), 위치관리(Location), 시각관리(Timing), 공존(Coexistence)이 있다. 이 중 위치관리와 시각관리 기능이 측위와 관련된 내용이다. 위치관리 기능은 Optional 기능으로써 STA이 갖고 있는 자신의 위치정보를 AP에게 전달하는 통로가 되며, 위치 설정(Location Configuration)기능과 위치 추적(Location Tracking)기능으로 구성되어 있다. [그림 5]와 같은 절차로 위치관리를 수행하게 된다. Infra-structure 모드에서 AP는 Location Configuration Request 프레임으로 위치설정을 요청하게 되고, STA는 AP에 Location

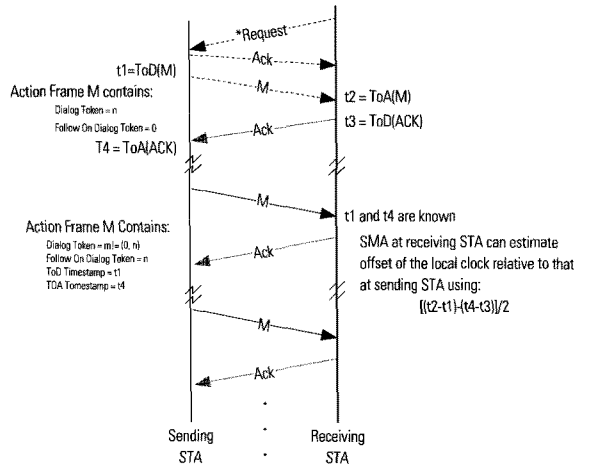


[그림 5] 위치관리 절차

Category	Action	Location Parameters Element	Measurement Report Element (optional)
	1	1	Variable

Octets: 1 1 Variable Variable

[그림 6] Location Track Notification 프레임 포맷



[그림 8] 시각 관리 절차

Configuration Response 프레임으로 위치설정을 응답하여 위치관리 설정 절차를 종료한다. 위치관리 설정 절차가 종료되면 STA는 [그림 6]의 Location Track Notification 프레임에 자신의 위치정보를 실어서 주기적으로 AP에게 전송하여 자신의 위치정보를 AP에게 알린다. Location Track Notification 프레임의 Location parameter elements의 종류는 [그림 7]과 같다. 즉, STA는 자체 위치정보, 예를 들면 GPS로 수집된 위치정보나 자체 시각 동기 모듈의 시각정보 등을 Location Track Notification에 실어서 AP에게 알릴 수 있다.

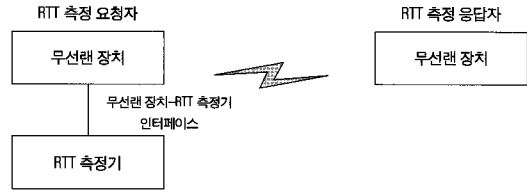
IEEE802.11v의 시각관리 기능은 Optional 기능으로써 [그림 8]과 같이 두 STA 간의 시각동기를 위해 송신 STA의 시각정보를 수신 STA에게 전달하는 기능을 갖는다. 시각관리 기능은 수신 STA가 Timing Measurement Request 프레임을 송신 STA에게 전송하고, 송신 STA는 Acknowledgement 프레임을 수신 STA에게 전달함으로써 개시된다. 시각관리 기능이 개시되면 송신 STA는 Timing Measurement 프레임을 수신 STA에게 전달하여 수신STA가 송신STA와 시각동기를 할 수 있도록 한다. Timing Measurement 프레

Allowed Subelements	Subelements ID	Notes
Location Indication Channels	2	Location Indication Channels subelement is included in the Location Track Notification frame.
Radio Information	4	The Radio Information subelement is included in the Location Track Notification frame.
Motion	5	The Motion subelement is included in the Location Track Notification frame if dot11MgmtOptionMotionDetectionActivated is true
Time Of Departure.	7	The Time Of Departure subelement is included in the Location Track Notification frame if dot11MgmtOptionTODActivated is true.
Location Indication Options	8	The Location Indication Options subelement is included in the Location Track Notification frame if the successful Location Configuration Request frame that configured the STA included a Location Indication Options subelement.
Vendor Specific	221	The Vendor Specific subelement may be included in the Location Track Notification frame.

[그림 7] Location Parameter Elements



[그림 9] 무선랜기반 RTT측정 시스템 구조도 I



[그림 10] 무선랜기반 RTT측정 시스템 구조도 II

- RTT 측정기 초기화
 - RTT 측정기를 초기화함
- RTT 측정 서비스 접속
 - RTT 측정 서비스 서버와 RTT 측정 서비스 연결
- RTT 측정 요청
 - RTT 측정 서비스 서버에 RTT 측정을 요청함
- RTT 측정 서비스 접속 해제
 - RTT 측정 서비스 서버와 접속되었던 RTT 측정 서비스 연결을 해제
- RTT 측정기 종료
 - RTT 측정기를 종료함

[그림 11] RTT측정 서비스 클라이언트 수행 절차

- RTT 측정기 초기화
 - RTT 측정기를 초기화함
- RTT 측정 서비스 접속 응답
 - RTT 측정 서비스 클라이언트의 RTT 측정 서비스 접속요청에 대한 응답
- RTT 응답
 - RTT 측정 서비스 클라이언트의 RTT 측정 요청에 대한 응답을 수행함
- RTT 측정 서비스 접속 해제 응답
 - RTT 측정 서비스 접속 해제 요청에 대한 응답
- RTT 측정기 종료
 - RTT 측정기를 종료함

[그림 12] RTT측정 서비스 서버 수행 절차

입과 Acknowledgement 프레임이 하나의 프레임쌍을 이루며, 관련된 시각은 t_1, t_2, t_3, t_4 로 구성된다. ToF를 측정하기 위해서는 $(t_2 - t_1) - (t_4 - t_3) / 2$ 연산이 필요하다. 수신 STA가 하나의 프레임쌍의 ToF를 계산하기 위해서는 다음 프레임쌍의 전송까지 기다려야 한다.

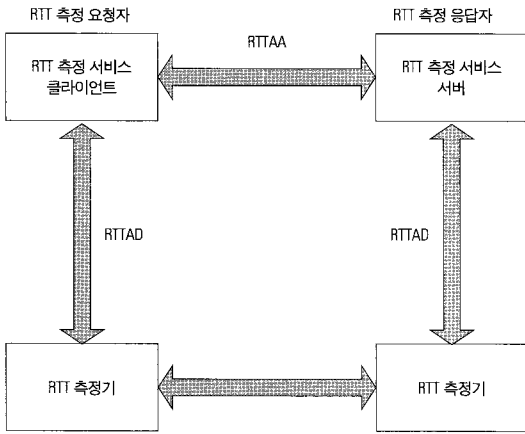
4. 측위성능 향상을 위한 WLAN 기반 장치 간 RTT 측정 인터페이스

IEEE802.11v가 연내에 표준화가 마무리 될 것으로 예상되는 가운데, 국내 무선랜 기반의 RTT 측정 표준이 TTA의 PG305에서 진행되고 있다. 이 표준은 무선랜의 MAC계층 변경을 요하는 IEEE802.11v와 같은 MAC계층 표준개정 방향이 아닌, 기존 무선랜 칩의 변경이나 교체없이 정밀한 RTT의 측정을 가능하도록 하는 시스템 구조에 관한 내용을 정의하고 있다. RTT측정 요청자와 RTT측정 응답자는 기존의 무선랜 장치(무선랜 칩 또는 무선랜 시스템)에 RTT측정기를 [그림 9] 또는 [그림 10]과 같이 구성한다. 무선랜 장치는 RTT 측정

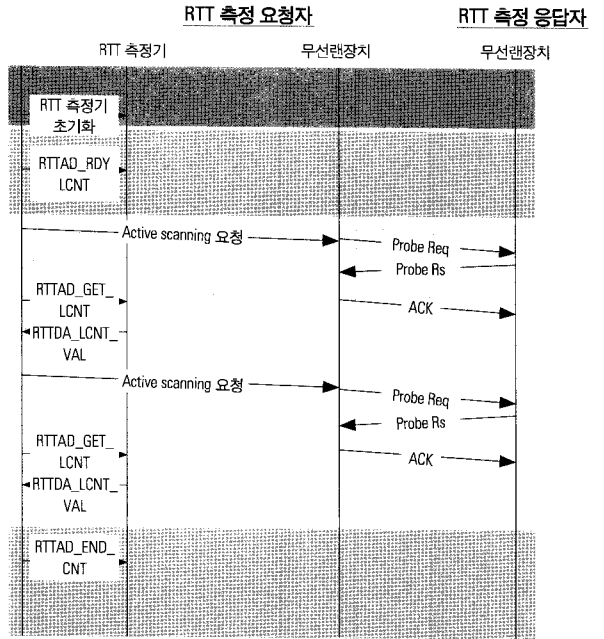
요청자에는 RTT측정 서비스 클라이언트가 되며, RTT 측정 응답자에는 RTT측정 서비스 서버가 된다. RTT 측정 서비스 클라이언트와 서버는 RTT 측정기의 초기화, 서비스 접속, RTT 측정요청, 서비스 해제, RTT 측정기 종료의 기능을 갖는다. ([그림 11], [그림 12] 참고)

RTT측정 시스템의 인터페이스는 [그림 12]와 같이 RTT측정 서비스 클라이언트와 RTT측정 서비스 서버 간의 인터페이스를 RTTAA, 무선랜 장치와 RTT측정기 간의 인터페이스는 RTTAD로 정의된다. RTT측정 요청자와 RTT측정 응답자 간의 RTT 측정은 상술한 클라이언트/서버 기능과 인터페이스 정의를 이용하여 [그림 14]와 같은 절차로 수행된다.

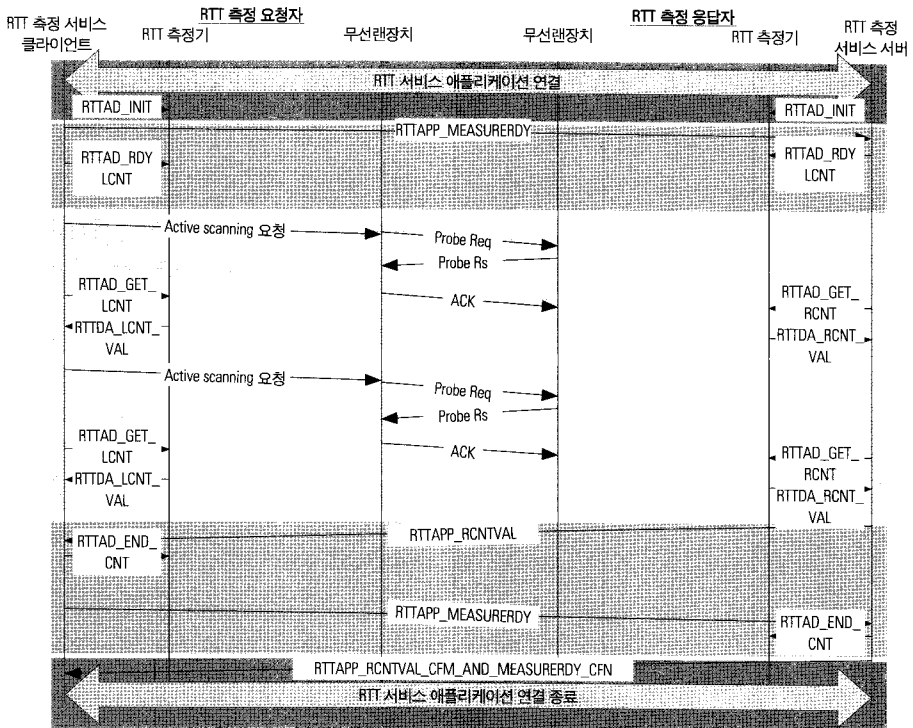
또한, RTT측정 시 매번 두 무선랜 장치간 연결을 해야 할 때 발생하는 문제점, 즉 연결지연 및 패킷 전송 오버로드 문제를 방지하기 위해 [그림 15]와 같이 접속 절차를 배제한 측정 절차가 제시되어 있다. 접속모드로 연결된 무선랜 장치가 존재하고 그 장치와 네트워크가 연결되어 있는 새로운 무선랜 장치가 존재하는 경우에는 비접속 모드로 RTT측정을 수행할 수 있다.



[그림 13] 시스템 인터페이스



[그림 15] 비접속 모드 RTT 측정 절차




[그림 14] RTT 측정 절차 (접속모드)

5. 맺음말

본 고에서는 기존 무선랜의 ToF기반의 측위 적용 부적합성, ToF 관련 무선랜의 새로운 국내의 표준현황을 살펴 보았다. 무선랜을 이용한 실내외 측위 분야는 LBS 시장과 밀접한 관계를 가지고 있으며 매우 높은 시장성을 갖고 있는 것으로 평가받고 있다. 더욱이 스마트 기기 열풍이 불고 있는 현재 상황 속에서 무선랜에 기반한 측위 기술은 LBS 응용분야 확대 및 시장의 활성화에 크게 기여할 것으로 기대된다.

[참고문헌]

- [1] Skyhook Wireless Inc., www.skyhookwireless.com.
- [2] IEEE 802.15.4a, "Part 15.4: Wireless medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications for low-rate wireless personal area network (LR-WPANs)," Draft P802.15.4a/D7, Jan. 2007.
- [3] IEEE802.11v, "Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications Amendment 8: IEEE 802.11 Wireless Network Management," Feb 2011.
- [4] TTA.KO-06.0239, "측위 성능 향상을 위한 WLAN 기반 장치간 왕복시간(RTT) 측정 인터페이스," 2010년 12월. 

정보통신 용어 해설

교육 자원 공개

Open Educational Resources, OER, 教育資源公開 [관리운동]

※

교육 기관에서 보유한 교육 자원을 무료로 개방하자는 운동.

유네스코를 중심으로 평생교육 차원에서 대학이 보유한 강의 자료 따위를 무료로 제공하자는 운동이다. MIT, 예일, 버클리 같은 미국의 대학들이 웹 사이트나 다양한 경로로 무료 온라인 강의를 제공하고 있다.

