

802.11 WLAN을 활용한 실내 측위기술에 관한 연구¹⁾

이철희*, 송주석*

*연세대학교 컴퓨터과학과

e-mail:{chlee, jssong}@emerald.yonsei.ac.kr

A Study of Indoor Tracking Scheme using 802.11 WLAN

Cheol-Hee Lee*, JooSeok Song*

*Dept of Computer Science, Yonsei University

요 약

측위 기술에 대한 연구는 활발히 진행되고 있으며, 측위 기술에 대한 정확도도 점점 증가하고 있는 추세이다. 또한 해당 기술을 활용한 응용분야들이 다양한 형태로 활용되고 있으며, 향후 또 다른 새로운 분야로도 점점 더 확대될 예정이다. 실외 측위는 GPS, 이동통신망 등을 통해 널리 지원되고 있고 오차 범위도 많이 줄어들고 있지만 무선망을 통한 실내 측위에 대해서는 무선의 여러 가지 제한사항으로 인해 오차 범위가 실외 측위에 비해 크게 나타나고 있다. 이에 본 논문에서는 802.11 WLAN 환경에서 활용될 수 있는 RSS-Map을 활용한 실내 측위 기술에 대해 제안한다. 본 연구는 기존의 실내 측위 모델보다 정확성을 가지고 있으며 실험평가를 통해 이동성을 가진 스테이션의 위치를 정확하게 확인할 수 있음을 보인다.

1. 서론

실외 측위기술은 거의 대부분 GPS(Global Positioning System)를 통해 제공되고 있으며, 최근에는 1m 이하의 정확도를 나타내고 있다. 또한 그 측위기술을 통한 다양한 애플리케이션형태로 개발되어 그 활용성이 증대되고 있다.

다른 실외측위기술로 Cellular망을 통한 측위방법이 활용되고 있는데, TOA(Time of Arrival), TDOA(Time Difference of Arrival) 및 RSS(Received Signal Strength intensity)등의 방법들이 사용되고 있다[7][8].

이에 반해 실내 측위기술은 WLAN(Wireless Local Network)과 WSN(Wireless Sensor Network)을 활용하여 지원되고 있다. Cellular 망의 측위기술과 유사한 방법으로 위치가 측정되고 있으나 전파의 여러 가지 특성으로 인해 위치 측위의 오차가 크다. 이를 해결하고자 본 논문에서는 802.11 WLAN[1] 환경 하에 RSS(Recieved Signal Strength)- Map을 활용한 위치 측위법을 제안한다. 대부분의 실내 환경에서는 WLAN AP(Access Point)가 설치되어 무선 인터넷이 지원되고 있다. 이 AP들을 활용하여 RSS-Map을 구현하고, 스테이션은 이 RSS-Map을 참조하여 자신의 위치를 정확히 알 수 있게 된다.

본 논문의 구성은 2장에서 WLAN을 활용한 실내 측위 방법에 대해 설명한다. 3장에서는 겹친 채널을 이용한 페

킷 수신 및 RSS-Map을 활용한 측위 방법을 제안하고, 4장에서는 본 논문에서 제안한 겹친 채널 패킷 수신과 RSS-Map을 활용한 측위기술에 대한 실험 및 결과를 비교 분석하고 5장에서 결론을 맺는다.

2. WLAN 기반 실내 측위방법

가. 신호세기를 이용한 측위 방법

무선 통신을 활용한 이래로 신호세기를 이용한 측위 기술에 대한 많은 연구들이 진행되어 오고 있다. WLAN을 활용한 방식은 스테이션이 수신하는 패킷의 신호세기를 측정하고 신호 감쇠로 인한 신호 전달거리를 측정하여 위치를 계산해 낼수 있다. 이를 활용한 대표적인 연구로 RADAR[2], Ekahau[3], Place Lab[4][5]등을 들수 있다.

RADAR는 빌딩 내에서 사용자들의 위치 추적을 위해 만든 RF 기반의 시스템이다. RADAR는 관심영역 내에서 겹치는 커버리지를 제공하기 위해 다중 베이스 스테이션의 신호세기를 저장한다. 저장된 데이터와 실제 측정된 데이터를 비교하여 신호 감쇠 모델을 제안하였다. 기존 전파 감쇠 모델에 감쇠 변수, 벽 개수, 변환 상수 등이 추가적으로 적용되어 실험결과를 뒷받침해준다[2].

Ekahau는 크게 manager, server, cleint 체계로 구성되어 있으며, manager는 실내 WLAN 신호를 수집하고 측위모델(database)을 구성하는 역할을 담당한다. Server는 WLAN 인터페이스를 사용하는 client가 스테이션의 위치

1) 이 논문은 2008년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (R01-2006-000-10614-0).

를 요청하면 manager가 측정한 데이터를 바탕으로 위치를 계산하여 응답한다. 측위 정확도는 일반적으로 1~3m로 알려져 있으며, manager에 의해 지도상의 많은 지점에서 측정치를 수집할수록 위치 정확도가 증가한다[3].

Intel의 place lab은 미리 알려진 지점에서 신호정보를 수집하여 측위 데이터베이스를 구성하고 스테이션에게 위치정보를 제공하는 점은 Ekahau와 유사하다. 하지만 Ekahau는 지도상에 알려진 지점을 표시하고 이로부터 fingerprint database를 구성한다. AP로부터 스테이션이 신호를 측정하며 그 정보를 사용하여 데이터베이스 서버를 통해 스테이션의 위치를 계산한다[4][5].

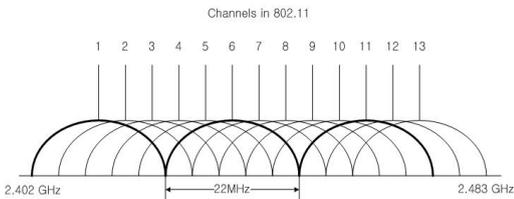
<표 1> 실내 측위방법 비교

	계산주체	데이터 구성방식
RADAR	스테이션	신호감쇄 모델에 따른 공식 이용
Ekahau	서버	신호세기와 신호대 잡음비를 측정, 활용
Place Lab	서버	GPS로부터 얻은 좌표별 신호세기의 데이터베이스 구축

3. RSS-Map을 활용한 실내 측위방법

가. 겹친(Overlapped) Channel들을 활용한 비콘(beacon) 스캔(scan)

IEEE 802.11b 는 11개의 채널을 사용하여 무선 네트워크 환경을 지원하고 있지만, 단 3개의 채널(1번, 6번, 11번)간 겹치지 않는다. 다시 말해, 각 채널은 다른 채널과 겹쳐져서, 기존에 사용되고 있는 채널에서도 다른 채널의 데이터를 수신할 수 있다.

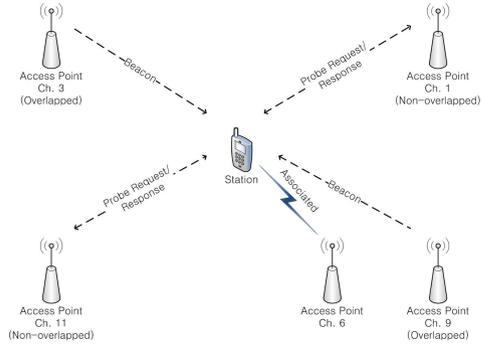


(그림 1) IEEE 802.11b Channel

그림 1은 IEEE 802.11b에서 사용되고 있는 채널에 대한 그림으로, 1번, 6번 그리고 11번 채널은 서로 겹쳐 있지 않고 다른 채널들은 나머지 채널들과 겹쳐 있음을 볼 수 있다. 예를 들어 1번 채널을 사용하더라도 2번~5번 채널과 겹쳐 있어 해당 채널의 데이터를 수신할 수 있다.

현재 IEEE 802.11b 표준에서는 자신의 채널이 아닌 데이터들에 대해 하의 계층의 프로토콜은 상위 계층으로 전달하지 않도록 설계되어 있다. 우리는 비콘 수신모드를 도청모드 현재 연결된 채널이 아닌 다른 채널의 비콘을 확인할 수 있도록 하였다. 해당 비콘을 통해 겹친 채널에서

통신하고 있는 AP들의 신호세기를 확인할 수 있고, 그 신호세기를 기존에 구축되어 있는 RSS-Map과 비교하여 현재 스테이션의 위치를 확인할 수 있다.



(그림 2) IEEE 802.11b 환경에서의 겹친 채널과 겹치지 않은 채널과의 스캔

그림 2는 Channel 6번과 연결된 스테이션이 겹친 채널로부터 비콘을 수신하는 것과 그 외의 채널로부터 probe 패킷을 수신하는 것을 보여주고 있다. 스테이션은 현재 6번 채널과 연결되어 있으므로, 겹친 3번 채널과 9번 채널로부터 비콘 패킷을 수신하고, 겹치지 않은 1번과 11번 채널로부터 probe 패킷을 수신한다.

겹친 채널로부터 수신한 비콘 정보를 이용하므로, 여러 채널에서의 스위칭을 통한 스캔이 아닌 한 채널에서 스캔을 진행하므로 스캔 정확성 및 효율성이 증대된다.

나. RSS-Map 기반 실내 측위 기술

'가'절에서 언급하였듯이 겹친 채널을 통해 수신한 비콘 정보들을 활용하여 겹친 채널을 사용하여 통신하고 있는 AP들이 주기적으로 브로드캐스팅하고 있는 비콘을 받을 수 있으며, 그 정보를 통해 특정 AP로 연결되어 있을지라도, 주의에 겹친 채널을 사용하는 각각의 AP로부터의 신호세기를 측정할 수 있다.

<표 2> RSS-Map 구성

채널	구역 1	구역 2	구역 n	구역 x
AP 1	[a1~b1]	[a2~b2]	[an~bn]	[ax~bx]
AP 2	[c1~d1]	[c2~d2]	[cn~dn]	[cx~dx]
AP 3	[e1~f1]	[e2~f2]	[en~fn]	[ex~fx]

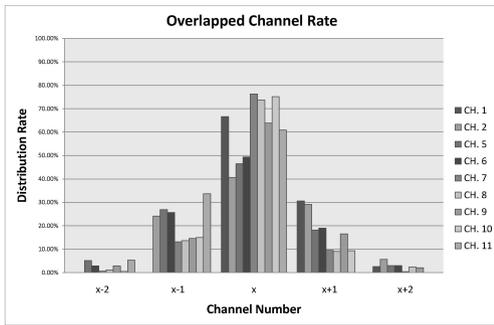
특정 지점에서 주변의 겹친 채널을 사용하고 있는 AP들의 비콘 신호세기를 확인할 수 있으며, 그 신호세기의 범위를 바탕으로 해당 위치정보를 매칭할 수 있다. 한 지점당 여러 AP들로부터의 신호세기가 데이터베이스화 되면

특정 스테이션은 주변 AP들의 신호세기를 측정하여 현재 자신의 위치를 확인할 수 있게 된다.

표 3은 3개의 AP를 이용하여 RSS-Map을 구축한 것으로, Location 1~x는 각각의 영역을 나타내는 것으로 범위는 각 영역간의 넓이는 $3 \times 3m^2$ 이고 각 영역에 대해 해당 AP로부터 수신한 신호세기의 범위를 나타낸다. 각각의 신호세기는 비콘 정보를 통해 측정되었으며, x는 측정하는 장소에 따라 값이 변할 수 있다.

4. 실험 및 결과 분석

가. 기준 설정 채널 대비 수신 가능 채널 분포



(그림 3) 겹친 채널들의 분포율

그림 1에서 볼 수 있듯이 한 개의 채널은 최대 4개의 채널과 겹칠 수 있으나, 실제 실험을 통해 확인한 결과 1개 ~ 4개의 채널들에서 데이터를 수신할 수 있음을 확인할 수 있었고, 그 비율은 본 채널에 비해 근접해 있는 채널의 비율이 점점 낮아짐을 확인할 수 있다.

그림 3은 사용 중인 채널과 겹친 채널들 간 수신율을 보여준다. 3,4번을 제외한 모든 채널별 각각 5개 이상의 AP들을 사용해서 확인하였다. 가로 축은 사용 중인 채널(x)과 겹친 채널(x-2, x-1, x+1, x+2)을 나타낸다.

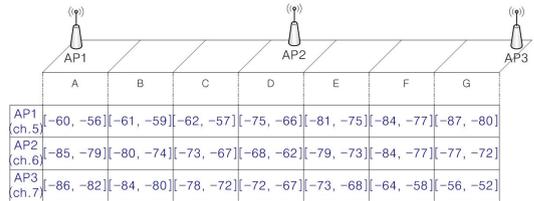
각 채널별 각기 다른 분포를 보여주고 있으나, 모든 사용 중인 채널이 다른 겹친 채널에 비해 큰 비율을 차지하고 있다. 채널 1,7,8,9,10 그리고 11번은 사용 중인 채널이 약 70% 차지하고 있는 반면, 2,5,6번 채널은 40%에서 50% 비율을 차지하고 있다. 이에 반해 한 개의 채널이 차이나는(x±1) 겹친 채널의 분포는 10%에서 30%로 다양하게 나타났다. 마지막으로 두 채널 차이를 가지고 있는 겹친 채널은 10%이내의 분포를 나타내고 있다.

<표 3> 전 채널에 대한 겹친 채널별 분포 평균

	x-2	x-1	x	x+1	x+2
평균 분포율	2.03%	18.54%	61.42%	15.71%	2.10%

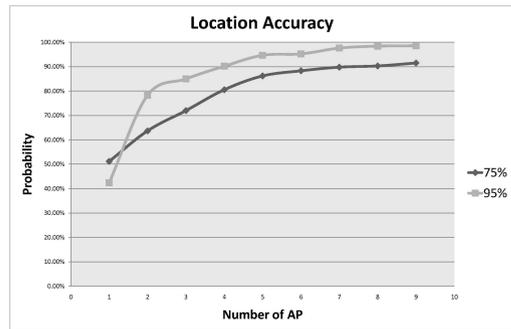
나. 위치 정확성 분석

RSS-Map은 두 가지의 경우로 작성하였다. 각 AP로부터 측정된 신호세기는 95% 및 75%의 정확성을 바탕으로 그림 4의 RSS-Map을 작성하였다. 즉, 95%정확성은 각 영역별로 측정된 신호세기는 1000개중 약 950개가 해당 범위 내에 속하는 것이고, 75%는 750개가 속한다는 것이다. 두 가지 경우로 실험을 한 이유는 패킷 포함률(범위 내 정확성)이 낮을수록 다른 지역과 겹치는 신호세기가 줄어들어 수신된 패킷수가 적은 구간에서 상대적으로 정확도가 높다.



(그림 4) RSS-Map

그림 5는 스테이션이 겹친 채널로부터 받은 AP의 개수가 1개 1부터 9개 까지 경우 위치 정확도를 나타내는 것이고, 두 가지 경우에 대해 작성하였다. 첫째는 RSS-Map 작성 시 75%의 정확도를 가지는 경우이고 다른 한 경우는 95%의 정확도를 가지는 경우를 나타낸다.



(그림 5) 위치 정확도

두 종류의 패킷을 수신했을 경우 영역간의 신호세기 범위가 상대적으로 작아서 위치 정확도는 낮으나, 세 개 이

상의 경우는 95% 포함률이 더 정확도가 뛰어난 것으로 나타났다.

5. 결론 및 향후 연구 계획

본 논문에서 IEEE 802.11b 환경에서 겹친 채널로부터 수신한 데이터를 바탕으로 RSS-Map을 활용해 이동성을 가지고 있는 스테이션의 위치를 정확히 판단할 수 있는 메카니즘을 제안하고, 실험을 통해 위치 측정 기법이 90% 이상의 정확함을 보였다.

향후 우리는 특정 실내에만 구축되어 있는 것이 아닌 War Driving[6]과 같이 특정 AP들의 위치가 널리 알려진 정보를 통해 RSS-Map을 구성하고 그 데이터를 통해 실내·외 구분이 없이 상용 AP 커버리지내에 속해 있는 스테이션이라면 어디서라도 측위가 가능한 시스템을 만들 수 있도록 연구해나갈 예정이다.

참고문헌

- [1] "IEEE trial-use recommended practice for multi-vendor access point interoperability via an inter-access point protocol across distribution systems supporting ieee 802.11 operation," *IEEE Std 802.11F-2003*, pp. 1 - 7, 2003.
- [2] P. Bahl and V.N. Padmanabhan, "RADAR: An In-Building RF-Based User Location and Tracking System," In Proc. of IEEE Infocom 2000 Conf. on Computer Commun., Vol.2, Mar. 2000, pp.775-784.
- [3] <http://www.ekahau.com>
- [4] Anthony LaMarca, Yatin Chawathe, Sunny Consolvo..., "Place Lab : Device Positioning Using Radio Beacons in the Wild", Intel Research Seattle, Intel Research Cambridge, Department of Computer Science, UC San Diego
- [5] <http://www.placelab.org>
- [6] <http://www.wigle.net>
- [7] 김병두, 조성윤, 조영수, "미지위치에 설치된 AP를 이용한 실내위치 결정", 2006
- [8] 조영수, 조성윤, 김병두, 이성호, 김재철, 최완식, "실내의 연속측위 기술 동향", 2007