

# 무선랜 환경에서의 위치 인식기술 현황<sup>†</sup>

아주대학교 박세진\* · 김민구\*\*

## 1. 서 론

유비쿼터스 컴퓨팅은 언제, 어디서든, 어떤 사물을 통해서도 컴퓨터를 활용할 수 있음을 이르는 말이다. 또한 사람이 직접 관여하지 않은 상황에서도 스스로 사람에게 필요한 서비스를 제공해주는 특징을 가지고 있다. 컴퓨터 스스로가 사람의 행동을 감지하고, 현재 상황을 인식하는 기술은 유비쿼터스 컴퓨팅의 밑바탕이 된다.

그 중에서도 사람이나 장비의 위치정보를 파악하는 위치 인식(Location-aware) 기술은 상황인식 기술 분야의 핵심으로 떠오르고 있다.

기존에 진행되어온 상황 인식 기술들은 가장 대표적인 인공위성을 이용한 GPS(Global Positioning System)를 필두로, 초음파(Ultrasonic)를 이용한 Cricket [1], 적외선(Infrared)을 이용한 Active Badge [2], RF(Radio Frequency)를 이용한 RADAR [3] 등이 있다. 이러한 시스템들은 모두 강력한 위치인식 능력을 가졌지만, 시스템을 위한 기반시설을 새로 설치해야만 한다는 공통적인 단점들이 있다.

최근 그러한 단점을 보완하기 위해, GSM(Global System for Mobile Communication)이나 무선랜(Wireless LAN)을 이용한 위치 인식기술이 각광받고 있다.

본 고에서는 기존 위치 인식기술들의 개괄을 살펴보고, 그 중 이미 많은 수의 기반시설(AP : Access Point)를 가지고 있는 무선랜 기반의 위치 인식 기술의 연구 방향을 모색해보고자 한다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 위치 인식 알고리즘의 분류

기존의 위치 인식 알고리즘은 크게 두 가지로 나뉘

어진다. 첫 번째는, 미리 구축된 위치 정보 데이터베이스를 이용하는 방법이다. 대표적인 예로 Yahoo yellow page가 있는데 이 사이트는 위치 좌표를 그에 해당하는 지명, 주소, 지도 이미지 등으로 변환시켜준다. 이러한 작업을 Geocoding이라 한다[4]. 그러나 이러한 방법의 문제점은 개인적인 의미를 가지는 위치정보(예 : 광화문에서 을지로 방면으로 500m 지점)를 나타낼 수 있는 방법이 없다는 것이다.

두 번째 방법은, 사람들이 가지고 다니는 핸드폰 등의 위치인식 장비가 스스로 그 사람의 현재 위치를 학습하고 인식하는 것이다[4]. 이 방법을 통해, 개인의 필요에 의해 새로 정의된 위치를 사용자의 이동 경로 데이터를 사용하여 표현하고, 다음 방문 시 인지할 수 있다.

이 방법의 장점은 지리 정보 데이터베이스나 서버가 없이도 사용자 위치를 스스로 인식할 수 있다는 점과, 사용자 개인이 지정한 고유의 장소도 인식에 사용할 수 있다는 점이다. 따라서 위치정보 서버로부터 지역 데이터를 전송 받지 않고, 단일 기기만으로 위치인식을 할 수 있다.

학습알고리즘을 사용한 위치 인식 방법은 Ashbrook 과 Starner가 제시한 GPS 신호를 군집화하는 알고리즘[5]이 대표적이다. A&S 알고리즘은 측정된 GPS 좌표들을 k-means 클러스터링 기법을 사용하여, 밀집된 좌표들을 군집화하고, 군집화된 클러스터를 하나의 범위를 가지는 장소로 인식한다.

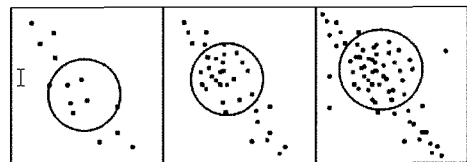


그림 1 A&S 알고리즘

그림 1은 A&S 알고리즘의 학습과정을 도시한 것인데, 작은 점은 GPS 좌표를, 큰 원은 인식된 위치를 의미한다. 오른쪽으로 갈수록 학습에 사용된 GPS좌표

<sup>†</sup> 본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업의 일환으로 추진되고 있는 정보통신부의 유비쿼터스컴퓨팅 및 네트워크 원천기반기술 개발사업의 지원에 의한 것임.

\* 학생회원

\*\* 중신회원

가 많아지고, 그에 따라 인식된 위치(큰 원)가 GPS 위치데이터가 밀집된 지역으로 이동하는 것을 볼 수 있다.

세 번째 방법으로 [5]에서 제안한 BeaconPrint가 있다. BeaconPrint에서는 오차 보정을 위해 윈도우(GPS 신호 횟수 또는 시간간격)라는 측정 간격을 두고, 각 윈도우 구간 동안 센서(RF, 802.11 등)로부터 입력 받은 위치 신호를 분류하여 위치 코드(BeaconPrint)를 만들고 이것을 하나의 위치 표식으로 삼아 다음 번 방문 시 그 위치를 인식한다. 즉, 한 장소에서 수집된 신호세기의 집합은 그 장소에서만 유일하게 발생하는 패턴이라는 개념이다.

A&S와 BeaconPrint 알고리즘은 Geocoding의 단점을 해결할 수는 있지만, 이미 정해져 있는 공식적인 장소명을 스스로 알아내기 위해서는 Geocoding의 방식과 통합되어야 한다.

위치인식의 대표적인 시스템인 GPS는 실제 자동차나 선박용 네비게이션으로 널리 사용되고 있는 만큼, 신뢰도 높은 위치인식 성능을 가지고 있지만, 위성신호가 닿지 않는 건물내부에서나 날씨가 흐려서 시계가 좋지 않은 날 작동불능 상태가 된다는 단점을 가지고 있다. 또한 현재까지 나온 GPS 시스템은 건물 내의 방과 방 사이 정도로 좁은 지역에서의 인식률은 뛰어나지 못하다.

그러한 이유로 최근에는 건물 내에서 핸드폰이나 PDA장비의 위치를 측정할 수 있는 시스템을 구축하는 연구가 활발히 진행되고 있고, 그 중 앞서 기술한 BeaconPrint 알고리즘을 응용한 많은 연구들이 진행되고 있다.

앞으로 설명할 RADAR, RightSPOT 등은 BeaconPrint의 모태가 된 관련 연구들이다.

## 2.2 RADAR

RADAR[3]는 RF 장비를 사용하여, 건물 내에서 사용자의 위치를 추적하는 시스템으로써, 신호 기반의 위치 인식 기술의 모체라 할 수 있다.

이 기술의 핵심은 RF 장비로부터 수집한 데이터들로 신호 전파 모델(Models for signal propagation)을 수립하는 것인데, 일단 모델을 수립하는 절차가 끝나면 현 위치에서의 신호정보를 신호 전파 모델 안에서 찾아내어 실시간 위치 인식이 가능하다.

그림 2는 RADAR시스템에서 사용된 테스트 환경 지도로써, 별표는 3개의 RF 발신기(Base Station)를, 검은 점들은 RF 발신기로부터 신호를 수집한 지점들을 나타낸다. 수집된 데이터는 아래 형식으로 저장된다.

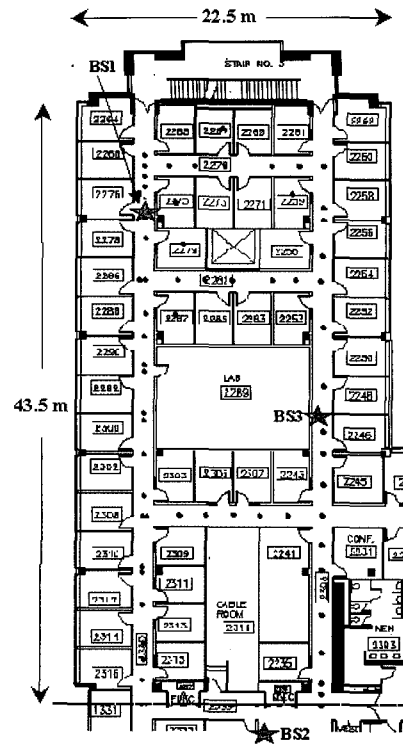


그림 2 RADAR 테스트 환경 지도

[t, x, y, bs, ss, d]  
t : timestamp, x, y : coordination  
bs : base station,  
ss : signal strength, d : direction

수신기의 방향을 저장하는 이유는 방향에 따른 신호 수신상태, 간섭상태가 달라지기 때문이다. (심지어 사람과 수신기의 위치에 대해서도 영향을 받지만 여기서는 무시하였다.)

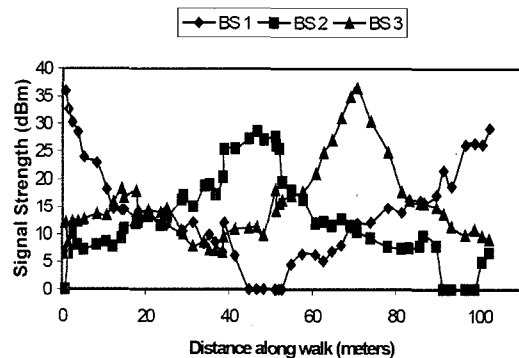


그림 3 측정 신호 변화 추이

그림 3에서 보이듯 시간에 따른 측정신호의 변화량은 RF 발신기와 신호 측정위치간의 거리의 연관성을 보여준다. 이러한 특징에 기반하여, RADAR 시스템에서는 RF 신호-위치 연관맵을 구성하고, 연관맵과 현재 위치의 신호에 대해 Nearest Neighbor in Signal

Space (NNSS) 알고리즘을 사용하여 매칭과정을 거쳐 현재 위치를 인식한다.

### 2.3 RightSPOT

RightSPOT(6)은 FM 라디오 신호를 이용하여 위치를 인식하는 시스템이다. 기본 구조는 앞에서 기술한 RADAR의 이론을 그대로 따르고 있으나, 군집화(classification)의 방법으로 확률에 기반을 둔 베이시안 기법(Bayes rule)을 사용하고 있다는 것이 차이점이다.

FM 라디오 신호의 주파수 리스트를 모으고, 해당 주파수의 신호 세기를 벡터로 구성하여,  $s = (s_1, s_2, \dots, s_n)$ 를 만들고, 이를 순위를 나타내는 벡터(Rank vector)로 만든다. 예를 들어,  $s = (12, 40, 38, 10)$ 의 신호를 수신하였다면, Rank vector는  $r = (2, 4, 3, 1)$ 이 된다.  $n$ 개의 라디오 방송국에 대해  $n!$ 개의 Rank vector가 생기게 되는데, 각 Rank vector는 1부터  $n$ 까지의 자연수에 매핑된다. 각 위치에서 수집된 신호정보는 중복되지 않은 유일한 수치인 R값을 가지고 각각의 위치에 대해 이산 확률 분포값으로 근사화된 Normalized histogram을 만들어 낸다.

그림 4는 세 개의 라디오 방송국이 확인되어,  $3! = 6$

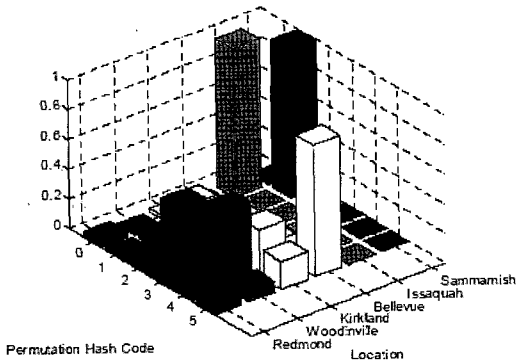


그림 4 각 위치에 대한 확률분포 그래프

### The Architecture

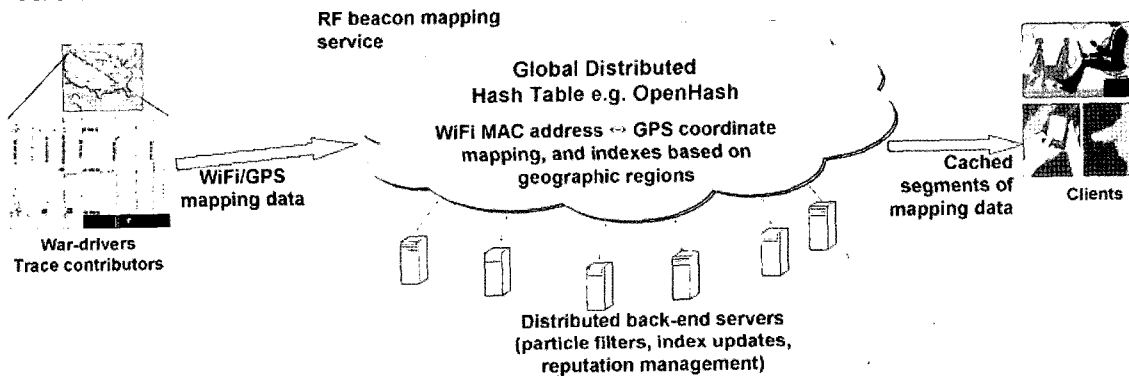


그림 5 PlaceLab 구조도

개의 신호조합 순열이 생겼고, Issaquah 지역이 0 번째 순열을 고유한 식별자로써 가지게 됨을 나타낸다.

라디오 방송국이라는 비교적 기반시설이 적은 매체를 사용하고 있긴 하지만 확률모델로써 위치인식에 접근하고 있다는 점에서 의미가 있는 연구라 할 수 있다.

## 3. 무선랜 위치인식기술 연구

무선랜(Wireless LAN)은 무선 접속 장치(Access Point)가 설치된 곳을 중심으로 일정거리내에서 PDA 나 노트북을 이용하여 무선으로 인터넷에 접속할 수 있는 네트워크 시스템을 말한다. 초기에는 도달거리가 10m에 불과 했으나, 2000년대에 들어와서는 50~200m 정도까지 대폭 늘어났다. 이러한 무선랜의 환경과 특성은 위치인식에 필요한 요건을 모두 갖추고도, 다른 정보전송까지 동시에 해결할 수 있다는 점, 추가적인 장비가 필요 없다는 점 등의 장점으로 인해 각광 받는 무선위치인식 기반시설로 자리 잡고 있다.

무선랜 위치인식 분야는 인텔의 PlaceLab(<http://www.placelab.org>)이 주도하고 있으며, 오픈 프로젝트로 현재까지 만들어진 모든 성과물들을 공유하며 활발한 연구를 진행하고 있다.

### 3.1 PlaceLab

앞 장의 관련 연구에서 설명한 Beacon Print는 PlaceLab에서 사용하는 알고리즘이다. PlaceLab은 고전적인 신호 기반 위치 인식 기술을 이어받음과 동시에, GSM, 무선랜, Bluetooth 등 최신 네트워크 인프라를 모두 수용하여 위치인식의 효율을 극대화한 시스템이다. PlaceLab의 가장 큰 특징은 기존의 위치정보 시스템처럼 지역정보 전체를 한 곳에서 수집하는 것이 아니라, 사용자 각각이 개별적인 지역정보를 개인 장비(PDA, 핸드폰 등)를 사용하여 수집하고, 인터넷을 통

한 공조(Collaboration) 방식으로 전체 지역정보를 구성한다는 것이다. 이것은 낱말이 변화하는 지역의 가변적인 사항에 쉽게 대처하고, 보다 세밀하고, 지역 실정에 맞는 위치 인식 데이터를 모으는데 적합하다.

PlaceLab의 또 다른 특징 중 하나는 무선랜 신호정보를 GPS 좌표로 매핑시키는 는 GPS Stumbling 이라는 기능이다. War-driving(차를 타고 돌아다니면서 AP 신호를 수집하는 것)를 통해 지역에서 실제 발생하는 AP신호정보를 수집하면서, 동시에 GPS 장비로 실제 위/경도 좌표를 읽고, 두 요소의 연관관계를 Signal Map으로 구성하는 방식으로 각 지역의 Stumbler들이 로컬 데이터를 PlaceLab.org서버의 데이터베이스에 업로드하고, 서버는 이것들을 조합해서 전 지역에 걸친 Signal Map을 유지하며, 다른 사용자들에게 제공한다.

### 3.2 Self Mapping

PlaceLab등의 툴킷을 사용하여, 무선랜 AP 정보를 수집하고, 위치인식을 위한 Mapping Table을 구성할 수 있지만, 실제 AP 들로부터 수집되는 신호정보는 쉽게 왜곡되고, 감쇄되어 일관되고 올바른 신호 데이터 체계를 수립하기 어렵다. 이는 건물의 구조(벽, 문, 건물의 재질, 온도 등)와 사람들의 이동(인체의 70%를 차지하는 수분)의해 쉽게 영향을 받는 무선 신호의 특성에서 기인하는데, 이를 극복하는 대표적인 방법은 직접 현장에서 발생하는 신호 정보를 수집하여, 경험적인 방법으로 직접 Mapping Table을 구성하도록 하는 Self Mapping 방식이다.

[7]에서는 무선랜 환경에서 GPS 사용을 최대한 줄이고 스스로 Self Mapping을 수행하는 방법에 대해 연구하였다. 이 연구에서는 몇 개의 SeedSet을 TraceLog에 매핑하고, 신호의 세기에 따라 다른 TraceNode들끼리의 거리를 계산한 후 남은 계산되지 않은 Node들끼리 상호 연관성에 의해 추정하는 방법으로 매핑 한다.

만일 한 위치에서 두 개 이상의 AP신호가 잡히면, 그것은 두 AP가 4~500m 안에 위치한다는 것을 의미한다. 신호의 세기만으로 AP와 현 위치의 각도를 계산하지는 못하지만 최대거리를 추정할 수 있다. Seidel's model [8]에 의해 거리와 신호의 관계를 다음과 같이 정의한다.

$$ss = ss_0 - 10 \cdot n \cdot \log_{10}(d/d_0)$$

ss0는 기본 거리 (보통 1m) 에서의 AP에서 수신되는 신호의 세기를 의미한다. 따라서, 만일  $n = 2.5$ 이고,  $d_0 = 1$ 에서  $ss_0 = -32$ 라면

$$d = 10^{(-32 - ss)/25}$$

가 된다.

그림 6은 두 개의 AP가 존재하는 환경에서 세 지점(별표)에서 측정된 신호의 세기를 나타낸다.

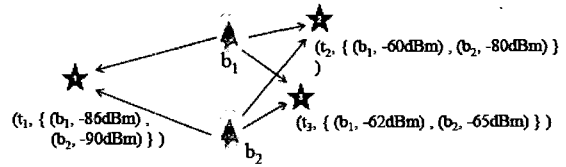


그림 6 Self-mapping

주어진 조건에서 AP b1과 b2의 거리를 다음과 같이 추정할 수 있다.

$$distance \leq 10^{(-32 - ss1)/25} + 10^{(-32 - ss1)/25}$$

이와 같은 방식으로 모든 AP노드간에 최대거리를 계산하고, 이러한 AP간 거리를 이용하여, 최초 SeedSet으로부터 다른 AP위치를 추정해 나간다.

## 4. 결 론

현재 까지 연구된 여러 위치 인식 시스템의 개관을 살펴 보았고, 특히 기존 위치 인식 시스템의 단점을 보완할 수 있는 무선랜 기반의 위치 인식 시스템에 대한 연구들을 소개했다.

대표적인 위치인식 서비스라 할 수 있는 GPS의 실내에서만 사용이 국한되고, 협소한 지역에서의 인식이 떨어진다는 단점을 신호기반의 위치 인식 시스템으로 극복할 수 있다. 그 중 새로운 장비 설치에 대한 비용이 거의 들지 않는 GSM이나 무선랜에 대한 연구 사례를 보였고, 가장 활발한 연구가 진행되고 있는 PlaceLab을 중심으로 그 핵심 기술과 연관 기술을 언급하였다.

## 5. 향후 연구 방향

불안정한 신호 수집 데이터를 토대로 더 좋은 인식 모델을 수립하기 위한 노력이 더 필요하다. Bayesian filter[9]나 Neural network[10]을 사용한 연구 사례가 있고, 기타 다른 AI 기법을 사용한 많은 연구가 진행되어 지고 있다.

앞에서 살펴본 바와 같이, 무선랜을 기반으로한 위치 인식 분야는 이미 여러 주도 기관으로부터 많은 연구가 진행되어지고 있다. 그러나 여전히 현실에 적용된 서비스로써 사용하기에는 미진한 바가 있고, 국내외 무선랜 시장이 이제 막 활성화가 되기 시작하는 단계라

는 점에서 앞으로 이 분야에 대한 연구가 점점 더 큰 의미를 가질 것으로 기대한다.

### 참고문헌

[ 1 ] PRIYANTHA, N. B., CHAKRABORTY, A. & BALAKRISHNAN, H, "The Cricket Location-Support System," Proceedings of MOBICOM 2000, pp.32-43(Boston, MA, ACM Press). (2000).

[ 2 ] WANT, R., HOPPER, A., FALCAO, V. & GIBBONS, J, "The Active Badge Location System," ACM Transactions on Information Systems, 10, 91-102.(1992).

[ 3 ] Paramvir Bahl and Venkata N. Padmanabhan, "RADAR: An in-building RF-based user location and tracking system," In IEEE INFOCOM 2000, pp.775-784, March, 2000.

[ 4 ] Jeffrey Hightower, Sunny Consolvo, Anthony LaMarca, Ian Smith and Jeff Hughes, "Learning and Recognizing the Places We Go," UbiComp 2005: Ubiquitous Computing: 7th International Conference, pp.-162, Sep., 2005.

[ 5 ] Ashbrook, D., Starner, T., "Using GPS to Learn Significant Locations and Predict Movement Across Multiple Users," Personal and Ubiquitous Computing, pp.275-286, July, 2003.

[ 6 ] LAMARCA, A., CHAWATHE, Y., CONSOLVO, S., HIGHTOWER, J., SMITH, I., SCOTT, J. SOHN, T., HOWARD, J., HUGHES, J., POTTER, F., TABERT, J., POWLEDGE, P., BORRIELLO, G. & SCHILIT, B. "Place Lab: Device Positioning Using Radio Beacons in the Wild," Pervasive 2005, Munich, 2005. (2005).

[ 7 ] Anthony LaMarca, Jeffrey Hightower, Ian Smith and Sunny Consolvo, "Self-Mapping in 802.11 Location Systems," In Proceedings of Ubicomp 2005, Tokyo, Japan. September, 2005.

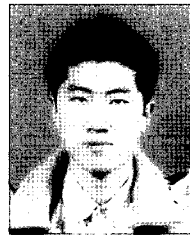
[ 8 ] SEIDEL, S. Y. & RAPPORT, T. S., "914 Mhz Path Loss Prediction Model for Indoor Wireless Communications in Multifloored Buildings," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 40, pp.207-217. (1992).

[ 9 ] Dieter Fox, Jeffrey Hightower, Lin Liao, "Bayesian Filters for Location Estimation," IEEE Pervasive Computing September, 2003.

[10] Roberto Battiti, Alessandro Villani and Tang Le Nhat, "Neural network models for intelligent networks : deriving the location from signal patterns."

---

#### 박 세 진



2002 아주대학교 정보 및 컴퓨터(공학사)  
2005~현재 아주대학교 정보통신 전문  
대학원 석사과정  
관심분야: 인공지능, 위치인식, 비전처리  
E-mail : gnoses@ceai.ajou.ac.kr

#### 김 민 구



1977 서울대학교 계산통계학과  
(전산학학사)  
1979 KAIST 전산학과(전산학석사)  
1989 펜실베니아 주립대학교 전산학(박사)  
1981~현재 아주대학교 정보 및 컴퓨터  
공학부 교수  
1997~1998 한국정보과학회 인공지능  
연구회 운영위원장  
관심분야: 인공지능, 데이터 마이닝, 정보  
검색, 커뮤니티 컴퓨팅  
E-mail : minkoo@ajou.ac.kr

---