

# 스마트 디바이스 기반의 Fingerprinting 실내측위 시스템 연구

조일형\* 김호곤\*\*

\*고려대학교 컴퓨터정보통신대학원

\*\* 고려대학교 컴퓨터학과

e-mail : yellers@korea.ac.kr

## Fingerprinting Indoor Positioning System based on Smart Device.

Il Hyung Cho\* hyogon kim\*\*

\*Graduate School of Computer & Information Technology Korea University

\*\* Dept. of Computer Science and Engineering , Korea University

### 요 약

위치정보를 이용한 서비스가 요구가 증가함에 따라, 실외를 중심으로 이뤄지던 위치정보서비스는 실내를 중심으로 요구되고 있다. 더불어 좀더 정확한 실내측위 시스템에 대한 필요성도 증가되고 있다. 최근의 위치 정보 서비스는 스마트폰의 보급과 함께 모바일 기기의 환경이 이용되고 있다. 본 논문은 스마트 디바이스 기반으로 WLAN(Wireless Local Area Network)과 DATABASE 를 이용한 Fingerprinting 방식을 제안한다. 또한 기존의 Fingerprinting 방식에 스마트 디바이스에 내장된 Gyroscope sensor 를 이용하여 모바일 환경에서 일부 영역에서 발생할 수 있는 신호의 오차를 보정하는 새로운 방법도 제시한다. 실제 테스트 환경을 구축하여 실험한 결과도 제시하였다.

### 1. 서론

최근 공항, 주차장, 쇼핑몰 등 실내환경에서 고객들을 상대로 주변 정보 서비스를 요구하기 시작하면서 여러 가지 기술의 연구가 진행되어 오고 있다[1]. 이러한 서비스를 제공하기 위해서는 실내를 기반으로 하는 실내위치정보 제공 기술이 요구된다. 현재 실외 환경에서 GPS(Global Positioning System)를 활용한 네비게이션 시스템이 각 산업분야를 막론하고 유용하고 폭넓게 사용되고 있다. 하지만 GPS 위성을 이용한 위치기반 시스템은 밀실과 같은 건물 안에서는 위성 신호를 수신할 수 없다는 문제점이 있다. 또한 실내에서는 위치 정보들의 밀집도가 높아 좀더 세밀한 위치기반 시스템이 필요하다.

실내위치정보 제공을 위해 그간 다양한 무선 통신기반의 많은 방법들이 제안되었다. 적외선, 초음파, UWB(Ultra Wideband), RFID(Radio Frequency Identification), Bluetooth 등 일부는 상용화 되거나 현재 계속적인 연구가 진행 되고 있다. 이러한 관련 기술들은 좀더 세밀한 위치정보를 제공하기 위한 것이지만 인프라 구축의 까다로움과 고비용으로 서비스를 제공하는데 어려움이 있다 [1][2].

스마트폰의 보급과 함께 특정 통신망의 과부하를 분산 시키기 위해 무선네트워크 환경도 덩달아 증가하게 되었다. 때문에 기존의 설치 되어진 WLAN 인프라를 이용하여 위치정보를 제공하는 서비스에 관심이 많아지고 있다[3]. 도시 밀집 지역의 수많은 WLAN 은 어디서든 쉽게 접할 수 있다는 장점과 해당 전파 신

호 강도를 수집 및 이용하는데 비용이 들지 않는다는 장점이 있다. 이미 상용화 하는 서비스 들이 생겨나고 있을 정도로 기술적인 측면에서도 안정적이다.

WLAN 을 활용한 위치정보 시스템 중 Fingerprinting 방법이 있다. Fingerprinting 방법이란 무선랜의 AP(Access Point)로부터 수신되어진 신호 강도 RSSI(Received Signal Strength Indication)의 패턴 분석을 통해 현재 위치를 추정하는 방식이다[4].

본 논문은 기존의 Fingerprinting 방식을 스마트 디바이스에 구현하여 실 환경에서 발생할 수 있는 신호의 오차 문제점을 스마트 디바이스에 내장된 Gyroscope Sensor 데이터를 통해 보정하는 방법도 제시한다.

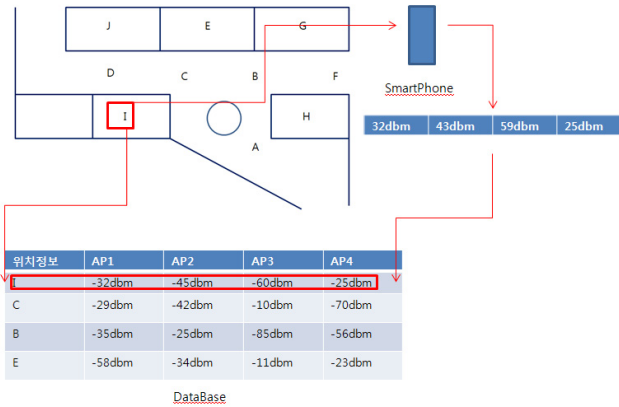
본 논문 2 장에서는 일반적인 Fingerprinting 기법과 문제점을 정의하고 3 장에서는 스마트에 구현된 시스템 및 구축된 시스템을 통해 수행 방식을 소개하고 개선방법도 제시한다. 4 장에서는 실험결과를 제시한다. 5 장은 결론이다.

### 2. Fingerprinting

#### 2.1 Fingerprinting 방법

(그림 1)와 같이 Fingerprinting 방법은 해당 지역을 격자무늬로 나눠 셀을 할당하고 3 개 이상의 AP 로부터 신호의 강도 RSSI 를 측정하여 해당위치의 정보와 해당위치에서의 각 AP 별 신호 강도를 데이터베이스에 저장 후 비교를 통해 현재 위치를 추정하는 방식이다. 때문에 위치정보의 정확성을 높이기 위해서는

사전에 각 위치의 정확한 위치 데이터 수집이 요구된다. 수집된 데이터 들을 기반으로 현재 위치에서 받아진 신호와 특정 알고리즘을 통해 값을 구한 후 데이터베이스의 각 레코드들 중 가장 근사한 차이를 보이는 레코드가 현재 위치 정보의 최종 후보가 된다[4].



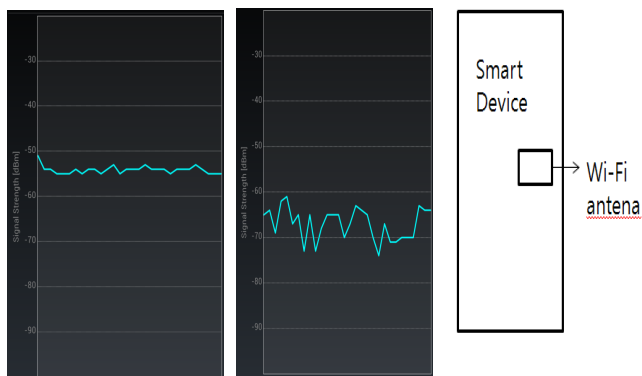
(그림 1) Fingerprinting 기법 [2]

### 2.2 방향성에 따른 신호 감쇠 문제

신호 감쇠요인은 다양하다. 특정 영역에서 각 방향에 따라 신호의 차이가 클 수 있고, 일정 방향에만 신호 감쇠 현상이 지속적으로 발생 할 수도 있다[5]. 이것은 인접한 셀과 유사신호를 만들어 내어 신호 기반으로 만들어진 셀들의 간격 규칙을 파괴 하기도 한다.

스마트 디바이스를 이용한 휴대기기의 경우 휴대하는 방식과 방향에 따라 특정 AP 로 부터 신호감쇠 현상이 발생하기도 한다. 복도와 같은 좁은 지역은 방향에 따라 벽의 영향을 크게 받아 신호의 산란 현상이 발생 하기도 한다.

(그림 2)는 방향성과 스마트 디바이스의 휴대 방향에 따른 신호의 감쇠 현상을 보여주고 있다. 동일 지점에서 a-1 은 AP 를 정면에 두고 측정하였고 a-2 는 AP 를 등지고 측정하였다. 안드로이드 운영체제를 사용하는 스마트폰의 Wifi Analyzer 어플리케이션을 사용하여 측정하였다[6].



(그림 2) 방향성에 따른 신호 감쇠

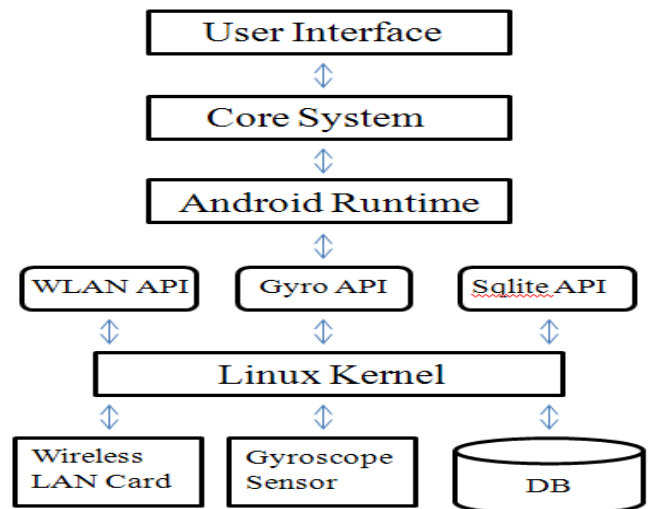
a-2 에서와 같이 스마트 디바이스의 휴대 방향에 따라 무선신호가 변화 될 수 있다는 것을 보여준다. (그

림 2)의 a-3 에서와 같이 대부분의 스마트 디바이스의 수신안테나가 뒷면에 매우 작은 크기로 내장되어 있으며, 이점은 무선 전파 수신에 매우 민감함 신호 감쇠 요인을 제공할 수 있다.

### 3. 설계 및 구현

#### 3.1 스마트 디바이스 위치측위 시스템 아키텍처

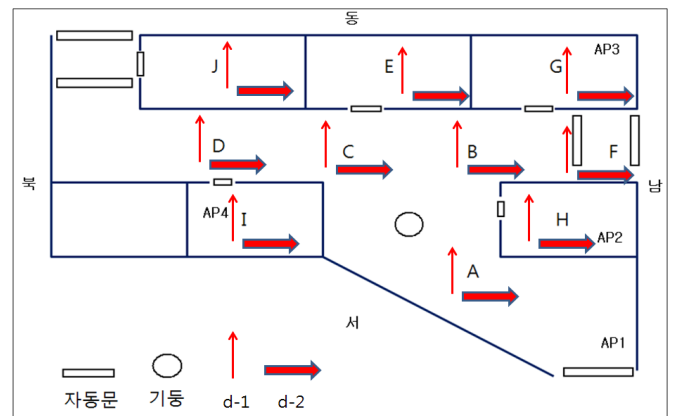
스마트 디바이스에 (그림 3) 과 같은 시스템을 적용하였다. 개발 환경은 Samsung Galaxy Nexus 스마트폰을 사용하였고, 운영체제는 Android 4.1.1 이다. Core System 이 위치를 계산하는 핵심 모듈이며 Core System 은 Android 가 제공하는 API 를 통해 각 디바이스와 통신하여 비교 분석 후 User Interface 를 통해 위치 정보를 사용자에게 전달한다.



(그림 3)스마트 디바이스 위치 정보 시스템 아키텍처

데이터베이스와 네트워크 통신을 통해 데이터를 비교 분석하는 것은 성능에 영향을 미칠 수 있으므로 안드로이드 운영체제에서 제공하는 데이터베이스 관리 시스템 Sqlite 를 사용하였다.

#### 3.2 수행방식

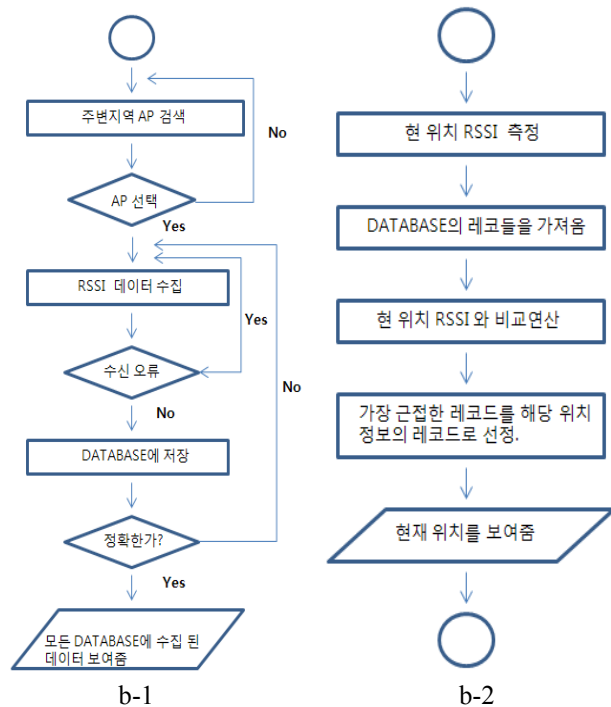


(그림 4) 각 분할된 셀 영역 데이터의 수집은 위치를 결정짓는 중요한 작업이기

때문에 각 셀 영역에서는 신호 값이 유일해야만 하고 오차 범위를 줄이기 위해 인접한 셀들과 유사한 신호를 최소화 해야 한다. 신호강도의 기반으로 위치 측위를 하기 때문에 설치된 AP의 위치는 고정적이어야 한다. 각 위치에서 WLAN의 무선신호는 주변환경의 사물이나 구조가 반영되어 나타난다[5]. 이러한 특성으로 벽으로 둘러 쌓인 밀실의 경우는 장애물이 없는 경우에 비해 비교적 좋은 신호 상태를 나타낸다. 반대로 벽과 같은 장애물이 없는 공간에서는 신호의 유사성으로 인해 위치 정확도가 상대적으로 불안정해지는 현상이 있다.

(그림 4)에서처럼 오차를 최소화 하기 위해 7m 간격으로 셀을 분할 하였고 실험 반경은 대략 30m 안쪽으로 하였다. AP 신호의 도달거리는 100m 까지 가능하지만 실내공간 환경의 수많은 벽의 영향으로 30m 안쪽에서만 안정적인 신호를 받을 수 있었다. 수많은 AP 중 비교적 강하고 안정적인 신호를 가진 4개의 AP를 선정했다.

데이터 수집은 단말기 마다 수신률의 차이가 있기 때문에 실험 의도에 지장을 줄 수 있다. 이점을 방지하고 실험의 신뢰를 높이기 위해 위치 추정에 사용할 스마트 디바이스를 그대로 사용하였다.



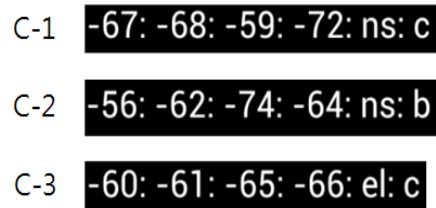
(그림 5) 데이터 수집과 현 위치 추정 순서도

(그림 5)는 위치 측위를 위해 데이터를 수집하고 현재 위치를 추정하기 위한 수행 과정이다. 간혹 수신 범위를 넘어서면 해당 AP를 찾을 수 없어서 잘못된 데이터가 저장 될 수 있다. 이 경우 데이터베이스에 저장을 막고 다시 RSSI를 수집하도록 하였다. RSSI 데이터의 정확한 수집을 위해 10 초의 시간 동안 10회의 신호 값을 평균으로 받아오도록 하였다. 간혹 신호가 일정 간격으로 불규칙이 발생할 수 있기 때문에 상황에 따라 패턴을 분석하여 데이터 수집 시간을

조절하는 것이 바람직하다.

### 3.3 신호 오차 개선 방법

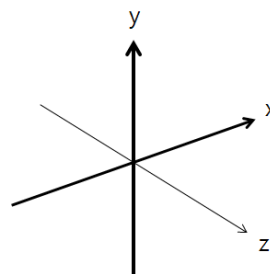
복도와 같은 좁은 영역에서는 주변의 벽과 사물 등에 의해 신호의 감쇠가 발생한다. 또한 사람이 모바일 기기를 어떤 방향으로 휴대하는가에 따라 신호의 변화가 심해진다. 이 변화는 인접한 셀과 비슷한 신호강도를 만들어 내기 때문에 위치 추정에 오차가 발생한다. (그림 4)의 C와 D 지역에서 동쪽과 남쪽 방향으로 심한 오차가 존재한다.



(그림 6) 방향에 따른 신호 감쇠 수치

각 셀 영역에서 수집된 신호 값과 현재 셀 위치의 신호 값의 차이가 가장적인 것을 최종 후보지로 선택하는 알고리즘을 사용한다. (그림 6)은 실제 C 셀에서 발생하는 감쇠 수치를 나타낸다. c-1은 C 셀의 기준 데이터 값이고 c-2는 B 셀 지역의 기준 데이터이다. c-3은 C 셀에서 동쪽 방향으로 스마트 디바이스를 돌리고 측정했을 때 값이다. c-3의 현재 값을 기준으로 신호의 차이 값을 계산하면 c-1과는 26의 차이를 c-2와는 8의 보이고 실제 위치와 다르게 근소한 차이를 가지는 B 셀의 위치 정보를 제공하게 된다.

본 실험에서는 이 문제를 개선하기 위해 방향마다 신호 값을 다시 수집해서 데이터 베이스에 저장 한다. 이 방향을 검색 조건으로 하는 레코드들만 모은 후 모아진 데이터만 가지고 비교 후 위치를 추정하는 방식이다. 이 방법을 적용하기 위해 스마트 디바이스에 내장 되어 있는 Gyroscope Sensor를 이용하였다. 자이로스코프의 원리는 (그림 7)과 같다.



(그림 7) Gyroscope Sensor 원리 [8]

Gyroscope Sensor의 각속도를 이용하면 스마트 디바이스가 기준방향에서 얼마만큼 돌아 갔는지 알아낼 수 있다. 보통 자북을 0으로 기준하고 x, y, z 축을 중심으로 각 방향의 돌아간 정도를 측정할 수 있다[8]. 스마트 디바이스가 수직으로 세워졌는지 누웠는지도 판별 할 수 있으나 본 논문에서는 동,서,남,북 4 방향

만 가지고 실험을 진행 하였다. 만일 더 많은 방향의 수집 데이터가 필요하다면 얼마든지 늘리는 것이 가능하지만 수집해야 할 데이터가 늘어나기 때문에 합리적으로 판단해야 한다. 동쪽은 e1 남쪽은 s1 서쪽은 w1 북쪽은 n1 이라 정한다. 레코드의 형태는 (그림 6) 과 같다. (그림 4) 에서처럼 c 위치에서 d-1 화살표 방향으로 신호강도를 측정하면 레코드는(그림 6)의 c-3 과 같은 형태가 되며, 방향데이터(el)을 조건으로 모든 셀영역의 d-1 방향으로 수집된 레코드들만(방향데이터 el) 비교하게 된다. 만일 d-2 방향이라면 위와 동일한 방식을 따르게 된다. (그림 8)은 소스코드를 보여준다.

```
sql = "select * from"+tableName2+"where direction='"+direction+"'";
//같은방향으로 조건검색
Cursor cursor = database.rawQuery(sql, null);
//중간생략
for (int i = 0; i < count; i++) {
    cursor.moveToNext();
    total_temp_value = 0;

    for (int k = 0; k < 4; k++) {
        temp_value[k] = rssi for compare[k] - cursor.getInt(k+1);
        //한레코드와각ap별 차이값을 저장
        total_temp_value += Math.abs(temp_value[k]);
        // 각ap 차이값을 전부 합함값.
        if(compare_value > total_temp_value){// 최종후보선정
            compare_value = total temp value;
            index_num = i; // 데이터 테이블 인덱스번호.
        }
    }
}
```

(그림 8) 방향을 중심으로 데이터 비교

4. 실험결과

<표 1> 개선방법으로 나타낸 정확도

항목 \ DB	단방향 데이터 기준 비교	다방향 데이터 기준 비교	동일방향 데이터 기준 비교	오차가 발생하는 특정 셀만 비교
레코드 비교 횟수	10	40	10	10
정확도(%)	78	49	83	68
비고		데이터 유사성 많아짐	일부 지역 오차 개선	특정셀의 단방향 비교 34% 에서 2배 향상됨

<표 1>의 “다방향 비교” 결과와 같이 방향데이터로 인해 성능이 증가함을 증명하기 위해 방향데이터가 없이 여러 방향으로 신호를 수집하여 정확도를 측정 하였다. 방향 데이터를 조건으로 현재위치를 추정하지 않고 모든 데이터를 비교하게 되면 유사 신호들이 많아져서 정확도가 떨어지는 것을 볼 수 있다. 오차

가 지속적으로 발생하는 특정 셀의 해당 방향 에서만 비교 실험한 결과 기존대비 34%정도의 정확도가 향상된 것을 볼 수 있다. 해당 방향에서 일어나는 신호의 산란 현상이 반영되어 위치 추정의 정확도가 높아졌다. 전반적인 테스트에서는 5%성능 향상이 이뤄졌다.

5. 결론

WLAN 의 무선신호는 비교적 안정적이고 공공재의 성격으로 비용 없이 사용할 수 있다는 장점이 있다. 또한 AP 의 보급으로 인하여 저렴한 비용의 구축이 가능하다는 점도 경쟁력을 높인다.

본 논문은 WLAN 을 활용한 Fingerprinting 실내측위 방식을 기반으로 하여 스마트디바이스 환경에서 방향성에 따라 발생할 수 있는 신호 오차 개선 방법을 제시하였다. 방향센서의 방향 데이터를 이용하여 위치 데이터 신호를 보정할 수 있다는데 그 의미를 갖는다.

본 논문에서 제시한 방식의 성능을 좀더 끌어 올리기 위해 향후 프로그래밍 적인 확률기반 방식의 알고리즘이나[9][10], 스마트 디바이스의 카메라, 마이크 등등 각종 센서를 접목시켜 보완하는 것도 좋은 방법이 될 것이다.

기준데이터를 수집 할 때 신호의 변동폭을 고려하여 셀을 나누고 셀의 개수, AP 개수, 위치 등을 적절히 정하는 구축 방법과 하드웨어 종속성 없는 신호 수집방법 연구도 성능 향상을 위해 필요할 것이다.

참고문헌

- [1] 김대원. (2011). 『모바일 콘텐츠 산업 및 혁신기술 총서』 (pp. 133-161).(비아이알(BIR)).
- [2] 조영수와 5 명. (2007). 실내외 연속측위 기술 동향 『ETRI: 전자통신동향분석』 , 22(3), 20-26.
- [3] B. Ferris, D. Hahnel, D. Fox, 『Gaussian Processes for Signal Strength-Based Location Estimation』 Proc. of Robotics Science and Systems, 2006
- [4] S. C. Yeh and Y. j.peng, 『designing an indoor positioning system based on the WIFI fingerprinting mechanism』 Ming Chung University, June. 2006
- [5] 장학신. (2004) 최신헤동통신공학(pp 51-78)(광문각)
- [6] Google.apps.Homepage.https://play.google.com/store/apps/details?id=com.farproc.wifi.analyzer&feature=nav\_resu lt#?t=W251bGwsMSwxLDMSImNvbS5mYXJwcm9jLn dpZmkuYW5hbHl6ZXliXQ
- [7] Samsung inc. SHK\_M420K USER MANUAL. (pp. 18)
- [8] Android.Developer.Homepage.http://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors\_motion.html
- [9] B. Ferris, D. Hahnel, D. Fox, 『Gaussian Processes for Signal Strength-Based Location Estimation, 』 Proc. of Robotics Science and Systems, 2006
- [10] G. Welch and G. Bishop, 『An Introduction to the Kalman Filter』 UNC-Chapel Hill TR 95-041, 2004.