

---

# 실내에서 Wi-Fi를 이용한 위치 정보 시스템의 설계 및 구현

권오병\*, 김경수\*\*

## The Design and Implementation of Location Information System using Wireless Fidelity in Indoors

O-Byung Kwon\*, Kyeong-Su Kim\*\*

**요약** 본 논문에서는 GPS(Global Positioning System)를 사용할 수 있는 실외와 GPS(Global Positioning System)를 사용할 수 없는 실내에서 Wi-Fi(Wireless Fidelity)를 이용한 안드로이드 기반의 위치 정보 시스템을 설계 및 구현하였다. 보행자의 위치를 실내에서 추정하기 위해서는, 보행자의 위치에 상관없이 절대위치를 구하는 것이 필요하고, 보행자의 움직임에 따라서 상대위치를 연속적으로 추정하는 것이 필요하다. 보행자의 초기위치를 추정하기 위해서 Wi-Fi fingerprinting을 사용하였다. 기존의 Wi-Fi fingerprinting에서 가장 위치 오차가 작은 WKNN(Weighted K Nearest Neighbor) 알고리즘의 단점을 보완한 EWKNN(Enhanced Weighted K Nearest Neighbor) 알고리즘을 사용해 위치의 정확도를 높였다. 그리고 보행자의 상대위치를 추정하기 위해서는, 스마트폰에 탑재되어 있는 IMU(Inertial Measurement Unit)를 사용하였기 때문에 추가적인 장비가 필요하지 않았다.

**주제어** : 실내, 지피에스, 와이파이, 안드로이드, 상대위치

**Abstract** In this paper, GPS(Global Positioning System) that can be used outdoors and GPS(Global Positioning System) is not available for indoor Wi-Fi(Wireless Fidelity) using the Android-based location information system has been designed and implemented. Pedestrians in a room in order to estimate the location of the pedestrian's position, regardless of need to obtain the absolute position and relative position, depending on the movement of pedestrians in a row it is necessary to estimate. In order to estimate the initial position of the pedestrian Wi-Fi Fingerprinting was used. Most existing Wi-Fi Fingerprinting position error small WKNN(Weighted K Nearest Neighbor) algorithm shortcoming EWKNN (Enhanced Weighted K Nearest Neighbor) using the algorithm raised the accuracy of the position. And in order to estimate the relative position of the pedestrian, the smart phone is mounted on the IMU(Inertial Measurement Unit) because the use did not require additional equipment.

**Key Words** : GPS(Global Positioning System), Wi-Fi(Wireless Fidelity), Android, EWKNN (Enhanced Weighted K Nearest Neighbor), IMU(Inertial Measurement Unit)

---

### 1. 서론

최근 무선 통신 기술과 스마트폰의 발전으로 시간과 장소에 상관없이 원하는 정보에 아주 쉽게 접근 할 수 있게 되었다. 그리고 원하는 정보와 위치 정보가 합쳐져서 다양한 서비스를 제공하는 위치기반 서비스가 다양한 방

법으로 제공되고 있다. 특히 위치 기반 서비스는 기업들의 새로운 콘텐츠로 각광 받고 있고, 상용화 되어 인간의 삶에 새로운 혁신을 불러일으키고 있다. 위치 기반 서비스는 크게 outdoor와 indoor로 나눌 수 있는데, 가장 대표적인 outdoor에서의 위치기반 서비스는 GPS(Global Positioning System)를 이용한 차량 내비게이션이다.

---

\* (주) 아이젠소프트 이사

\*\* 백석문화대학교 인터넷정보학부 교수(교신저자)

논문접수: 2013년 3월 8일, 1차 수정을 거쳐, 심사완료: 2013년 3월 29일, 확정일: 2013년 4월 20일

outdoor에서는 GPS를 통해서 만족할 만한 위치정보를 얻을 수 있는 반면, indoor에서는 지금까지 뚜렷한 해법이 없는 상태이기 때문에 실내에서 정확한 위치 측위를 위한 많은 연구가 현재 활발히 진행되고 있다. 실내에서 위치정보를 구하는 일반적인 방법에는 3G 또는 4G 이동통신망, RFID(Radio Frequency Identification), Zigbee, UWB(Ultra Wide-Band), Wi-Fi(Wireless Fidelity) 등이 있다. 하지만 3G 또는 4G 이동통신망을 이용한 위치 정보는 현재 접속하고 있는 기지국의 위치를 제공하는 센트로이드 방법을 사용하기 때문에 오차범위가 100m 이상 발생하므로 실내에서 위치를 측위하는 것은 불가능하다. Zigbee, RFID, UWB를 이용해서 실내 위치 서비스를 제공하기 위해서는 통신 인프라를 새로 구축해야 되기 때문에 비용과 시간이 많이 든다. 그 밖에도 RFID는 위치서비스를 제공할 수 있는 범위가 제한되어 있고, Zigbee는 다른 통신기술과의 간섭문제와 신호세기 자체가 약하기 때문에 위치 오차가 크다. Wi-Fi는 IEEE 802.11 표준 통신으로서 LAN(Local Area Network)에서 이더넷의 단점을 보완하기 위해서 개발된 무선 통신 기술이다. 실내에서 높은 데이터 전송률을 지원하기 때문에 많은 곳에서 사용되고 있으며 빠른 속도로 Wi-Fi AP(Access Point)가 설치되고 있다. Wi-Fi로 알려져 있는 Wireless LAN(WLAN) 네트워크를 이용한 실내 측위는 이미 대다수의 건축물에는 Wi-Fi AP가 설치되어 있어, 통신 인프라를 추가로 설치하지 않아도 된다는 점과 5m이내의 위치정확도를 줄 수 있다는 장점 때문에 많은 응용기술이 사용되고 있다. Wi-Fi를 이용한 측위 방법으로는 크게 라디오 모델 설계를 이용한 삼각측량법(Triangulation)과 핑거프린팅(fingerprinting) 방법이 있다. 삼각측량법은 AP 위치를 알고, 수신된 Wi-Fi의 신호 세기를 거리로 바꿀 수 있는 모델링만 되어있다면, fingerprinting 보다는 쉽게 위치를 계산할 수 있지만 위치오차가 크다. 또한 건축물 실내에는 Wi-Fi AP가 무작위로 설치되어 있기 때문에 AP의 위치를 역 추적하여 측위를 하여야 하는데, 추적하는 과정도 RSS(Received Signal Strength)를 이용하기 때문에 오차가 존재한다. Wi-Fi를 이용한 fingerprinting 방법은 삼각측량보다는 위치오차가 작지만 구현하는데 어려움이 있다. 건물내부의 모든 지역에서의 수신된 AP 신호에 대한 Database를 만들어야 측위를 할 수 있는데, AP의 위치가 변경, 삭제 그리고 새로운 AP가 설치되면 다시 Database를 만들어

야 하는 어려움이 있다. Radio Map이라고도 불리는 Database를 만드는 과정은 많은 노력과 시간을 필요로 하는데, 특히 건물내부에 RP(Reference Point)를 정해서 RSS 정보를 수집하는 과정이 가장 중요하다고 할 수 있는데, 이것이 fingerprinting의 가장 큰 단점이다. 하지만 직접 RP를 만드는 것이 가장 정확도가 높으며, 주기적으로 Wi-Fi 또는 MM(Map-Matching)을 통해서 정확한 위치를 보정 해줘야 한다. 이러한 장점들을 이용해서 안드로이드 기반의 위치 정보 시스템을 설계 및 구현하였다.[1][2]

## 2. 본론

실외에서는 GPS를 사용하여 위치 추정이 가능하지만 실내에서는 GPS를 사용할 수 없기 때문에 새로운 분야로써 많은 연구가 진행되었다. 실내에서 위치를 추정하기 위해서 가장 많이 사용되는 기술은 Wi-Fi positioning과 IMU를 이용한 DR이다. Wi-Fi positioning은 Wi-Fi AP에서 전송되는 신호를 특정 타깃에서 수신했을 때 수신된 신호의 세기를 통해 위치를 추정하는 기술이다. DR은 각 센서의 output을 통해 타깃의 절대위치를 추정하는 기술이다. 본 장에서는 실내 위치 측위 기술에 대해 기술한다.

### 2.1 Wi-Fi를 이용한 위치 추정 기술

Wi-Fi는 IEEE 802.11 표준 통신으로서 LAN (Local Area Network)에서 이더넷의 단점을 보완하기 위해서 개발된 무선 통신 기술이다. 실내에서 높은 데이터 전송률을 지원하기 때문에 많은 곳에서 사용되고 있으며 빠른 속도로 Wi-Fi AP가 설치되고 있다. Wi-Fi를 이용하여 위치 추적을 하면 이미 설치되어 있는 infra structure를 사용하기 때문에 추가적인 설치비용이 들지 않는다. 어떤 Wi-Fi positioning algorithm을 사용하느냐에 따라 5m이하의 높은 위치 정확도도 제공할 수 있기 때문에 많은 연구가 진행되고 있다. 하지만 Wi-Fi AP가 많이 설치되어 있지 않은 곳에서는 높은 위치 정확도를 기대하기가 어렵다. 특히 실내 환경에서의 위치 정확도를 높이기 위해서는 Wi-Fi 신호의 특징을 이해하는 것이 필요하다. Wi-Fi의 신호를 받은 수신강도는 RSS로 표현하며 RSS의 단위는 dBm이고, 송신기가 송신한 신호를 수신기 측

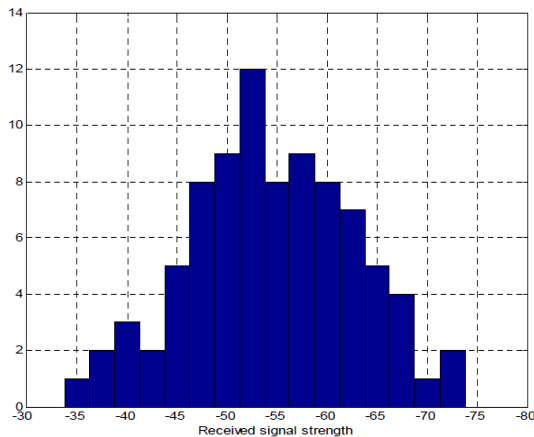
에서 받아, 전력에 의해서 수신된 신호의 강도로 나타내는 것이다.

$$L = 20 \cdot \log_{10}\left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right) (dBm) \quad (1)$$

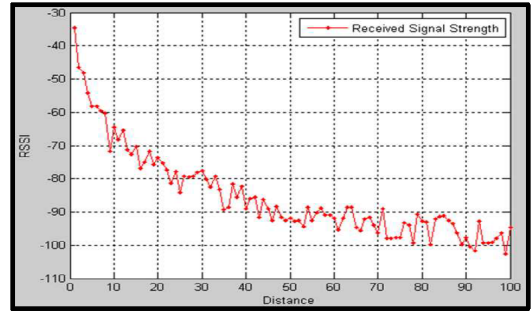
이 식은 Friis의 공식이고 다음과 같이 나타낼 수 있다

$$L = A \cdot \log_{10}(d) + B (dBm) \quad (2)$$

이 식에서의 A값과 B값은 시스템이 사용되는 환경 및 사용 주파수 대역에 따라 결정된다. Wi-Fi 측위 방법은 AP의 신호세기를 이용하여 위치를 측위하기 때문에 신호가 주변 환경에 영향을 많이 받으면 그만큼 위치 오차가 증가하게 된다. 실내에서의 Wi-Fi 신호는 멀티패스, 잡음, 실내 환경의 구조 및 재질, 그리고 유동인구에 많은 영향을 받는다. 한 개의 AP로부터 일정시간 신호를 수신했을 때 거리는 동일하지만 수신되는 신호는 잡음이 섞여 수신된다. [그림 1]은 Wi-Fi AP로부터 수신된 RSS를 히스토그램으로 그린 것이다. 동일한 위치에서 수신했지만, 신호는 -33 (dBm)부터 -73 (dBm)까지 큰 차이를 보이는 것을 볼 수 있다. 다음과 같은 특징으로 Wi-Fi로 위치 측위를 하려면 다수의 AP가 필요하다는 것을 알 수 있다.



[그림 1] 수신된 Wi-Fi 신호세기 히스토그램



[그림 2] 거리에 따른 Wi-Fi AP로 부터의 RSS 변화

### 2.1.1 삼각측량법(Triangulation)

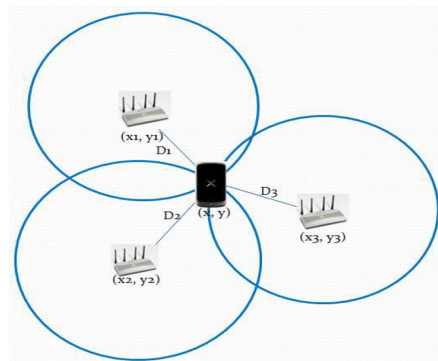
삼각측량법은 RTLS (Real Time Location System)에서 움직이는 타겟의 위치를 추정하는데 가장 많이 사용되는 방법이다. GPS 또는 위성으로 수신된 신호를 통해 위성과의 거리를 추정 후 삼각측량법으로 위치를 추정한다. 삼각측량법을 사용하기 위해서는 2차원 평면상에서 세 개의 기준점이 필요하다. [그림 3]을 보면 중앙의 Mobile Device에서 3개의 AP로부터 Wi-Fi 신호를 수신하는 것을 볼 수 있다. 각각의 AP와 Mobile Device와의 거리는

$$d_1^2 = (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 \quad (3)$$

$$d_2^2 = (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 \quad (4)$$

$$d_3^2 = (x - x_3)^2 + (y - y_3)^2 \quad (5)$$

와 같이 원의 방정식 형태로 나타낼 수 있다. 위 식에서 언급된 d는 식 (3)으로 부터 추정이 가능하지만, Wi-Fi의 신호가 기본적으로 noise를 포함하고 있기 때문에 높은 위치 정확도를 기대하기는 어렵다.



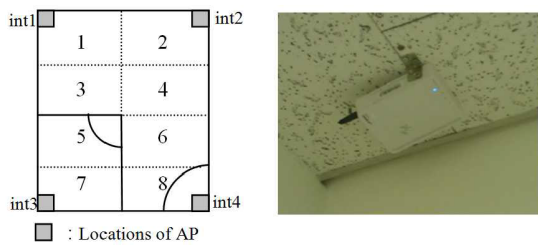
[그림 3] 삼각측량법의 원리

2.1.2 Wi-Fi fingerprinting 알고리즘

Wi-Fi를 이용한 실내 위치 추적 시스템은 Wi-Fi AP의 보급 확산으로 인하여 같이 발전된 기술이다. Wi-Fi AP의 RSS를 Mobile Device나 노트북 같은 terminal node에서 수신할 때, terminal node의 거리가 Wi-Fi AP와 가까우면 RSS가 크고, 거리가 멀어지면 RSS가 작아지는 성질을 이용하여 위치를 추정한다. 보행자의 위치를 실시간으로 측위하기 위해서 초기위치를 파악하는 것이 필요하다. 보행자의 초기위치는 이후에 DR로 위치를 추정할 때의 초기 위치로 정해지기 때문에 매우 중요하다. 보행자의 초기위치를 추정하기 위해서 Wi-Fi를 이용한 fingerprinting이 사용된다. Fingerprinting을 사용하기 위해서는 맵 전역의 Wi-Fi AP의 RSS 정보가 저장된 Database가 필요하다. Database를 만드는 방법은 다음과 같다. [그림 4]의 왼쪽 그림을 보면 실내 공간을 8개로 나눈 것을 볼 수 있다. 나눠진 각각의 구역은 fingerprinting의 RP로 사용될 수 있으며, 고유한 ID가 붙여진다. RP가 정해지면 각각의 RP에서, 주변 Wi-Fi AP에서 스마트폰을 통해 RSS를 수집하여야 한다. 수집된 RSS들은

$$\{RSS_1, RSS_2, RSS_3, \dots, RSS_n, RSS_L, X_i, Y_i\} \quad (6)$$

와 같은 벡터 형태로 Database에 저장이 된다. 식 (6)에서  $RSS_n$ 은 n번째 AP에서 수신한 RSS이며, L은 수신된 AP의 총 개수이고,  $X_i, Y_i$ 는 i번째 RP의 좌표 값이다.



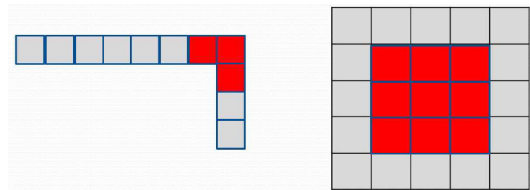
[그림 4] 실내 공간에서 RP의 ID와 설치된 Wi-Fi AP의 모습

Database를 만들면서 수신된 모든 AP에도 ID가 붙여지며, ID의 순서에 맞게 벡터 형태로 저장된다. 모든 RP에서 RSS 수집이 끝나면 Database를 만드는 작업이 끝나며, fingerprinting을 사용하기 위한 사전작업이 완료된다. Database를 만든 후 위치를 추정하는 방법은 현재 위치에서 주변의 AP로부터 RSS를 수집해서 Database에 저장되어 있는 RP의 RSS와 비교해 가장 작은 차이를 가

지는 RP를 현재 위치로 판단한다. 거리를 구하는 식은

$$D_i = \sum_{j=1}^L |RSS_j - RP_{i,j}| \quad (7)$$

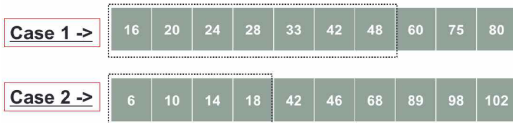
이며, 식 (7)에서  $D_i$ 는  $RP_i$ 와 현재 수신된 RSS와의 distance이고,  $RSS_j$ 는 j번째 AP에서 수신된 RSS이고,  $RP_{i,j}$ 는 i번째 RP에서 j번째 RP에 저장되어 있는 RSS이다. Database에 저장되어 있는 모든 RP와의 distance를 계산한 후, 최소 distance를 가지는 RP를 현재 위치로 추정한다. fingerprinting에서 최소의 distance를 가지는, RP를 선택하는 알고리즘이 NN(Nearest Neighbor)이다. 여기서 neighbor는 현재 위치에서의 주변 RP를 가리킨다. 하지만 가장 작은 distance를 가진 RP라고 할지라도, 현재 위치라고 판단할 수 없기 때문에, RP들 중 distance가 낮은 K개의 RP를 선택하여, 위치를 추정하는 알고리즘이 KNN(K Nearest Neighbor)이며, distance가 작은 RP에 좀 더 가중치를 줘서 계산하는 알고리즘이 WKNN(Weighted K Nearest Neighbor)이다. 위에서 언급한 알고리즘 중에, 가장 위치 오차가 작은 알고리즘은 KWNN이다. 하지만 KWNN은 고정된 K개의 RP를 사용하여, 위치를 계산하기 때문에 모든 맵 상에서 만족할 만한 위치 정확도를 줄 수 없다. [그림 5]의 왼쪽을 보면, 복도와 같이 RP가 선처럼 연결된 공간에서는 K가 크면, 주변의 distance가 큰 RP도 위치 계산에 포함되기 때문에 불리하다. 하지만 [그림 5]의 오른쪽, 로비 같은 공간에서는 distance가 비슷한 RP들이 5개 이상 될 수 있기 때문에, 5 이상의 K가, 위치 정확도가 높을 수 있다.



[그림 5] 복도와 로비에서 선택된 RP의 형태

고정된 K의 RP를 선택한다면 distance가 무척 큰 RP라도 선택될 가능성이 있기 때문에 문제가 된다. RP의 distance와 상관없이 선택된 RP가 K개를 넘지 않는다면, K만큼의 RP가 선택될 때 까지 RP는 추가 되어야 하기 때문이다. K를 유동적으로 변화시켜 distance가 작은 RP만을 선택한다면, 불필요한 RP 때문에 발생하는 위치 오

차를 줄일 수 있다. 즉, 고정된 K의 RP보다는 K의 숫자를, 위치를 구할 때 마다 변화시켜 최적의 K만을 선택한다면, 위치 정확도를 높일 수 있다. [그림 6]을 보면, RP의 distance를 크기에 따라 오름차순으로 정렬한 모습이다. Case 1을 보면, RP의 distance가 큰 변화 없이 올라가기 때문에 고정된 K를 사용하여도 위치 오차가 크게 증가하지는 않는다. 하지만 Case 2를 보면, 4번째 RP와 다섯 번째 RP의 distance가 크게 증가하는 것을 볼 수 있다. 고정된 K를 사용하면, distance가 큰 RP가 위치 계산에 포함되기 때문에, 위치 정확도를 높이기 위해서는, K를 유동적으로 변화시키면서 distance가 작은 RP만을 선택하여, 위치를 추정하는 것이 필요하다.[4]



[그림 6] RP의 distance를 오름차순으로 정렬한 모습

### 3. 시스템 설계

본 장에서는 개발한 안드로이드 기반의 위치 정보 시스템의 구현환경과 알고리즘에 대해 설명하고자 한다.

#### 3.1 구현환경

##### 3.1.1 위치 정보 시스템 구현 환경

- DBMS : MS-SOL Server 2007
- 모바일 플랫폼 : Android 2.3.3 이상
- 개발언어 : Java, XML

#### 3.2 알고리즘

##### 3.2.1. 실내 위치추적 알고리즘

<표 1> 실내 위치추적 알고리즘

```

procedure ALI=scanALI();
  for I = 1 to sizeOfRP
    Distance[I]=abs(ALI-RP[I]);

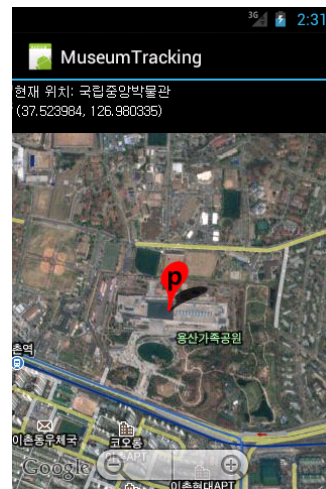
  for I = 1 to sizeOfRP
    for J = 1 to sizeOfRP-I
      if Distance[J]>Distance[J+1]
  
```

```

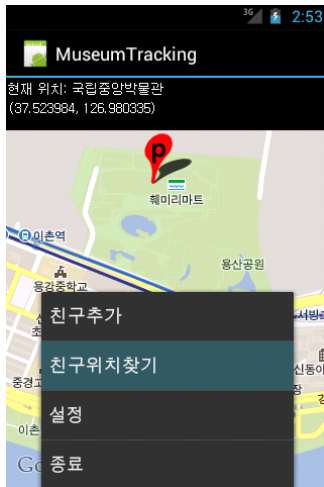
temp=Distance[J];
Distance[J]=Distance[J+1];
Distance[J+1]=temp;
for I = 1 to MaxOfK
  if Distance[I]<ThresholdOfALI
    K++;
UserPosition=EWKNN(K);
end procedure
  
```

### 4. 실내에서 Wireless Fidelity를 이용한 위치 정보 시스템의 결과

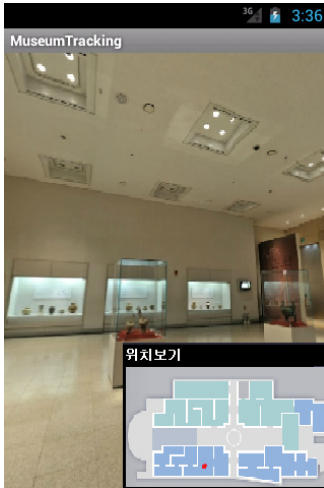
첫째, 실질적인 지도 관련 서비스는 GPS를 기반으로 하는 사용자의 현재 위치를 중심으로 지도를 출력하도록 구현하였다. [그림 7]은 국립중앙박물관에서 스마트폰 사용자의 위치를 실시간으로 파악하고, 그 위치를 중심으로 지도를 출력하며, 2초 간격으로 마크를 표시하도록 구현한 것이다. 둘째, 사용자의 친구의 위치를 찾기 위해서는, 먼저 주소록에 있는 친구의 정보를 추가한 후, 친구의 위치 찾기를 설정하도록 구현하였다. [그림 8]은 친구의 위치를 중심으로 지도를 출력하며, 또 다른 친구의 위치를 추가하기 위한 메뉴를 나타낸 것이다. 셋째, 실내 공간에서 보행자의 초기 위치를 추적하기 위해서 Wi-Fi를 이용한 fingerprinting을 사용했으며, Wi-Fi AP의 RSS를 스마트폰 같은 단말노드에서 수신할 때, 단말노드의 거리가 Wi-Fi AP와 가까우면 RSS가 크고, 거리가 멀어지면 RSS가 작아지는 성질을 이용하여 위치를 추적하였다.[3]



[그림 7] 현재위치 표시



[그림 8] 친구의 위치



[그림 9] 실내 위치표시

#### 4. 결론 및 향후과제

본 논문은 스마트폰 사용자를 위한 실내·외 위치 추적을 안드로이드 기반의 위치 정보 시스템을 이용해 설계 및 구현하였다. 실외는 실질적인 지도 관련 서비스인 GPS를 사용하였고, 실내에서는 GPS를 사용할 수 없기 때문에 Wi-Fi fingerprinting을 사용해 위치를 추적 구현하였다. Wi-Fi AP는 건축물에 많이 설치되어 있고, DR (Dead-Reckoning)을 위한 IMU(Inertial Measurement Unit)는 스마트폰 기기에 이미 탑재되어 있기 때문에, 위치 추적을 하기 위한 다른 기반구조(infrastructure) 또는

추가적인 장비는 필요 없었다. 특히 실내 환경에서의 위치 정확도를 높이기 위해서는 Wi-Fi 신호의 특징을 이해하는 것이 필요하다. Wi-Fi의 신호를 받은 수신강도는 RSS로 표현되며, RSS의 단위는 dBm이고, 송신기가 송신한 신호를 수신기 측에서 받아 전력에 의해서 수신된 신호의 강도로 나타내는 것이다. 또한 Wi-Fi AP가 많이 설치되어 있지 않은 곳에서는 높은 위치 정확도를 기대하기가 어렵다. 그리고 어떤 Wi-Fi positioning algorithm을 사용하느냐에 따라 5m이하의 높은 위치 정확도도 제공할 수 있기 때문에 많은 연구가 진행되고 있다. 향후에는 현실세계에 가상의 정보를 중첩해서, 사용자에게 더 많은 정보를 제공하는 증강현실 분야를 추가적으로 연구하고자 한다.[3]

#### 참고 문헌

- [1] S. H. Shin, M. S. Lee, C. G. Park, and H. S. Hong, (2010). Pedestrian Dead Reckoning System with Phone Location Awareness Algorithm. IEEE-ION PLANS, Palm Springs, CA, USA, May 3-6.
- [2] D. Tancharoen and K. Aizawa, (2010). Wearable Video Retrieval and Navigation System using GPS Data. IEEE International Conference Computer and Information Technology.
- [3] 권오병 (2012). 실내에서의 Wireless Fidelity를 이용한 안드로이드 기반의 위치 서비스 시스템의 설계 및 구현. 2012년도 한국멀티미디어학회 추계학술발표대회 논문집, 15(2), 108-111.
- [4] 장청운 (2012). 삼각측량법을 활용한 핑거프린트 방법의 측위 오차 감소 방안에 관한연구. 석사학위 논문, 인천대학교 대학원.

#### 권 오 병



- 2007년 8월 : 단국대학교 공학박사
- 2012년 5월 ~ 현재 : izensoft 개발부 기술이사
- 관심분야 : 모바일, S/W 개발, 데이터베이스
- E-Mail : bottlekwon@izensoft.com

## 김 경 수



- 2001년 8월 : 순천향대학교 전산학과(공학박사)
- 2005년 3월 ~ 2007년 2월 : VCU DBLab Visiting Scholar
- 1998년 3월 ~ 현재 : 백석문화대학교 인터넷정보학부 부교수

- 관심분야 : 소프트웨어공학, 데이터베이스
- E-Mail : kkskim@bscu.ac.kr