

스마트 폰의 GPS 정보를 이용한 무선랜 접속점 위치 측정 방법

정회원 천 승 만*, 준회원 이 승 무*, 정회원 나 재 욱*, 준회원 최 준 혁*,
종신회원 박 종 태*

Localization of WLAN Access Point Smart Phone's GPS Information

Seung-Man Chun* *Regular Member*, Seung-Mu Lee* *Associate Member*,
Jae-Wook Nah* *Regular Member*, Jun-Hyuk Choi* *Associate Member*,
Jong-Tae Park*^o *Lifelong Member*

요 약

본 논문에서는 스마트 폰에서 측정되는 GPS 위치 정보와 무선랜 접속점의 신호강도를 사용하여 무선랜 접속점(WLAN Access Point)의 정확한 위치 측정을 위한 새로운 방법을 제안한다. 본 논문에서는 무선랜 AP 위치 할 가능성이 있는 위치를 AP_Area로 정의하고, 이는 먼저 스마트 폰에서 측정된 GPS 정보와 송신 신호 강도(Received Signal Strength)를 측정함으로써 결정하고, 스마트폰으로부터 측정된 값의 개수가 증가 할 때 AP_Area는 실제 무선랜 접속점 위치로 연속적으로 좁아지게 된다. 이를 증명하기 위해 시뮬레이션을 수행하였고, 시뮬레이션 결과는 제안된 알고리즘이 오차범위 5m 이내 (90% 이상)로 무선랜 접속점의 위치를 측정할 수 있음을 보여 준다.

Key Words : 접속점, 무선랜 위치 측정, LBS, Smart Phone GPS

ABSTRACT

In this article, we propose a new method for precise WLAN (Wireless Area Network) AP (Access Point) localization using GPS information measured in the smart phone. The idea is that the possible area of WLAN AP location, called AP_Area, is first determined by measuring GPS information and the received signal strength in the smart phones. As the number of measurements from the smart phones increases, the AP_Area are successively narrowed down to the actual AP location. We have performed the simulation to evaluate the proposed algorithm. The simulation results show that the proposed algorithm can detect the Wi-Fi AP localization within 5 m (probability over than 90%).

I. 서 론

최근 스마트 폰의 보급이 늘어나면서 위치 기반 서

비스의 증가함으로써 사용자의 현재 위치 측정의 필요성이 증가하고 있다^[1]. 현재 위치 측정 기술은 실외에서 사용될 수 있는 GPS (Global Positioning

* 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업 (NIPA-2011-(C1090-1121-0002)), 2단계 BK21 프로젝트의 연구결과로 수행되었음.

* 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 정보통신망 신기술 연구실 ({smchun, jmlee, jwnah, jhchoi1, jtpark}@ee.knu.ac.kr), (° : 교신저자)
논문번호 : KICS2011-07-288, 접수일자 : 2011년 07월 12일, 최종논문접수일자 : 2011년 11월 07일

System), A-GPS (Asisted-Global Positioning System) 등 위성을 이용한 위치 인식 기술과 실내 또는 실외에서 셀룰러 네트워크를 이용한 위치 인식 기술^[2], 실내에서 무선 접속점으로부터 다양한 정보를 사용하여 사용자의 위치를 선정하는 WPS (Wireless Positioning System)등이 있다^[3,7].

GPS를 이용한 위치 측정 방법은 위성 전파 신호를 수신 할 수 있다면 실외 어느 위치에서든 사용자의 위치를 선정할 수 있는 장점을 가진다. 하지만 GPS 기술은 평균 수 십 미터의 오차로 인해 제한적인 위치 정밀도를 가지고 있으며 또한 실외 환경에서만 사용될 수 있는 문제점을 안고 있다. 실내에서 사용자 또는 이동 단말의 위치를 측정하기 위한 기술로, 무선랜 접속점을 이용하여 사용자의 위치를 측정하는 시스템인 WPS (Wi-Fi Positioning System) 방법이 연구되었다.

이러한 위치 측정 기술은 이동 단말에서 측정되는 RSS (Received Signal Strength) 정보, 메시지의 도착 시간 차 (ToA: Time of Arrival, TDoA: Time Difference of Arrival), 전파 신호의 측정 각도 (AoA: Angle of Arrival) 등의 정보를 이용하여 사용자의 위치 또는 이동 단말의 위치를 측정하거나 측정된 위치를 보정하는 방법 등에 대해 연구되었다. 하지만 이러한 연구들은 특정 위치에서의 무선 접속점의 위치와 이동 단말에서 측정되는 다양한 정보가 데이터베이스화 되어야만 사용자의 위치를 측정할 수 있다는 단점을 안고 있다. 본 논문에서는 사용자의 위치를 측정하는 방법이 아닌 무선 접속점의 위치를 측정하는 방법을 제안한다. 위 서술된 다양한 사용자 위치 측정방법을 적용하기 위해서는 무선 접속점의 위치를 데이터베이스화하는 기술이 반드시 필요하며, 이 기술은 Skyhook Wireless 사에서 독점적으로 개발 하고 있다.

최근에 Skyhook^[4]은 차량에 장착된 특별한 측정 기기 (무선랜 측정기, 방향성 안테나)를 이용해 무선랜 접속점의 위치를 찾는 기술을 독점 개발했다. Skyhook에서 측정 시스템을 이용하여 실외에서 실내에 설치된 무선랜 접속점으로부터의 무선 신호를 측정할 수 있다고 가정하였다. 무선 랜의 무선 전파 신호의 범위가 100 미터에서 200 미터이기 때문에 실외에서도 무선랜 접속점이 비컨 메시지를 수신할 수 있기 때문이다^[5]. 그러나 Skyhook의 기술이 비교적 정확하게 무선랜 접속점의 위치를 찾을 수는 있지만, 찾을 수 있는 무선랜 접속점의 개수는 측정 차량이 이동 가능한 지역에 위치한 무선랜 접속점의 위치만이 측정될 수 있어 무선랜 접속점 측정 개수가 제한된다.

또한, 이 방법은 무선랜 접속점의 위치 또한 동적으로 변하기 때문에 변경된 무선랜 접속점의 위치 정보를 반영하여 얻는 것은 매우 어렵다.

본 논문에서는 Skyhook의 위치 측정 차량 대신에, 사용자 스마트 폰의 GPS 위치 정보와 무선랜 송신 신호 강도를 이용하여 정확한 무선랜 접속점 위치 측정 방법을 제안한다. GPS 신호 및 무선랜 송신 신호는 환경적인 요인으로 인한 전파의 왜곡 특성을 고려한 위치 측정을 위해 무선랜 접속점이 위치할 가능성이 높은 영역 (Area) 개념을 이용하는 것을 제안한다. 또한 Skyhook에서 가정한 무선 전파의 특징 및 무선 환경을 동일한 환경으로 가정한다. 스마트 폰의 GPS 정보와 RSS 값을 이용해 무선랜 접속점 예측 영역 (AP_Area)을 정하고 무선랜 접속점이 위치할 가능성이 높은 영역을 결정하는 것이다. AP_Area를 결정하는 스마트 폰 위치 측정 개수가 증가할수록, AP_Area는 실제 무선랜 접속점 위치에 점점 더 가까워진다. 다른 관련 연구와 비교해, 우리가 제안하는 방법의 독창성은 다음과 같다.

- 부정확한 RSS와 GPS 정보를 이용해 무선랜 접속점의 위치를 찾기 위한 방법을 제안했다.
- 제안된 방법을 기반으로, 더욱더 정확하게 무선랜 접속점 위치 측정을 위한 무선랜 접속점 위치 측정 알고리즘을 제안 했다.

이를 증명하기 위해, 시뮬레이션을 수행하였고, 시뮬레이션 결과는 제안된 알고리즘이 5m (90%이상의 확률로) 이하의 오차범위 내에 무선랜 접속점의 위치를 정확하게 측정할 수 있다는 것을 보여준다.

논문의 나머지 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구를 소개하고, 3장에서는 무선랜 접속점 위치 측정 모델 기술하고, 4장에서는 무선랜 접속점 측위 알고리즘을 제안한다. 마지막으로 5장에는 시뮬레이션을 이용한 성능분석을 보여주며 마지막으로 6장에서 결론을 맺도록 한다.

II. 관련 연구

2.1 무선랜 접속점의 RSS 특성

일반적으로 무선랜 접속점은 주기적으로 비컨 메시지를 브로드캐스팅 한다. 스마트 폰이 무선 접속점의 무선 전송 범위 내에 존재할 때, 스마트 폰이 브로드캐스팅 되는 비컨 프레임을 통해 MAC 주소, 신호 강도를 수신한다. RSS가 측정된 m개의 많은 수의 단말의

위치와 위치를 추정하는 무선랜 접속점을 고려하면, 무선랜 접속점의 알려지지 않은 위치는 $AP(x, y)$ 로서 i 번째 측정 위치는 (x_i, y_i) 로 표시되며, r_i 는 i 번째 위치에서 측정된 RSS 값으로 $1 < i < m$ 을 만족한다. 무선랜 접속점과 i 번째 측정 위치 사이의 거리는 d_i 는 다음 식의 전파 전달 경로 손실 식에 의해 계산된다^[5].

$$d_i = 10^{(p_0 - r_i)/10n} \quad (1)$$

여기서, 무선랜 접속점으로부터 1m 거리에서 신호 강도는 P_0 이며, i 번째 위치에서 측정된 RSS 값은 r_i 이고, n 은 경로 손실 지수이다. 실제 환경에서, 거리 측정은 scattering, shadowing, 무선랜 접속점의 높이 등과 같은 다양한 환경적 요소로 인해 측정 거리 오차가 발생할 수 있다.

2.2 스마트 폰의 GPS 관련 특성

현재 출시되고 있는 스마트 폰은 GPS 모듈을 갖추고 있으며, GPS 수신기는 4개 이상의 위성으로부터 수신 받은 신호를 이용하여 수신기의 위치를 측정해 스마트 폰 사용자에게 위치 정보를 제공한다. GPS 시스템의 정확도를 감소시키는 오차로는 위성의 궤도/시계오차, 전리층/대류권 영향오차, 기하학적 정밀도 오차, 다중경로 오차 등이 있다. 대체로 50m에서 150m^[2] 까지 위치 측정 오차가 존재한다.

III. 무선랜 접속점 위치 측정 모델링

3.1 스마트 폰을 이용한 무선랜 접속점 위치 측정 시스템 구조

제안하는 위치 측정 시스템은 그림 1에 나타난 바

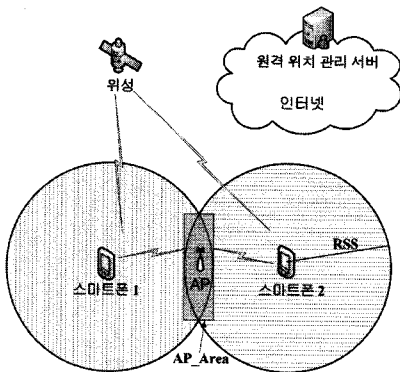


그림 1. 무선랜 접속점 위치 측정 구조

와 같이 스마트 폰, GPS 위성, 원격 위치 관리 서버로 구성된다. 스마트 폰의 위치 측정 어플리케이션은 무선랜 접속점으로부터의 RSS와 GPS 위치 정보를 측정하고 측정된 정보는 원격 위치 관리 서버로 전송된다. 원격 위치 서버로 전송된 무선랜의 정보는 실제 무선랜 접속점의 위치를 찾기 위해 사용된다.

3.2 무선랜 위치 측정 규칙

본 절에서는 스마트폰에서 측정된 RSS 값으로부터 무선랜 접속점의 위치를 측정하기 위한 제한 규칙 (Limitation Rule)을 정의하였다. 먼저, 무선랜 접속점이 위치할 가능성이 높은 지역을 AP_Area로 정의한다. 그림 1에서, RSS 값은 dBm 단위로 측정되며, 원 중심에 위치한 스마트폰에서 무선랜 접속점까지 RSS 값을 이용해 신호 범위를 구하고 이를 통해 나타내는 원의 테두리 내에 무선랜 접속점이 존재하게 된다. 무선랜 접속점은 원의 내부 혹은 외부에 위치할 수 있으나, 무선랜 접속점이 원 밖에 위치하면, 스마트폰에서 무선랜 접속점으로부터의 RSS 신호 강도가 약해 데이터 전송률이 매우 낮음을 의미하기 때문에 인터넷에 연결될 수 없다. 이것은 스마트폰이 무선랜 접속점의 신호 범위로 부터 벗어날 때 채널의 RSS 값과 대역폭이 급격하게 감소하기 때문이다. 인터넷 패킷의 신뢰성 있는 전송을 하기 위해서는 무선랜 접속점에서부터 스마트폰까지의 RSS 값이 충분히 강해야 하며, 보통 RSS 값은 60 dBm과 80 dBm 사이의 값을 가진다. 서로 다른 GPS 위치 정보를 가진 2대의 스마트폰이 같은 무선랜 접속점에 접근하는 것을 고려해 본다. 그림 1은 각각 (x_1, y_1) 과 (x_2, y_2) 에 위치한 2대의 스마트폰으로부터 생성된 각각의 신호 범위를 나타내는 원을 보여준다. 이 경우에, 무선랜 접속점이 위치할 가능성이 높은 지역은 두 신호범위의 중첩 영역인 AP_Area로 결정된다.

제한 규칙: 3개 이상의 스마트 폰의 신호범위가 중첩되는 경우에 무선랜 접속점이 위치할 가능성이 높은 영역, 즉, AP_Area는 기존의 중첩 영역을 분할해서 생기는 새로운 직사각형이 된다. 중첩된 AP_Area가 계속 생성됨에 따라, 가장 많이 중첩된 직사각형의 영역은 연속적으로 감소한다. 이것은 무선랜 접속점이 위치할 가능성이 높은 영역의 범위가 점점 줄어들어 실제 무선랜 접속점이 존재할 위치와 점점 가까워져 무선랜 접속점 위치 측정 오차가 매우 낮아짐을 의미한다.

IV. 무선랜 접속점 위치 측정 알고리즘

4.1 AP_Area 계산

본 절에서는 무선랜 접속점 위치 측정을 위한 모델을 소개한다. 모델은 그림 2에 나타난 바와 같이 스마트폰 측정 포인트 SP (Smart phone measurement Point) 와 무선랜 접속점으로 구성된다. SP는 $i=1, 2, 3, \dots, n$ 에서 성분 (x_i, y_i, r_i) 를 가지고 있으며 $SP_i(x_i, y_i, r_i)$ 로 표현된다. 여기에서, x_i 와 y_i 는 스마트 폰이 위성신호로부터 측정된 GPS 좌표인 위도 값과 경도 값이다. 거리 r_i 는 RSS 값을 측정해, 전파 전달 경로 손실 모델을 적용함으로써 얻어진다^[5]. 무선랜 접속점의 위치는 $AP(x, y)$ 으로 표현한다. 실제 환경에서, 무선랜 접속점의 위치 추정은 scattering, shadowing, 무선랜 접속점과 단말의 높이와 같은 다양한 환경 인자 때문에 오차가 발생할 가능성이 높다.

위치 측정 알고리즘은 다음과 같은 공식을 이용한다. $i=1, 2, 3, \dots, n$ 에서 SP의 (x_i, y_i, r_i) 값을 측정하며, 주어진 $SP_i(x_i, y_i, r_i)$ 을 이용하여 $AP(x, y)$ 를 찾을 수 있다. 그림 2에 나타난 바와 같이 $SP_1(x_1, y_1, r_1)$ 과 $SP_2(x_2, y_2, r_2)$ 를 이용해 AP_Area 위치를 측정하기 위해 4개의 점 $(p_1, q_1), (p_2, q_2), (p_3, q_3), (p_4, q_4)$ 을 한다. 먼저, $r_3, h, w, l, \cos\theta_1, \cos\theta_2, \cos\theta_3$ 는 다음과 같이 계산 될 수 있다.

$$\begin{aligned} r_3 &= \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}, h = r_1 * \sin\theta_3, \\ t &= r_3 - r_2, w = r_1 * \cos\theta_3, l = h * \cos\theta_2, \\ \cos\theta_1 &= \cos\theta_2 = \frac{x_2 - x_1}{r_3}, \cos\theta_3 = \frac{r_3^2 - r_2^2 + r_1^2}{r_1 * r_3 * 2} \end{aligned} \quad (2)$$

다음으로, $(p_1, q_1), (p_2, q_2), (p_3, q_3), (p_4, q_4)$ 는 아래

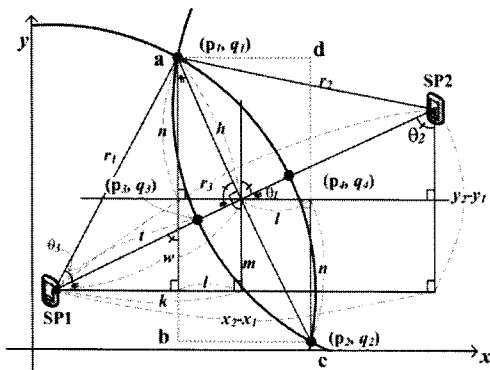


그림 2. 무선랜 접속점 위치 측정 계산 모델

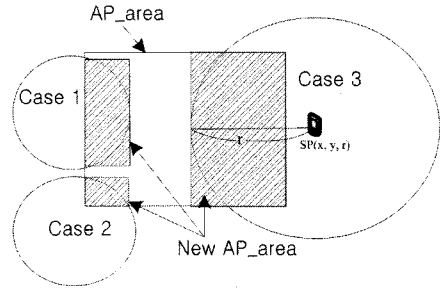


그림 3. 제한 규칙을 적용한 새로운 AP_Area 측정 방법

와 같이 정의 된다.

$$\begin{aligned} p_1 &= x_1 + w * \cos\theta_1 - h * \cos\theta_2 = x_1 + k - l, \\ q_1 &= y_1 + w * \sin\theta_1 - h * \sin\theta_2 = y_1 + m + n, \\ p_2 &= x_1 + w * \cos\theta_1 - h * \cos\theta_2 = x_1 + k + l, \\ q_2 &= y_1 + w * \sin\theta_1 - h * \sin\theta_2 = y_1 + m - n, \\ p_3 &= t * \cos\theta_1, q_3 = t * \sin\theta_1, \\ p_4 &= r_1 * \cos\theta_1, p_4 = r_1 * \sin\theta_1 \end{aligned} \quad (3)$$

마지막으로, 꼭지점이 a, b, c, d 인 직사각형 R, 즉, AP_Area는 $(p_1, q_1), (p_2, q_2), (p_3, q_3), (p_4, q_4)$ 을 이용해 $a = (p_3, q_1), b = (p_3, q_2), c = (p_4, q_2), d = (p_4, q_1)$ 로 결정될 수 있다. 또한 새로운 SP로부터 생성되는 사각형은 기존의 AP_Area를 다시 분할하여 그림 3에 나타난 바와 같이, 빗금으로 표현된 영역의 새로운 AP_Area가 된다.

4.2 AP_Area 위치 측정 알고리즘

본 절에서는 정확한 무선랜 접속점 위치 측정을 위해 아래의 재귀적 알고리즘을 제안한다. 먼저 제안된 알고리즘의 표기법과 기능은 다음과 같다.

- nSP: SP의 수를 정의한다.
- nRect: 직사각형의 수를 정의한다.
- nRect_new_count: 최근에 만들어지는 직사각형의 수를 정의한다.
- Get_SP(): 데이터베이스에서 좌표(x, y, r, AP_MAC_ID)를 가진 SP를 열고, 데이터베이스의 SP정보는 스마트폰으로부터 실시간으로 전송된다.
- Generate_rectangle(): 3개의 SP를 이용해 좌표 $R1'(x_1, y_2), R2'(x_2, y_1), R3'(x_1, y_1), R4'(x_2, y_2)$ 를 가지는 직사각형을 만드는 기능을 한다. 리턴 값은 $R1'(x_1, y_2), R2'(x_2, y_1), R3'(x_1, y_1),$

Algorithm Find_Precise_AP_Localization (SP, R)

```

/* This algorithm finds the precise location of WLAN AP using the AP_Area R and the measuring point SP */
1:   Begin
2:   Get_SP();
3:   INCREMENT nSP;
4:   IF nSP >= 3
5:   THEN { Rectangle_array[nRect].coordinates = Generate_rectangle();
6:         INCREMENT Rectangle_array[nRect].weight;
7:         INCREMENT nRect;};
8:   ELSE { Go to 2;};
9:   END IF
10:  IF nRect >= 2;
11:  THEN nRect_new_count = nRect;
12:      FOR nRect=0 To nRect {
13:          Rectangle_array[nRect_new_count++] = Overlapping_Rectangle(Rectangle_array[nRect],
14:                               Rectangle_array[nRect+1]);
15:          Rectangle_array[nRect_new_count].weight=Rectangle_array[nRect].weight++;
16:          INCREMENT nRect;
17:          nRect = nRect_new_count; };
18:      END FOR
19:  ELSE Go to 2;
20:  END IF
21:  IF 1 == Check_Rectangle()
22:  Go to 10;
23:  END IF
24:  Select Rectangle_array[Find_Maximum_Weight()].coordinates;
25:  Choose the center of Rectangle_array[Find_Maximum_weight()].coordinates;
26:  End

```

$R4'(x_2, y_2)$ 이다.

- **Rectangle_array[nRect]**: 좌표 및 Weight 값의 하위 구성 요소를 가진 배열이다. 좌표는 $R1'(x_1, y_2)$, $R2'(x_2, y_1)$, $R3'(x_1, y_1)$, $R4'(x_2, y_2)$ 이고 Weight 값은 중첩 횟수이다.
- **Overlapping_Rectangle()**: 두개의 Rectangle_array.coordinate를 사용하여 하나의 중첩된 사각형을 만든다. 리턴 값은 좌표 $R1''(x_1, y_2)$, $R2''(x_2, y_1)$, $R3''(x_1, y_1)$, $R4''(x_2, y_2)$ 이다.
- **Find_Maximum_Weight()**: Rectangle_array [nRect].weight중 최대값을 찾는다. 리턴값은 nRect 이다.
- **Check_Rectangle()**: 새로운 Rectangle_array 존재 유무를 검사한다. 만일 새로운 Rectangle_array 이 있으면 리턴값은 1이고, 없으면 리턴 값은 0 이다.

V. 시뮬레이션 및 성능 평가

시뮬레이션을 통해 제안한 알고리즘의 정확도를 평

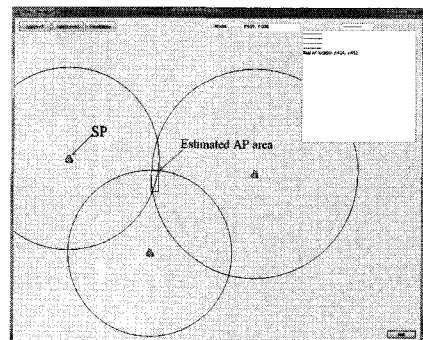


그림 4. 시뮬레이션 뷰

가하였다. 시뮬레이션 환경은 다음과 같다. 시뮬레이션은 Windows 운영체제에서 C++ 언어를 이용하여 자체 개발된 프로그램에 의해 수행되었으며 시뮬레이션 범위는 400 m X 300 m 로 설정하고 무선랜 접속점의 최대 무선 전파 범위는 100m로 설정하였다. 그림4는 임의적으로 생성된 3개의 SP와 각각의 SP에서 신호를 주고받는 무선랜 접속점과의 거리를 나타내며, 거리는 SP와 무선랜 접속점의 RSS 특성을 이용해 구한다. 이 원들의 겹침으로 인해 생성되는 사각형의 영역을 AP_Area라고 정의한다. 위 과정은 다음과 같이 수행된다.

먼저 그림 5(a)와 같이 두 개의 SP로부터 사각형 영역이 생성되고 이 사각형 영역은 그림 5(b)와 같이 3번째 SP로부터 생성된 원으로 인해 이 원의 영역을 포함하는 영역 안에 있는 사각형으로 분할된다. 마지막으로 남은 이 사각형을 AP_Area라고 정의하고 중첩횟수를 나타내는 Weight 값을 1로 설정한다. 이러한 방법으로 실험을 반복 수행하며, 실험에 사용되는 3개의 SP의 조합은 무작위로 변경된다. 반복된 실험으로 생성된 AP_Area와 기존의 AP_Area가 겹치는 영역이 있으면 겹침 횟수를 나타내는 Weight 값을 겹치는 횟수로 설정한다. 임의의 횟수만큼 실험을 반복한 후 겹침 횟수를 나타내는 Weight 값이 가장 큰 영역이 본 알고리즘에서 구하는 무선랜 접속점이 존재할 확률이 가장 높은 영역이다.

본 논문에서 제안한 무선랜 접속점 측위 방법을 이용해 100번의 시뮬레이션을 반복 측정 하였다. 각각의 시뮬레이션에서 AP_Area 측정에 사용되는 SP의 위치는 무작위로 생성하게 되며 SP의 수는 1개 에서 40개까지 생성된다. 시뮬레이션 파라미터에서, 무선랜 접속점과 스마트 폰 사이에 실제 무선 통신 환경을 고려하기 위한 왜곡 비는 0-10%으로 설정하였다. RSS 값의 이러한 왜곡은 shadow fading, Multipath Fading 과 같은 요인들에 의해 발생할 수 있다.

무선랜 접속점 위치 측정 시스템의 성능 평가에서 가장 중요한 요구사항 중 하나는 실제 무선랜 접속점

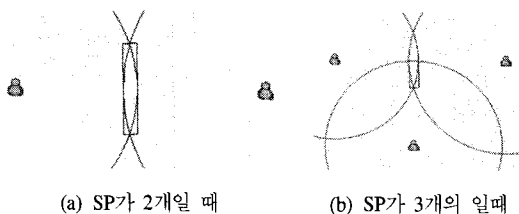


그림 5. SP가 증가함에 따른 무선랜 접속점이 존재할 것으로 예상되는 지역의 변화

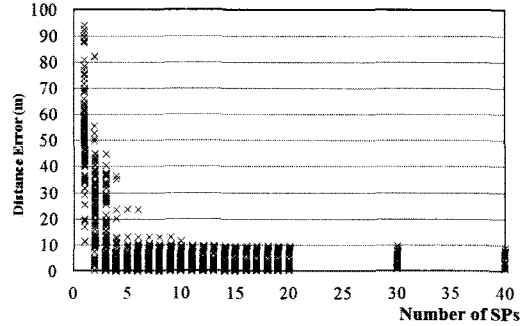


그림 6. SP 개수의 증가에 따른 거리 오차의 변화

과 위치 측정된 무선랜 접속점간의 거리 오차의 정확도에 있다^{[5],[6]}.

그림 6~8은 무선랜 접속점 위치 측정에 사용되는 SP에 따른 거리 오차 변화와 측정 시도 횟수에 따른 중첩횟수와 거리 오차의 변화를 보여준다.

그림 6에서, SP의 수가 6 이하일 때, 거리 오차는 2m-90m 사이에 분포되며 SP의 수가 6보다 더 클 때, 거리 오차는 1m-6m 사이에 분포된다. 이것을 통해 SP의 수가 증가하면 거리 오차는 급격하게 줄어드는 것을 확인할 수 있고 따라서 무선랜 접속점 위치의 정확도가 증가하는 것을 알 수 있다.

그림 7은 측정 횟수에 따라 생성되는 AP_Area간의 최대 중첩 횟수가 변화 나타내며 그림 8은 측정 횟수에 따라 거리 오차의 변화를 나타낸다. 그림 7과 그림 8을 비교해 보면, 100번의 측정 횟수 중 거리 오차가 낮을 때 AP_Area의 최대 중첩 횟수 값의 수는 높음을 알 수 있다. 다시 말하면, 거리 오차의 정확도는 최대 중첩 횟수 값에 비례한다. 이것은 중첩된 AP_Area의 개수가 증가함에 따라 최대 중첩횟수를 가지는 AP_Area의 면적이 줄어들어 이 AP_Area와 실제 무선랜 접속점의 위치가 유사해지기 때문이다.

그림 8는 시도 회수가 100회 일 때 거리 오차의 누

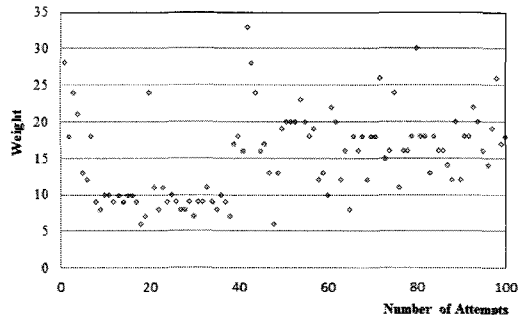


그림 7. 측정 횟수의 증가에 따른 중첩 횟수의 변화

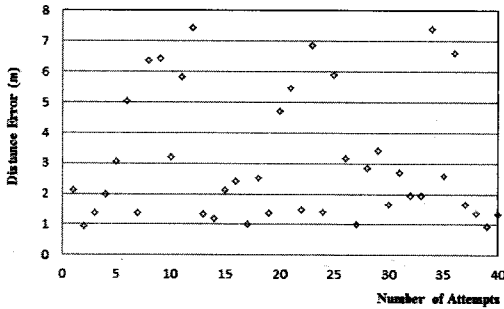


그림 8. 측정 횟수 증가에 따른 거리 오차의 변화

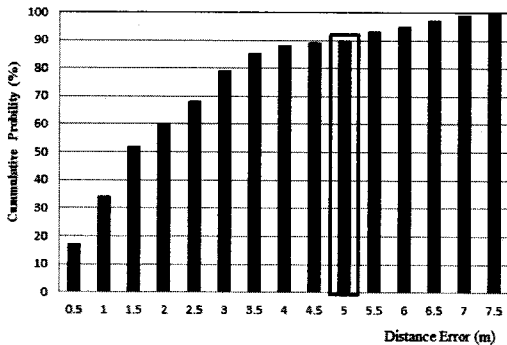


그림 9. 시도 횟가 100 일 때 거리 오차의 누적 확률

적 확률을 보여준다. 이 결과는 무선랜 접속점의 위치를 측정에 있어 5m (90% 이상의 확률)의 오차범위 내에 측정할 수 있음을 알 수 있다. 또한 최대 오차 거리 오차는 7.5 미터이다. Skyhook Wireless 사에서 개발한 위치 측정 방법은 20미터 ~ 30미터의 오차를 가지고 있다. 이에 반해 그림 8의 성능결과에서 보이는 것과 같이 본 논문에서 제안된 시스템은 5미터의 거리 오차 내에서 AP의 위치를 측정할 수 있음을 알 수 있다.

VI. 결 론

본 논문에서는 무선랜 접속점 위치 측정을 위해 스마트폰의 GPS 좌표와 무선랜 접속점으로부터 전송된 RSS 값을 이용한 새로운 위치 측정 방법을 제안했다. 제안된 방법에서, 무선랜 접속점이 위치할 가능성이 높은 영역을 찾기 위해 무선랜 접속점 측정모델을 제시하고 위치 측정을 위한 제한 규칙을 규정했다. 또한, 제한 규칙을 사용하여 정확한 무선랜 접속점 위치 측정을 위한 알고리즘을 제시했다. 시뮬레이션 결과는 제안된 알고리즘이 5m (90% 이상의 확률)의 오차범위 내에서 무선랜 접속점 위치를 측정할 수 있다는 것

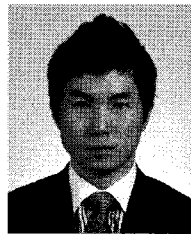
을 보여준다.

참 고 문 헌

- [1] P. Bahl, V. N. Padmanabhan, "RADAR: an in-building RF-based user location and tracking system," *In Proc. IEEE INFOCOM*, 2000.
- [2] P. A. Zandbergen, "Accuracy of iPhone Locations: A Comparison of Assisted GPS, WiFi and Cellular Positioning," *Research Article Transactions in GIS*, 13(s1), pp.5-26, 2009.
- [3] Ekahau, Inc. Ekahau Positioning Engine 2.0 [Http://www.ekahau.com/](http://www.ekahau.com/)
- [4] Skyhook Wireless, "System and Method of Improving Sampling of WLAN Packet Information to Improve Estimates of Doppler Frequency of A WLAN Positioning Device," United States Patent, Aug., 3, 2010.
- [5] J. Y. Koo, H. J. Cha, "Localizing WiFi Access Point Using Signal Strength," *IEEE Communications Letters*, 15(2), Feb., 2011.
- [6] T. S. Lin, P. C. Lin, "Performance comparison of indoor positioning techniques based on fingerprinting," *In Proceedings of the Sixth IEEE International Symposium on a World of Wireless Mobile and Multimedia Networks*, 382-7, Taormina, Italy, 2005.
- [7] H. Liu, H. Darabi, P. Banerjee, and J. Liu, "Survey of Wireless Indoor Positioning Techniques and Systems," *IEEE Trans. On System*, Vol.37. No.6. Nov., 2007.

천 승 만 (Seung-Man Chun)

정회원



2008년 2월 동양대학교 전자공학과 공학사

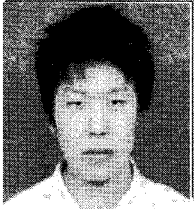
2010년 2월 경북대학교 전자전기컴퓨터공학과 공학석사

2010년 3월~현재 경북대학교 전자전기컴퓨터공학과 박사과정

<관심분야> Control and Management of Next Generation Wireless and Wired Convergence Network, Localization Base Service, U-healthcare Network

이 승 무 (Seung-Mu Lee)

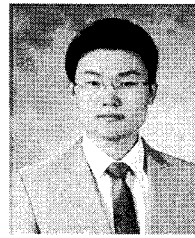
준회원



2010년 8월 경북대학교 IT 전자공학부 공학사
 2010년 8월~현재 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 석사과정
 <관심분야> U-Healthcare Network, Wireless Body Area Network, HL7, IEEE 11073, Network Management, Location Management

최 준 혁 (Jun-Hyuk Choi)

준회원



2010년 2월 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 공학사
 2010년 2월 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 석사과정
 <관심분야> U-healthcare Service, Wireless Body Area Network, HL7, IEEE 11073, Network Management, Wireless Communication

나 재 욱 (Jae-Wook Nah)

정회원



2001년 2월 경북대학교 전자공학과 공학사
 2003년 2월 경북대학교 정보통신학과 공학석사
 2009년 2월 경북대학교 정보통신학과 공학박사
 2009년~현재 경북대학교 U-헬스케어 융합네트워크 연구센터 Post-Doc. 과정

<관심분야> U-Healthcare Network, Wireless Body Area Network, HL7, Network Management, Wireless Communication, IEEE 11073

박 종 태 (Jong-Tae Park)

종신회원



1978년 2월 경북대학교 전자공학과 공학사
 1981년 2월 서울대학교 전자공학과 공학석사
 1987년 8월 Univ. of Michigan EECS 공학박사
 1989년~현재 경북대학교 IT 전자공학부 교수

2000년~2003년 IEEE Technical Committee on Information Infrastructure (TCII) 의장
 1988년~1989년 삼성전자 컴퓨터시스템 사업부 수석연구원
 1987년~1988년 미국 AT&T Bell 연구소 연구위원
 1984년~1987년 미국 CITI 연구원
 <관심분야> 이동통신, 모바일, 차세대 통신망운용, 네트워크 보안, 헬스케어 서비스, 위치 관리 서비스