

논문 2012-07-11

# WLAN 기반 실내 위치 측위에서 측위 정확도 향상을 위한 데이터 구축 방법

(Database Investigation Algorithm for High-Accuracy based Indoor Positioning)

송진우, 허수정, 박용완\*, 유국열

(Jin-Woo Song, Soo-Jung Hur, Yong-Wan Park, Kook-Yeol Yoo)

Abstract : In this paper, we proposed Wireless LAN (WLAN) localization method that enhances database construction based on weighting factor and analyse the characteristic of the WLAN received signals. The weighting factor plays a key role as it determines the importance of Received Signal Strength Indication (RSSI) value from number of received signals (frequency). The fingerprint method is the most widely used method in WLAN-based positioning methods because it has high location accuracy compare to other indoor positioning methods. The fingerprint method has different location accuracies which depend on training phase and positioning phase. In training phase, intensity of RSSI is measured under the various. Conventional systems adapt average of RSSI samples in a database construction, which is not quite accurate due to variety of RSSI samples. In this paper, we analyse WLAN RSSI characteristic from anechoic chamber test, and analyze the causes of various distributions of RSSI and its influence on location accuracy in indoor environments. In addition, we proposed enhanced weighting factor algorithm for accurate database construction and compare location accuracy of proposed algorithm with conventional algorithm by computer simulations and tests.

Keywords : WLAN, LBS, Fingerprint, RSSI, Dynamic range, Location, Weighting average

## 1. 서론

최근 유비쿼터스(Ubiquitous)라는 시대적 흐름이 도래함에 따라 상태(state)와 환경(environment)을 고려한 응용 서비스에 대한 요구가 점점 증가하고

\* 교신저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2011. 12. 01., 수정일: 2011. 12. 30.,

채택확정 : 2012. 02. 20.

송진우, 박용완, 유국열, 허수정 : 영남대학교 정보통신공학과

\*본 논문은 2010년 영남대학교 교비 지원을 받아 수행되었음(과제번호: 210-A-251-090)

\*본 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2010-0006747)

있다. 또한 최근 스마트폰의 대중적인 확산도 이러한 현상을 부추기고 있다. 이러한 서비스들은 대부분 사용자의 현재 위치 정보를 기반으로 하는 위치 기반 서비스(LBS; Location Based Service)의 형태를 띠고 있다. 인공위성의 신호를 이용한 GPS 부터 시작된 LBS 기술은 사용자의 요구와 시대적 흐름에 따라 많은 응용분야에 적용되고 있다 [1].

LBS의 가장 대표적인 예로 내비게이션, 증강현실, 텔레매틱스(Telematics) 등이 있다. 현재 LBS는 UWB, Zigbee, RFID 등 다양한 측위 수단과 세부적인 측위 알고리즘 등이 활발히 연구되고 있다 [1-3]. 이러한 연구는 정확도 향상이라는 목표를 위해 진행되고 있으며, 타깃에 대한 좀 더 정확한 측위 정확도는 LBS의 가장 큰 과제이자 목표이다.

지난 몇 년 동안 사용자의 위치를 추적하는 여

러 가지 방법들이 제안되었다. 그러나 이러한 위치 측위 기술들은 대부분 실외에서만 사용할 수 있거나 실내에서 사용 시에 많은 장비 및 설치비용이 필요하고 측위 정확도가 실외 측위에 비해 크게 떨어진다라는 단점을 가지고 있었다 [5]. 실외에서 주로 사용되는 GPS 기반 측위 방식을 실내에서 사용할 경우 건물 구조와 환경에 따라 다르지만 10~50m 정도의 측위 오차를 나타낸다.

이러한 실내 측위의 문제점을 보완하기 위해 최근 새로운 위치 측위 방법으로 WLAN을 이용한 위치 측위가 대두되고 있다. WLAN 기반의 실내 위치 측위의 가장 큰 장점은 낮은 인프라(Infrastructure) 구축 비용이다 [5].

현재 많은 건물과 공공시설에 WLAN 인프라가 설치되어 있으며, 스마트폰의 폭발적인 증가에 따라 WiFi 인프라 확충을 위해 WLAN AP(Access Point)의 개수가 기하급수적으로 증가하고 있다. 이는 AP라는 기존의 인프라를 이용하여 위치 측위를 한다는 점에서 큰 비용절감 효과를 의미한다. WLAN을 이용한 위치 측위의 두 번째 이점은 안정성이다. WLAN은 이미 여러 분야에서 활용되면서 시스템에 대한 안정성이 검증되었다. 이러한 WLAN의 다양한 장점으로 인해 최근 실내 위치 측위에 널리 이용되고, 또한 관련 기술들이 활발히 연구되고 있다 [3].

WLAN을 이용한 위치 측위는 AP에서 수신되는 WLAN 신호의 수신 신호 세기(RSSI; Receive Signal Strength Indicator)를 이용하는 핑거프린트(Fingerprint)와 같은 장면분석(Scene analysis) 기법, TOA(Time of Arrival), TDOA(Time Difference Of Arrival)와 같은 삼각측량을 이용하는 기법 등을 사용한다 [6]. 이러한 기법 등을 이용한 WLAN 기반의 위치 측위는 사용 기법과 측위 환경에 따라 3~10m 정도의 측위 오차를 나타낸다.

WLAN을 이용한 위치 측위는 크게 두 가지 방

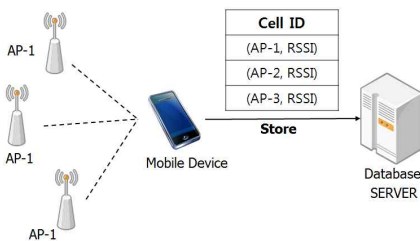


그림 1. 데이터베이스 구축과정

Fig. 1 The step of Construct database in fingerprint

법으로 요약할 수 있다. 첫째는 GPS를 이용한 실외 측위에서도 사용되고 있는 삼각측량법이다. 삼각측량법은 AP에서 수신된 신호의 지연 시간 및 감쇠정도를 이용한다. 두 번째로 측위 지역을 셀로 나누어 장면 분석을 통해 위치를 추정하는 핑거프린트 방식이다. 핑거프린트 방식은 다른 기법에 비해 높은 측위 정확도로 인해 최근 실내 위치 측위에서 널리 사용되며 연구 또한 활발하게 진행되고 있다 [10]. 그러나 핑거프린트 방식은 위치 측위 전에 측위 공간에 대해 데이터베이스를 미리 구축해야 하며, 측위 환경이 바뀌면 이러한 과정을 반복해야 하는 단점이 있다 [10, 11].

## II. WLAN 기반의 위치측위에서 핑거프린트 기법

WLAN 기반의 위치측위에서 가장 많이 사용되는 핑거프린트 기법은 AP(Access Point)의 Mac address와 RSSI 정보를 이용하여 위치를 결정하는 기법이다 [10, 11]. 이 방식은 특정 지역에 대한 신호 특성 값을 추출하기 때문에 주위 환경이 크게 변하지 않는 이상 그 지역에 대한 신호 특성 값은 대체로 일정하게 유지되기 때문에 저장된 신호 값과 측정된 신호 값의 비교를 통하여 보다 정확한 위치 측정이 가능하다 [10]. 핑거프린트 기법은 크게 데이터베이스를 구축 단계와 위치를 결정하는 포지셔닝 단계로 나뉜다.

데이터베이스 구축 단계에서는 측위 대상 지역의 데이터베이스를 구축하는 과정을 수행하며 다음과 같은 세부 단계로 진행된다. 첫째, 측위 대상 지역을 일정한 간격의 셀로 나눈다. 핑거프린트 방식에서는 측위 대상의 위치가 셀의 이름으로 표시되므로 셀의 크기가 측위 오차가 된다. 이러한 이유로 셀의 크기가 작을수록 측위 오차가 줄어들며, 대신 셀의 크기가 줄어들면 데이터베이스 구축 시간과 데이터양이 증가한다. WLAN의 신호 세기 특성과 물리적인 오차를 고려하면 한 셀 당 최소 2m x 2m 정도의 크기를 가진다. 다음 단계에서는 각 셀에서 반복적으로 AP의 수신신호 세기를 수집한다. 여기서 여러 번 수신신호 세기를 수집하는 이유는 RSSI 값이 일정하게 수신되지 않는 문제에 대한 오차를 줄이기 위해서이다. 반복적으로 수신된 RSSI 값은 평균값을 산출하여 AP의 Mac address와 함께 데이터베이스에 저장된다. 이 과정은 핑거프린트 기법에서 중요한 단계로 신호 세기 수집 방법을 정

확하고 일관성 있게 진행하는 것이 중요하다. 그림 1은 핑거프린트 기법에서 데이터베이스 구축 단계에 대해서 나타낸 그림이다.

포지셔닝 단계에서는 사용자의 위치 요청 시 수집된 신호 세기를 데이터베이스의 값과 비교를 통해 위치를 결정하는 과정을 수행한다. 위치 결정에서는 다양한 알고리즘이 사용되는데 적용 알고리즘마다 측위 정확도가 조금씩 차이가 난다. 주로 사용되는 위치 결정 알고리즘에는 유클리드 거리 (Euclidean distance), k-NN(k-Nearest Neighbor), 최소 오차 결정법 등이 있다 [7-9].

데이터베이스 구축 과정에서 수신되는 RSSI의 값은 항상 일정하지 않으며, 이러한 현상은 포지셔닝 단계에서 위치 정확도감소 요인으로 작용한다. 이러한 현상의 주원인은 WLAN 신호가 같은 지점이라고 해도 같은 값으로 수신되지 않고 다양한 값으로 수신되는 Dynamic range 현상을 나타내기 때문이다. Dynamic range는 실내 환경의 특성, 전파 특성, 수신기의 물리적 특성 등과 같은 다양한 원인이 복합적으로 작용하여 발생한다. 따라서 본 논문에서는 실내 환경에서의 WLAN 신호의 수신 분포 특성에 대해서 실험을 통하여 그 원인을 분석하고, 데이터베이스 구축 단계에서 이러한 문제를 보완하고 측위 정확도를 높이기 위한 데이터베이스 구축과정에서의 알고리즘들을 제안한다.

### III. 제안하는 위치 측위 성능 향상 기법

본 장에서는 WLAN 기반의 실내 위치측위에서 Dynamic range가 발생하는 원인을 실험을 통해 분석하고, Dynamic range로 인한 실내 위치 측위 오차의 감소를 보완하기 위한 데이터베이스 구축단계에서의 신뢰구간을 이용한 가중평균 적용 범위 지정 기법과 가중 평균(Weighted average) 기법을 제안한다.

#### 1. WLAN 신호 세기 수신 분포 특성 분석

이 장에서는 실내 환경에서 Dynamic Range의 발생 원인에서 대해서 이론과 실험을 토대로 분석한다. 세부적으로 송수신기의 물리적 특성, 수신단과 송신단의 거리에 따른 RSSI 변화, 송수신기 기기 별 RSSI 변화 그리고 전파 경로에 사람의 유무에 따른 RSSI의 변화를 분석한다.

다양한 수신세기 분포는 송수신기의 물리적 특성도 한 원인으로 작용한다. 송신기의 역할을 하는

표 1. 무선랜 AP 사양

Table 1. WLAN AP Specifications

	ipTime N604S	CISCO WAP 200
Wireless standard	IEEE 802.11b/g/n	IEEE 802.11b/g
Receive sensitivity	-65dBm: 300Mbps -75dBm: 54Mbps -87dBm: 11Mbps	-72dBm: 54Mbps -85dBm: 11Mbps
Transmit Power	16dBm ± 2	18dBm ± 2

표 2. 테스트 파라미터(anechoic chamber)

Table 2. Test parameters(anechoic chamber)

	Test Parameter
AP models	ipTime N104S, ipTime N604S, Cisco Linksys
Mobile phone	Sky vega, galaxy S, Desire HD, Xperia X10 mini
Test distance	1, 3, 5, 8

AP의 경우 모델 별로 안테나 특성 및 전력 제어의 차이로 인해 이론상 0~ 2dBm 정도의 수신 신호 세기 오차가 발생한다. 또한 수신단인 단말기도 안테나 및 무선랜 수신 장치의 모델 별 물리적 특성 차이로 인해 이론상 0~2dBm의 수신신호 세기 차이가 발생할 수 있다. 이는 시간에 따라서 0~2dBm 정도의 수신 세기 오차가 발생 할 수 있음을 의미한다. 최근 스마트 폰의 확산과 무선 오피스 시스템 구축으로 인해 실내 공간에 수많은 AP가 설치되어 있고, 각 AP의 종류 역시 다양하다. 때문에 측위 장소 및 사용자 별로 다양한 AP의 종류와 단말기가 사용되므로 이러한 요소는 다양한 수신세기 분포의 원인으로 작용한다 [3, 4].

표 1은 대표적인 AP 제조 회사인 ipTIME과 CISCO의 AP 특성을 비교한 것이다.

두 개의 AP는 비슷한 무선 사양을 나타내었으나 2dBm 정도의 송신 전력 세기의 차이를 나타내었다. AP 모델 및 수신 단말기의 종류에 따른 수신 신호세기의 변화를 확인하기 위해 외부 전파 방해 요소가 없는 10m x 10m 크기의 anechoic chamber에서 실험을 진행하였다. 실험 요소는 표 2와 같다.

첫 번째 실험은 각 MD(Mobile Device)의 수신 신호 분포 특성에 대해서 진행하였다. RSSI 값을 측정하여 자동으로 저장하는 안드로이드 기반의 소프트웨어를 설치하여 진행하였으며 MD-AP간의 거

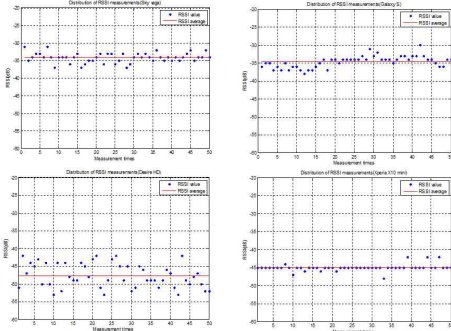


그림 2. 수신기 종류에 따른 RSSI 분포  
Fig. 2 RSSI distribution from mobile device model

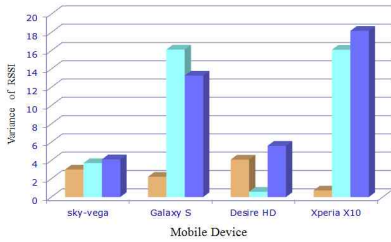


그림 3. 동작 AP 수에 따른 RSSI 분산  
Fig. 3 RSSI Variance from number of working AP

리는 1m로 설정하였다. 그림 2는 각 MD 별 신호 세기 수신 분포를 나타낸 것이다. 빨간 선은 50번 수신된 RSSI 값의 평균을 나타낸다. 실험 결과 같은 지점에서 측정된 RSSI 값이라도 MD의 모델에 따라서 각각 다른 수신 세기와 분포를 보인다.

실내 환경에서는 종류가 다른 많은 AP들이 설치되어 있기 때문에 AP간의 간섭도 고려되어야 한다. 실제로 2.4GHz대역을 사용하는 무선랜 AP는 사실 AP가 증가하여 AP간 간섭과 혼신 등으로 무선랜 데이터 전송률이 떨어지고 서비스 품질이 떨어지는 현상이 보고되고 있다. 이러한 AP간의 간섭 현상은 Dynamic Range에도 영향을 미치게 된다. 그림 3은 anechoic chamber 환경에서 모든 실험 환경을 고정 시키고, 동작하는 AP의 개수를 증가시켜서 수신되는 RSSI의 분포를 나타낸 것이다. 그림 3에서 MD의 모델 별로 차이가 있으나, 동작하는 AP의 개수가 증가할수록 RSSI의 분산 값도 증가하였다. 특히 Xperia X10 모델의 경우 1개의 AP가 동작할 때보다 2개 이상의 AP가 동작하였을 때, 15 이상

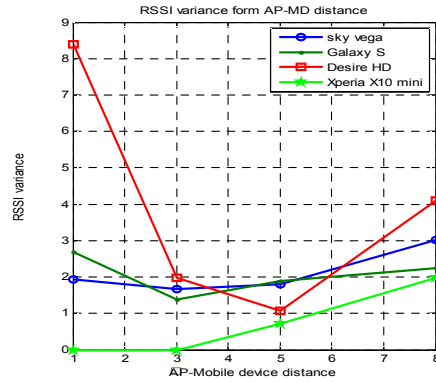


그림 4. AP와 MD의 거리에 따른 분산 변화  
Fig. 4 RSSI Variance from AP-MD distance

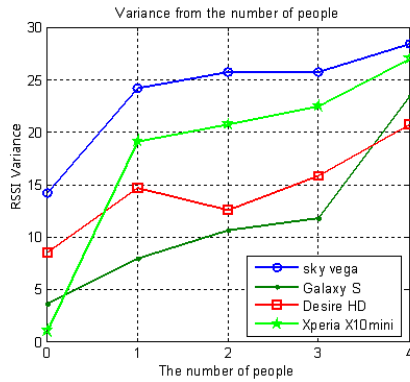


그림 5. 전파 경로 상의 사람의 수에 따른 분산  
Fig. 5 RSSI Variance from number of people

의 RSSI 분산 값 증가를 나타내었다.

Dynamic range를 발생시키는 세 번째 요소는 AP와 MD의 거리에 대한 실험이다. 그림 4는 AP-MD의 거리에 따른 RSSI 값의 수신 분산 값을 나타낸 것이다. 이 그래프에서 5m 이내에서는 RSSI 분산 값이 대체로 감소하였으나, 5m 이상에서는 점차 증가하였다. 이는 AP-MD의 거리에 따라서 Dynamic Range에 영향을 주는 것을 확인할 수 있다 [12, 13].

실내 환경에서 움직이는 사람이나 물체 역시 RSSI 수신 분포에 영향을 준다. 그림 5는 전파 경로 상에 유동 인원수에 따른 전파 수신 특성을 보여준다. AP와 MD 사이의 거리를 8m이격 시킨 후 전파 경로 상에 이동하는 사람의 수를 점차 늘여날

때, 수신되는 RSSI 분포를 확인하였다 그림 5에서 전파 경로에 존재하는 인원의 수가 점점 증가함에 따라 수신되는 RSSI 값의 분산 값이 크게 증가함을 확인할 수가 있다. 이러한 결과는 전파 경로에 이동하는 사람, 물체가 존재할 경우 전파의 수신 신호 세기가 크게 변화하는 것을 나타낸다 [13].

실내 환경에서는 다양한 원인으로 인해 WLAN의 RSSI 값 수신 분포가 다양하게 나타나고, 이러한 문제가 복합적으로 작용하여 Dynamic Range에 영향을 준다는 것을 테스트를 통해 분석하였다. 다양한 요소 중에 특히 전파 경로 상의 유동 인원(물체) 수, AP 간의 전파 간섭이 수신 신호 세기의 분산 값에 큰 영향을 주었다. 결과적으로 실내 환경에서는 다중경로로 인해 RSSI 값의 랜덤성이 크며, 또한 인근에 배치된 AP의 채널의 간섭에 영향을 받는다. 이에 따라 채널 간 간섭이 있는 상황에서 RSSI를 측정하여 채널 간섭의 영향을 분석하였다.

2. 가중 평균 적용을 위한 RSSI 범위 지정

가중 평균을 이용하여 평균값을 산출하는 기법을 적용하여 측위 정확도를 더욱 높이기 위해서 신뢰 구간을 이용하여 가중 평균을 적용할 범위를 설정한다. 이 과정을 통해 평균값과 차이가 큰 신뢰도가 낮은 데이터를 제거하고 신뢰 구간에 포함된 RSSI 값을 대상으로 가중 평균을 적용하게 된다.

신뢰 구간은 통계학에서 모수가 어느 범위 안에 있는지 확률적으로 보여주는 방법이다. 제안 기법의 적용을 위한 RSSI 신뢰 구간은 아래와 같은 방법을 적용하여 산출할 수 있다.

한 지점에서 N번 동안 수집한 RSSI 값들의 평균을  $m$  이라고 하면, 이 값들의 표준 편차  $\sigma$ 는 식(1)와 같이 구할 수 있다.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (x_i - m)^2} \tag{1}$$

여기서  $x_i$ 는 수집된 각 RSSI 값을 나타낸다. 따라서 위 식을 이용한 수집된 RSSI 값의 68% 신뢰 구간은 식(2)을 이용하여 나타낼 수 있다.

$$m \pm 1.96 * \sigma \tag{2}$$

위의 식(2)은 표준 분포를 따른다고 가정하였으며, 68% 신뢰 구간의 경우 수집된 값의 68%를 신뢰한다. 실제 환경에서 그림 6과 같이 수집된 데이터를 68% 신뢰 구간을 적용할 경우에 수신 신호 세기 분포는 그림 7과 같이 나타난다.

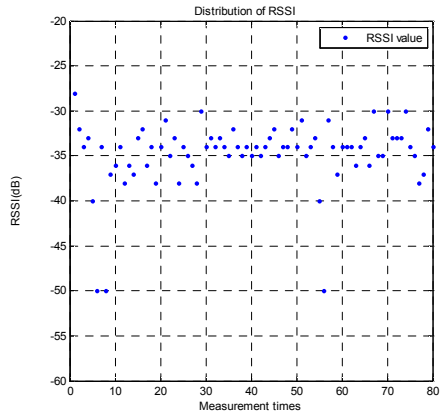


그림 6. RSSI 수신 분포  
Fig. 6 Distribution of RSSI

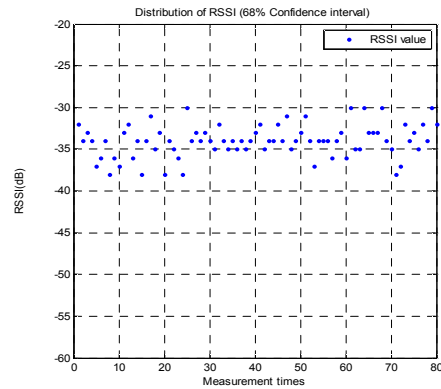


그림 7. RSSI 수신 분포(68% 신뢰구간 적용)  
Fig. 7 Distribution of RSSI (68% Confidence interval)

3. 가중 평균 적용 데이터베이스 구축 기법

본 장에서는 무선랜 수신 신호의 다중 분포 문제점을 해결하기 위해 데이터 구축 단계에서의 Weighted average 알고리즘을 제안한다. 이 알고리즘은 앞서도 언급하였듯이 수신 신호 세기 값의 수신 빈도에 가중치를 높여 많이 수신되는 RSSI 값의 중요도를 높여 평균을 내는 방식이다. 기존의 가중 평균의 기본 식을 사용하지만, 수신 신호의 특성을 고려하여 아래와 같은 방식으로 적용하게 된다.

기존의 데이터베이스 구축 과정에서 임의의 AP에서 반복적으로 수신되는 회 수를  $N$ , 수신되는 RSSI 값을  $x_k$ 이라고 하면, 산술 평균  $M$ 은 식 (3)과 같이 구할 수 있다.

$$M = (x_1 + x_2 + \dots + x_k) / N \quad (3)$$

식(3)에서  $x_1$ 이  $f_1$ 개,  $x_2$ 가  $f_2$ 개,  $x_k$ 이  $f_k$  개 수신되었다고 하면  $N$ 은 식(4)과 같이 표현할 수 있다.

$$f_1 + f_2 + \dots + f_k = N \quad (4)$$

식(4)을 이용하면  $N$ 개의 RSSI 값의 합계  $S_{rssi}$ 는 식(5)와 같이 표현할 수 있다.

$$S_{rssi} = f_1 x_1 + f_2 x_2 + \dots + f_k x_k \quad (5)$$

결국 임의의 한 AP에서 수신되는 RSSI 값의 평균  $M$ 은 식(6)와 같이 표현 할 수 있다.

$$M = (f_1 x_1 + f_2 x_2 + \dots + f_k x_k) / N \quad (6)$$

식(6)에서 수신 신호  $x_k$ 의 수신 회 수를 나타내는  $f_k$ 은  $x_k$ 에 대한 가중치로 작용한다. 이러한 평균 기법을 가중평균이라고 하며  $f_k$ 은 가중치수가 된다. 즉, 수신 회 수가 가중치로 작용하기 때문에 빈도에 따라 가중치를 높여 주기 위해서는  $f_k$ 의 값을 높여야 한다. 제안하는 알고리즘은 수신 회 수에 따라 가중치를 높여 주기 위해  $f_k$ 에  $n$ 차 자승법을 사용한다.

임의의 한 AP에서 수신되는  $N$ 개의 RSSI 값 중  $x_1$ 이  $f_1$ 개,  $x_2$ 가  $f_2$ 개,  $x_k$ 이  $f_k$ 개 수신되었다고 하면  $N$ 은 식(7)과 같이 표현된다.

$$N = f_1^n + f_2^n + \dots + f_k^n \quad (7)$$

식(7)에서  $n$ 은 가중치의 크기를 의미하며,  $n$ 이 높을수록 수신 빈도수가 많은 RSSI 값에 대한 중요도(가중치)가 높아진다. 식(7)에 의해  $N$ 개의 RSSI 값의 합은 식(8)와 같이 표현할 수 있다.

$$S_{weight} = f_1^n x_1 + f_2^n x_2 + \dots + f_k^n x_n \quad (8)$$

식(8)에 의해 가중치( $n$ )를 적용한 제안 가중 평균은 식(9)과 같이 표현할 수 있다.

$$M_{weight} = (f_1^n x_1 + f_2^n x_2 + \dots + f_k^n x_n) / N \quad (9)$$

표 3. 측위 테스트 파라미터

Table 3. Test Parameters

측위 장소	영남대 중앙도서관 지하1층
공간 크기	43.2m x 63.3m(2,734m <sup>2</sup> )
참조지점 수	255
측위 회수	17~20, 각 지점 별
AP 개수	6
측위지점 수	44

식(9)에서  $n$ 이 증가할수록  $f_k$ 의 값이 커지게 된다. 이러한 결과는 높은 수신 빈도를 갖는 수신 신호의 중요도(가중치)를 높이는 역할을 한다. 결국  $n$ 이 증가할수록 가중치수도 증가하여 높은 분산 값을 가지게 되고, 이러한 결과는 평균값이 최대 수신 빈도를 나타낸 값에 근접하게 된다.

#### IV. 시뮬레이션 결과

테스트는 영남대학교 중앙도서관 지하 1층에서 진행하였다. 테스트에 대한 개요는 표 3와 같다. 측위 대상 지역은 야외, 열람실, 로비로 구성되어 있으며 도서관의 특성 상 많은 사람이 상주하고 있다.

##### 1. 실험 환경

테스트는 영남대학교 중앙도서관 지하 1층에서 진행하였다. 이 공간은 많은 사람들이 상주하며, 책상과 파티션 등 다양한 요소들이 존재한다. 또한 건물 구조의 특성상 지하 1층이지만 야외와 연결된 구조적 특징을 가지고 있다. 이러한 요소들은 무선랜 수신 신호 분석에 적합하며, 제안 알고리즘을 적용하기에 최적의 장소이다. 측위 대상 공간은 야외, 열람실, 로비 등으로 구성되어 있다. 테스트에 대한 개요는 표 3과 같다.

측위 대상 공간인 영남대학교 중앙도서관 지하 1층은 가로 43.2m, 세로 63.3m 로 이루어져 있고, 열람실 2개, 로비, 기계실 등의 공간으로 이루어져 있다. 이 공간 중 기계실과 기타 출입제한 공간을 제외한 2개의 열람실과 로비에서 실험을 진행하였다. 열람실의 경우 많은 학생들이 상주하며 로비에 비해 유동 인원이 적은 대신에 많은 책상으로 인해 NLOS(Non Line Of Sight) 요소가 많이 존재한다. 반면에 로비의 경우, 기구와 장비가 거의 없는 열린 공간이지만 많은 학생들이 이동하는 특성을 가지고 있다.

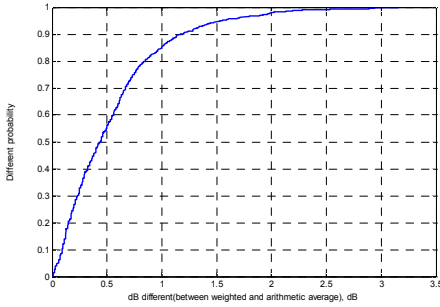


그림 8. 산술평균과 가중평균의 dB차이  
Fig. 8 Difference between weighted and arithmetic average

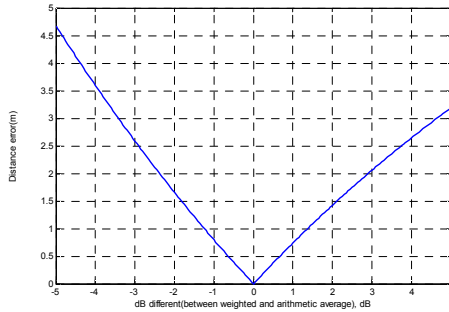


그림 9. dB 차이에 따른 측위 정확도 영향  
Fig. 9 The impact of dB change into the accuracy of distance estimation

2. 시뮬레이션 결과

그림 8은 산술평균과 가중치 평균의 신호 세기 값 차이를 CDF로 나타낸 것이다. x축은 dB difference, y축은 probability를 의미한다. 70% 정도의 데이터 들이 약 0.8dB 이내의 차이를 나타내었다. 이는 1dB 이내의 수신 신호 세기 차이가 측위 정확도에 영향을 주는 것을 의미한다.

그림 9는 수신 신호 세기 차이가 측위 정확도에 미치는 영향에 대해서 나타낸 것이다. x축은 dB difference, y축은 difference error를 의미한다. Fig.8에서 데이터들의 70% 값인 0.8dB 차이로 인해 약 0.7m의 측위 정확도 차이를 나타내는 것을 확인할 수 있다.

그림 10은 기존 알고리즘과 제안 알고리즘 ( $n=2$ )을 적용하였을 때의 측위 정확도를 CDF로 나타낸 것이다. x축은 location error(m), y축은

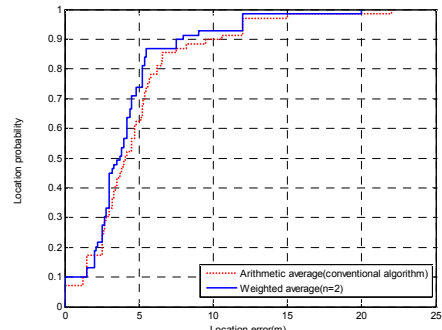


그림 10. 측위 정확도 비교( $n=2$ )  
Fig. 10. CDF of location accuracy of proposed algorithm( $n=2$ )

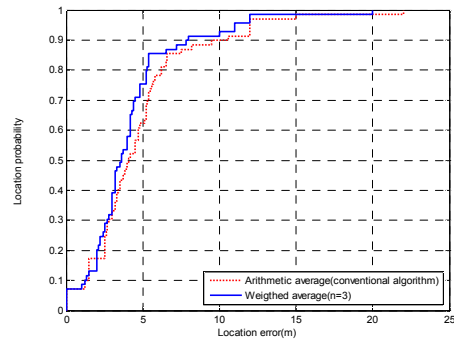


그림 11. 측위 정확도 비교( $n=3$ )  
Fig. 11. CDF of location accuracy of proposed algorithm( $n=3$ )

location probability를 의미한다. 기존의 알고리즘 적용 평균 오차는 4.89m, 제안알고리즘을 적용 시에는 4.32m를 나타내었다. 그림 11은  $n=3$ 을 적용한 결과로 제안 알고리즘 적용 시에 4.42m로  $n=2$ 를 적용한 결과보다 0.1m의 측위 정확도가 감소하였다.

결론적으로 신뢰 구간을 적용한 가중평균을 적용한 데이터베이스 구축 기법은 기존의 평균 보다 평균 0.8dB 정도 차이를 나타내며 이러한 dB 차이는 약 0.7m의 측위 정확도 향상을 나타내었다. 또한 가중 평균의  $n$ 의 값은 2일 때 가장 높은 측위 정확도를 나타내었다(표 4 참고). 표 4에서  $n$ 이 10인 경우, 측위 정확도가 크게 감소하며,  $n$ 이 더 증가할수록 측위 정확도는 점점 감소하였다. 이는 다양한 신호 세기가 수신되는 무선랜의 전파 특성상

표 4. 가중 지수  $n$ 에 따른 측위 오차  
Table 4. Location error from weighting factor  $n$

Weighting factor( $n$ )	1	1.3	1.5	1.8	2
Location error(m)	4.98	4.74	4.70	4.58	4.29
Weighting factor( $n$ )	3	4	5	10	20
Location error(m)	4.42	4.31	4.33	5.62	8.63

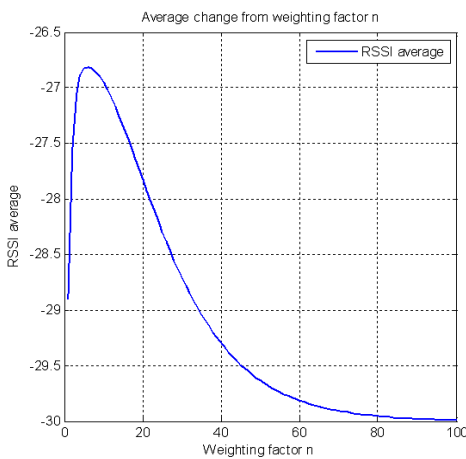


그림 12. 가중 지수  $n$ 에 따른 평균값의 변화  
Fig 12. Average change from weighting factor  $n$

$n$ 이 증가할수록 최빈값에 근접하게 되며, 다른 신호 세기 값은 고려하지 않게 된다(그림 12 참조). 이러한 제안 알고리즘의 성능은 가중 평균의 특성 상 수신 신호의 분포가 큰 환경에서 더 향상된다.

### V. 결론

본 논문에서는 Fingerprint 방식에서 측위 오차를 줄이기 위한 데이터베이스 구축 단계에서의 보완 알고리즘을 제시하였다. 선행적으로 실내 환경에서 AP와 모바일 기기의 물리적 차이, NLOS 환경, 전파 특성 등 다양한 원인이 무선랜 신호 수신 분포에 미치는 영향에 대해서 이론을 제시하고 실험을 통해 검증하는 과정을 나타내었다. 무선랜의 수신 신호가 다양한 분포로 나타나는 현상, 즉

Dynamic Range 문제를 보완하기 위해서 데이터베이스 구축 단계에서의 신뢰구간 적용과 가중치 적용 평균 산출 기법을 제안하였다. 세부적으로 95%의 신뢰 구간을 적용하여 데이터를 필터링 한 후, 데이터 구축 단계에서 수신되는 신호 값에 가중치를 곱하여 수신 빈도가 높은 RSSI 값의 중요도를 높여 다양한 분포의 수신 신호 세기로 인한 문제점을 해결하고자 하였다. 제안 기법을 이용한 시뮬레이션 결과 기존의 데이터베이스 구축 방법을 적용했을 때 보다 좀 더 향상된 결과를 나타냈다. 실험 대상 공간인 영남대학교 중앙도서관 실험 결과의 경우 기존 알고리즘보다 약 0.7m의 측위 정확도가 향상되었다.

그러나 본 알고리즘의 특성상 균일한 신호세기가 수신되는 환경의 경우 측위 성능 향상을 얻기가 어렵다. 따라서 이러한 환경에서 오차를 줄일 수 있는 데이터베이스 구축 단계에서의 다른 알고리즘을 연구가 진행되어야 한다. 이를 위해서는 수신되는 신호의 분포 분석에 따른 선택적인 알고리즘을 적용하는 방법을 사용하는 것이 가장 좋은 성능을 나타낼 것으로 예상된다. 또한 데이터베이스 구축 단계에서 Dynamic range 문제를 보완하는 동시에, 위치 추정 단계에서 다양한 측위 정확도 향상 알고리즘을 병행하여 적용한다면 좀 더 향상된 측위 정확도를 도출할 수 있을 것이다.

### 참고문헌

- [1] 김선미, 박용완, “차세대 위치 기반서비스 측위 기술,” 한국통신학회지, Vol. 23, No. 6, pp.83-98, 2006.
- [2] 최희동, 안와 나즐레이브, 박용완, 최정희, “무선랜 기반의 실내 측위 시스템을 위한 신호 세기 예측 모델에 관한 연구,” TELECOMMUNICATIONS REVIEW, Vol. 18, No. 2, pp.248-260, 2008.
- [3] 이성호, 민경욱, 김재철, 김주완, 박종현, “위치기반서비스 기술 동향,” 전자통신동향분석, Vol. 20, No. 3, pp.33-42, 2005.
- [4] 김갑영, 전보익, “실내와 실외 환경에서의 802.11n WLAN RF 특성 및 Network 특성 비교,” 한국철도학회 추계 학술대회 논문집, pp.1685-1691, 2009.
- [5] 전현식, 김나리, 박현주, “실내 환경에서 효과적인 위치 측위 시스템에 관한 연구,” 한국통신학회 논문지, Vol. 34, No. 2, pp.119-129, 2009.
- [6] T. Vaupel, J. Seiz, F. Kiefer, S. Haimerl, J. Thielecke, “Wi-Fi Positioning: System considerations and Device Calibration,” Proceedings on International conference on indoor



positioning and indoor navigation(IPIN), 2010.

[7] W.M. Yeung, J.K. Ng, "An enhanced wireless LAN positioning algorithm based on the fingerprint approach," Proceedings on TENCON IEEE Region 10 Conference, 2006.

[8] S.H. Fang, T.N. Lin, "Accurate WLAN indoor localization based on RSS, fluctuations modeling," Proceedings on IEEE Intelligent Signal Processing, pp.27-30, 2009.

[9] Q. Lin, Y. Xu, M. Zhou, Z.A. Deng, Y. Liang, "Characteristics of Fingerprint Location Technology in WLAN Environment," Proceedings on International Forum on Information Technology and Applications, pp.40-43, 2009.

[10] T.N. Lin, P.C. Lin, "Performance comparison of indoor positioning techniques based on location fingerprinting in wireless networks," Proceedings on WIRLES'05, Vol. 2, pp.1469-1574, 2005.

[11] N. Swangmuang, P. Krishnamurty "Location fingerprint Analyses Toward Efficient Indoor Positioning," Proceedings on IEEE International conference on pervasive computing and communications, 2008.

[12] J.B. Andersen, T.S. Rappaport, S. Yoshida, "Propagation measurements and models for wireless communications channels," IEEE Communications Magazine, Vol. 33, No. 1, pp. 42-49, 1995

[13] Q. Lin, Y. Xu, M. Zhou, Z.A. Deng, Y. Liang, "Characteristics of fingerprint location technology in WLAN environment," Proceedings on Information Technology and Application, Vol. 2, pp.40-45, 2009.

**저 자 소 개**

**송진우 (Jin-Woo Song)**



2010년 영남대 정보통신 공학과 학사.  
 2012년 영남대 정보통신 공학과 석사.  
 관심분야: 이동통신, 위치기반서비스.

Email: s0ngjw00@ynu.ac.kr

**허수정 (Soo-Jung Hur)**



2001년 대구대 정보통신 공학과 학사.  
 2007년 영남대 정보통신 공학과 석사.  
 2007년 ~ 현재 영남대학교 정보통신공학과 박사 과정  
 관심분야: 이동통신, 위치기반서비스.

Email: sjheo@ynu.ac.kr

**박용완 (Yong-Wan Park)**



1982년 경북대학교 전자 공학과 학사.  
 1984년 경북대학교 전자 공학과 석사.  
 1989년 뉴욕주립대 전기 공학과 석사.  
 1992년 뉴욕주립대 전기 공학과 박사.

현재, 영남대학교 정보통신공학과 교수  
 관심분야: 이동통신, 무선멀티미디어 설계 기술, 텔레매틱스, 차세대 위치기반 기술.

Email: ywpark@yu.ac.kr

**유국열 (Kook-Yeol Yoo)**



1991년 경북대학교 전자 공학과 학사  
 1993년 한국과학기술원 전기및전자학과 석사  
 1998년 한국과학기술원 전기및전자학과 박사  
 1998년 8월~2001년 3월 삼성전자 중앙연구소 책임연구원

현재, 영남대학교 정보통신공학과 교수  
 관심분야: 멀티미디어통신, 영상압축, 영상처리

Email: kyoo@yu.ac.kr