

# 무선랜의 신호세기를 이용한 실내 측위

## Indoor Positioning Using WLAN Signal Strength

김 숙 자\*, 이 진 현, 지 규 인, 이 장 규, 김 욱  
(Suk Ja Kim, Jin Hyun Lee, Gyu-In Jee, Jang Gyu Lee, and Wuk Kim)

**Abstract :** Outdoors we can easily acquire our accurate location by GPS. However, the GPS signal can't be acquired indoors because of its weak signal power level. Adequate positioning method is demanded for many indoor positioning applications. At present, wireless local area network (WLAN) is widely installed in various areas such as airport, campus, and park. This paper proposes a positioning algorithm using WLAN signal strength to provide the position of the WLAN user indoors. There are two methods for WLAN based positioning, the signal propagation method uses signal strength model over space and the empirical method uses RF power propagation database. The proposed method uses the probability distribution of the power propagation and the maximum likelihood estimation (MLE) algorithm based on power strength DB. Test results show that the proposed method can provide reasonably accurate position information.

**Keywords :** WLAN (Wireless Local Area Network), RSS (Received Signal Strength), indoor positioning

### I. 서론

현재 위치기반서비스는 이동통신사와 무선인터넷 시장의 새로운 콘텐츠로 부각되고 있으며, 유선을 대체할 모바일 환경에서 위치정보를 활용한 다양하고 혁신적인 21세기 첨단 서비스로 향후 정보통신 산업의 핵심 기술로 예상되고 있다. 이 서비스는 이동단말기의 위치정보를 기반으로 상품정보뿐만 아니라 교통정보, 위치추적정보 등 생활 전반에 걸쳐 다양한 정보제공에 활용 될 수 있다. 위치기반서비스 제공을 위한 핵심적인 기술인 무선측위 기술은 이동단말기의 위치를 측정하기 위한 기술로서 GPS(Global Positioning System)를 이용하는 방식[1], 통신망의 수신신호를 이용하는 망 기반 방식, 그리고 이들을 혼합하여 사용하는 혼합방식으로 분류할 수 있다[2].

GPS는 시야가 확보되는 넓은 실외에서 사용할 경우 미국 FCC(Federal Communication Commission)의 E911의 요구조건을 만족시키는 정확한 위치정보를 제공한다. 그러나 실내에서는 가시위성 부족과 신호의 미약으로 위치 정보를 제공할 수 없는 문제가 있다. 망 기반 방식 중 CDMA(Code Division Multiple Access) 통신망을 이용하는 방식은 이 시스템의 파일럿 신호를 이용한다[3]. 이 방식은 통화가 가능한 대부분의 지역에서 위치결정이 가능하고 단말기에 특별한 장치를 추가로 사용하지 않는 장점이 있다. 그러나 전파환경에 의한 오차요인에 의해서 수신에서 수백미터의 위치오차가 발생하게 되어 정확한 위치정보를 제공할 수 없다[2].

아직까지 실외에서의 GPS와 같은 효과적인 실내 무선측위 매체나 기술이 발표되지 않고 있어서 공중 무선 망을 이용한 측위 알고리즘 개발이 절실하게 요구되고 있다. 최근에 무선

인터넷 사용의 증가로 무선랜(WLAN : Wireless Local Area Network)은 공항, 대학 캠퍼스, 공원 같은 지역에 많이 설치되고 있으며, 계속적으로 설치되는 지역이 확대되고 있다. 그러므로 실내에서 이동단말기는 무선랜 신호를 쉽게 접할 수 있고 이 신호를 이용하여 실내측위를 할 수 있다.

무선랜을 이용한 위치결정 방법으로 시각기반의 TOA(Time Of Arrival), TDOA(Time Difference Of Arrival)[4] 그리고 신호세기[5-8] 등을 이용할 수 있다. 시각기반의 경우 송,수신 장비 간의 정확한 시각동기화가 전제되어야 하지만 현재 무선랜 망에서는 지원이 되지 않는다. 신호세기를 이용한 방법은 현재의 무선랜 장비를 그대로 이용할 수 있다는 장점이 있다. 본 논문에서는 무선랜의 신호세기를 이용한 실내 위치결정 방법으로 수신신호 세기의 데이터베이스를 기반으로 하는 MLE(Maximum Likelihood Estimation) 알고리즘을 제안한다.

논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 무선랜의 신호세기 특성에 대해 설명하고 III장에서는 모델식과 삼각측량법을 이용한 위치결정 방법과 결과에 대해서 설명한다. IV장에서는 데이터베이스를 이용한 위치결정 방법과 결과에 대해서 설명한다. 마지막으로 V장에서 결론을 맺는다.

### II. 무선랜의 신호세기 특성

무선랜의 신호세기를 실내 위치결정에 사용하기 위해서는 우선 신호세기와 거리 사이에 일정한 관계가 보장되어야 한다[6]. 무선랜의 전파 신호세기는 전파가 전달된 거리에 반비례하는 관계가 있다. 이 성질을 이용하면 수신된 신호세기로부터 발신기와 수신기 사이의 거리 정보를 얻을 수 있다. 신호세기의 특성을 확인하기 위해서 한 지점에서 일정한 거리에 위치한 두개의 AP(Access Point)로부터 신호세기를 측정하였다. 그림 1, 2와 표 1은 이 결과를 나타낸다. 그림 1로부터 신호 세기가 사람의 움직임, 다른 라디오 신호 등 환경적인 영향에 의해 변화한다는 것을 보인다. 그림 2의 결과로부터는 밤시간의 신호세기가 낮 시간보다 상대적으로 안정함을 볼 수 있다

신호는 벽, 층과 층 사이를 통과하면서 신호세기 감쇄가

\* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2003. 12. 30., 채택확정 : 2004. 5. 26.

김숙자, 이장규 : 서울대학교 전기공학부(ksj04@mobis.co.kr/igl@snu.ac.kr)

이진현, 지규인 : 건국대학교 전자정보통신공학과

(jhlee@konkuk.ac.kr/gjee@konkuk.ac.kr)

김욱 : 주)삼성전자(wuk.kim@samsung.com)

\* 본 연구는 과학기술부 1999년도 국가지정 연구실 사업과 삼성전자 지원에 의한 연구 결과임.

표 1. 24시간 신호세기 평균값과 표준편차.

Table 1. 24hrs signal strength mean and standard deviation.

	신호세기 평균값	신호세기 표준편차
AP1	-42.61 dBm	2.2631 dBm
AP3	-41.75 dBm	1.7355 dBm

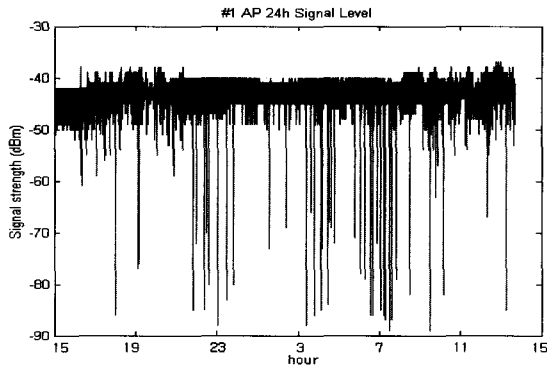


그림 1. 24시간 신호세기 (AP1).

Fig. 1. 24hrs signal strength measurements (AP1).

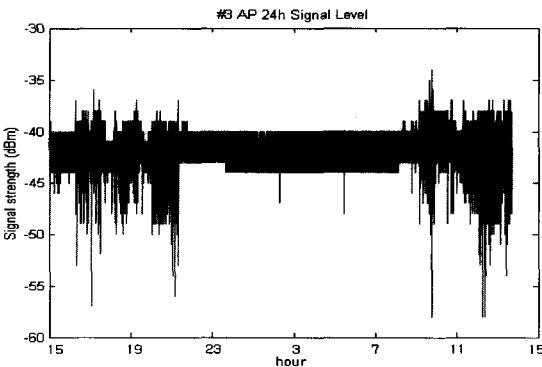


그림 2. 24시간 신호세기 (AP3).

Fig. 2. 24hrs signal strength measurements (AP3).

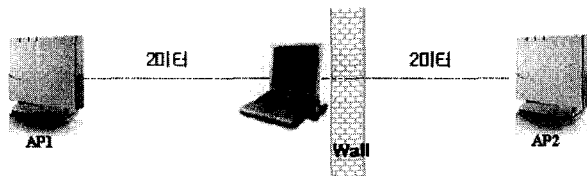


그림 3. AP와 노트북의 배치.

Fig. 3. AP and mobile user.

일어난다. 신호세기 감쇄 특성을 알아보기 위해서 몇 가지 실험이 수행 되어졌고 결과는 각각 표 2와 3과 같다. 벽의 영향에 의한 신호감쇄 정도를 확인하기 위해서 그림 3과 같이 AP와 노트북을 설치하여 실험을 수행하였다. 층에 의한 신호세기 감쇄 정도를 확인하기 위해서는 AP를 1층에 설치하고 2층과 3층에서 신호를 측정하였다. 이때 각층에서의 신호세기 측정 지점은 수직방향 위치만 서로 다르다. 신호세기

표 2. 벽에 의한 신호감쇄.

Table 2. Wall effect on signal strength.

	실험실	강의실
벽을 통과하지 않은 신호	-41.33 dBm	-39.42 dBm
벽을 통과한 신호	-48.71 dBm	-43.87 dBm

표 3. 층을 통과한 신호의 신호감쇄.

Table 3. Floor effect on signal strength.

1 층	2 층	3 층
-31.51 dBm	-53.00 dBm	-66.59 dBm

표 4. 사람에 의한 신호감쇄.

Table 4. Human effect on signal strength.

	#1 AP	#2 AP
사람을 통과하지 않은 신호	-45.25 dBm	-48.10 dBm
사람을 통과한 신호	-48.71 dBm	-51.39 dBm

감쇄 정도는 건물의 구조, 건물의 재질에 따라 다르기 때문에 모델링을 하는 것은 쉽지 않다. 실내 위치결정에서는 이동단말기의 고도 정보가 중요하므로 다른 층의 신호를 구별하거나 신호세기 감쇄를 보정하는 알고리즘이 필요하다.

실내에서 위치를 결정할 경우 가장 큰 오차요인은 실내에 존재하는 사람이 된다[6]. 사람에 의한 신호세기의 감쇄 정도를 확인하기 위해서 실험을 수행하였고 표 4는 이 결과를 나타낸다. 사람에 의한 신호감쇄 정도는 약 3dBm 정도이다. AP로부터 측정하게 되는 신호세기는 사람에 의한 영향 만큼 차이가 발생하므로 무선랜의 신호세기를 이용한 이동단말기의 위치 결정시 방향과 주위 사람들에 의한 영향을 고려하여야 한다. 그러나 일반적인 신호감쇄 모델을 적용하여 이 값을 보상하기는 어렵다.

III. 모델식과 삼각측량법을 이용한 측위

세 개 이상의 AP로부터 신호세기를 측정하고 그 값을 거리로 환산한 후 삼각측량법을 이용하면 이동단말기의 위치를 결정할 수 있다[6]. 일반적으로 경로 손실 모델식으로 (1)을 많이 사용하고 있다[7]. 그림 4는 신호세기와 거리 관계를 나타내었다. 이동 로봇(등속도:5.33m/min) 위에 신호세기를 저장할 수 있는 노트북을 설치하고 AP에서 0-40m 거리를 이동하여 신호세기 측정한 실험이다.

이 방법은 이동단말기와 AP 사이에 장애물이 없거나 좁은 공간에서 정확한 위치정보를 제공한다. 그러나 정확도는 이동단말기와 AP 사이의 거리가 멀어질수록 감소하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 제안될 수 있는 하나의 방법은 가중치를 이용하는 방법이다. 이 방법은 신호세기의 평균값과 각 측정값의 차이의 역수값을 가중치로 두어 거리를

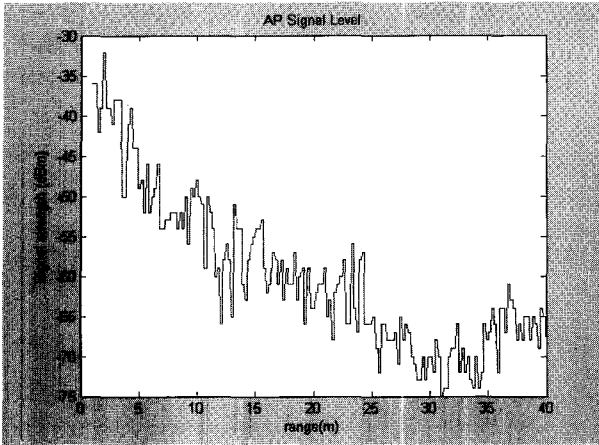


그림 4. 거리에 따른 신호감쇄.

Fig. 4. Signal strength vs. distance.

구하고, 이 거리값을 이용하여 이동단말기의 위치를 최종적으로 결정한다. 짧은 시간 동안 급격히 변화하는 신호에 대해서 보상이 가능하여 측위 성능을 향상시킬 수 있다.

모델식과 삼각측량법을 이용한 위치결정 방법의 위치 정확도는 모델식의 정확도에 영향을 받기 때문에 모델식의 매개변수를 증가시켜 정확도를 향상시킬 수 있다. 그러나 실내에서의 다양한 신호감쇄 요인 때문에 일반적인 모델을 적용하는데 제한이 따른다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 신호세기의 DB를 생성하여 측위를 수행하는 경험적 방법을 제안하고 실험을 통해서 이의 성능을 검증한다.

$$P(r)[dBm] = P(r_0)[dBm] - 10\alpha \log(r/r_0) \quad (1)$$

여기서,

$P(r)$ : 이동단말기가 측정한 신호세기

$r$ : AP 와 이동단말기의 거리

$r_0$ : AP 와의 기준거리

$P(r_0)$ : 기준거리로부터 측정한 신호세기

$\alpha$ : 경로손실 비율

#### IV. 신호세기 데이터 베이스를 이용한 위치 결정

이 방법은 미리 측정된 신호세기의 데이터베이스(DB)와 이동단말기가 측정한 신호세기를 비교하여 이동단말기의 위치를 결정하는 방법이다[5,8]. 이 때 DB 에는 각각의 위치에서 모든 AP로부터 수신되는 신호의 특성이 저장된다. 이 방법은 측위 전에 선행작업이 필요하므로 모델식을 이용하는 방법보다 시간과 비용이 많이 드는 단점이 있지만 위치 정확도는 향상되므로 실내에서의 측위정보를 요구하는 응용서비스에 적합한 방법으로 생각된다.

신호세기 DB 구축 및 제안하는 측위 방법의 성능평가를 위한 실험은 서울대학교 자동화 연구소 6층에서 이루어졌다. 실험 환경은 그림 5와 같다. 가로 30미터, 세로 17미터의 크기에 10개의 방이 존재한다. 네 개의 AP는 그림과 같이 설치되었고 회색바는 높이 1.5미터 정도의 칸막이를 나타내고

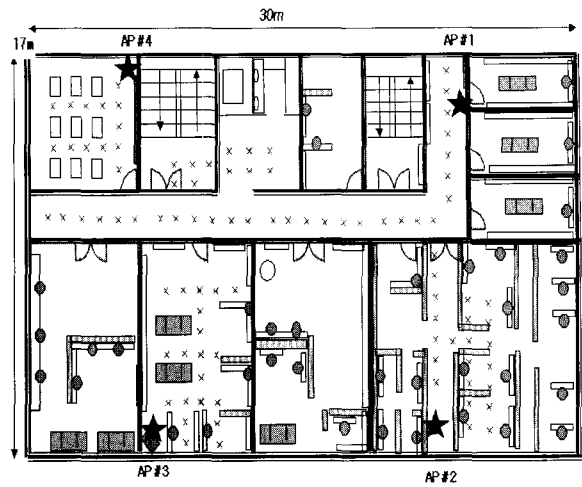


그림 5. 서울대학교 자동화 연구소 6층.

Fig. 5. The test bed with WLAN Aps.

투명바는 가구를 나타낸다. 멀티패스와 신호감쇄의 요인이 되는 벽과 가구, 컴퓨터 등이 존재하고 40여명이 상주하는 관계로 사람에 의한 신호감쇄도 일어나는 실험 환경을 나타낸다. DB는 97개의 x로 표시한 위치에서 각각 4개의 AP의 신호세기를 약 10분 동안 측정하여 측정 지점의 x, y 좌표값, 신호세기 평균값, 신호세기 표준편차 값으로 구성하였다. DB는 1m 간격으로 구축하였다. 1~3m 간격으로 구성하였을 때 측위 오차가 비슷하지만 4m 간격이상으로 구성하였을 때 측위 오차가 증가하게 된다. 구축 방향과 시간(낮/밤) 등을 고려할 경우 더 정확하게 측위를 할 수 있다. 그러나 비용이 증가되는 단점이 있다. 실내 환경의 변화에 DB는 크게 영향을 받고, 측위 정확도에도 영향을 주게 되므로 모든 요소들을 고려한 DB가 필요하다.

여기서 AP는 무선신호를 전송하는 기지국 역할을 담당하게 된다. 이동단말기는 루슨트 오리노코 랜카드를 장착한 노트북이며, 랜카드는 AP로부터 신호세기를 측정하는 역할을 한다.

#### 1. 최소 거리오차(Euclidean distance) 위치추정

이 방법에서는 데이터베이스의 신호세기 ( $ss1_i, ss2_i, ss3_i, ss4_i$ ) 와 k지점에서 이동단말기가 측정한 신호세기 ( $ss1'_k, ss2'_k, ss3'_k, ss4'_k$ ) 사이의 오차를 계산한 후 이를 최소로 하는 위치를 찾아서 이를 이동단말기의 위치로 결정한다. 데이터베이스는 (2)와 같이 각 지점 (x)의 x, y 좌표값과 네 개의 AP에 대한 신호세기로 구성된다. 이동단말기가 k 지점에서 측정한 신호세기와 DB의 신호세기는 (3)과 같이 비교되어 지고, 이동단말기의 위치는 이 값을 최소로 하는  $i^*$  지점으로 결정한다[8].

$$DB_i = (x_i, y_i, ss1_i, ss2_i, ss3_i, ss4_i) \quad (2)$$

$$i^* = \underset{i}{\operatorname{min}} \operatorname{res}_k(i) = \sqrt{(ss1_i - ss1'_k)^2 + (ss2_i - ss2'_k)^2 + (ss3_i - ss3'_k)^2 + (ss4_i - ss4'_k)^2}$$

$$(\hat{x}, \hat{y})_k = (x_i, y_i) \quad (3)$$

그림 6과 표 5는 이 알고리즘을 이용한 실험1의 측위 결과를 나타낸다. (3)을 최소가 되게 하는 하나의 지점을 선택할 경우 평균 위치오차는 2.304 미터이고 표준편차는 1.902이다. 그러나 이 방법은 이동단말기가 측정한 신호세기가 급격히 변화할 경우 위치오차가 커지는 단점이 있으므로 한 지점을 선택하는 대신에 네 개의 지점을 선택하고 평균을 취하여 향상된 위치를 결정한다. 단순히 평균을 취하는 대신  $res_k(i)$ 의 역수 값을 가중치로 적용하여 위치를 구할 수도 있다.

2. 확률모델에 기반한 MLE를 이용한 측위방법

측정한 신호세기는 사람의 움직임과 공간 환경에 의해 편차가 발생하고 이러한 편차의 영향을 확률적으로 모델링하여 처리할 수 있다. 수신 신호세기의 확률분포를 이용하는 방법은 각 지점에서의 신호세기 편차를 고려하게 되어 최소 거리오차 방법보다 정확한 위치정보를 제공할 수 있다[5]. Youssef는 논문 [5]에서 결합분포(Joint Probability Distribution)와 Bayesian 이론을 적용하여 이동단말기의 위치를 추적하였다. 그러나 이 알고리즘의 경우 이동단말기의 이동경로에 대한 사전 정보가 필요하다는 단점을 가진다.

표 5. Euclidean Distance를 이용한 측위 결과.

Table 5. Location error using Euclidean Distance.

	위치오차(m)	표준편차	3m 위치오차(%)	4m 위치오차(%)
한 지점 선택	2.034m	1.902	82.47%	87.62%
네 지점 선택	1.945m	1.532	86.59%	89.69%
가중치 적용	1.937m	1.561	87.62%	89.69%

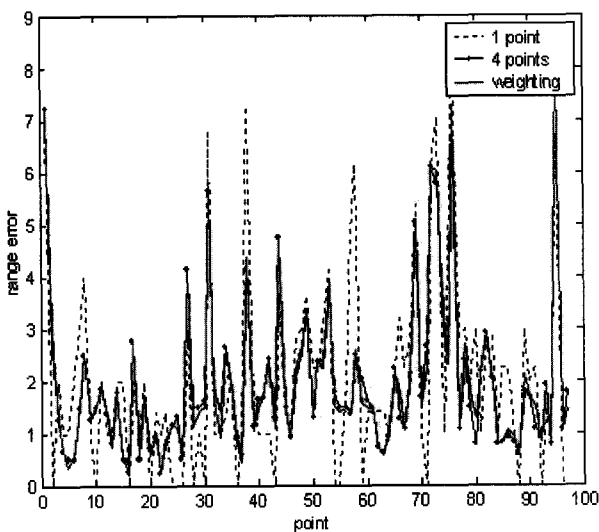


그림 6. 각 지점에서 Euclidean Distance를 이용한 위치오차.  
Fig. 6. Location error using Euclidean Distance at each point.

본 논문에서는 이동단말기의 위치를 결정하기 위해서 수신 신호세기의 확률모델에 기반한 MLE(Maximum Likelihood Estimation)을 이용한 위치측정 방법을 제안한다. 데이터베이스는 (4)와 같이 각 지점의 x, y 좌표값과 네 개의 AP에 대한 신호세기의 평균값과 표준편차로 구성된다. 신호세기는 각 지점에서 Gaussian(5) 또는 Laplacian(6) 분포로 모델할 수 있다.

$$DB_i = (x_i, y_i, ssl_i, \sigma_{l_i}, ss2_i, \sigma_{2_i}, ss3_i, \sigma_{3_i}, ss4_i, \sigma_{4_i}) \quad (4)$$

$$\text{Gaussian} : f1, l(ssl'_k | i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_{l_i}} \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{ssl'_k - ssl_i}{\sigma_{l_i}}\right)^2\right) \quad (5)$$

$$\text{Laplacian} : f2, l(ssl'_k | i) = \frac{bl_i}{2} \exp(-b|ssl'_k - ssl_i|) \quad (6)$$

여기서,  $\sigma_{l_i}^2 = \frac{2}{bl_i^2}$ ,

$\sigma_{l_i}$  : i 지점에서의 l 번째 AP의 표준편차

그림 7은 신호세기 특성을 표시한 그림이다. AP 한 개의 신호세기를 정지된 지점에서 측정하였을 때 히스토그램으로 표시한 그림이다. 가로축은 신호세기 dBm, 세로축은 신호의 개수를 의미한다.

데이터베이스 상의 측정값이 주어진 상태에서 임의의 위치에서 신호세기 측정값이 갖게 될 확률 즉, likelihood 함수는 (7)과 같이 표현된다. 이때 각 AP는 서로 독립적으로 운영되므로 각 AP로부터 수신되는 신호세기의 확률분포는 서로 독립이라고 생각할 수 있다.

$$p(ssl'_k | i) = f1(ssl'_k | i) \cdot f2(ss2'_k | i) \cdot f3(ss3'_k | i) \cdot f4(ss4'_k | i) \quad (7)$$

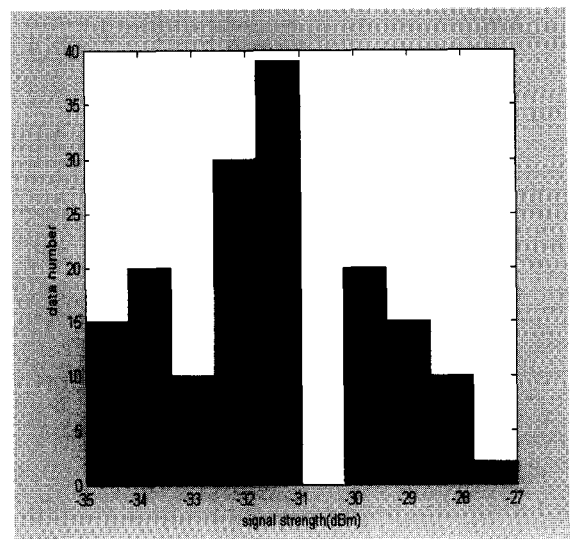


그림 7. 신호세기의 히스토그램.  
Fig. 7. Signal strength histogram.

표 6. Gaussian 과 Laplacian 의 측위 결과 비교.

Table 6. Gaussian vs. Laplacian Location error.

	실험1		실험2	
	위치오차 (m)	표준 편차	위치오차 (m)	표준 편차
Gaussian	2.034m	1.902	2.115m	2.005
Laplacian	2.044m	2.029	2.293m	2.023

표 7. Gaussian 분포를 이용한 측위 결과 (실험1).

Table 7. Location error using Gaussian Density (Test1).

	위치오차 (m)	표준 편차	3m 위치 오차(%)	4m 위치 오차(%)
한 지점 선택	2.304m	1.902	82.47%	87.62%
네 지점 선택	1.955m	1.533	86.59%	89.69%
네 지점 가중치적용	1.907m	1.562	86.59%	90.72%
전체 가중치 적용	1.828m	1.326	87.62%	92.78%

표 8. Gaussian 분포를 이용한 측위 결과 (실험2).

Table 8. Location error using Gaussian Density (Test2).

	위치오차(m)	표준편차	3m 위치오차(%)	4m 위치오차(%)
한 지점 선택	2.115m	2.005	82.47%	85.56%
네 지점 선택	1.889m	1.496	84.53%	90.72%
네 지점 가중치적용	1.837m	1.510	85.56%	91.75%
전체 가중치 적용	1.723m	1.308	90.72%	95.87%

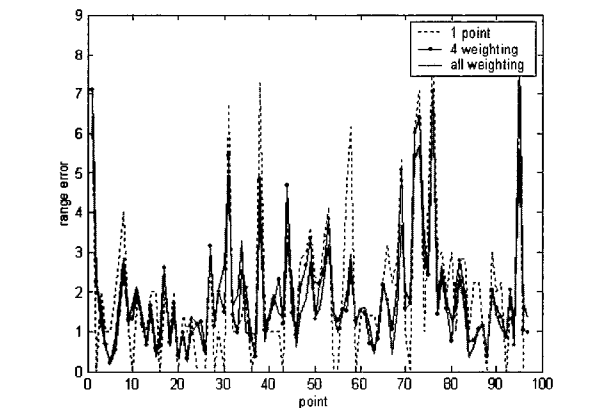


그림 8. 각 지점에서 Gaussian 분포를 이용한 위치오차 (실험1).  
Fig. 8.1 Location error using Gaussian Density at each point (Test1).

그러므로 MLE 추정자를 이용하면 이동단말기의 위치는 (8), (9)와 같이 각 AP 에 대한 신호분포의 곱을 최대로 하는  $i$  지점이 된다.

$$\arg \max f_{1,1}(ss'_k | i) f_{1,2}(ss'_k | i) f_{1,3}(ss'_k | i) f_{1,4}(ss'_k | i) \quad (8)$$

$$\arg \max f_{2,1}(ss'_k | i) f_{2,2}(ss'_k | i) f_{2,3}(ss'_k | i) f_{2,4}(ss'_k | i) \quad (9)$$

표 6에서 보는 것처럼 Gaussian 분포를 이용한 측위 정확도와 Laplacian 분포를 이용한 측위 정확도에는 큰 성능차이가

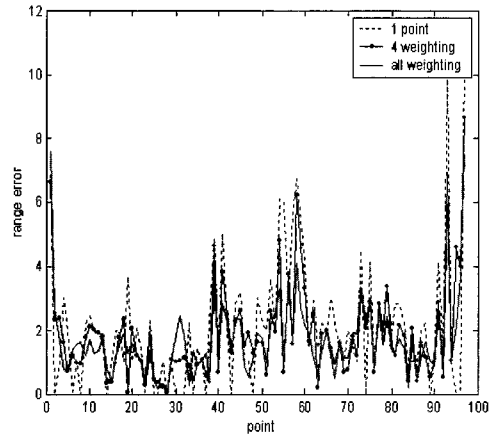


그림 9. 각 지점에서 Gaussian 분포를 이용한 위치오차 (실험2).  
Fig. 9. Location error using Gaussian Density at each point (Test2).

없다. 표 7, 8과 그림 8, 9는 동일한 DB를 사용하고 Gaussian 분포와 MLE를 알고리즘을 이용한 측위 성능을 평가하기 위해 두 번(실험1,2)의 측위 실험 결과를 나타낸다.

(8)을 최대가 되게 하는 한 지점을 선택하는 대신 복수의 지점을 선택하고 평균을 취하여 측위를 할 수도 있다. 복수 지점의 위치값의 평균을 취하는 대신에  $p_i(k)$  를 가중치로 적용하여 위치를 구하게 되면 측위 성능이 향상될 수 있으므로 (10)과 같이 모든 지점에서 대해서 가중치를 적용하는 방법을 제안한다. 단 넓은 지역에 대해서 측위를 할 경우 모든 지점에 가중치를 적용하기 전에 블록화를 통해서 전체 가중치 적용 범위를 축소할 필요가 있다. 확률분포 모델에 기반한 MLE 알고리즘을 적용할 경우 4미터 이하의 위치오차가 90% 이상으로 향상됨을 확인할 수 있다.

$$\Phi(k) = \frac{\sum_{i=1}^{97} \theta(i) p_i(k)}{\sum_{i=1}^{97} p_i(k)} \quad (10)$$

여기서,

$\theta(i) = (x_i, y_i)$  : 데이터베이스에 저장된 각 지점의 위치값

$\Phi(k) = (x_k, y_k)$  : 이동단말기의 계산된 k 위치값

$p_i(k) = f_{1,1}(ss1'_k | i) f_{1,2}(ss2'_k | i) f_{1,3}(ss3'_k | i) f_{1,4}(ss4'_k | i)$   
 ( $ss1_i, ss2_i, ss3_i, ss4_i$ ): 데이터베이스에 저장된 97개  
 지점에서의 각 AP의 신호세기  
 ( $ss1'_k, ss2'_k, ss3'_k, ss4'_k$ ): 이동단말기가 k 위치에서 측  
 정한 각 AP의 신호세기

**V. 결론**

본 논문에서는 무선랜의 신호세기를 이용한 이동단말기의 실내 위치결정에 관한 새로운 방법을 제안하였다. 신호세기의 모델식과 삼각측량법을 이용한 방법은 실내 환경의 영향으로 일반적인 모델링을 적용하기에는 어려움이 따르기 때문에 정확한 위치정보를 제공할 수 없다. 이러한 문제를 해결하기 위해 수신 신호세기의 DB를 이용하는 방법이 사용된다. 본 논문에서는 수신 신호세기의 DB에 기반한 MLE 추정방법을 이용하여 위치를 결정하는 방법을 제안하였다. 제안한 방법이 실내환경에 의해서 발생하는 신호세기 편차를 확률적으로 고려하게 되어 실내에서 보다 향상된 위치정보를 제공할 수 있음을 실험적으로 확인하였다.

**참고문헌**

[1] E. D. Kaplan, Understanding GPS : Principles and

Applications, Artech House Inc., 1996.  
 [2] 손형철, "GPS와 이동통신망의 통합을 이용한 이동국의 위치결정", 공학석사학위논문, 서울대학교 전기공학부, 2003.  
 [3] 이상근, 방효창, IMT-2000 CDMA 기술, 세화출판, 2001.  
 [4] X. Li and K. Pahlavan, M. Latva-aho and M. Ylianttila, "Comparison of Indoor Geolocation in DSSS and OFDM Wireless LAN Systems", *IEEE VTC 2000*, pp. 3015-3020, 2000.  
 [5] M. Youssef and A. Agrawala, A. U. Shankar, "WLAN Location Determination via Clustering and Probability Distributions", *IEEE PerCom '03*, 2002.  
 [6] Y. Wang, X. Jia, H.K. Lee, "An indoors wireless positioning system based on wireless local area network infrastructure", *The 6th International Symposium on Satellite Navigation Technology Including Mobile Positioning & Location Services*, 2003.  
 [7] Y. Chen and H. Kobayashi, "Signal Strength Based Indoor Geolocation", *IEEE*, pp. 436-439, 2002.  
 [8] P. Bahl and V. N. Padmanabhan, "RADAR: An In-Building RF-based User Location and Tracking System", *IEEE INFOCOM 2000*, pp. 775-784, 2000.



**김 숙 자**

2000년 중앙대학교 전자 공학부 졸업 (공학사). 2004년 서울대학교 대학원 전기공학과(공학석사). 현 현대 모비스 재직. 관심분야 GPS와 통신망을 이용한 측위, 무선랜을 이용한 실내 측위, 맵 매칭.



**이 장 규**

1946년 3월 28일생. 1971년 서울대학교 전기공학과 (공학사). 1974년 핏츠버그대학교 전기공학과(공학석사). 1977년 핏츠버그대학교 전기공학과 (공학박사). 1982년~현재 서울대학교 전기공학부 교수. 관심분야는 관성항법시스템, GPS, 통합

항법시스템, 필터링 이론 및 적용, 관성센서의 개발, 블루투스 및 무선랜을 이용한 실내측위.



**지 규 인**

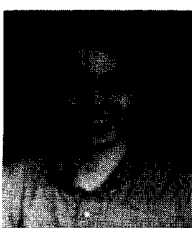
1959년 11월 24일생. 1982년 서울대학교 제어계측 공학과(공학사). 1984년 서울대학교 제어계측 공학과(공학석사). 1985년 케이스 웨스턴 대학교 대학교 제어계측(공학박사). 1992년~현재 건국대학교 전자공학부 교수. 관심분야는 GPS/INS

결합항법, GPS 수신기 신호처리, 블루투스 및 무선랜을 이용한 실내측위.



**이 진 현**

2003년 건국대학교 전자정보통신공학과 (공학사). 2003년~현재 건국대학교 대학원 전자정보통신학과 석사과정 재학중. 관심분야, 무선랜을 이용한 실내 측위, 맵 매칭, 텔레매틱스.



**김 옥**

1995년 서울대학교 제어계측공학과 졸업. 2003년 서울대학교 전기컴퓨터 공학부(공학박사). 2002년~현재 삼성전자 정보통신총괄 통신연구소 표준연구팀 책임연구원. 관심분야 : Mobile Application, Location 및 차세대 이동통신 표준화.