

실내외 위치측위를 위한 Fingerprint 기반 측정오차 감소 방안 연구

권대우* · 이두용* · 송영근* · 장정환* · 이창호*

*인하대학교 산업공학과

A Study on Measurement Error Reduction of Indoor and Outdoor Location Determination in Fingerprint Method

Dae-woo Kwon* · Doo-yong Lee* · Young-keun Song* · Jung-hwan Jang* · Chang-ho Lee*

*Department of Industrial Engineering, INHA University

Abstract

Location-Based Service(LBS) is a service that provides a variety of convenience in life using location information that can be obtained by mobile communication network or satellite signal. In order to provide LBS precisely and efficiently, we need the location determination technology, platform technology and server technology. In this study, we studied on how we can reduce the error on location determination of objects such people and things.

Fingerprint location determination method was applied to this study because it can be used at current wireless communication infrastructure and less influenced by a variety of noisy environment than other location determination methods. We converted the probability value to logarithmic scale value because using the sum of k probability values is not suitable to be applied to weight determination. In order to confirm the performance of suggested method, we developed location determination test program with Visual Basic 6.0 and performed the test. According to indoor and outdoor test results, the suggested stochastic method reduced the distance error by 17%, 18% and 9% respectively at indoor environment and 25%, 11% and 4% at outdoor environment compared with deterministic NN, kNN and kWNN fingerprint methods.

Keywords : Location Based Service, Fingerprint, Error Reduction, Location Determination

1. 서론

위치기반서비스(LBS: Location-Based Service)는 이동통신망이나 위성신호 등을 이용하여 모바일 단말의 위치를 측정하고, 측정한 위치와 관련된 다양한 정보 서비스를 제공하기 위한 기술이다. 방송통신위원회에 따르면 전 세계 위치기반서비스 시장은 2009년부터 2012년까지 300% 이상 초고속 성장이 예상되며, 2010년 모바일 분야 10대 메가트렌드 중 2위로 선정된 만큼 큰 관심을 받고 있다. 위치기반서비스를 위한 기술 체계는 모바일 단말의 위치를 파악하는 무선측위 기술,

서비스를 위한 핵심 기반기술을 제공하는 LBS 서버기술, 다양한 LBS 응용기술들로 이루어져 있다.

본 연구에서는 네트워크 기반 측위기술 중 실내 및 실외 환경에서 사람 또는 사물의 정확한 위치를 결정하기 위해 주변의 다양한 잡음환경의 영향을 비교적 적게 받고 기존의 통신 인프라의 활용성이 높은 Fingerprint 기법을 활용하여 측위기술의 오차를 감소시키는 방안을 도출하는 것을 목표로 연구를 수행하였다. 기존 Fingerprint 기법에서 일반적으로 사용되는 결정론적 알고리즘이 아닌 확률론적 알고리즘을 적용하고, 확률값을 log-scale로 변환하여 우선순위가 높은

† 본 연구는 한국연구재단의 지원으로 연구되었음(2010-0014211)

† 교신저자: 이창호, 인천시 남구 용현동 253, 인하대학교 산업공학과

M · P: 010-3761-2995, E-mail: lch5601@inha.ac.kr

2011년 1월 20일 접수; 2011년 3월 2일 수정본 접수; 2011년 3월 8일 게재확정

k개의 참조지점(RP: Reference Point)에 각기 다른 가중치를 부여한 후 모바일 단말의 위치를 결정하는 방법을 제안하였다. Visual Basic 6.0을 사용하여 제안하는 알고리즘을 적용한 측위 프로그램을 구현하였고, 실내 및 실외 테스트를 통해 그 성능을 검증하였다.

2. 이론적 배경

2.1 위치인식 기술 구분

위치인식 기술들은 위치신호 수신 주체가 단말 또는 네트워크 인프라인가에 따라 위치측위 방식을 구분한다. 즉 단말을 중심으로 위치를 수행하는 방식을 단말 기반의 측위(MS-Based Positioning), 네트워크에서 위치를 측위하는 방식을 네트워크 기반의 측위(Network Based Positioning), 이들 둘을 융합하여 사용하는 방식을 혼합형 측위(Hybrid Positioning) 등으로 구분한다.

<표 1> 위치측위 기술의 장/단점 비교

측위기술	장점	단점
Cell ID	<ul style="list-style-type: none"> 별도의 부가장치나 업그레이드 불필요 	<ul style="list-style-type: none"> 위치정확도가 cell 반경과 같기 때문에 오차범위가 큼
AOA	<ul style="list-style-type: none"> 비교적 정확한 측정값 제공 	<ul style="list-style-type: none"> 건물 등에 의한 다중 경로 발생 시 큰 오차가 나타날 수 있으며, BS의 거리와 배치에 따라 정확도 영향 받음
TOA	<ul style="list-style-type: none"> 단말기에 추가적인 기능 확장이 필요 없음 	<ul style="list-style-type: none"> 두 장치간 동기가 맞아야 함 건물 등의 다중경로에 의한 영향이 큼
A-GPS	<ul style="list-style-type: none"> 초기 위치인식 시간을 줄일 수 있음 다중경로에 의한 오차가 적음 	<ul style="list-style-type: none"> 가시 위성의 개수에 따라 성능에 차이가 발생하고 실내 이용이 어려움
DCM (Fingerprint)	<ul style="list-style-type: none"> 주위의 환경정보를 측위에 사용하므로 정확한 위치 해를 제공할 수 있음 BS의 밀도가 높을 수록 성능이 좋음 	<ul style="list-style-type: none"> BS의 밀도가 작은 교외지역에서 성능이 좋지 않으며, 주변 환경 변경시 DB를 갱신해주어야 함

<표 2> 위치신호 수신 주체에 따른 구분

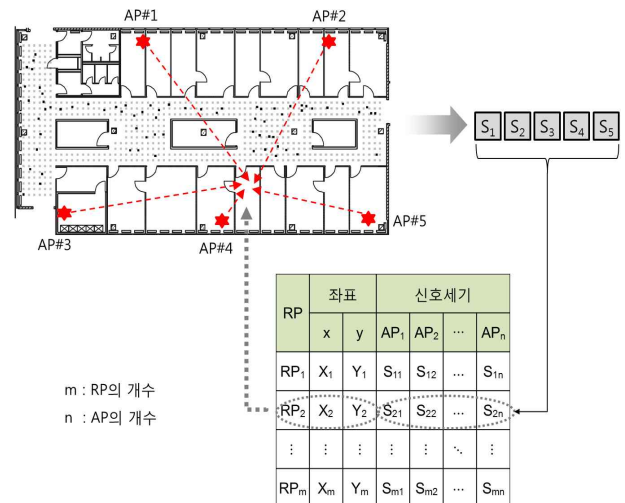
구분	종류
MS-Based Positioning	<ul style="list-style-type: none"> A-GPS, MS Assisted TOA, MS Assisted TDOA 등
Network Based Positioning	<ul style="list-style-type: none"> Cell-ID, AOA, TOA, TDOA 등
Hybrid Positioning	<ul style="list-style-type: none"> AOA+TOA, AOA+TDOA, AOA+RTT, GPA+CDMA, DCM 등

2.2 Fingerprint 방법

Fingerprint 측위방법은 AP가 설치된 환경에 사용자가 진입하였을 때, AP로부터의 신호세기를 확인하여 데이터베이스에 미리 저장되어 있는 참조 지점(RP: Reference Point)들에서의 신호세기와 비교하여 가장 유사한 특성을 가지는 RP를 사용자의 위치로 추정하는 방법이다.

이 방법은 미리 설정된 구역에서 신호 특성을 파악하여 DB에 저장해 두는 학습(training) 단계와 이를 토대로 객체의 위치를 결정하는 위치결정(positioning) 단계로 나누어진다. 측위 이전에 미리 구역을 설정하고 구역마다 신호 특성을 파악한 후 DB에 저장해 두어야 하는 선행작업이 필요하고 측위 구역의 환경이 바뀔 때마다 매번 이 과정을 다시 수행해야 하는 단점이 있지만 주변의 노이즈 및 주위 환경 정보를 측위에 반영하기 때문에 주변 환경으로 인한 제약을 적게 받고 위치 정확성이 뛰어나다는 장점이 있다[4][6].

[그림 1]은 m개의 RP와 n개의 AP가 존재하는 측위 인프라 내에서의 Fingerprint 측위방법을 나타낸다[4].



[그림 1] Fingerprint 방법에 의한 측위

2.3 Fingerprint 방법의 분류

Fingerprint 측위방법은 위치를 계산하는 방법에 따라서 결정론적 알고리즘과 확률론적 알고리즘으로 나눌 수 있다.

결정론적 알고리즘은 MU에서 측위한 신호세기 정보와 DB에 저장된 신호세기의 유클리드 거리를 비교하여 MU의 위치를 추정하는데 반해 확률론적 알고리즘은 DB에 저장된 파라미터를 따르는 분포를 기반으로 MU의 위치에서 수신된 신호가 관측될 확률을 계산한다[9].

또한, MU의 위치에 대한 후보 RP를 선정하는 방법에 따라서, Fingerprint 측위방법을 NN, kNN, kWNN 방법으로도 나눌 수 있다. 각 알고리즘의 파라미터 값을 참조하여 후보 RP 중에 MU와 가장 유사한 파라미터 값을 가지는 하나의 RP를 선택하는 NN(Nearest Neighborhood) 알고리즘, k개의 후보 RP를 선택하여 모두 동일한 가중치를 부여하는 kNN(k-Nearest Neighborhood) 알고리즘, k개의 후보 RP에 서로 다른 가중치를 부여하는 kWNN(k-Weighted Nearest Neighborhood) 알고리즘이 있다. [그림 2]는 Fingerprint 측위방법의 분류도를 나타낸다[4][9].

2.3.1 NN(Nearest Neighborhood) 알고리즘

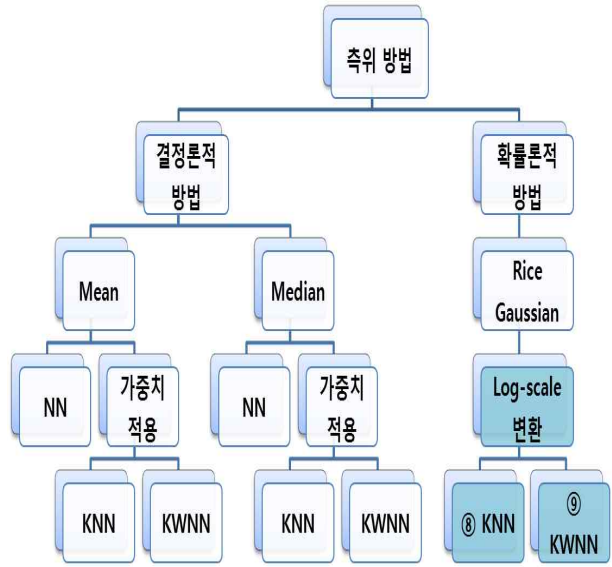
Fingerprint의 위치결정단계에서 MU의 위치를 계산하기 위해서 다양한 알고리즘이 사용되는데 가장 기본적인 알고리즘 중 하나가 NN(Nearest Neighborhood) 알고리즘이다. NN 알고리즘은 DB에 저장된 신호세기 벡터 $[s_1, s_2, \dots, s_n]$ 와 MU에서 측정한 신호세기 벡터 $[S_1, S_2, \dots, S_n]$ 사이의 거리가 최소가 되는 RP를 MU의 위치로 결정하는 방법이다. 일반화하여 식으로 표현하면 식(1)과 같다[8].

$$L_q = \left(\sum_{i=1}^n |s_i - S_i|^q \right)^{\frac{1}{q}} \quad \text{식(1)}$$

식(1)에서 $q=2$ 일 때의 유클리드 거리를 적용하고 미리 정의된 Fingerprint 구역인 RP j 에서의 Distance는 식(2)와 같다[10].

$$d_j = \sqrt{\sum_{i=1}^m (s_{ij} - S_i)^2}, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad \text{식(2)}$$

식(2)를 통해 각 RP마다 MU의 신호세기와의 유클리드 거리가 구해진다. 만일 m 개의 RP가 존재한다면, m 개의 유클리드 거리 중에서 가장 작은 값을 보이는 RP를 최인접 RP로 결정을 하는 방법이 NN 알고리즘이다.



[그림 2] Fingerprint 측위방법의 분류도

2.3.2 kNN(k-Nearest Neighborhood) 알고리즘

kNN 알고리즘은 DB에 저장된 각각의 RP와 MU 사이의 신호세기 값의 유클리드 거리가 작은 k개의 RP를 선택하여 동일한 가중치로 k개 좌표의 산술 평균을 구하여 MU의 위치로 결정하는 방법이다. kNN 알고리즘에서도 NN 방법과 마찬가지로 먼저 DB에 저장된 RP의 신호세기 값들과 측정된 MU의 신호세기 값들의 유클리드 거리를 구한다.

모든 RP에서 MU와의 유클리드 거리가 구해지면 값이 작은 순서대로 우선순위가 높은 k개의 후보 RP를 선정한다. 이때 DB에 저장된 RP와 대응되는 좌표들을 활용하여 다음 식을 통해 kNN 알고리즘을 적용한 MU의 위치를 결정할 수 있다[8][10].

$$(\hat{x}, \hat{y}) = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k (x_j, y_j) \quad \text{식(3)}$$

2.3.3 kWNN(k-Weighted Nearest Neighborhood) 알고리즘

kWNN 알고리즘은 앞서 살펴보았던 kNN 알고리즘에서 우선순위를 가지는 k개의 후보 RP를 선정하는 단계까지는 동일한 과정을 실행한다. 다만, MU의 추정 위치를 계산할 때 kNN 알고리즘이 k개의 후보 RP에 동일한 가중치를 부여한 데 반해서, kWNN 알고리즘은 우선순위를 결정한 파라미터인 유클리드 거리 값을 참고하여 우선순위가 높은 후보 RP에 더 높은 가중치를 적용한다. 즉, 유클리드 거리가 작은 RP에 더 큰 가중치를 주기 때문에 k개의 후보 RP를 결정할 때 유클리드 거리가 작은 값을 가지는 후보 RP의 좌표에 해당 RP의 유클리드 거리의 역수만큼의 가중치를 준다. 가중치는 식(4)와 같이 구할 수 있다[8].

$$w_j = \frac{1}{d_j + \varepsilon} \tag{4}$$

식(4)에서 ε 는 DB에 저장된 신호세기 벡터 s_{ij} 와 MU에서 측정된 신호세기 벡터 S_i 가 일치하여 d_j 가 0이 될 경우, 분모가 0이 되는 것을 방지하기 위해 분모에 더해주는 0에 가까운 아주 작은 상수이다.

w_j 는 k개의 우선순위 안에 드는 RP j 의 가중치이다. 이 가중치를 바탕으로 kWNN 알고리즘을 적용한 MU의 추정 위치는 식(5)을 통해 구할 수 있다[8].

$$(\hat{x}, \hat{y}) = \frac{\sum_{j=1}^k \frac{1}{d_j + \varepsilon} (x_j, y_j)}{\sum_{j=1}^k \frac{1}{d_j + \varepsilon}} \tag{5}$$

3. Fingerprint 측위 오차 감소 방안

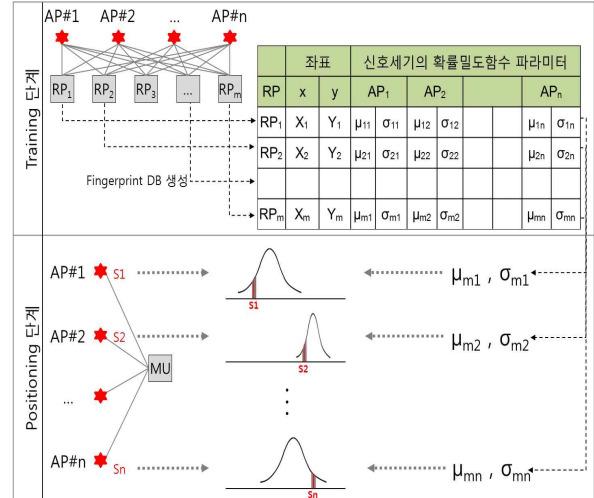
3.1 확률론적 알고리즘을 적용한 Fingerprint 측위방법

3.1.1 Rice Gaussian 알고리즘

Rice Gaussian 알고리즘은 Fingerprint에 소속된 RP j 에서 AP i 로부터 신호세기가 S_{ap_i} 인 신호를 수신할 확률을 계산한다. 확률을 계산하기 위해 AP i 에서 실제로 측정된 신호세기가 DB에 저장된 AP i 의 파라미터를 가지는 정규분포의 밀도함수와 대응된다. Rice Gaussian 알고리즘은 고정된 위치에서 측정된 신호의 세기 값은 정규분포를 따른다는 가정을 하고 있어 AP i 의 정규분포의 특성을 나타내는 파라미터는 평균 μ_i 와 표준편차 σ_i 가 된다. 따라서, MU의 위치에서 AP i 로부터 신호의 세기 S_{ap_i} 를 수신할 확률 $P_{ij}(S_{ap_i})$ 는 식(6)과 같다[9].

$$P_{ij}(S_{ap_i}) = \int_{s-0.5}^{s+0.5} df(\mu_{ij}, \sigma_{ij}) \tag{6}$$

식(6)에서 $df(\mu_{ij}, \sigma_{ij})$ 는 μ_{ij} 와 σ_{ij} 를 파라미터로 가지는 정규분포의 밀도함수를 의미한다. 밀도함수의 파라미터들은 RP와 AP에서 반복 측정된 측정치들의 평균과 표준편차이다. 정규분포의 밀도함수에서 특정 값 s 의 확률은 0이므로, 입력된 신호세기의 값을 고유하게 분별할 수 있도록 적분구간을 $[s - 0.5, s + 0.5]$ 로 설정한다.



[그림 3] Rice Gaussian 알고리즘의 두 단계

[그림 3]은 Rice Gaussian 알고리즘을 활용한 Fingerprint 측위방법의 두 단계를 나타낸다.

실제 측정 샘플에 포함된 j 개의 RP에서 i 개의 AP로부터 수신되는 전체 신호세기 Fingerprint에 대해서 위와 같은 개별적 확률을 계산한 다음, MU의 위치와 가장 유사한 신호세기 분포가 유사한 RP를 결정하기 위해 RP j 의 총 확률 $P_j(s)$ 는 식(7)과 같이 m 개의 AP i 로부터 각각 신호세기 S_{ap_i} 를 수신할 모든 확률들의 곱으로 계산된다[9].

$$P_j(s) = \prod_{i=1}^m P_{ij}(S_{ap_i}) \tag{7}$$

이때, n개의 RP들 중에서 총 확률값 $P_j(s)$ 가 가장 높은 RP의 좌표를 MU의 위치로 결정한다.

3.2 확률값의 log-scale 변환

제안하는 측위방법은 Rice Gaussian 알고리즘을 적용하되 우선순위가 가장 높은 하나의 RP를 MU의 위치로 결정하는 것이 아니라 우선순위가 높은 k개의 RP를 고려하여 MU의 위치를 추정한다. Rice Gaussian 알고리즘을 적용하려면 확률값의 특성상 결정론적인 알고리즘에서와 같이 확률값의 산술적인 합을 구하여 각 RP의 우선순위 가중치를 구하는 것은 부적절하다.

우선순위에 따라서 선형적인 차이가 아닌 지수적으로 큰 차이를 보이는 값들의 가중치를 구하기 위해서 본 논문에서는 확률값을 log-scale로 변환하여 새로운 가중치를 계산한다. 따라서 log-scale로 변환한 확률값을 이용하여 j 번째 RP의 가중치 w_j 를 표현하면 식(4)와 식(7)로부터 식(8)과 같이 나타낼 수 있다.

$$w_j = \frac{1}{\sqrt{(\log_{10} P_j(S))^2 + \epsilon}} \tag{8}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{(\log_{10} (\prod_{i=1}^m P_{ij}(S_{ap_i})))^2 + \epsilon}}$$

log-scale로 변환한 후 제곱과 루트를 적용한 것은 모든 확률값이 폐구간 [0, 1] 내에 존재하기 때문에 log 값은 항상 음수가 되므로 이 값에 더해주는 ε와 부호를 맞추어 분모가 0이 되는 것을 방지하기 위함이다.

또한, 밑을 10으로 취한 것은 확률값의 지수적인 관계를 log-scale로 변환하여 나타낼 때 직관적으로 쉽게 알아보기 위함이며, 식(9)와 같이 log의 성질에 의해서 밑을 다른 수로 취하더라도 결과적으로 동일한 가중치가 도출된다. 식(9)의 좌변은 높은 우선순위를 가지는 k개의 RP 중에서 n번째 RP의 가중치를 계산하는 식이다. 단, R_i는 i번째 우선순위를 가지는 RP를 의미하며, n은 1보다 크거나 같고, k보다 작거나 같은 양의 정수이다.

$$\frac{\log_a(P_{R_n}(S))}{\sum_{j=1}^k \log_a(P_{R_j}(S))} = \frac{\log_a(P_{R_n}(S))}{\log_a(\prod_{j=1}^k P_{R_j}(S))}$$

$$= \frac{\log_b(P_{R_n}(S))}{\log_b(\prod_{j=1}^k P_{R_j}(S))}$$

$$= \frac{\log_b(P_{R_n}(S))}{\sum_{j=1}^k \log_b(P_{R_j}(S))} \tag{9}$$

이 가중치를 활용하여 확률적인 방법의 kWNN 알고리즘을 적용한 MU의 추정 위치는 식(10)을 통해 구할 수 있다.

$$(\hat{x}, \hat{y}) = \frac{\sum_{j=1}^k \frac{1}{\sqrt{(\log_{10} P_j(S))^2 + \epsilon}} (x_j, y_j)}{\sum_{j=1}^k \frac{1}{\sqrt{(\log_{10} P_j(S))^2 + \epsilon}}}$$

$$= \frac{\sum_{j=1}^k \frac{1}{\sqrt{(\log_{10} (\prod_{i=1}^m P_{ij}(S_{ap_i})))^2 + \epsilon}} (x_j, y_j)}{\sum_{j=1}^k \frac{1}{\sqrt{(\log_{10} (\prod_{i=1}^m P_{ij}(S_{ap_i})))^2 + \epsilon}}} \tag{10}$$

4. 알고리즘 결과 분석

4.1 테스트 장비 및 프로그램

본 연구에서는 테스트를 위해 2.4GHz 대역의 RFID 리더와 태그를 활용하였다. Fingerprint 측위방법은 실내에 설치된 통신 인프라 중에서 주로 WLAN 인프라를 활용하고 있지만, 실내에 많은 AP들이 설치되어 있다고 하더라도 많은 WLAN AP에 대한 제어 권한이 없고 이들의 좌표를 일일이 확인할 수 없는 어려움으로 인해 본 연구에서는 실내 및 실외 측위를 위해서 RFID 인프라를 활용하였다. 위치측정을 위해서 태그로부터 리더에 수신되는 RSSI(Received Signal Strength Indicator) 값을 참조하여 측위 알고리즘을 통해 측위 정확도 및 오차를 계산하였다. 측정에 사용된 2.45GHz 대역의 RFID 리더는 (주)K의 제품을 사용하였으며, 세부적인 사양은 <표 3>과 같다.

<표 3> 테스트에 사용한 RFID 리더의 세부 사양

Communication	2.45 GHz Support read and write
Frequency	2.40-2.48 GHz
RSSI	0-255
LQI	0-255
Ethernet	10/100 base-T Ethernet (RJ-45)
RS-232	RX, TX
Protocols	ICMP, ARP, IP, TCP (Server /Client), UDP, DHCP, HTTP
Baud Rate	2,400 bps - 115,200 bps
Power Input	7.5 VDC - 28 VDC
Action Current	MAX 500 mA @ 9 VDC
Operating Temperature	-20 °C to 65 °C, 5 to 95%RH
Storage Temperature	-30 °C to 85 °C, 5 to 95%RH
Dimension	107W x 13BH x 30D (mm)

각 AP에서 RSSI를 받아 인식하는 신호세기의 평균과 표준편차

RP	AP	RSSI	AP	RSSI	AP	RSSI	AP	RSSI	AP	RSSI	AP	RSSI	AP	RSSI	AP	RSSI	AP	RSSI	AP	RSSI
RP1	AP1	18	AP2	134	AP3	108	AP4	108	AP5	108	AP6	108	AP7	108	AP8	108	AP9	108	AP10	108

K	RP	AP	Mean	Std	Distance
1	RP1	AP1	18	0.00000000	0.00
2	RP1	AP2	134	0.00000000	0.00
3	RP1	AP3	108	0.00000000	0.00
4	RP1	AP4	108	0.00000000	0.00
5	RP1	AP5	108	0.00000000	0.00
6	RP1	AP6	108	0.00000000	0.00
7	RP1	AP7	108	0.00000000	0.00
8	RP1	AP8	108	0.00000000	0.00
9	RP1	AP9	108	0.00000000	0.00
10	RP1	AP10	108	0.00000000	0.00

[그림 4] 제안 알고리즘을 활용한 측위 프로그램

본 연구의 측위 오차 감소 방안을 계산하기 위해 측위 테스트 프로그램을 Visual Basic 6.0으로 구현하였고, 측위 테스트의 데이터를 저장하고 테스트 프로그램의 정확성을 확인하였다. [그림 4]는 제안하는 알고리즘을 적용하여 측위를 수행하는 테스트 프로그램의 실행화면이다.

4.2 테스트 환경

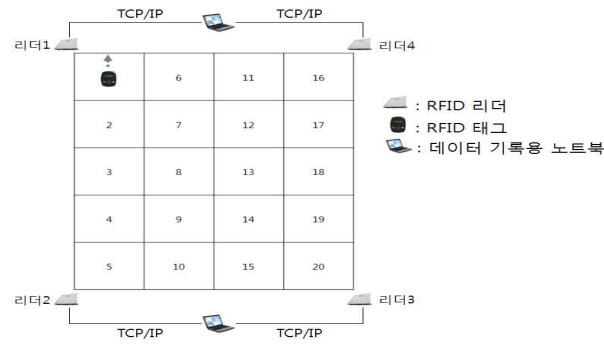
실내의 환경에서 제안하는 알고리즘의 성능을 분석하기 위해 인하대학교 강의실과 건물 옥상에서 각각 테스트를 수행하였다. [그림 5]와 [그림 6]은 테스트를 수행한 실내 및 실외 환경을 나타낸다.



[그림 5] 실내 테스트 환경



[그림 6] 실외 테스트 환경



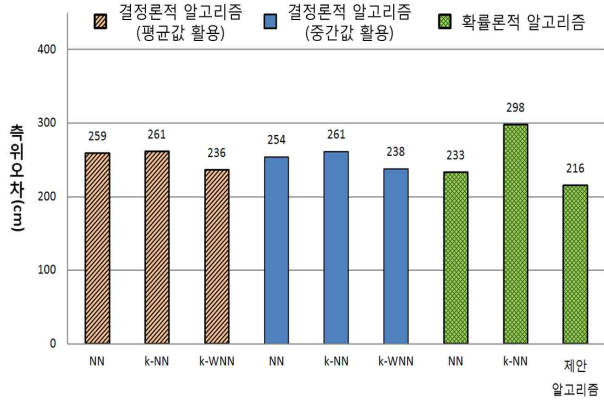
[그림 7] 테스트 장비 및 구성도

[그림 7]은 측위 테스트를 위한 장비와 구성도를 나타내고 있다. RP 구역의 네 모서리에 각각 리더를 설치하고, 2대의 리더를 하나의 노트북에 TCP/IP 연결로 설정하였다. 지면의 전파 흡수 및 반사로 인한 영향을 고려하여 리더와 태그 모두 삼각대를 이용하여 지면에서 160cm 높이에 설치하였다. [그림 7]에서 태그 화살표는 신호 값을 측정할 때 태그의 방향은 항상 동일한 방향으로 통제하였음을 나타낸다. 구성된 환경에서 태그의 위치를 RP1에서 RP20까지 이동하여 리더에서 수신되는 RSSI값을 저장하였다.

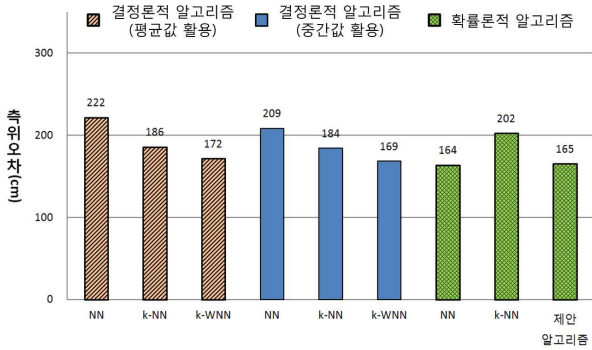
4.3 테스트 결과 분석

실내의 테스트를 통해 각 RP의 RSSI값과 위치 정보를 수집하여 기존의 결정론적 알고리즘과 본 연구에서 제안하는 알고리즘에 적용하여 MU의 위치를 추정한 후, 적용하는 알고리즘에 따른 오차의 크기를 비교하여 각 알고리즘의 성능을 분석하였다.

실내에서 Fingerprint 측위방법 중 일반적으로 활용되는 평균값을 통한 결정론적 알고리즘과 비교하였을 때, 제안하는 알고리즘이 결정론적 알고리즘의 NN 방법보다는 17%, k-NN 방법보다는 18%, k-WNN 방법보다는 9% 만큼 평균 측위오차가 작게 나타났다. 이는 거리상으로 각각 43cm, 46cm, 21cm에 해당하는 거리이다.



[그림 8] 측위방법에 따른 실내 측위의 평균 오차



[그림 9] 측위방법에 따른 실외 측위의 평균 오차

실외 테스트의 경우 제안하는 알고리즘이 결정론적 알고리즘의 NN 방법보다는 25%, k-NN 방법보다는 11%, k-WNN 방법보다는 4% 평균 측위오차가 작게 나타났다. 이는 거리상으로 각각 57cm, 21cm, 7cm에 해당하는 거리이다.

[그림 8]과 [그림 9]를 통해 실내외 테스트에서 제안하는 알고리즘이 기존의 결정론적 알고리즘을 활용한 NN, kNN, kWNN 측위방법 및 확률론적 알고리즘의 NN 방법에 비해서 평균 측위오차가 작게 나타난 것을 알 수 있다.

5. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 위치기반서비스의 핵심기능을 담당하는 측위기술 중 기존의 통신 인프라를 활용할 수 있어 인프라 구축비용이 적게 들고 상대적으로 주변의 다양한 잡음환경으로 인한 영향을 적게 받는 Fingerprint 측위방법을 적용하여 기존의 Fingerprint 측위방법의 측위 오차를 감소시킬 수 있는 방안에 대해 연구를 수행하였다.

확률론적 측위 알고리즘인 Rice Gaussian 알고리즘을 적용하고 우선순위에 따라 k개의 RP를 고려하여 MU의 위치를 결정하기 위해 확률값을 log-scale로 변환하는 방법을 제시하였다. 제안하는 알고리즘을 적용한 테스트 프로그램을 Visual Basic 6.0으로 구현하였고, RFID 리더와 태그의 무선통신을 이용한 실내외 실외의 측위 테스트 통해 알고리즘의 성능 검증 검증하였다.

실내 테스트에서는 일반적으로 널리 사용되는 결정론적 알고리즘의 NN 방법과 비교할 경우 17%, kNN 방법보다는 18%, kWNN 보다는 9% 만큼 측위오차가 개선되었고, 실외 테스트에서는 각각 25%, 11%, 4% 만큼의 측위오차가 개선됨을 확인하였다.

추후 연구로는 정지 상태의 신호세기 값을 통한 측위가 아닌 이동체의 신호세기 값을 통한 MU의 위치 결정에 대한 연구와 이동 경로의 오차를 줄일 수 있

는 필터링 기법의 연구가 필요하다. 또한 ToA, TDoA, AoA 등과 같은 다른 측위방법 및 모바일의 다양한 센서를 함께 적용하여 높은 정밀도의 위치 측위 방안에 대한 연구가 필요하다.

6. 참고 문헌

- [1] 박찬휘, 최재혁, 진희채, “LBS 시장과 산업의 동향 및 전망”, TTA Journal No.123, 2009. 06.
- [2] 방송통신위원회, “LBS 산업육성 및 사회안전망 고도화를 위한 위치정보 이용 활성화 계획(안)”, 방송통신위원회, 2010. 06.
- [3] 이태운, 김용섭, 최문승, 한운수, 조용철, 권대우, 이창호, “13.56MHz & 2.45GHz Dual-band RFID Base Station System 개발에 관한 연구”, 대한안전경영과학회지 제 11권 제 4호, 2009. 12.
- [4] 조영수, 조성운, 김병두, 이성호, 김재철, 최완식, “실내외 연속측위 기술 동향”, 전자통신동향분석 제 22 권 제 3호, 2007. 06.
- [5] 조용철, 이종석, 이두용, 김진영, 한운수, 이창호, “능동형 2.45GHz RFID 기반의 다채널 음성안내 시스템 개발에 관한 연구”, 대한안전경영과학회지 제 10 권 제 2호, 2008. 06.
- [6] 진희채, 남광우, “위치측위 방식과 위치기반서비스 분석”, IT 및 텔레매틱스 기술, 2008. 07.
- [7] 최재원, “측위 기준점의 무선랜 신호세기를 이용한 실내측위”, 서울대학교 대학원 전기컴퓨터공학부 박사학위논문, 2006. 02.
- [8] B. Li, Y. Wang, H. K. Lee, A. Dempster and C. Rizos, “Method for yielding a database of location Fingerprints in WLAN”, IEE Proceedings Communications, Vol. 152, Issue. 5, 2005. 10.
- [9] H. Lemelson, T. King and W. Effelsberg, “Pre-processing of Fingerprints to Improve the Positioning Accuracy of 802.11-based Positioning Systems”, MELT '08 Proceedings of the first ACM international workshop on Mobile entity localization and tracking in GPS-less environments, 2008. 09.
- [10] T. Lin, P. Lin, “Performance Comparison of Indoor Positioning Techniques based on Location Fingerprinting in Wireless Networks”, 2005 International Conference on Wireless Networks, Communications and Mobile Computing, 2005.

저 자 소 개

권 대 우



인하대학교 산업공학과 공학사 취득. 현재 동 대학원 산업공학과 석사과정 중.

관심분야 : SCM, RFID 기반 물류 관리 시스템, EPCGlobal, LBS 등

주소: 인천광역시 남구 용현동 253, 인하대학교 산업공학과

장 정 환



한라대학교 산업경영공학과 공학사 취득. 현재 인하대학교 대학원 산업공학과 석사과정 중.

관심분야 : RFID 관련 물류 관리 시스템 개발, 항공물류 RFID 시스템 개발 등

주소: 인천광역시 남구 용현동 253, 인하대학교 산업공학과

이 두 용



인하대학교 산업공학과 석사 취득. 현재 동 대학원 산업공학과 박사과정 중.

관심분야 : RFID 기반 물류 관리 시스템, SCM, LBS 등

주소: 인천광역시 남구 용현동 253, 인하대학교 산업공학과

이 창 호



인하대학교 산업공학과 학사 취득. 한국과학기술원 산업공학과 석사, 경영과학과 공학박사 취득. 현재 인하대학교 교수로 재직 중.

관심분야 : 물류, RFID, SCM 등

주소: 인천광역시 남구 용현동 253, 인하대학교 산업공학과

송 영 근



인하대학교 산업공학과 공학사 취득. 현재 동 대학원 산업공학과 석사과정 중.

관심분야 : SCM, RFID 관련 물류 관리 시스템, EPCglobal, 시뮬레이션 등

주소: 인천광역시 남구 용현동 253, 인하대학교 산업공학과