

무선 랜 네트워크를 이용한 실내측위 시스템의 정확도 분석

Accuracy Analysis of Indoor Positioning System Using Wireless Lan Network

박준구¹⁾ · 이진영²⁾ · 조우석³⁾ · 김병국⁴⁾

Park, Jun Ku · Lee, Jin Young · Cho, Woosug · Kim, Byung Guk

Abstract

There has been equipped wireless network infrastructure making possible to contact mobile computing at buildings, university, airport etc. Due to increase of mobile user dramatically, it raises interest about application and importance of LBS. The purpose of this study is to develop an indoor positioning system which is position of mobile users using Wireless LAN signal strength. We present Euclidean distance model and Bayesian inference model for analyzing position determination. The experimental results showed that the positioning of Bayesian inference model is more accurate than that of Euclidean distance model. In case of static target, the positioning accuracy of Bayesian inference model is within 2 m and increases when the number of cumulative tracking points increase. We suppose, however, Bayesian inference model using 5- cumulative tracking points is the most optimized thing, to decrease operation rate of mobile instruments and distance error of tracking points by movement of mobile user.

Keywords : Indoor Positioning, Wireless Lan Network, Signal strength, Signal Propagation model, Euclidean distance model, Bayesian inference model

초 록

공공건물, 대학교, 공항 등에 무선 네트워크의 설치가 증가하면서 장소와 시간에 관계없이 모바일 환경에 접근할 수 있게 되었으며, 모바일 사용자의 급격한 증가로 위치기반서비스의 중요성과 활용에 대한 관심이 증가하고 있다. 본 연구는 무선 랜의 신호세기를 이용하여 모바일 사용자의 위치를 추적하는 실내측위 시스템을 개발하는 것이다. 사용자의 위치를 결정하기 위해 유클리디안 거리 모델과 베이시안 추론 모델을 사용하였다. 실험 결과 유클리디안 거리 모델보다 베이시안 추론 모델이 더 높은 정확도로 위치를 결정하는 것으로 나타났다. 정지상태에서 베이시안 추론 모델은 약 2m 이내의 측위 정확도를 제공하며, 누적좌표수가 증가할수록 그 정확도는 더 향상되었다. 그러나 모바일 사용자의 이동에 따른 누적좌표의 거리오차 및 모바일 기기의 연산량을 감소시키기 위하여, 누적좌표가 5개 일 때의 베이시안 추론 모델이 실내측위에 가장 최적화된 방법이라 생각된다.

핵심어 : 실내 측위, 무선 랜 네트워크, 신호세기, 신호전달 모델, 유클리디안 거리 모델, 베이시안 추론 모델

1. 서 론

무선통신 기술의 발전으로 장소의 제약 없이 언제 어디서나 원하는 정보를 손쉽게 획득할 수 있게 되었다. 또한 위치정보에 대한 관심이 증가하면서 사용자의 위치정보

를 신속하고 정확하게 파악하여 이를 각종 서비스와 연계하여 제공하는 위치기반서비스(Location Based Service)로의 전환이 빠르게 이루어지고 있다. 현재 위치정보를 획득하는 일반적인 방법으로 GPS를 이용한 측위 방법이 가장 널리 사용되고 있다. GPS를 이용한 측위는 정밀치

- 1) 정희원 · 인하대학교 지리정보공학과 박사과정(E-mail:june@inhaian.net)
- 2) 연결저자 · 정희원 · 인하대학교 지리정보공학과 석사과정(E-mail:aubematin@empal.com)
- 3) 정희원 · 인하대학교 토목공학과 부교수(E-mail:wcho@inha.ac.kr)
- 4) 정희원 · 인하대학교 지리정보공학과 부교수(E-mail:byungkim@inha.ac.kr)

리 시 수 mm까지의 높은 측위정확도를 제공하나, 실내에서는 가시위성의 부족 및 신호의 미약으로 인해 측위가 불가능하다는 단점이 있다. 위치기반서비스의 적용분야 및 활용이 다양해지면서, 실외뿐만 아니라 실내 환경에서도 위치정보를 바탕으로 한 서비스의 필요성이 증가하고 있기 때문에 실내에서도 손쉽게 정확하게 측위 할 수 있는 연구가 활발하게 진행 중이다.

실내에서 위치정보를 획득하기 위한 방법으로 이동통신망, RFID(Radio Frequency Identification), UWB(Ultra Wide-band), 무선 랜 네트워크(Wireless Lan Network) 등을 이용한 방법이 많이 사용되고 있다. 그러나 이동통신망을 이용한 방법은 무선 단말기의 통신이 가능한 지역에서만 측위가 가능하고, 셀의 크기에 의해 제약이 따르며, 실내 환경에서 신호의 반사작용 등의 전파환경에 따라 수십에서 수백미터까지의 위치오차가 발생한다. RFID의 경우 유비쿼터스(Ubiquitous) 기술부분에서 위치인식을 위해 이용 가능성이 모색되고 있다. 그러나 측위정확도는 태그(Tag)의 인식거리에 영향을 많이 받는다. 저가의 수동형 태그를 사용할 경우, 인식거리가 짧고 전원공급에 제한이 있으며, 많은 태그를 리더(Reader)에서 동시에 판독이 불가능하다는 단점을 가지고 있다. 현재 무선 랜 네트워크는 노트북이나 PDA 등의 모바일 기기에서 가장 활발하게 사용 중에 있으며, 학교, 관공서, 공항 등의 공공장소에 설치가 빠르게 증가하고 있다. 따라서 무선 랜 네트워크를 이용한 실내측위는 다음과 같은 장점이 있다. 첫째, 무선 랜 네트워크가 공공장소에 많이 설치가 되어 있기 때문에, 사용자의 모바일 기기 외의 추가적인 장비가 필요 없이 서비스가 가능하다. 둘째, 양방향 통신이 가능하기 때문에, 위치기반서비스 제공자는 모바일 사용자의 위치모니터링이 가능하고, 각종 서비스의 제공이 가능하다.

무선 랜을 이용한 실내측위는 무선 랜의 신호세기를 이용하여 측위한다. 대표적인 알고리즘으로는 무선신호 전달 모델, Euclidean 거리 모델, Bayesian 추론 모델 등이 있다. 본 연구는 실내측위 알고리즘의 구현 및 정확도 비교 분석을 통해 측위정확도를 향상시켜, 최적의 실내측위 시스템을 구축하는 것을 목적으로 하고 있다.

2. 실내측위 시스템

2.1 실험환경 및 장비

실내측위의 실험은 인하대학교 4호관 신관 3층에서 이루어졌으며, 그림 1과 같이 가로 47.39m, 세로 50.4m의

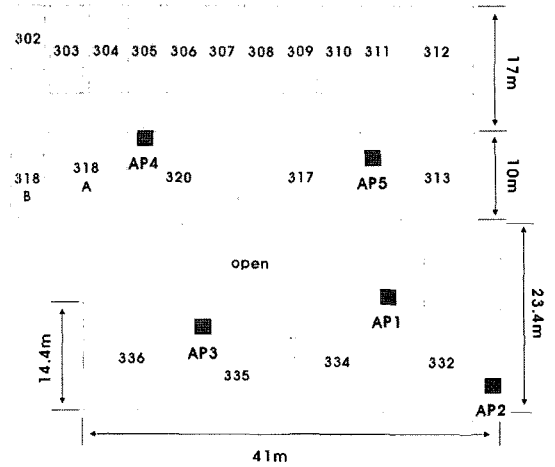


그림 1. 실내측위 실험 지역

크기로 강의실, 컴퓨터실과 연구실로 구성되어 있다. 실험에 사용된 장비는 Linksys 사의 802.11g를 지원하는 WAP54G AP(Access Point) 및 6db 무지향성 안테나 5대, 모바일 측정 기기로서 Linksys 사의 WPC 54G 무선 랜 카드가 장착된 Pentium 3 1GHz 노트북을 사용하였다.

2.2 실내측위 시스템 구성

실내측위 시스템은 그림 2와 같이 하드웨어 계층, 커널 계층, 사용자 계층으로 구성된다. 하드웨어 계층은 무선 랜

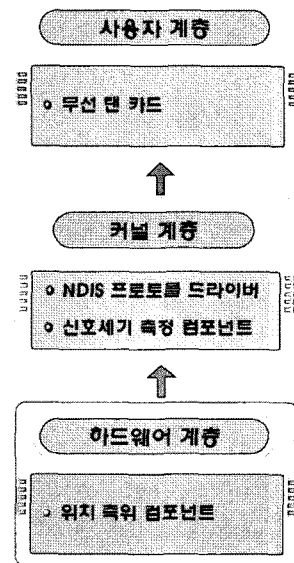


그림 2. 실내측위 시스템 핵심 구성도

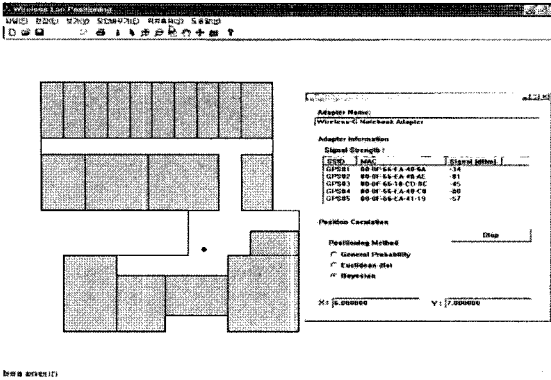


그림 3. 구현된 실내측위 시스템

카드로, AP로부터 신호세기, Mac address, SSID, Channel 등의 정보를 받는다. 커널 계층은 하드웨어 계층으로부터 AP의 정보를 얻어와 사용자 계층으로 전송하는 역할을 한다. 무선 랜 카드로부터 정보를 얻어오기 위해서는 프로토콜 드라이버를 구현해야 하며, 이는 DDK(Development Device Kit) 라이브러리 중 NDIS(Network Driver Interface Specification) 프로토콜의 접근을 통해 구현하였다. 사용자 계층은 측위 부분으로서 AP의 신호세기를 이용하여 사용자의 위치를 결정하게 된다. 그림 2는 본 연구에서 구현한 실내측위 시스템의 핵심 구성도이다.

구현된 실내측위 시스템은 그림 3과 같이 매 초마다 AP로부터 수신 받은 신호의 세기를 Euclidean 거리 모델, Bayesian 추론 모델을 통해 사용자의 위치를 계산하게 되며, Shape 파일의 형태로 지도상에 측위 결과를 나타낸다.

3. Access Point 신호세기 특성

무선 랜 네트워크 기반의 측위 방법은 AP의 신호세기를 이용하여 위치를 결정하므로, 실내 환경에서의 신호 전달에 대한 특성을 파악하는 것이 매우 중요하다. 무선 랜의 신호는 멀티패스, 잡음, Dead spot, 실내 환경의 구조 및 재질과 사람의 영향을 많이 받는다. 따라서 측위 정확도는 신호세기의 변화에 따라 민감하게 변화한다는 단점이 있다.

AP의 신호세기 특성 실험은 상황별 신호의 특성을 확인하기 위하여 AP 4와 AP 5로부터 24시간 동안 신호세기 변화를 관찰하였다. 또한 신호의 감쇄 특성을 알아보기 위하여, 신호가 벽과 같은 장애물을 통과하지 않고 전달되는 경우, 벽과 같은 장애물을 통과하여 전달되는 경

우 두 가지로 나누어 수행하였다.

3.1 24시간 신호세기 특성 분석

신호세기의 특성 분석을 위해 2005년 9월 14일 오후 5시 4분부터 9월 15일 오후 5시 4분까지(24시간) 신호세기를 측정하였다. AP 4와 5는 각각 강의실과 복도에 위치하며, 사람의 이동량, 여러 전자기기의 통신량 및 신호의 벽 통과 유무 등의 조건을 고려하여 선정하였다. 그림 4와 5는 AP로부터 측정된 신호의 특성을 그래프로 표현한 결과이며, 표 1은 24시간 신호세기 변화의 평균과 표준편차를 표로 나타낸 결과이다.

그림 4에서 AP 4로부터 측정된 결과는 약 -70~-80dBm 정도로 약 10dBm 사이에서 고르게 신호세기가 변화하는

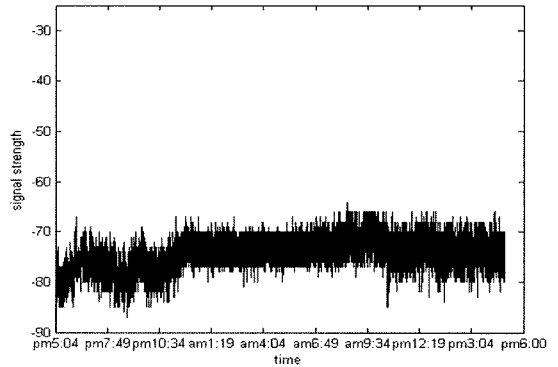


그림 4. AP 4로부터 측정된 신호세기 특성(24시간)

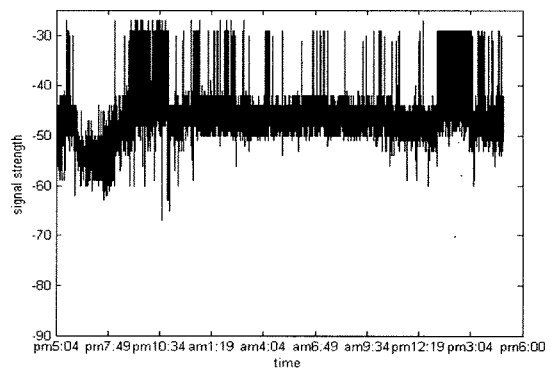


그림 5. AP 5로부터 측정된 신호세기 특성(24시간)

표 1. 24시간 신호세기 변화의 평균과 표준편차

AP	평균값(dBm)	표준편차
AP 4	-74.6	2.826
AP 5	-47.7	4.558

것으로 나타났다. 그러나, 새벽시간에 비해 전자기기의 사용이 많고, 사람의 이동량이 많은 오후의 신호는 밤 시간보다 불안정하게 나타나는 것으로 확인할 수 있다. 이는 그림 5의 AP 5에서도 동일하게 나타났다. 특히 AP 5의 경우, 신호는 최대 20dBm까지 변화가 불안정하게 발생하는 것으로 나타났으며, 이는 복도에 위치한 AP 5가 강의실에 위치한 AP 4보다 사람의 이동량 및 핸드폰 등의 전자기기 사용량이 더 많기 때문에 강의실의 AP 4에 비해 신호가 상대적으로 더 불안정하게 나타난 것이라 추정된다.

3.2 신호의 장애물 통과를 통한 감쇄 특성 분석

AP가 설치된 실내환경은 다양한 구조 및 재질로 되어 있으며, 이것은 신호세기를 감쇄 시키는 요인 중 하나로 작용한다. 따라서 장애물에 따른 신호의 감쇄 특성을 분석하기 위해 일정한 벽을 통과시켜 신호의 감쇄 특성을 알아보았다. 실험은 그림 6과 같이 일정거리의 벽을 두고, 벽이 없을 경우, 벽이 한 개일 경우, 2개일 경우로 실험하였다. 여기서 WALL 0은 측정지역에서 벽이 없을 경우를

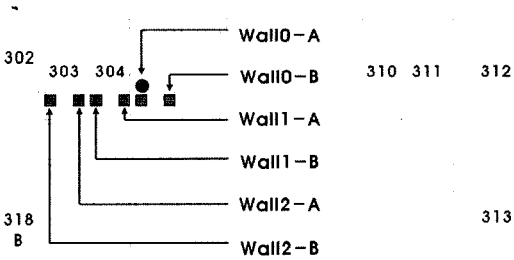


그림 6. 벽에 의한 신호의 감쇄 특성 분석

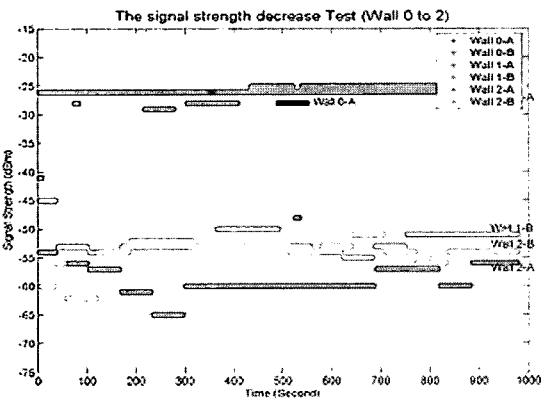


그림 7. 벽에 의한 신호의 감쇄 특성 결과

표 2. 벽에 의한 신호세기 감쇄의 평균과 표준편차

벽의 유무	평균값(dBm)	표준편차
WALL 0-A	-26.13	0.498
WALL 0-B	-25.85	2.593
WALL 1-A	-26.51	1.718
WALL 1-B	-52.08	2.043
WALL 2-A	-58.91	2.524
WALL 2-B	-54.19	2.691

의미하고, 1은 벽이 한 개, 2는 벽이 둘인 경우를 의미한다. 또한 A는 벽에 가까운 곳을 B는 벽에서부터 4m 떨어진 거리에서 측정된 경우이다. 그림 7은 장애물에 의한 신호의 감쇄 특성을 그래프로 표현한 결과이며, 표 2는 신호의 감쇄를 평균과 표준편차로 나타낸 결과이다.

표 2에서 장애물에 의한 신호의 감쇄는 벽이 없을 때인 WALL 0-A, B에서 각각 -26.12dBm, -25.85dBm으로 신호의 세기는 비슷하게 나타났다. 그러나 벽 1개를 통과한 후 일정한 거리를 두고 측정된 결과인 WALL 1-B에서는 -52.08dBm으로 WALL 0-A, B에서 측정된 신호보다 약 26dBm 정도 크게 감쇄하는 것으로 나타났다. 또한 WALL 2-A, B의 결과는 벽 아래 지점인 WALL 2-A보다 벽에서 4m 떨어진 지점인 WALL 2-B에서 신호의 세기가 더 높게 나타났다. 이는 실험 공간이 벽 외에 창문, 목재 등의 다른 구성요소를 지니고 있기 때문이며, 이 부분으로 전달되는 신호세기는 벽보다 더 작은 감쇄율을 갖기 때문이라고 판단된다. 또한 그림 7에서 측정된 신호의 변화폭은 WALL 0-A에서 약 2dBm, WALL 0-B에서 약 1dBm, WALL 2-A에서 20dBm, WALL 2-B에서 12dBm으로 매우 일정한 것으로 나타났다. 이 결과는 그림 4와 5의 신호세기의 특성의 결과와 비교할 때, 신호의 불안정성 및 감쇄는 장애물보다 사람과 전자파 등의 특성을 더 크게 받는다고 할 수 있다.

4. 실내측위 알고리즘

대표적인 실내측위 알고리즘으로는 무선 통신 신호 전달 모델, 삼각측량을 이용하여 계산할 수 있는 무선신호 전달 모델, Euclidean 거리 모델, 확률적인 추론 모델 등이 있다. 여기서 후자의 두 방법은 신호세기 데이터 셋(Data set)을 작성하여 측위에 이용한다. 본 연구에서는 Euclidean 거리 모델과 확률적인 추론 모델을 이용하여

측위 시스템을 구현하였다.

4.1 Euclidean 거리 모델

Euclidean 거리 모델은 Bahl 등이 무선 주파수(Radio Frequency) 신호를 이용한 RADAR 시스템에서 처음 제안하였다(Paramvir Bhal et al., 2000). 이 방법은 정해진 위치 (x_i, y_i) 에서 신호세기의 측정을 통하여 신호세기 집합 $(x_i, y_i, s_{1i}, s_{2i}, s_{3i})$ 을 만들고, 임의의 위치 k 에서 측정된 신호세기 (s_{1k}, s_{2k}, s_{3k}) 를 식 (1)의 신호세기 거리식을 이용하여 위치를 결정한다. 이때 모바일 기기의 위치는 식 (1)의 Δs 가 가장 작은 곳으로 결정한다.

$$\Delta s = \sqrt{\{(s_{1i} - s_{1k})^2 + (s_{2i} - s_{2k})^2 + (s_{3i} - s_{3k})^2\}} \quad (1)$$

4.2 확률적인 추론 모델

확률적인 추론 모델은 미리 결정된 위치에서 신호세기 데이터 셋을 만들고, 임의의 위치에서 모바일 장치가 측정한 신호세기 사이의 확률분포를 계산하여 값이 최대가 되는 지점을 사용자의 위치로 결정한다. 신호세기 데이터 셋 S_i 는 미리 결정된 위치 (x_i, y_i) 에서 신호세기를 수집하여, 식 (2)와 같은 위치, 신호세기 평균, 표준편차로 구성된다.

$$S_i = \{x_i, y_i, s_{1i}, \sigma_{1i}, \dots, s_{ji}, \sigma_{ji}\} \quad (2)$$

여기서, i 는 미리 결정된 위치이며, j 는 AP의 개수이다. 확률분포 값은 Gaussian 확률 밀도 함수나 Bayesian의 정리 등으로 계산할 수 있으며, 본 연구에서는 Bayesian의 정리를 이용하였다.

4.2.1 Bayesian 추론 모델

임의의 위치 k 에서 관찰된 신호세기 집합 O_k 를 식 (3)과 같이 정의한다(Teemu Roos et al., 2002; Ping Tao et al., 2003; Z. Xing et al., 2004).

$$O_k = \{o_1, \dots, o_j\} \quad (3)$$

여기서, o_1, \dots, o_j 는 각 AP로부터 관찰된 신호세기이며, 식 (4)와 같이 확률 $P(l_i | O_k)$ 이 최대가 되는 지점이 k 의 위치가 된다.

$$P(l_i | O_k) = \frac{P(O | l_i) P(l_i)}{P(O)} \quad (4)$$

여기서, $P(O_k | l_i)$ 는 결정된 위치 l_i 에서 관찰된 신호세기 O_k 에 대한 조건확률로서, 확률분포가 Gaussian 정규 분포를 따른다고 가정할 때, 다음 식 (5)를 사용하여 계산한다.

$$G_{oi} = \frac{1}{\sqrt{(2\pi\sigma_i)}} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2}(s_i - o_j)^2\right) \quad (5)$$

$P(l_i)$ 는 l_i 에 있을 확률을 의미하며, $\sum_{i=1}^n P(l_i) = 1$ 을 만족해야 한다. $P(O_k)$ 는 식 (6)과 같이 정의한다(Teemu Roos et al., 2002; Ping Tao et al., 2003; Y. Wang et al., 2003).

$$P(O_k) = \sum_{i=1}^n P(O_k | l_i) P(l_i) \quad (6)$$

본 연구에서는 신호세기 외에 위상적인 개념을 적용하여 $P(l_i)$ 를 결정하였다. 일반적으로 모바일 사용자는 짧은 시간 동안 먼 거리를 이동하지 못하기 때문에, 사용자의 현재 위치에서 가까운 과거의 위치 l_i 를 사용하여 $P(l_i)$ 계산하였다. $P(l_i)$ 는 식 (7)과 같이 정의한다.

$$P(l_i) = \frac{\sum_{j=1}^k \text{dist}^{-1}(l_i | L_k, \dots, L_1)}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k \text{dist}^{-1}(l_i | L_k, \dots, L_1)} \quad (7)$$

여기서, l_i 는 신호세기 집합 S_i 이며, $L_{k, \dots, 1}$ 는 사용자가 이동한 경로의 좌표이다. dist 는 l_i 와 $L_{k, \dots, 1}$ 의 사이의 거리이다.

5. 실험 결과

본 연구에서 사용한 알고리즘은 데이터 셋에 저장된 신호세기와 모바일 장치가 측정한 신호세기 간의 값을 비교하여 데이터 셋에 저장된 좌표 중 가장 근접한 값을 갖는 곳을 사용자의 위치로 결정한다. 따라서 임의의 위치에 사용자가 있을 경우, 데이터 셋에 저장된 좌표 중 사용자가 서있는 위치에서 가장 가까운 좌표가 사용자의 위치로서 추정되어야 한다.

5.1 신호세기 데이터 셋 구성

신호세기 데이터 셋은 실험 환경에서 1m 간격으로 57개의 위치를 결정하고, 5개의 AP로부터 매 초 간격으로 10분 동안 총 600개의 신호를 수신 받아 식 (8)과 같이

위치 좌표, 신호세기 평균, 표준편차로 구성하였다.

$$(x_1, y_1, s_{1i}, \sigma_{1i}, s_{2i}, \sigma_{2i}, s_{3i}, \sigma_{3i}, s_{4i}, \sigma_{4i}, s_{5i}, \sigma_{5i}) \quad (8)$$

Euclidean 거리 모델은 데이터 셋에서 위치와 신호세기만을 이용하고, Bayesian 추론 모델은 위치, 신호세기와 표준편차 모두를 사용한다.

5.2 알고리즘 정확도 분석

신호의 세기만을 이용하는 Euclidean 거리 모델과 달리, 위상적인 개념을 적용하는 Bayesian 추론 모델은 과거의 위치 l_i 를 사용하여 현재의 위치를 결정한다. 따라서 l_i 의 개수에 따라 정확도가 달라지기 때문에, 과거로부터의 누적좌표를 각각 3~6개로 나누어 측위정확도를 분석하였다.

정확도 분석 실험은 데이터 셋에 저장된 위치인 (2, 2), (2, 4), (2, 6), (4, 2), (4, 4), (4, 6), (6, 2), (6, 6)에서 1초 간격으로 3분 동안 180개의 데이터를 수집하여 각 방법에 대하여 동시에 측정하였다. 결과는 Euclidean의 RMSE와 Bayesian의 경우, 누적좌표에 따라 Bayesian 3, Bayesian 4, Bayesian 5, Bayesian 6이라 정의하여 RMSE를 표현하였다.

다음 그림 8은 좌표 (6, 2)에서 추정된 위치의 거리오차를 표현한 것이다. 여기서 실선은 2m, 점선은 3m의 반경을 나타내며, 좌측 상단부터 각각 Euclidean, Bayesian 3, 4, 5를 나타낸다.

그림 8에서 Euclidean, Bayesian 3, 4, 5 각 방법에 대

해 사용자의 위치가 반경 3m내에서 결정될 확률은 각각 61.11%, 90.56%, 95.00%, 93.33%로 Bayesian의 정확도가 더 높게 나타났다. 또한 반경 2m내에서 사용자의 위치가 결정될 확률은 23.33%, 74.44%, 87.78%, 91.11%로 반경 3m내에서와 같이 Bayesian의 정확도가 더 높게 나타났으며, 기타 위치에서도 비슷하게 나타났다. 다음 표 3은 각 위치에서 측위 결과의 RMSE를 나타낸 것이다.

좌표 (2, 4)에서 Euclidean 거리 모델의 RMSE는 3.0993으로 나타났다. Bayesian 추론 모델의 경우, 각각 1.9748, 1.7480, 1.7997, 1.7913으로 Euclidean 거리 모델보다 RMSE가 감소하였다. 또한 기타의 좌표에서도 동일하게 Euclidean 거리 모델보다 Bayesian 추론 모델의 RMSE가 감소하는 것으로 나타났다. 이 결과는 신호의 세기만을 이용하는 Euclidean 거리 모델보다 위상의 개념을 도입한 Bayesian 추론 모델이 더 정확하게 위치를 결정한다는 것을 의미한다.

좌표 (6, 6)에서 Bayesian 추론 모델의 RMSE는 누적좌표가 증가할수록 1.9149, 1.7997, 1.6432, 1.6412로 점차 감소하는 것으로 나타났으며, 이는 다른 좌표에서도 일정하게 RMSE가 감소하는 것으로 나타났다. 이 결과는 누적좌표의 개수가 증가할수록 위치 정확도는 더 향상된다는 것을 의미한다.

Bayesian 추론 모델의 좌표 정확도는 누적좌표의 개수가 늘어날수록 RMSE는 점점 감소하는 것으로 나타났다. 그러나 모바일 사용자의 이동에 따른 누적좌표의 거리오차 및 모바일 기기의 연산량을 감소시키기 위하여, 추적좌표의 수를 최적화 할 필요가 있다. 본 실험의 결과에서 누적좌표가 5개 이상부터는 RMSE가 거의 일정한 것으로 나타났다. 따라서 실제 이동체에 적용시킬 때, 누적좌표의 거리오차 및 모바일 기기의 연산량을 감소시키기 위

표 3. Euclidean 거리와 Bayesian 추론 모델의 RMSE

좌 표	Euclidean	Bayesian 3	Bayesian 4	Bayesian 5	Bayesian 6
(2, 2)	2.9369	1.8379	1.5829	1.4549	1.4962
(2, 4)	3.0993	1.9748	1.7480	1.7997	1.7913
(2, 6)	2.3070	1.8394	1.8974	1.8119	1.8010
(4, 2)	1.9777	1.8273	1.7559	1.6398	1.6101
(4, 4)	2.3082	1.9408	1.7779	1.5528	1.6114
(4, 6)	3.4857	1.8812	2.2369	1.7123	1.6863
(6, 2)	3.2076	2.0642	1.6819	1.5934	1.5820
(6, 6)	2.3657	1.9149	1.7997	1.6432	1.6412

그림 8. 좌표 (6, 2)에서 추정된 위치의 거리오차

해서는 누적좌표가 5개 일 때의 Bayesian 추론 모델이 실내측위에 가장 최적화된 방법이라 생각된다.

6. 결 론

본 연구에서 실내측위 알고리즘인 Euclidean 거리 모델과 Bayesian 추론 모델을 통해 무선 랜 기반의 실내측위 시스템을 개발하였다. 각 측위 방법을 통해 구현된 결과는 Bayesian 추론 모델의 측위 정확도가 Euclidean 거리 모델보다 더 향상되는 것으로 나타났다. 또한 누적좌표가 증가할수록 정확도가 향상되는 것으로 나타났다. 그러나, 실제 이동체에 적용 시, 누적좌표의 거리오차 및 모바일 기기의 연산량을 감소시키기 위하여 약 2m 이내의 정확도를 얻을 수 있는 누적좌표가 5개일 때의 Bayesian 추론 모델이 가장 실내측위에 최적화된 알고리즘이라 생각된다.

Bayesian 추론 모델을 사용하기 위해서는 미리 신호세기 데이터 셋을 만들어야 한다는 단점이 있다. 특히 측위 범위가 넓을 경우, 미리 정해진 위치에서 신호세기 데이터 셋을 만든다는 것은 많은 시간, 인력과 예산이 들어간다. 그러나 데이터 셋의 적용은 측위 환경이 커지거나 환경의 변화에 상관없이 안정적인 정확도를 기대할 수 있다. 또한 무지향성 안테나를 사용하기 때문에, 다른 측위 환경에서 AP의 배열이 달라져도 정확도에는 영향을 미치지 않는다. 따라서 최소한의 신호세기 데이터 셋의 수를 결정하여 사용한다면, 시스템 구현 및 운영 비용면에서도 효율적이면서 만족스러운 서비스를 제공할 것으로 예상된다.

감사의 글

본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 육성·지원사업의 연구결과로 수행되었습니다.

참고문헌

- 이홍식, 박준구, 임삼성 (2005), 무선 인터넷기반의 DGPS를 이용한 동체의 자세결정 성능평가, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제 23권, 제 2호, pp. 101-108.
- 최병길, 진세일, 홍상기 (2004), GPS를 이용한 컨테이너 모니터링 시스템에 관한 연구, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제 22권, 제 4호, pp. 401-410.
- Andrew M. Ladd (2005), Robotics-Based Location Sensing using Wireless Ethernet, *Wireless Networks 11*, pp. 189-204.
- Paramvir Bhal and Venkata N. Padmanabhan (2000), RADAR: An In-Building RF-based User Location and Tracking System, *IEEE Infocom 2000*, Tel Aviv, Israel, pp. 775-784.
- Ping Tao, Algis Rudys, Andrew M. Ladd and Dan S. Wallach (2003), Wireless LAN Location-Sensing for Security Applications, *Proceeding of the ACM Workshop on Wireless Security (WiSe)*, San Diego, CA.
- Teemu Roos, Petri Myllymaki, Pauli Misikangas and Juha Sievanen (2002), A Probabilistic approach to WLAN User Location Estimation, *International Journal of Wireless Information Networks*, Vol. 9, No. 3, pp. 155-164.
- Wang, Y., Jia, X., Lee, H. K. and Li, G. Y. (2003), An indoor wireless positioning system based on wireless local area network infrastructure, *The 6th International Symposium on Satellite Navigation Technology Including Mobile Positioning & Location Services*, Melbourne, Australia.
- Xing, Z., Song, S., Chan, J., Wang, H. and Gao, X. (2004), *A wireless LAN-based indoor positioning technology*, Vol. 48, No. 5/6, pp. 617-626.

(접수일 2006. 1. 25, 심사일 2006. 2. 3, 심사완료일 2006. 3. 20)