

무선랜 AP 정보를 이용한 단말의 지리적 위치 결정 방법

A Method to Determine the Geographical Location of Terminals using Wireless LAN AP Information

저자 (Authors)	이연희, 심병렬, 이영석 Yeonhee Lee, Byeongryeol Sim, Youngseok Lee
출처 (Source)	정보과학회논문지 : 정보통신 38(1) , 2011.2, 50-57(8 pages) Journal of KISS : Information Networking 38(1) , 2011.2, 50-57(8 pages)
발행처 (Publisher)	한국정보과학회 The Korean Institute of Information Scientists and Engineers
URL	http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE01602325
APA Style	이연희, 심병렬, 이영석 (2011). 무선랜 AP 정보를 이용한 단말의 지리적 위치 결정 방법. 정보과학회논문지 : 정보통신, 38(1), 50-57
이용정보 (Accessed)	한국산업기술대학교 110.14.87.*** 2020/01/13 15:35 (KST)

저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다. 그리고 DBpia에서 제공되는 저작물은 DBpia와 구독계약을 체결한 기관소속 이용자 혹은 해당 저작물의 개별 구매자가 비영리적으로만 이용할 수 있습니다. 그러므로 이에 위반하여 DBpia에서 제공되는 저작물을 복제, 전송 등의 방법으로 무단 이용하는 경우 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

Copyright Information

Copyright of all literary works provided by DBpia belongs to the copyright holder(s) and Nurimedia does not guarantee contents of the literary work or assume responsibility for the same. In addition, the literary works provided by DBpia may only be used by the users affiliated to the institutions which executed a subscription agreement with DBpia or the individual purchasers of the literary work(s) for non-commercial purposes. Therefore, any person who illegally uses the literary works provided by DBpia by means of reproduction or transmission shall assume civil and criminal responsibility according to applicable laws and regulations.

무선랜 AP 정보를 이용한 단말의 지리적 위치 결정 방법

(A Method to Determine the Geographical Location of
Terminals using Wireless LAN AP Information)

이 연 희 [†] 심 병 렬 [†] 이 영 석 ^{††}
(Yeonhee Lee) (Byeongryeol Sim) (Youngseok Lee)

요 약 본 논문은 별도의 위치 측정 장비(GPS) 없이 주변의 무선랜 AP(Access Point)를 이용하여 사용자에게 위치 정보를 제공하는 방법을 제안한다. 본 논문의 제안 내용은 워-드라이빙(war-driving)을 통해서 주변의 무선랜 AP 정보를 수집하여 데이터베이스를 구축하는 방법과 무선랜 AP 정보를 이용하여 위치 결정을 위한 알고리즘으로 구성된다. 더불어 제안한 방법의 성능평가를 위하여 시뮬레이션과 실제 측정 방법을 동시에 이용하였고, 실제 실험은 대학 캠퍼스와 인근 지역에서 실험을 수행하였다. 실험 결과 실내와 실외에서 각각 17미터와 57미터 정도의 평균거리오차가 발생하는 것을 확인하였다.

키워드 : 무선랜, AP, 액세스 포인트, 위치인식, 위치인지

Abstract This paper proposes a method for providing a geographical positions to wireless LAN users without additional GPS (Global Positioning System) using only wireless LAN AP (Access Point) nearby. The proposed method in this paper consists of a module to collect the wireless LAN AP information by war-driving and store it to database as well as an algorithm to determine the geographical location through wireless LAN AP database. To evaluate our method, we carried out both simulation with our own implementation and experiments in our campus and neighboring areas. From the experimental results, it is shown that the average error is marginal around 57 meters in outdoor environments and 17 meters indoor.

Key words : Wireless LAN, AP, Access Point, location recognition, location-aware

1. 서 론

일반적으로 실외에서 지리적 위치를 확인하기 위해서는 흔히 GPS(Global Positioning System)를 이용한다. GPS 위성으로부터 받은 정보를 이용하여 GPS 단말기

의 위치를 계산하는 방법은 널리 알려져 있으며 차량 네비게이션 또는 애완동물의 위치 추적 등의 많은 응용들이 개발되어있다. GPS를 이용하는 방법은 10m 정도의 비교적 적은 오차를 보인다. 하지만, 모바일 단말기의 GPS 장치 보급의 필요성과, 위성으로부터 전파를 수신하기 어려운 지역이 존재하는 단점이 있다. 무선랜 환경이 널리 보급됨에 따라 무선랜 정보를 이용하여 위치 정보를 제공하기 위한 다양한 연구가 최근에 진행되었다. 무선랜 신호를 이용하는 방법은 GPS 장치를 이용한 위치인식 방식에 비해 별도의 추가장비가 필요하지 않으며 GPS에서 수용하지 못하는 실내와 고층건물이 밀집한 지역에서도 위치 계산을 제공할 수 있다는 장점이 있다.

무선랜을 이용한 위치인식방식은 크게 핑거프린팅(Fingerprinting)에 기반한 방식[1-3]과 확률(Probability)에 기반한 위치계산 방식[4-6]으로 나눌 수 있다. 그 중 핑거프린팅 방식은 기준이 되는 무선랜 AP의 위

[†] 학생회원 : 충남대학교 컴퓨터공학과

ssallys@naver.com

simsiss@naver.com

^{††} 정 회 원 : 충남대학교 컴퓨터공학과 교수

lee@cnu.ac.kr

(Corresponding author)

논문접수 : 2010년 3월 17일

심사완료 : 2010년 10월 29일

Copyright©2011 한국정보과학회 : 개인 목적이거나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지 : 정보통신 제38권 제1호(2011.2)

치정보 데이터베이스를 구축해두고, 무선랜 단말에서 수신한 신호강도를 이용하여 각 지점의 AP로부터 상대적인 위치를 계산한다. 하지만 AP가 위치한 지점에 대한 정보는 해당 네트워크의 관리자가 아닌 일반인들이 구축하기는 어렵다. 따라서 본 논문은 기존에 설치된 무선랜 AP의 위치 정보가 없는 상태에서 실내는 물론 실외에서의 무선랜 단말의 위치를 인식하는 방식을 제안한다. 이를 위해 실제 실내와 실외 환경에서 실험을 수행함으로써, 무선랜 AP를 이용한 위치계산의 정확성을 검증하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련연구에 대하여 설명하고, 3장에서는 위-드라이빙을 통해서 무선랜 AP 정보를 데이터베이스로 구축하는 방법과 AP로부터 수신한 무선신호 정보와 AP신호데이터베이스를 이용하여 무선랜 단말의 위치를 계산하는 방법으로 나누어 설명한다. 시뮬레이션과 실험결과는 4장과 5장에서 제시하며 6장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

2. 관련연구

최근 무선랜 환경의 급속한 보급에 따라 무선랜 AP를 이용한 위치인식방법에 대한 다양한 연구가 있고, 이미 이를 활용한 상용화된 응용도 속속 등장하고 있다 [3,6-9]. 대부분의 위치계산 방법에서는 위치계산에 사용할 신호데이터를 수집하는 과정을 거친다. Locky에서는 다양한 수집에 대한 실험결과를 분석하였으며, 위-드라이빙과 위-워킹¹⁾을 병행하여 수집하여 상호보완하기를 권장한다[10]. 또한 위치계산의 정확성을 떨어뜨리는 원인이 되는 AP의 출력 파워에 따른 RSSI(Received Signal Strength Indicator)의 유동성의 문제를 개선하기 위한 방안도 연구되었다. 이를 위해 [11]에서는 AP와 무선랜 단말 양방향에서 수신한 RSSI를 이용하여 위치를 계산하도록 하였다.

확률기반의 위치계산방법은 왜곡된 무선랜 신호들을 모아 신호들의 확률을 계산하여 AP로부터의 거리를 추정한다[4-6]. 이 방식에 속하는 대부분의 알고리즘은 이미 알고 있는 AP로부터 거리를 삼각측량법을 이용하여 위치를 계산한다[4,5]. 확률 기반 시스템은 계산이 간단하고 빠른 처리를 할 수 있지만, AP의 위치를 미리 알고 있어야 하는 점과 신호의 감쇄에 따른 정확도의 한계가 있다는 단점이 있다[12]. 따라서 네트워크의 관리자가 아닌 일반인이 이러한 시스템을 구축하는 데에는 어려움이 있다. 대표적인 확률 기반 시스템으로는 HORUS가 있다.

핑거프린팅 방식은 단말기가 수신한 RSSI를 이미 위치가 알려진 지점과의 비교를 통해 가장 근접한 위치를 찾는다[1-3]. 이 방식은 확률방식보다 위치 계산에서 높은 정확도를 얻을 수 있고 AP의 위치를 모르는 상태에서도 적용할 수 있다는 장점이 있다. 하지만, 수집한 데이터의 양이 정확도와 직결되어 있어 넓은 범위에 적용할 경우, 방대한 데이터를 수집하는데 어려움이 있으며, 위-드라이빙과 같은 효율적인 수집방법이 요구된다. 현재 대부분의 핑거프린팅 방식 알고리즘의 실험은 실내와 같은 한정된 공간에서 수행되었다. 대표적인 핑거프린팅 방식 연구는 Bahl et al.[3]에 의해 개발된 RADAR이다.

3. 제안방법

본 연구에서는 최신의 AP 정보를 실시간으로 수집하고 무선랜 단말의 위치를 계산하기 위해 별도의 데이터베이스와 위치계산 서버를 두었다. 따라서 무선랜 단말이 자체적으로 위치를 계산함으로써 발생하는 최신의 AP 정보의 주기적인 갱신과정을 생략하였다.

무선랜 AP신호를 이용하여 정확한 위치를 계산하기 위해서는 신호의 특성과 공간 지형의 특성을 고려하여 감쇄를 측정하여 위치추정에 반영하여야 한다. 이번 연구에서는 AP신호 특성을 고려하여 정확성을 높이는 대신, AP신호를 이용한 근접도 계산을 위한 네 가지의 휴리스틱한 알고리즘을 새롭게 제안하고, 실제 공간에서 수집한 AP신호를 이용한 실험을 통해 이를 검증하였다.

전체 시스템은 그림 1과 같이 위치 및 AP 정보 수집 부분, 위치 계산 서버, 위치 요청 부분으로 구성된다.

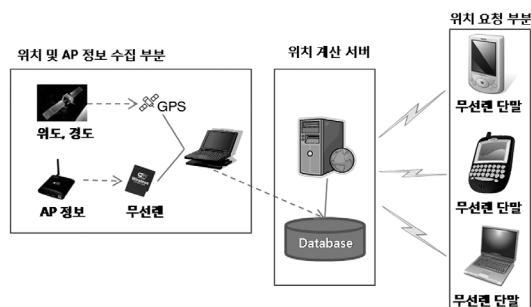


그림 1 전체 시스템 구성도

3.1 무선랜 AP 정보 수집

AP 정보를 수집하는 부분은 GPS를 탑재한 노트북을 이용하여 무선랜 AP들이 있는 지역을 자동차, 자전거 또는 도보로 이동하면서 위-드라이빙 지점의 위치 정보와 이 지점에서 연결 가능한 무선랜 AP정보를 데이터베이스에 기록한다. GPS 모듈로부터는 위도, 위도의 방

1) 위-드라이빙(War-Driving)은 무선네트워크가 활성화되면서 차량을 이용해 이동하면서 무선신호에 연결하여 네트워크에 접속하여 정보를 수집하는 방법이며, 위-워킹(War-Walking)은 도보를 통해 이동하면서 수집하는 방법이다.

향, 경도, 경도의 방향을 수신 받고, 무선랜 AP에서는 AP의 고유한 MAC 주소, 신호강도 및 AP의 이름을 수신 받는다. 수신한 신호는 AP 정보, 위치 정보, AP 신호와 위치의 매핑정보로 나누어 AP, District, Mapped 테이블에 각각 저장한다. 위치 계산 서버는 이 정보는 무선랜 단말에서 보이는 AP 정보를 입력으로 하는 단말의 위치계산 요청 시, 위-드라이빙 포인트와 단말의 위치와의 근접도를 계산하여 응답하는데 사용한다.

3.2 무선랜 단말의 위치 정보 계산

본 논문에서 제안하는 무선랜 AP를 이용해서 위치를 계산하는 과정은 다음과 같다.

- 무선랜 단말: 무선랜 단말은 현재 위치에서 연결 가능한 AP신호의 목록을 검색한다(그림 2의 1단계). AP 정보는 AP의 MAC 주소, 수신된 무선 채널과 이의 신호강도 및 AP의 이름으로 구성된다. 무선랜 단말은 그림 2의 1단계에서 찾은 AP 정보를 서버에 전송하여 위치계산을 요청한다(2단계).
- 위치 정보 서버: 위치 정보 서버는 무선랜 단말의 위치계산 요청을 수신하고(3단계), 무선랜 단말이 수신한 정보와 AP의 MAC 주소가 일치하는 모든 지점들을 서버의 AP 데이터베이스에서 검색하여 가장 일치되는 지점을 찾는 과정을 수행한다(4단계). 이 단계의 세부적인 수행과정은 다음과 같다. 첫번째, 무선랜 단말이 수신한 AP목록을 데이터베이스에서 검색하여 같은 AP의 MAC 주소를 가지는 모든 위치를 후보위

표 1 후보위치 근접도 계산

단순 누적	$P = \sum_{i=1}^n M - (L_i - N_d) \quad (2)$
누적 +가중치	$P = \sum_{i=1}^n \frac{(M - (L_i - N_d))}{\log(L_i)} \quad (3)$
벡터 누적	$P = \sqrt{\sum_{i=1}^n (M - (L_i - N_d))^2} \quad (4)$
벡터 누적 +가중치	$P = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{(M - (L_i - N_d))}{\log(L_i)} / (i-2) \right)^2} \quad (5)$

여기에서 거리에 의한 계산방식일 때,

- M : AP신호의 최대 도달거리
- L_i : 무선랜 단말에서 수신한 특정 AP신호 i 의 수신신호 강도를 거리로 환산한 값으로, AP로부터 무선랜 단말까지의 추정거리
- N_d : 후보위치에서 수신한 특정 AP신호 i 의 수신신호강도를 거리로 환산한 값으로, AP로부터 후보위치까지의 추정거리

여기에서 신호강도에 의한 계산방식일 때

- M : AP수신신호강도의 범위를 나타내는 값으로서, AP의 최대 수신신호강도와 최소 수신신호강도와의 차이
- L_i : 무선랜 단말에서 수신한 특정 AP신호 i 의 수신신호강도
- K_i : 후보위치에서 수신한 특정 AP신호 i 의 수신신호강도

치로 선정한다. 두번째, 후보위치로 선정된 지점의 AP 목록과 무선랜 단말로부터 수신한 AP들간에 일치하는 신호를 모두 찾아 강도를 비교하여 후보위치에 대한 근접도를 계산한다. 후보위치의 근접도를 계산하기 위해서 표 1의 방법을 이용한다. 세번째, 계산한 각각의 후보위치 중 근접도가 가장 높은 지점을 사용자의 위치로 선정하되, 동일한 근접도를 갖는 두 개 이상의 지점이 있을 경우, 임의의 한 지점을 선정하여 위치정보를 무선랜 단말에 전송한다. 반대로 후보위치가 하나도 존재하지 않을 경우, 위치 계산 불가 메시지를 전송한다(5단계).

무선랜 신호가 도달하는 거리는 자유공간에서의 신호 감쇄를 고려한 Friis 공식[4]에 의해 구한다. 하지만, 실제로 야외나 실내에서 수집된 무선랜 데이터를 보면 같은 위치에서 측정한 값임에도 불구하고 측정할 때마다 다르게 측정될 수 있다. 따라서, 이를 극복하기 위해서 본 논문에서는 무선랜 단말의 AP 정보와 데이터베이스의 AP 정보에 대한 근접도를 구하는 후보위치의 근접도를 계산 방식을 거리에 의한 근접도 계산방식과 신호강도의 의한 계산방식으로 나누어 제안한다.

표 1에서 거리에 의한 방법은 일치한 무선랜 단말과 후보위치의 신호들을 거리로 환산한다. 이 때 환산 거리가 최대신호도달거리를 초과하는 경우, 그 값을 AP의 최대 신호도달거리로 치환한다. 그림 3은 AP신호 하나를 기준으로 단순누적 방식을 적용하여 무선랜 단말과 후보위치의 근접도를 구하는 방법을 보여준다. Friis공

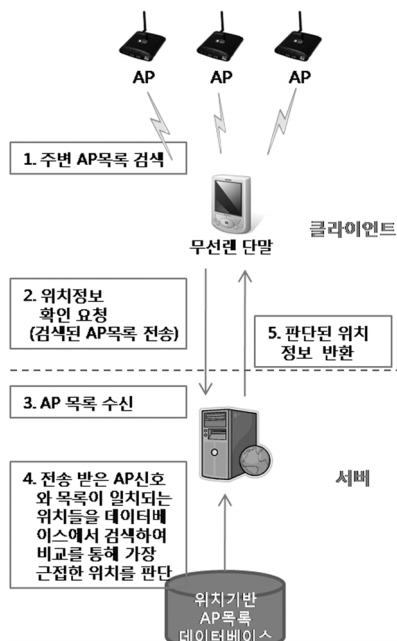


그림 2 무선랜 단말의 위치 계산 흐름도



그림 3 특정 무선랜 단말에서 거리에 의한 AP근접도 추정방식(단순누적)

식에 의해 계산된 특정 AP1로부터 무선랜 단말의 위치 L1과 후보위치 N1 사이의 거리 T를 구한다. 이 값을 두 지점 사이의 최대 거리인 AP신호의 최대 도달거리(M)에서 감하여 AP의 근접도를 구한다. 무선랜 단말과 일치하는 모든 후보위치의 AP신호를 기준으로 구한 근접도의 합이 그 후보위치의 근접도가 된다.

거리에 의한 후보위치 근접도 계산에서 단순누적 방식(2)은 신호의 센 정도에 상관없이 모든 AP신호에 동일한 가중치를 부여하여 거리의 차이로 근접도를 구한다. 누적+가중치(3)를 이용한 방식은 AP신호강도가 낮은 신호가 더 많은 왜곡이 발생했을 확률이 높다는 점에 착안하여, 약한 신호가 계산결과에 미치는 영향이 적게 하기 위해 (2)의 AP근접도를 환산 거리에 로그를 취해 나눈다. 벡터누적 방식(4)은 (2)와 (3)의 누적 방식에서 AP신호수신 시점에서 특정 AP의 수신에 누락이 발생할 경우에 후보위치근접도의 오차에 그대로 반영되는 문제점을 해결하기 위해 착안하였다. 각각의 AP근접도를 벡터로 두고 이 벡터들의 합하여 후보위치근접도를 구한다. 벡터누적+가중치 방식(5)은 벡터방식에 신호의 신뢰도에 따른 가중치까지 포함한 방식이다.

Friis공식을 적용한 환산 거리에서, AP신호강도가 작아질수록 강도의 차이에 따른 거리의 변화가 커지는 것을 볼 수 있다. 그러나 실제 공간에서 측정한 신호를 보면, -80이상의 낮은 강도를 보이는 신호가 다수이고, 거리로 환산하면 1000미터를 상회한다. 이런 신호가 근접도에 기하적으로 미치는 영향을 제한하기 위해, 최대신호도달거리를 변수로 두어 환산 거리를 제한하였다.

그림 4는 시뮬레이션 상에서 거리에 의한 계산방법을 무선랜 단말과 후보위치와의 일치되는 AP신호수를 늘려가며 각 계산 알고리즘을 적용했을 때의 후보위치근접도 값의 증가 추이를 비교한 그래프이다. 누적 방식의 경우에는 AP수에 따라 산술적으로 증가되는 모습을 보인다. 그러므로 특정 후보위치에 일시적인 신호의 누락이 발생할 경우, 누락된 신호의 근접도 만큼의 차이가 발생하여, 실제 무선랜 단말의 위치로 선정될 수 있는

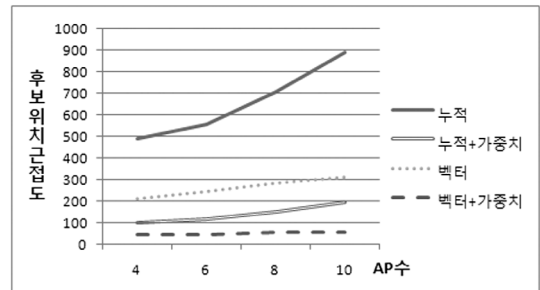


그림 4 AP 수에 따른 후보위치근접도 추이

가능성이 희박해진다. 그에 비해, 벡터와 벡터+가중치 방식은 일부 신호가 누락되었을 때 근접도에 미치는 영향이 적다. 또한 단순누적 방식은 수신신호강도에 따라 일률적인 신뢰도 가중치를 부여한 반면, 누적+가중치와 벡터+가중치 방식은 수신강도가 높은 신호에 높은 신뢰도 가중치를 부여함으로써, 왜곡이 심한 신호들보다 왜곡이 적은 신호에 집중하여 위치판단을 한다.

최대신호도달거리를 초과하는 낮은 신호가 근접도 계산에서 변별력을 나타내지 못하는 점을 개선하기 위하여 신호강도에 의한 방법도 제한하였다. 신호강도를 거리로 환산하지 않고 강도 자체의 차이에 의해 근접도를 계산함으로써, 최대신호도달거리의 초과하는 신호에 일률적인 값을 할당하는 경우를 배제하였다. 신호강도에 의한 방법은 신호강도를 수치화하여 그대로 사용하는 점을 제외하면 거리에 의한 방법과 동일하다.

4. 시뮬레이션

4.1 시뮬레이션 환경

이 장에서는 위치 정보 계산 알고리즘의 검증을 위하여 본 연구에서 개발한 시뮬레이션 방법에 대하여 설명한다. 표 2의 시뮬레이션 테스트 모드는 가상의 신호를 생성하여 알고리즘의 정확도를 테스트하기 위해 사용한다. 따라서 가상의 공간을 구축하는 과정이 필요하다. 시뮬레이션 결과는 테스트 지점으로부터 알고리즘을 통해서 계산된 위치 간의 연결선이 표시되고 거리오차에 대한 평균이 표시된다. 이 거리오차를 확인함으로써 알고리즘 정확도의 판단이 가능하다.

실사 테스트 모드는 실제 공간에서 수신한 AP정보를 위치기반 데이터베이스로 구축하여, 이를 이용해 위치계산 알고리즘을 적용하여 결과를 제공한다. 표 3의 실사 테스트는 먼저, 미리 수집해 둔 위치계산을 원하는 지역의 위치기반 AP정보를 데이터베이스에서 읽어와 지도와 함께 표시한다. 다음으로 위치 계산을 하고자 하는 지점들을 데이터베이스에서 읽어 화면에 표시한다. 마지막으로 알고리즘을 실행시켜, 위치계산을 요청한 지점과 데

표 2 시뮬레이션 테스트 모드의 기능

환경 설정	초기값 등록	구획 정의	테스트 범위 설정(가로X세로), 구획(간격) 설정
		AP 정의	AP 신호(원) 간격과개수, AP 신호 최대도달거리 설정
테스트 데이터 등록	AP 신호 수집	AP 삽입	직접 등록/입의 등록 (랜덤)
		수집 위치 선정	직접 등록 (클릭) 간격 등록 (가로X세로 지정) 입의 등록 (랜덤)
		AP 신호정보 등록	AP 중심으로부터의 거리에 따른 신호강도 계산하여 수집위치와 함께 등록
	테스트 대상 위치 등록	테스트 위치 선정	테스트하고자 하는 지점 선정 (선정 방법은 수집위치 선정 방법과 동일)
		AP 신호정보 등록	AP 중심으로부터의 거리에 따른 신호강도 계산하여 테스트 위치와 함께 등록
검증	테스트	알고리즘 별 테스트	각 알고리즘을 적용, 최대 근접도를 가진 지점 반환 화면에 결과로 선택지점 표시
	결과 분석	정확도 계산	테스트 케이스의 수와 정확도에 대한 거리오차를 Meter로 계산

표 3 실사 테스트 모드의 기능

테스트 데이터 등록	수집된 AP 신호	수집 AP 목록 등록	데이터베이스로부터 수집된 AP 신호정보를 읽어와 화면에 표시
	테스트 대상 신호	대상위치의 AP 신호 등록	데이터베이스로부터 테스트 대상위치의 AP 신호정보를 읽어와 화면에 표시
테스트	테스트	알고리즘 별 테스트	각 알고리즘을 적용하여 최대 근접도를 가진 지점을 결과 위치로 반환 화면에 결과로 선택된 지점표시 테스트하고자 하는 알고리즘은 각각의 함수로 작성
	결과 분석	정확도 계산	테스트 케이스의 수와 정확도에 대한 거리오차를 Meter로 계산

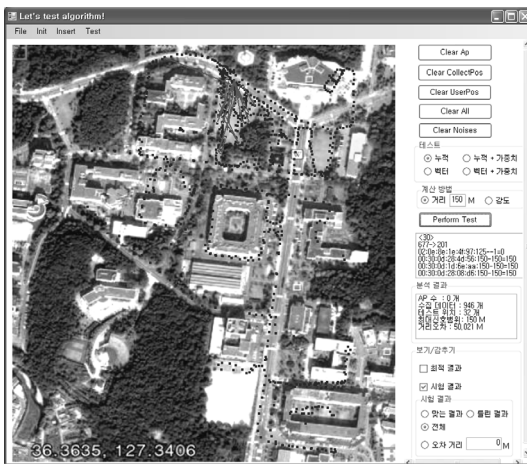


그림 5 실사 테스트 화면

이터베이스에 저장되어 있는 지점간의 근접도를 계산하여 가장 높은 근접도를 가진 위치를 화면에 표시해 준다. 실제 수집한 값을 이용한다는 점을 제외하면, 알고리즘 수행과정과 결과의 표시방법은 순수 시뮬레이션 모드와 동일하다. 그림 5는 실사테스트를 수행한 결과이다.

4.2 시뮬레이션 수행

시뮬레이션을 위해 특정 공간에 가상의 AP를 배치하고 수집 간격과 무선랜 단말의 간격을 변화를 주어 표 4의 데이터 샘플을 생성하였다. 그림 6은 그 중 2번 샘플

표 4 시뮬레이션 무선랜 AP 데이터

구분	생성한 AP수	수집 간격	단말간격
샘플1	14개	20M	10M
샘플2	14개	30M	10M
샘플3	14개	20M	15M
샘플4	14개	30M	15M

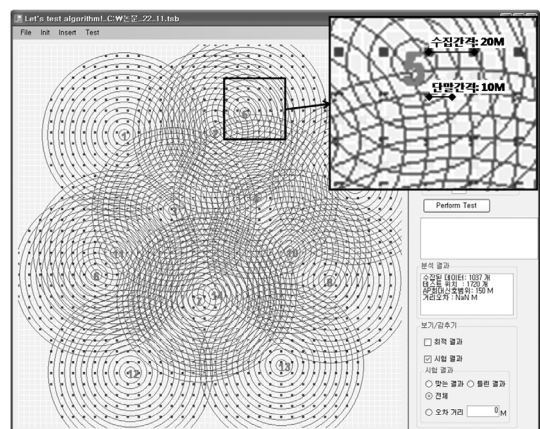


그림 6 시뮬레이션 데이터 샘플 생성화면

을 생성한 모습으로서, 사각형의 점은 수집지점이며 등근 점은 무선랜 단말위치를 나타낸다. 그림 7은 각 샘플에 대한 알고리즘의 정확도를 실험한 결과이다. 거리에

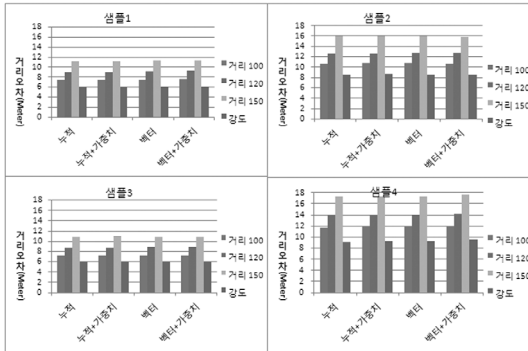


그림 7 시뮬레이션 결과: 거리 오차 (단위: Meter)

의한 방식은 최대 신호도달거리에 변화를 주어 변화에 따른 결과를 시뮬레이션 하였다. 실험결과, 샘플3에서 거리에 의한 방식은 7.26미터, 신호강도에 의한 방식은 5.85미터의 최소 거리오차를 보였다. 두 방식 모두 수집 간격이 조밀할수록 더 높은 정확도를 보이며, 무선랜 단말의 간격에 따른 오차는 큰 차이는 보이지 않지만, 조밀한 간격일수록 알고리즘의 자체의 오차를 완화할 것으로 보인다. 시뮬레이션 상에서는 신호의 감쇄가 전혀 발생하지 않으므로, 최대 신호도달거리 100M의 작은 범위를 기준으로 한 신호에 집중하여 계산되는 방식이 가장 높은 정확도를 보였으며, 구중 샘플3의 단순누적 방식을 적용했을 경우에 가장 높은 정확도를 보였다.

5. 실제 측정

5.1 무선랜 AP 정보 수집

이 장에서는 4장에서 설명한 시뮬레이션 방법 중 실사 테스트를 이용하여, 실제 공간에서의 위치측정 실험과 결과를 제시한다. 실외 데이터 수집은 그림 8의 충남대학교와 공동 지역에서 이루어졌으며, 총 면적 440,500m², 총 거리 6km에 해당한다. 7485개의 위치 데이터와 692개의 AP 지점이 측정되었고, 총 100876개의 위치-AP 데이터베이스를 구성하여 성능 측정 실험을 수행하였다. 보다 정확한 알고리즘의 성능 실험을 위해, 신호의 수집이 일정 간격을 유지해야 하지만, 물리적 공간에서 어려움으로 인해, 시뮬레이션 공간과 같이 일정한 AP 수집 신호와 단말 간격을 일정하게 유지되지 않았다.

5.2 실험 결과

표 6은 실사 테스트 결과로서, 실제 공간에서 수집한 AP 목록을 기반으로 위치계산 알고리즘의 정확도를 비교하였다. 실외에 대한 실험은 표 5의 샘플 1~6의 캠퍼스와 샘플 9~10의 상가지역에서 수집한 데이터를 가지고 각 알고리즘을 수행하였다. 실내에 대한 실험은 샘플 7~8의 대학 건물 내에서 수집한 데이터를 가지고 각

표 5 무선랜 AP 데이터 수집

구분	수집한 AP수	데이터베이스 수집 방법	사용자위치 수집 방법	수집 지역	세부지역
샘플1	245개	도보 수집	도보 수집	실외	캠퍼스
샘플2	265개	차량 수집	도보 수집	실외	캠퍼스
샘플3	331개	차량 수집	도보 수집	실외	캠퍼스
샘플4	414개	차량 수집	차량수집	실외	캠퍼스
샘플5	93개	도보 수집	도보 수집	실외	캠퍼스
샘플6	424개	도보 + 차량 수집	도보 수집(샘플5)	실외	캠퍼스
샘플 7	50개	도보 수집	도보 수집	실내	대학건물 안
샘플 8	54개	도보 수집	도보 수집	실내	대학건물 안
샘플 9	95개	상가지역	차전거수집	실외	상가지역
샘플10	59개	상가지역	차량수집	실외	상가지역

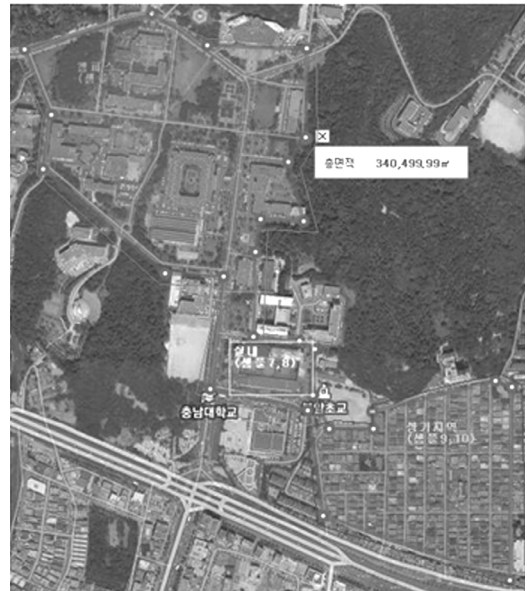


그림 8 AP 총 수집 지역

표 6 실사 테스트 결과: 거리오차 (단위: Meter)

	근접도 계산방법	누적	누적+가중치	백터	백터+가중치
실외	거리	100	57.1	56.5	57.5
		150	58.3	58.3	59.3
		200	62.8	62.9	63.4
	신호 강도	69.0	68.4	69.3	65.3
실내	거리	100	19.5	19.8	19.5
		150	17.1	19.8	17.1
		200	17.1	19.7	21.5
		300	22.7	23.7	22.7
	신호 강도	23.0	23.3	23.3	23.2
평균		38.51	39.16	39.29	41.80

알고리즘을 수행하였다. 실외의 경우, 수집된 신호가 낮은 강도를 갖는 신호가 대부분이고, 신호의 일관성이 많이 떨어지는 것이 관측되었다. 그래서 각 실험상황에서 고른 실험 결과를 얻는데 어려움이 있었고, 실내와 실외 모두 각 알고리즘이 대체적으로 비슷한 성능을 보였다. 그 중 실외의 경우, 최대 신호도달거리가 100M일 때 거리에 의한 누적+가중치(3) 방식을 적용한 방식이 평균 거리오차는 57미터로 근소하게 높은 정확도를 보였다. 실내의 경우는 최대 신호도달거리 150M일 때 거리에 의한 단순 누적(2) 방식이 평균 거리오차는 17미터로 다소 높은 정확도를 보였다. 실내가 실외보다는 비교적 정확한 위치계산 결과를 확인할 수 있었는데, 이는 실내가 실외보다 협소한 장소에서 위치계산이 수행되었기 때문인 것으로 분석된다. 또한 단순 사상된 AP신호 수나 강도의 차에 의한 근접도 계산방식보다는, RSSI를 거리로 환산한 근접도 방식이 높은 정확도를 보이는 것을 확인하였다.

전체적인 실험결과를 종합해 보면, 각 위치계산 알고리즘이 비슷한 성능을 제공하므로, 실제 위치 계산을 응용한 서비스에서는 거리에 의한 방식을 적용하되, 그 중 계산과정이 단순한 단순누적 방식이 적합한 것으로 판단된다.

6. 결 론

본 논문은 AP의 위치를 정확히 모르는 상태에서 실내와 실외에서의 무선랜 단말의 위치를 알 수 있는 방법을 제시하였다. 실험을 통하여 본 논문에서 제안한 알고리즘이 실외에서 57미터, 실내에서 17미터의 평균거리 오차를 보이는 것을 확인할 수 있었다. 오차의 이유는 공간지형에 따른 무선랜 신호 왜곡으로, 신호의 강도가 고르지 못하게 측정되기 때문으로 추정된다. 이러한 결과는 GPS를 이용한 위치 계산 방법의 정밀도에 비해서 상대적으로 큰 오차를 보인다. 무선랜 신호는 측정 시점의 공간적인 변화와 기후 등 순간적인 신호의 측정함으로써 얻는 값이 고르지 않다. 이러한 오차를 분산하기 위해 향후 같은 지점에서 중복하여 측정한 신호의 평균을 신호강도로 사용하는 방안이 필요하다.

이번 연구의 결과는 GPS가 동작하지 않는 실내에서도 데이터베이스만 구성이 되어있으면 충분히 위치를 판단할 수 있다는 것을 보여주었다. 또한 실외에서도 AP를 활용하여 위치 인식을 제공할 수 있는 충분한 가능성을 확인하였다. 이러한 무선랜을 활용한 위치계산은 위치추적을 기본으로하여 무선랜 사용자 간의 소셜 네트워크 서비스 등에 적극 활용할 수 있을 것이다.

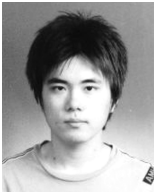
참 고 문 헌

- [1] B. Li, J. Salter, A. G. Dempster and C. Rizos, "Indoor Positioning Techniques Based on Wireless LAN," Presented at 1st International Conference on Wireless Broadband and Ultra Wideband Communications, Mar. 2006.
- [2] Z. Xiang, S. Song, J. Chen, H. Wang, and J. Huang, X. Gao, "A wireless LAN-based indoor positioning technology," *IBM Journal of Research and Development*, pp.612-626, Sep. 2004.
- [3] P. Bahl and V. N. Padmanabhan "RADAR: An In-Building RF-based User Location and Tracking System," *IEEE Infocom 2000*, pp.775-784, Mar. 2000.
- [4] H. Y. Kim, D. G. Seo and D. W. Shin, "A Wireless Solution for Indoor Location Services," *JCCI*, May. 2007.
- [5] M. Youssef and A. Agrawala, "The Horus WLAN Location Determination System," *Presented at 3rd International Conference on Mobile Systems, applications and Services*, Jun. 2005.
- [6] A. LaMarca, Y. Chawathe, S. Consolvo, J. Hightower and I. Smith, J. Scott, T. Sohn, J. Howard, J. Hughes, F. Potter, J. Tabert, P. Powledge, G. Borriello, B. Schilit, "Place Lab: Device Positioning Using Radio Beacons in the Wild," *In Proceedings of PERVASIVE2005*, pp.116-133, May. 2005.
- [7] Loki : <http://loki.com>
- [8] PlaceEngine: <http://placeengine.com>
- [9] Locky.jp : <http://locky.jp>
- [10] H. Yoshida, S. Ito, N. Kawaguchi, "Evaluation of Pre-Acquisition Methods for Position Estimation System using Wireless LAN," *The Third International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU 2006)*, pp.148-155, Oct. 2006.
- [11] W. M. Yeung, J. K. Ng, "Wireless LAN Positioning based on Received Signal Strength from Mobile device and Access Points," *IEEE Computer Society*, Aug. 2007.
- [12] Y. Cheng, Y. Chawathe, A. LaMarca, J. Krumm, "Accuracy Characterization for Metropolitan-scale Wi-Fi Localization," *In Proceedings of MobiSys 2005*, pp.233-245, Jun. 2005.



이 언 희

2010년 충남대학교 전기정보통신공학부 컴퓨터전공 학사. 2010년~현재 충남대학교 컴퓨터공학과 석사과정. 관심분야는 인터넷 트래픽 측정, 클라우드 컴퓨팅 등



심 병 렬

2010년 충남대학교 전기정보통신공학부
컴퓨터전공 학사. 2010년~현재 충남대
학교 컴퓨터공학과 석사과정. 관심분야는
인터넷 트래픽 측정, 네트워크 시뮬레이
션 등



이 영 석

1995년 서울대학교 컴퓨터공학과(학사)
1997년 서울대학교 컴퓨터공학과(석사)
2002년 서울대학교 전기·컴퓨터공학부
(박사). 2002년~2003년 University of
California, Davis 방문연구원. 2003년~
현재 충남대학교 전기정보통신공학부 컴

퓨터전공 부교수. 관심분야는 인터넷 트래픽 측정 및 분석,
미래 인터넷 설계