

# Wireless LAN기반의 실용적 실내위치측정시스템구축기법

신용우\*, 박제원\*\*, 최재현\*\*, 이남용\*\*\*

\*송실대학교 컴퓨터공학과

e-mail:yshin2yshin2@ssu.ac.kr

## A Implementation Techniques of Practical Indoor Localization System based on Wireless LAN

Yong-Woo Shin\*, Jae-Won Park\*\*, Jae-Hyun Choi\*\*, Nam-Yong Lee\*\*\*

\*Dept of Computer Engineering, Soongsil University

### 요 약

최근 유비쿼터스 사회로 진화해 가면서 위치정보의 중요성이 높아짐에 따라 실외를 대상으로 하는 서비스 뿐 아니라 실내를 중심으로 하는 위치기반서비스에 관심이 집중되고 있다. 실내에서 사용자나 사물의 위치를 정확히 파악하기 위한 기술이 요구됨에 따라 다양한 측정수단과 방식으로 연구가 진행되고 있다. 특히, 실내에 설치된 AP를 활용하는 것이 가능하여 무선 랜 환경을 이용한 연구가 주로 진행되고 있지만, 기존의 연구는 주로 정해진 환경이나 전용AP를 활용하고 있어 위치측정 장소의 변경 등 환경적 요인이 변경되면 시스템을 재구축해야 하는 경우가 발생하고, 기존의 AP를 활용하기에는 많은 어려움이 존재한다. 따라서 본 논문에서는 특정한 위치측정 장소에 의존하지 않고 이미 실내에 설치된 AP를 활용하기 위한 방안을 제시하여 사용자의 위치를 효과적으로 측정하고 모니터링하기 위한 실내위치측정시스템의 구축절차, 고려해야 할 사항 및 위치측정방법에 관하여 연구를 진행한다. 본 연구결과를 활용할 경우, 무선 랜 환경을 효과적으로 활용한 실내위치측정시스템의 구축이 용이할 것으로 기대된다.

### 1. 서론

정보통신기술의 발전으로 현대사회는 유비쿼터스 사회로 진화해 가면서 위치정보의 중요성이 높아짐에 따라 위치정보를 이용하여 차량 네비게이션, 사람찾기 등 다양한 형태의 위치기반서비스가 제공되고 있다. 최근에는 실외를 대상으로 하는 서비스 뿐 아니라 가정이나 요양시설에서 노인이나 어린이들의 위치추적 및 놀이공원, 대형건물의 안내서비스와 같이 실내를 중심으로 하는 위치기반서비스에 관심이 집중되고 있다[1]. GPS는 사용자의 위치를 파악하기 위한 가장 대표적인 기술이다. 하지만 건물내부, 지하 공간 및 건물이 밀집한 지역에서는 수신율이 현저히 낮아 정확도가 심하게 떨어져 실내의 위치측정기술로는 적합하지 않다[2]. 따라서 실내에서 사용자나 사물의 위치를 정확히 파악하기 위한 기술이 요구됨에 따라 Zigbee, UWB, RFID, 적외선 등을 이용한 기술과 무선 랜을 이용한 기술 등 다양한 측정수단과 방식으로 연구가 진행되고 있다. 하지만 Zigbee, UWB, RFID, 적외선을 이용한 시스템의 경우, 시스템을 위한 기반시설을 새로 설치해야 하기 때문에 시스템의 구축비용이 증가하는 문제가 있다[3,4]. 이에 비해 실내에 설치된 무선 랜을 이용한 기술의 경우, 이미 실내 곳곳에 설치된 AP(Access Point)를 활용하는 것이 가능하여 별도의 구축비용이 들지 않기 때문에 적은

비용으로도 위치측정시스템을 구축할 수 있는 장점을 가지고 있다. 이러한 장점으로 인하여 최근 실내의 무선 랜 환경을 이용하여 사물 및 사용자의 위치를 측정하려는 연구가 활발히 진행되고 있다. 무선 랜 기반의 실내위치측정에 관한 기존의 연구들은 정해진 실험환경만을 대상으로 이동객체의 위치를 측정하거나, 위치측정의 정확성이 높다는 이유로 확률적 기반의 핑거프린팅(Fingerprinting)방식 [5,6]에 관한 연구를 주로 진행하였다. 하지만 핑거프린팅 방식은 이동객체의 위치를 측정하기 전, 먼저 실내에 설치된 AP의 신호세기를 수집해야 하는 사전조사단계가 필요하기 때문에 위치측정 장소의 변경, 가구의 이동 등 환경적 요인이 변경되면 조사단계를 다시 거쳐야 하는 관리상의 문제를 가지고 있고, 위치측정을 위해 정해진 실험환경만을 대상으로 한 연구들은 이미 실내에 설치된 AP를 활용하기 위해서 AP를 연구방식에 맞게 다시 설치해야 하는 한계를 가지고 있다. 따라서 본 논문에서는 사전조사단계가 요구되지 않고 특정한 위치측정 장소에 의존하지 않으며, 이미 실내에 설치된 AP를 활용하기 위한 방안을 제시하여 사용자의 위치를 효과적으로 측정하고 모니터링하기 위한 실용적 위치측정시스템구축기법을 제안한다. 단, 동적인 이동객체의 위치측정을 실용적 측면에서 접근하기 위해 장애물이 없는 가시선환경에서 연구를 진행한다.

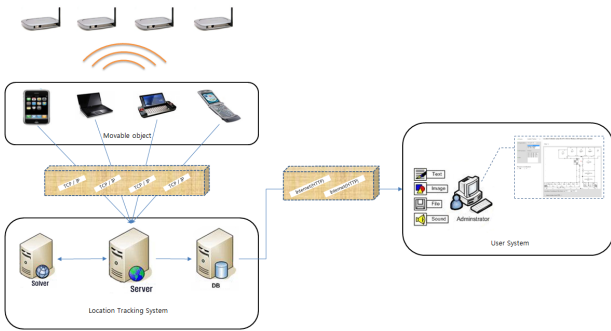
2. 실용적 실내위치측정시스템구축기법

2.1 RSSI정보수집기의 구현

실내에 설치된 AP의 신호세기를 송수신하기 위하여 별도의 태그 등 추가적인 장비를 구입하지 않고 이동객체에 수신된 신호세기를 서버로 송신할 수 있게 하는 응용 프로그램을 이용한다. 무선 랜 통신기능을 지원하는 장치라면 WNIC(Wireless Network Interface Card)가 장착되어 있다. WNIC는 네트워크 OSI 7계층 중 물리계층에 위치한 무선LAN Card를 지칭하는 것으로, AP가 송신한 신호세기, MAC주소, 네트워크 종류 등의 정보를 받는다. WNIC와 응용 계층에 위치한 프로그램의 통신은 네트워크 OSI 7계층 중 데이터 링크계층에 위치한 NDIS(Network Driver Interface Specification)를 통해 이루어진다. WNIC로부터 AP의 정보를 읽어오기 위하여 NDIS로 접근할 수 있는 NDIS IOCTL(Input Output Control) Interface를 구현해야 한다. 이를 구현한 응용 프로그램을 사용하여 WNIC로부터 AP의 정보를 읽어온 후, Socket을 이용하여 AP의 정보를 서버로 전송한다.

2.2 실내위치측정시스템의 아키텍처

실내위치측정시스템은 크게 이동객체, 위치측정시스템, 사용자시스템으로, <그림 1>와 같이 총 3가지로 구성된다. 위치측정의 대상이 되는 이동객체는 스마트폰, 노트북 등과 같은 것이며, 이외에도 무선 랜 통신기능을 지원하는 장치라면 어떤 것이더라도 위치측정의 대상이 될 수 있다.

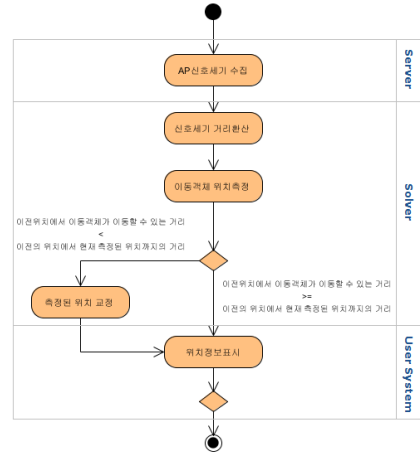


<그림 1> 실내위치측정시스템의 아키텍처

이동객체에 설치된 RSSI정보수집기는 TCP/IP 프로토콜을 이용해서 실내에 존재하는 여러 개의 AP로부터 수신되는 신호세기와 AP의 고유한 MAC주소를 서버로 전송한다. 위치측정시스템은 기능적 측면의 관점으로 서버(server), 솔버(solver), 그리고 데이터베이스(DB)로 구성된다. 측정된 이동객체의 위치정보는 AP의 MAC주소, 계산된 시간 등의 정보와 함께 데이터베이스로 저장된다. 사용자시스템은 HTTP 프로토콜을 이용해서 데이터베이스에 저장된 이동객체의 위치정보를 화면에 출력하는 역할을 수행한다.

2.3 실내위치측정시스템의 전체위치측정절차

본 논문에서 제시하는 실내위치측정시스템의 전체위치측정절차는 <그림 2>와 같다. 무선 랜 통신기능이 가능한 이동객체에 수신된 AP의 신호세기를 RSSI정보수집기를 이용하여 MAC주소와 함께 서버로 전송한다.



<그림 2> 전체위치측정절차

신호세기가 가장 큰 AP가 이동객체에 가장 가깝게 있다는 가정을 전제로 가장 강한 신호세기 3개를 이동객체의 위치계산을 위해 거리로 환산한다. 환산된 거리정보와 AP가 설치된 위치를 이용하여 본 논문에서 제시하는 위치측정방법을 통해 이동객체의 위치를 계산한 후, 사용자시스템을 통해 위치정보를 출력한다. 하지만 무선 랜 기반의 실내 환경에서 AP신호세기가 공기 중으로 전파될 때, 잡음 등의 영향을 받거나 감쇠 및 반사되어 유효하지 않은 신호세기가 이동객체에 수신될 수 있기 때문에 이동객체의 실제 위치와 측정된 위치의 오차범위를 크게 만들 수 있다. 현재 측정된 이동객체의 위치를 사용자시스템에 반영하기 전, 이전에 측정되었던 위치정보의 시점에서 유효하지 않은 신호세기가 수신된 시점까지의 시간동안 이동객체가 움직일 수 있는 영역을 활용한다. 올바르게 못한 위치가 측정되었다고 판단될 경우 위치정보를 교정한 후 사용자시스템의 화면에 출력한다.

2.4 RSSI를 거리로 환산하는 과정

AP의 신호세기를 이용하여 이동객체의 위치를 계산할 때 사용되는 거리를 구하기 위해서는 이동객체에 수신된 신호세기를 거리로 환산하기 위한 수식이 정의되어야 한다. 거리에 따라 이동객체에 수신되는 AP의 신호세기는 위치측정에 사용되는 AP의 성능에 따라 조금씩 차이가 있다. 따라서 실내에 이미 설치된 AP를 활용하기 위해서는 특정AP에만 국한되지 않는 포괄적인 수식이 필요하다. 이를 위해서 AP의 주파수, 출력전력, 안테나이득(antenna gain)과 이동객체의 안테나이득 및 AP와 이동객체의 거리를 모두 고려하여 AP의 신호세기와 거리의 관계를 정의

한 FRIIS공식을 이용한다. FRIIS공식은 AP의 신호세기와 이동객체의 거리관계를 2차원 평면상에서 정의한 공식이다. 하지만 실제로 위치한 이동객체의 공간은 3차원이므로 보다 정확한 AP와 이동객체의 거리를 측정하기 위해 3차원 공간을 고려한 공식으로 FRIIS 공식을 변경한다. FRIIS 공식에 이동객체와 AP의 높이차를 추가한 다음 이동객체에 수신된 신호세기를 거리로 환산하기 위한 공식으로 변경하면 (1)과 같은 수식을 정의할 수 있다.

$$d = A + \sqrt{\left(\frac{\lambda \times \sqrt{10^{-\frac{Prx - Ptx - Grx - Gtx}{20}}}}{4 \times \pi}\right)^2 + h^2} \quad (1)$$

Ptx, Gtx 및 λ은 각각 AP의 출력전력, 안테나이득, 그리고 파장을 의미하고, Prx, Grx는 각각 이동객체가 AP로부터 수신하는 신호세기와 이동객체의 안테나이득을 의미하며, d와 h는 이동객체와 AP사이의 거리, 이동객체와 AP의 높이차를 의미한다. A는 실내 환경의 손실계수로써 통신 환경에 따라 각각 다르게 주어진다.

### 2.5 이동객체의 위치측정과정

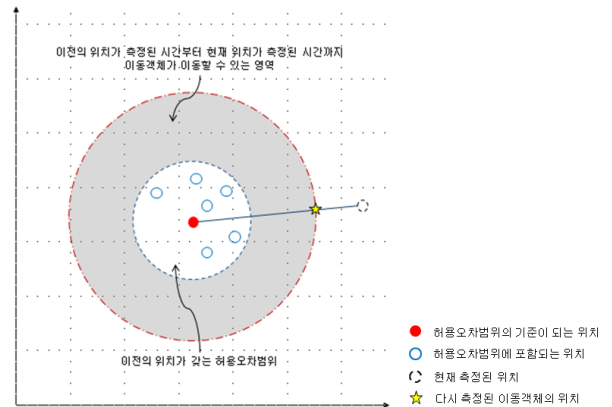
이동객체에 수신된 AP의 신호세기를 거리로 환산한 후 각 AP의 지점에서 거리를 반지름으로 갖는 원을 그리면 AP의 전파영역이 형성된다. 작은 원을 이루는 전파영역일 수록 이동객체는 해당 AP와 가까운 거리에 위치해 있다고 가정한다. 신호세기가 강한 세 개의 전파영역을 두 개씩, 세 개의 그룹으로 형성한 후, 두 개의 AP전파영역의 관계를 활용하여 이동객체의 예상위치를 선정한다. 두 개의 AP전파영역의 관계는 <표 2>와 같이 총 5가지로 정의된다. 각 그룹이 형성하는 전파영역의 관계에 따라 해당되는 지점을 이동객체의 예상위치로 선정한다. 가령, AP의 지점을 이은 거리가 각 AP의 신호세기를 환산한 거리의 합보다 클 경우, AP의 지점을 이은 직선과 신호세기가 강한 AP의 전파영역이 교차하는 지점을 이동객체의 예상위치로 측정한다.

두 AP가 형성하는 전파영역의 관계에 따라 선정된 세 개의 예상위치의 중앙값을 최종적으로 이동객체의 위치로 측정한다.

<표 2> 두 AP의 전파영역관계를 이용한 예상위치선정

두 AP의 전파영역관계	이동객체의 예상위치
교차하지 않을 경우	AP의 지점을 이은 직선과 신호세기가 강한 AP의 전파영역이 만나는 교차점
한 AP의 전파영역이 다른 AP의 전파영역에 포함될 경우	신호세기가 강한 AP가 설치된 위치
내접할 경우	외접점
교차할 경우	두 교점의 중간점
외접할 경우	내접점

측정된 위치의 정확성을 검증하기 위해 이전에 측정된 위치정보를 활용하여 이동객체가 이동할 수 있는 영역을 규정한 후, 유효하지 못한 신호세기를 구분하여 측정된 위치를 교정한다. 먼저, 측정된 위치의 허용오차범위를 규정하여 다음에 측정되는 위치를 기반으로 이동객체의 상태를 파악한다. 현재 측정된 위치가 이전에 측정된 위치의 허용오차범위에 포함되면 이동객체는 정적인 상태로 간주하고, 포함되지 않는다면 이동객체는 이전의 위치로부터 다른 위치로 이동하였을 경우, 또는 유효하지 못한 신호세기로 인하여 올바르지 못한 위치가 측정된 경우로 간주한다. 위치를 교정해야 할 대상은 유효하지 못한 신호세기가 수신되었을 경우이기 때문에 이동객체가 이전에 측정된 위치의 시점에서 현재 측정된 위치의 시점까지 이동할 수 있는 영역을 정의하여 구분하도록 한다. 현재 측정된 위치가 이동객체가 이동할 수 있는 영역에 포함되지 않으면 올바르지 못한 위치로 판단하고 허용오차범위의 위치들 중 기점이 되는 위치에서 현재 측정된 위치까지 이은 직선과 이동객체가 이동할 수 있는 영역의 교차점을 이동객체의 위치로 측정하여 기존에 측정되었던 위치를 교정한다. <그림 3>은 유효하지 못한 신호세기가 수신되었을 경우 측정된 위치를 교정하는 방법을 도식한 것이다

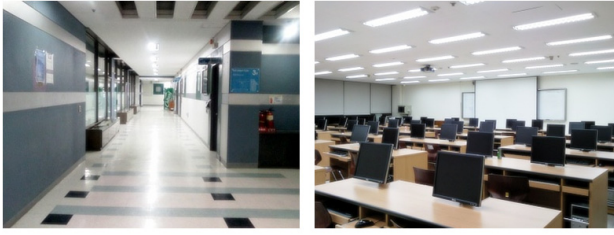


<그림 3> 위치교정방법

### 3 성능평가

#### 3.1 실험환경 및 방법

본 논문에서 구축한 실내위치측정시스템의 성능을 검증하기 위하여 <그림 4>과 같이 서로 다른 환경에서 4개의 AP를 각 다른 형태로 설치한 후 이동객체의 위치를 측정하였다. 실험1과 실험2, 모두 4개의 AP와 이동객체 사이에 장애물이 존재하지 않는 가시선환경이다. 실험1은 이미 실내에 설치되어있는 2개의 AP 위치에 실험에서 사용할 2개의 AP를 동일한 위치에 설치하고 본 논문에서 제시한 위치측정방법을 사용하기 위해 추가적으로 2개의 AP를 설치하여, 총 4개의 AP가 직선의 형태로 설치된 복도이다. 실험2는 4개의 AP를 양쪽 끝에, 사각형의 형태로 설치한 강의실이다.



실험1

실험2

<그림 4> 실내위치측정시스템의 성능평가 실험환경

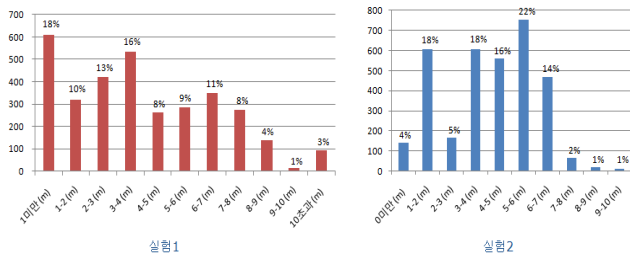
이동객체에 RSSI정보수집기를 설치하고, 3초 간격으로 실내에 설치된 AP의 정보를 수집하여 서버로 전송하였다. 이동객체의 실제 위치와 시스템을 통해 측정된 위치의 오차를 확인하기 위하여 실험1과 실험2에서 각각 10개의 측정지점과 12개의 측정지점을 선정한 후, 측정지점별로 각 400회씩 실험을 진행하였다.

### 3.2 실험결과

각 실험 환경에서 측정지점별 측정된 위치를 이동객체의 실제 위치와 비교하여 계산한 후, 계산된 오차에 가중치(weighting)를 적용하여 <표 3>과 같이 평균오차와 표준편차를 구한 결과, 최대 오차평균은 5.74로서,  $\pm 1.86$ 의 분포로 이동객체의 위치를 측정할 수 있었다.

<표 3> 각 실험환경의 평균오차 및 표준편차

위치	실험1		실험2	
	평균오차	표준편차	평균오차	표준편차
1	5.0	2.7349	5.44	1.1774
2	3.0	2.2113	3.6	0.4898
3	5.74	1.8634	5.12	1.1338
4	4.67	2.9578	4.02	1.4281
5	0.98	1.7376	4.61	1.1304
6	0.81	1.3761	1.19	0.8566
7	2.12	1.7735	0.85	0.9420
8	5.49	0.7279	4.17	1.3119
9	3.43	1.3729	5.35	0.9733
10	3.47	4.6785	2.34	1.0021
11	-	-	1.5	1.023
12	-	-	5.87	0.8905



실험1

실험2

<그림 5> 각 실험환경 별 측정된 위치의 오차별 빈도수

각 실험 환경에서 측정된 위치의 오차를 합산하여 오차별 빈도수를 <그림 5>와 같이 분석한 후, 95%의 신뢰

도수준으로 오차의 범위를 추정하면, 실험1과 실험2는 각 2M~10M, 1M~8M의 오차범위로 정의되었다.

### 4 결론

본 논문은 실내에서 무선 랜 기반의 환경을 이용하여 별도의 장비를 추가하지 않고, 무선 랜 통신이 가능한 장치를 활용하여 실내위치측정시스템을 구축하기 위한 절차, 방법 및 고려해야 할 사항들을 제시하였다. 또한, 일괄적인 AP의 배치형태 및 정해진 환경에서만 적용이 가능한 시스템이 아닌, 범용적인 환경에서 사용이 가능한 시스템을 구축하는 방법을 제안하여 그 활용도를 확장시켰다. 가시선환경에서 본 논문이 제시하는 절차에 따라 실내위치측정시스템을 구축할 경우, 실험환경이 변경되더라도 별도의 작업이 필요치 않고 실내에 이미 설치된 AP를 활용하여 구축된 시스템을 지속적으로 사용하여 10m이내의 오차범위를 갖는 위치측정이 가능할 것으로 판단된다.

향후, 이동객체와 AP사이에 장애물이 존재하는 경우와 존재하지 않는 경우에 따라 이동객체에 수신되는 신호세기의 패턴을 분석하여 시스템적으로 구별이 가능한 신호 모델을 생성한 후, 장애물이 존재하는 비가시선환경까지 추가한 연구를 진행할 것이다.

### 참고문헌

[1] J. Hightower, G. Borriello, "Location Systems for Ubiquitous Computing", IEEE Computer Society, Vol.34, No.8, pp.57-66, 2001.  
 [2] E. Kaplan, C. Hegarty, "Understanding GPS: Principles and applications", Artech House, 1996.  
 [3] D. Haahnel, W. Burgard, D. Fox, K. Fishkin, M. Philipose, "Mapping and Localization with RFID Technology", Intel Research, 2003.  
 [4] A. Ward, A. Jones, A. Hopper, "A new location Technique for the active office", IEEE Personal Communications, Vol.4, pp.42-47, 1997.  
 [5] P. Bahl, N. V. Padmanabhan, "RADAR: An In-Building RF-Based User Location and Tracking System", IEEE INFOCOM 2000, Vol.2, pp.775-784, 2000.  
 [6] X. Chai, Q. Yang, "Reducing the Calibration Effort for Probabilistic Indoor Location Estimation", IEEE Transaction on Mobile Computing, Vol.6, No.6, pp.649-662, 2007.