

무선랜 AP를 기반으로 한 실시간 위치추적시스템에 관한 연구

최재현* · 박제원* · 신용우** · 이남용***

A Study on An Real-time Identifying User Location System based on AP in Wireless LANs

Jae Hyun Choi* · Jae Won Park* · Young Woo Shin** · Nam Yong Lee***

■ Abstract ■

Recently, identifying user locations is becoming important as the society evolves into an ubiquitous society with the innovation of information technology. Particularly, many researches on identifying user locations are headed in direction to identify locations of users in the indoors, because a GPS that is widely used to identify the locations of users in the outdoors is inapplicable in the indoors. However, those researches are mostly not useful to general indoor environment because they are performed in a specific environment with specialized or customized devices such as UWB, RFID. Therefore, in this paper we propose a effective method to identify user locations in general indoor environments with wireless local network access points. Our approach enables to identify user location efficiently by measuring signal power of access points around the user and using the Friis formula which is used to calculate the distance among the things.

Keyword : Ubiquitous, Location Information, Wireless Access Point, Monitoring

논문투고일 : 2010년 07월 14일 논문수정완료일 : 2010년 08월 28일 논문게재확정일 : 2010년 09월 04일

* 숭실대학교 일반대학원 컴퓨터학과 박사과정

** 숭실대학교 일반대학원 컴퓨터학과 석사과정

*** 숭실대학교 컴퓨터학부 교수

1. 서론

정보통신기술의 발전으로 현대사회는 유비쿼터스(Ubiquitous)사회로 진화해가면서 위치정보의 중요성이 높아지고 있다. 최근에는 위치정보를 이용하여 친구찾기, 차량 네비게이션 등 다양한 형태의 위치기반서비스가 제공되고 있으며, 실외를 대상으로 하는 서비스 뿐 아니라 가정이나 요양시설에서 노인이나 어린이들의 위치추적 및 놀이공원, 대형건물의 안내서비스와 같이 실내를 중심으로 하는 위치기반서비스에 관심이 집중되고 있다[1].

대표적으로 사용자의 위치를 파악하기 위해 사용되는 기술로는 GPS(Global Positioning System)가 있지만 GPS는 건물내부, 지하 공간 및 건물이 밀집한 지역에서 수신율이 현저히 떨어져 측정된 위치의 정확도가 심하게 낮아지므로 실내의 위치추적수단으로는 다소 부적합한 점이 있다[2]. 이를 해결하기 위해 최근 적외선, 초음파, UWB(Ultra Wideband), RFID(Radio Frequency Identification), 적외선 등 다양한 수단을 이용한 연구들이 진행되고 있지만 이를 사용한 시스템의 경우, 사용자의 위치를 추적하기 위해 추가적인 장비가 필요하기 때문에 위치추적시스템의 구축비용이 증가하고, 일반적인 환경에서는 설치가 용이하지 않기 때문에 활용성이 떨어지는 단점이 있다. 그러나 실내에 설치된 무선랜을 이용한 시스템의 경우는 가정은 물론 사무실, 학교, 병원, 그리고 백화점 등 이미 실내 곳곳에 설치된 무선랜 AP(Access Point)를 활용하는 것이 가능하여 별도의 구축비용이 들지 않기 때문에 이러한 무선랜 환경을 이용하여 사물 및 사용자의 위치를 추적하려는 연구가 활발히 진행되고 있다[3-5]. 그러나 이러한 연구들의 경우에도 사용자의 위치를 추적하기 위해 신호강도 등과 같은 추가적인 정보파악이 가능한 특수한 무선랜 AP를 사용하거나, 무선랜 AP의 배치 간격 및 위치 등을 효율적으로 구성한 실험환경만을 대상으로 사용자의 위치를 추적하기 때문에 일반적인 환경에서는 활용하기가 다소 어려운 점이 존재

한다. 또한, 이러한 연구들은 대부분 위치추적방식으로 확률적 기반의 핑거프린팅(Fingerprinting)방식을 주로 사용하는데 이 방식은 사용자의 위치를 추적하기 전, 실내에 설치된 무선랜 AP의 신호세기를 각지점마다 전부 수집해야 하는 복잡한 사전조사단계가 필요하기 때문에 측정이후 환경적 요인이 변경되면 복잡한 사전조사단계를 다시 거쳐야 하는 관리상의 문제를 가지고 있다.

이에 본 논문에서는 특정한 실험환경이 아닌 일반적인 환경에서 무선랜 AP들을 활용하여 환경적 요인이 변경되어도 간단하고 손쉬운 사전측정만으로 사용자의 위치를 추적할 수 있는 실시간위치추적시스템을 제안한다. 본 논문에서 제시하는 시스템은 실내에 자유롭게 설치된 무선랜 AP를 기반으로 사용자의 위치를 추적할 수 있으며, 핑거프린팅 방식을 이용하지 않기 때문에, 무선랜 AP의 위치변경, 추가, 제거와 같은 환경적 요인이 변화된다 하더라도 시스템에 저장된 무선랜 AP의 위치교정만으로 효과적인 사용자의 위치추적이 가능하다.

2. 관련 연구

2.1 실시간 위치추적시스템

무선랜 AP를 활용하지 않는 실시간 사용자위치추적시스템은 주로 정확한 사용자의 위치추적을 위해 라디오주파수(RF : Radio Frequency)나 적외선 등을 활용한다. 대표적으로 AT&T에서 개발한 액티브 배지(Active Badge)[6] 시스템은 객체의 위치추적을 위해 적외선을 이용하였으며, Microsoft 연구소에서 개발한 RADAR[7] 시스템은 객체의 위치추적을 위해 RF를 이용한다. 그러나 이러한 방식들은 사용자의 위치추적을 위해 별도의 장비를 활용하는 방식으로써 일반적인 환경에 구축하기에는 다소 어려운 점이 있다. 또한 서비스 제공측면에서도 사용자의 정확한 위치(cm단위)를 기준으로 제공 가능한 서비스들 보다는 사용자의 활동 위치

(m단위)를 기준으로 제공 가능한 서비스들이 비교적 많기 때문에 새로운 장비를 활용하여 사용자의 정확한 위치를 파악하는 것 보다는 기존의 장비를 활용하여 사용자의 활동위치를 식별하는 것이 보다 효율적이라 할 수 있다.

무선랜 AP를 활용하여 실시간으로 사용자위치를 추적하는 시스템은 대부분 핑거프린팅방식과 거리측정방식의 2가지 방식을 활용하여 구축된다. 핑거프린팅방식은 위치추적을 위해 각 위치에서의 모든 정보를 데이터베이스에 저장하고 이를 사용자정보와 비교하여 위치를 추적하는 방식으로, 위치추적시스템을 구축하기 위해서 사전에 모든 위치에 대한 정보가 파악되어야 하고, AP의 위치 등 환경적 요인이 변하는 경우 이러한 정보를 재조정하여야 하므로 지속적이고 효율적인 위치추적이다소 어려운 점이 있다. 앞서 언급한 RADAR 시스템이 내부적으로 핑거프린팅 방식을 이용한다.

거리측정방식은, 이동객체에 수신되는 신호의 도착시간(TOA : Time of Arrival)[8]을 이용하는 방식, 신호의 도착각도(AOA : Angle of Arrival)[9]를 이용하는 방식, 신호세기(RSSI : Received Signal Strength Intensity)[10]를 이용하는 방식 등으로 세분화되는데, 이중 TOA를 이용한 위치추적방식은 이동객체와 송신기간의 신호전달시간을 측정하여 이동객체에서 송신기까지의 거리를 구한 후, 이를 기반으로 이동객체의 위치를 추적하는 방식이다. 반드시 이동객체와 위치추적에 사용되는 모든 송신기의 시간이 동기화되어야 하기 때문에 TOA를 활용하기 위한 특수한 송신기가 필요하다. 따라서 일반적인 송신기를 활용해 실내에서 이동객체의 위치를 추적하기에는 어려운 방식이다. MIT에서 개발한 크리켓(Cricket)[11]이 대표적인 TOA를 이용한 위치추적시스템이다. AOA를 이용한 방식은 두 개의 송신기에서 발생한 신호가 이동객체에 수신될 때 형성되는 신호의 방향을 측정하여 해당 신호의 방향각을 구하고, 방향각이 이루는 방향선의 교차점을 이동객체의 위치로 추적한다. 주로 GPS에서 사용하는 방법으로 실내에서는 적용하기

어려운 방식이다. RSSI를 이용한 방식은 이동객체에서 송신기까지의 거리와 이동객체에 수신되는 신호세기의 관계를 이용해서 이동객체의 위치를 추적하는 방식이다. 이동객체에 수신되는 신호세기만을 이용해서 이동객체의 위치를 추적할 수 있기 때문에 적은 비용으로 시스템을 구축할 수 있고, 기존의 일반적인 송신기를 활용하기에 적합한 방식이다.

본 논문에서는 일반적인 환경에서 기 설치된 무선랜 AP를 활용하여 효율적인 실시간위치추적시스템을 구성하는 것을 목적으로 하기 때문에 이러한 방식들 중 RSSI를 이용한 방식을 활용한다. 이 방식은 앞서 언급한 대로 신호세기를 기준으로 추적하는 방식이기 때문에 일반적인 환경에 설치된 무선랜 AP를 그대로 활용하여 실시간위치추적시스템을 구축하는데 있어 매우 유용한 방식이다.

2.2 신호세기를 이용한 실시간 위치추적방식

신호세기(RSSI)를 이용한 실시간 위치추적방식은 AP(Access Point)에서 수신된 이동객체의 신호세기를 측정하여 이용하는 것으로, 이동객체와 AP 사이에서의 신호의 파워 손실 혹은 경로 손실(path loss)을 신호가 이동한 거리와 연결시키는 방식이다. 이 때 신호의 경로 손실과 거리와의 관계는 Friis 공식에 의해 설명된다.

$$Prx = Ptx \times Gtx \times Grx \times \left(\frac{\lambda}{4 \times \pi \times d}\right)^2 \quad (1)$$

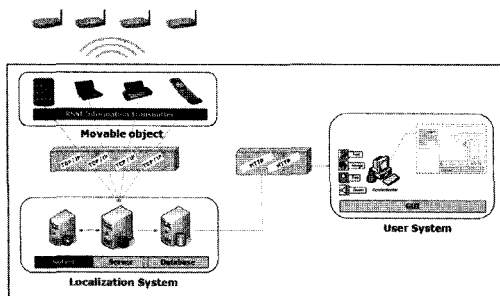
Ptx , Gtx 및 λ 은 각각 AP의 출력전력, 안테나 이득, 그리고 파장을 의미하고, Grx , d 는 각각 이동객체의 안테나이득과 AP와 이동객체의 거리를 의미하며 Prx 는 이동객체에 AP로부터 수신되는 신호세기를 의미한다. 이러한 Friis 공식을 기반으로 RSSI를 사용하여 위치추적시스템을 구축하는 경우 그 정확성은 실제 환경에 따라 많은 차이가 있을 수 있다. 이것은, AP의 방향성이나 안전성, 장애물, 사무실의 칸막이나 벽등이 신호세기에

영향을 미칠 수 있기 때문이다. 또한, 식 (1)에서 보이는 것처럼 측정되는 거리가 멀면 멀수록 신호 세기에 미치는 영향은 커진다. 따라서 RSSI를 이용한 위치 추정 은 상대적으로 낮은 위치 추정 정확성 및 낮은 위치 추정 안정성을 제공한다. 이에 본 논문에서는 이러한 Friis의 공식을 기반으로 일반적인 환경에서 보다 정확한 추적을 위해 별도의 환경적 요인을 표현하는 변수들을 추가, 확장하여 적용함으로써 정확도를 향상시킨다.

3. 무선랜 AP기반 실시간 위치추적 시스템

3.1 시스템구성

무선랜 AP기반 실시간 위치 추적시스템은 크게 이동객체(Movable Object), 위치추적시스템(Localization System), 사용자시스템(User System)으로, [그림 1]과 같이 총 3가지로 구성된다. 위치추적의 대상이 되는 이동객체는 UMPC(Ultra Mobile PC), 스마트폰, 휴대폰, 노트북 등과 같이 무선랜 통신 기능을 지원하는 장치라면 어떤 것이라도 위치추적의 대상이 될 수 있다.



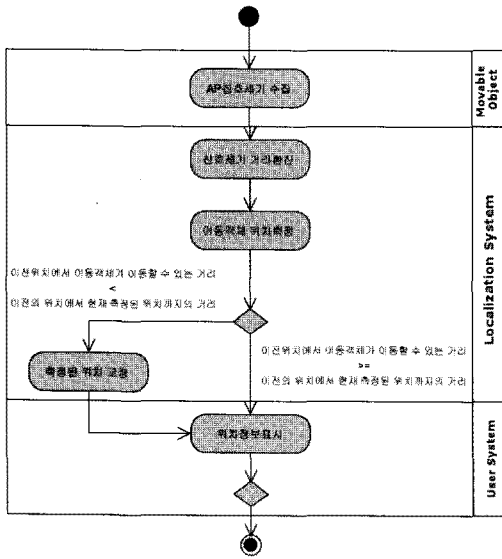
[그림 1] 무선랜 AP기반 실시간 위치추적시스템의 구성도

이동객체에 RSSI 정보송신기를 설치하여 실내에 존재하는 AP의 신호세기와 고유한 MAC주소를 TCP/IP 프로토콜을 통해서 서버로 전송한다. 위치추적시스템은 기능적 측면의 관점으로 서버

(Server), 솔버(Solver), 그리고 데이터베이스(DB)로 구성된다. 서버는 수신된 AP의 신호세기를 가장 강한 신호세기 순서로 정렬하고 솔버는 수신된 신호세기 중 가장 강한 3개의 신호세기를 위치계산을 위해서 거리로 환산한 후, 이동객체의 위치를 추적한다. 계산된 이동객체의 위치정보는 AP의 MAC주소, 측정된 시간 등의 정보와 함께 데이터베이스로 저장된다. 사용자 시스템은 HTTP 프로토콜을 통해서 데이터베이스에 저장된 이동객체의 위치정보를 화면에 출력하는 역할을 수행한다.

3.2 실시간 위치추적 절차

무선랜 AP를 이용하여 이동객체의 위치를 추적하는 절차는 [그림 2]와 같다. 먼저, 무선랜 통신이 가능한 이동객체에 RSSI 정보송신기를 설치하여 수신된 AP의 신호세기를 MAC주소와 함께 서버로 전송한다. 서버는 수신된 AP의 신호세기를 내림차순으로 정렬한 후, 신호세기 중 가장 강한 세 개의 신호세기를 솔버로 전송한다. 솔버는 세 개의 신호세기를 이동객체의 위치를 추적하기 위해 거리로 환산한다. 신호세기가 가장 큰 AP가 이동객체에 가장 가깝게 있다는 가정을 전제로 환산된 거리정보와 AP가 설치된 위치정보를 이용하여 이동객체의 위치를 추적한다. 하지만 무선랜 기반의 실내 환경에서는 AP신호세기가 공기 중으로 전파될 때, 수시로 감쇠, 굴절 및 반사되므로 유효하지 않은 신호세기가 이동객체에 수신되어 올바르게 추적이 되지 않는 위치가 추적될 수 있기 때문에 추적된 위치를 사용자시스템의 화면을 통해 출력하기 전에 추적된 위치의 유효성을 검사한다. 이전에 추적된 위치의 시점에서 현재 추적된 위치의 시점까지 이동객체가 이동할 수 있는 영역을 정의하여 현재 추적된 위치의 포함여부에 따라 유효성검사가 진행된다. 유효하지 않은 신호세기가 수신되었을 경우, 추적된 위치를 교정하여 사용자 시스템의 화면에 출력하고, 유효한 신호세기가 수신되었을 경우, 교정과정을 거치지 않고 추적된 위치를 출력한다.



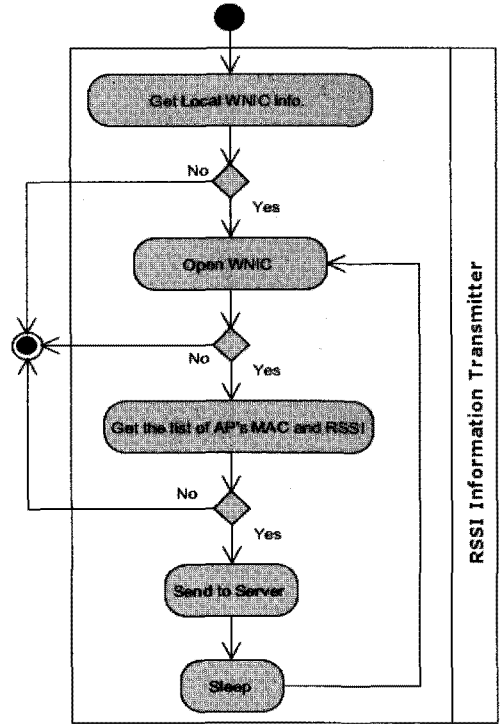
[그림 2] 실시간 위치추적의 절차

3.2.1 AP신호세기 수집

AP신호세기 수집은 사용자의 위치에 RSSI정보 송신기를 설치함으로써 이루어진다. RSSI 정보송신기는 WNIC(Wireless Network Interface Card)에 접근하여 AP정보를 판독한 후, AP정보를 서버로 전송하기 위해 구현된 실시간위치추적시스템의 클라이언트 프로그램이다. RSSI정보송신기는 클라이언트의 NDIS(Network Driver Interface Specification)로 접근한 후 WNIC에 수신된 AP의 정보를 판독한 다음 소켓(Socket)을 이용하여 AP의 정보를 서버로 전송한다. 위치추적의 대상이 되는 이동객체에 RSSI정보송신기만 설치하면 이동객체에 수신되는 AP의 정보를 판독하여 서버로 송신할 수 있다. 즉, 별도의 태그(Tag) 등 추가적인 장비를 구입하지 않고 클라이언트 프로그램을 통해 사용자의 위치에서 접근 가능한 무선랜 AP의 정보를 파악하여 서버로 송신하기 때문에 적은 비용으로 실시간 위치추적시스템을 구축할 수 있다. RSSI정보송신기가 이동객체에 수신된 AP의 정보를 수집하여 서버로 송신하는 절차는 [그림 3]과 같다.

RSSI정보송신기는 이동객체에 WNIC의 존재여부를 확인하고 WNIC가 존재하면 NDIS에 접근하

여 WNIC에 수신된 AP의 신호세기와 MAC주소를 판독한 후, 이 정보를 서버로 전송한다.



[그림 3] RSSI정보송신기의 작동절차

3.2.2 신호세기의 거리 환산

신호세기의 거리환산에서는 이동객체에 수신되는 AP의 신호세기와 거리의 관계를 이용하여 이동객체의 위치를 추적한다. 따라서 이동객체에 수신된 신호세기를 거리로 환산하기 위한 수식이 정의되어야 한다. 거리에 따라 이동객체에 수신되는 AP의 신호세기는 위치추적에 사용되는 AP의 출력전력, 안테나 개수 등 AP의 성능에 따라 조금씩 차이가 있다. 따라서 기존의 일반적인 AP를 활용하기 위해서는 특정 AP에만 국한되지 않는 포괄적인 수식이 필요하다. 이를 위해서 AP의 주파수, 출력전력, 안테나이득(antenna gain)과 이동객체의 안테나이득 및 AP와 이동객체의 거리를 고려하여 AP의 신호세기와 거리의 관계를 정의한 Friis공식을 확장하여 적용한다. Friis공식은 관련연구에

서 언급한 대로 AP의 신호세기와 이동객체의 거리관계를 2차원 평면상에서 정의한 공식이지만, 무선랜 AP의 다이폴안테나 특성으로 3차원공간에서 Friis공식을 이용하면 AP의 고도가 적용된 거리가 측정된다. 그러나 2차원평면에서 이동객체의 좌표를 표시해 주어야 하므로 2차원평면상의 거리로 변경해 주어야 한다. 또한, 가시선의 환경일지라도 AP의 신호세기는 사람 등 유동적인 장애물에 의해 영향을 받으므로, 유동적인 장애물이 많은 시간대와 없는 시간대에 따라 신호세기의 손실계수가 추가적으로 고려되어야 한다. Friis 공식을 이동객체에 수신된 신호세기를 거리로 환산하는 수식으로 변경한 후 이동객체와 AP의 높이차이, 그리고 시간대에 의한 손실계수를 추가하면 식 (2)와 같은 수식을 도출할 수 있다.

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

〈표 1〉 이동객체와 AP간의 거리추정을 위한 수식의 내용

변수	설명	단위	비고
d	이동객체와 AP의 거리	m	-
A	시간대에 의한 신호손실계수	m	시스템 설정값
λ	AP의 파장	m/s	AP사양
Prx	이동객체에 수신되는 AP이 신호세기	dBm	-
Ptx	AP의 출력전력	dBm	AP사양
Grx	이동객체의 안테나이득	dB	-
Gtx	AP의 안테나이득	dB	AP사양
h	AP와 이동객체의 높이차이	m	시스템 설정값

Ptx, Prx, Gtx, λ는 위치추적에 사용되는 AP의 사양에 의해 값이 정해지고, A와 h는 시스템의 설정 값에 따라 결정된다. A는 위치추적 장소에 유동적인 장애물 요인이 많은 시간대와 그렇지 않은 시간대의 통신환경에 따라 각각 다르게 주어진다.

실제로 이러한 A의 값은 핑거프린팅방식과 같이 사전조사에 의해 측정되어야 정확한 값을 얻을 수 있다. 그러나 이러한 A값 측정은 핑거프린팅방식과 같이 모든 지점에서의 데이터를 전부 조사하여야 하는 것은 아니다. 한 지점에서만 장애물요인이 많은 시간과 그렇지 않은 시간에 신호세기를 측정하면 얻을 수 있는 값으로 핑거프린팅방식에 비해 비교적 매우 간단한 측정절차라 할 수 있다. 그리고 이렇게 측정된 값은 핑거프린팅방식과는 달리 AP가 이동되거나 배치가 변화한다하더라도 재측정할 필요는 없다. 이것은 그 값이 순전히 무선 AP의 특성에 따라 좌우되는 값이기 때문이다. 실제로 본 논문은 유동적인 환경에서 기 설치된 AP를 활용하여 사용자위치추적을 하기 위한 방법을 제안하는 것이므로 적용과정에서 실제 무선랜 AP의 특성을 어느 정도 고려하여야 하며 이를 위해 사전측정이 필요한 것은 분명하다. 그러나 비교적 간단한 방법으로 가능하며 후후 연구에서는 이러한 A값에 대한 보다 효율적인 산정을 위해 무선 AP의 신호세기감쇠예측모델과 같은 이론적인 모델을 추가적으로 정립할 예정이다.

3.2.3 이동객체의 위치추적

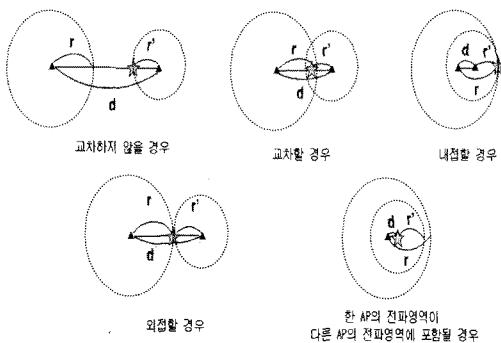
“실내에 설치된 무선 AP의 신호세기를 거리로 환산한 후, 세 개의 무선 AP지점에서 환산된 거리를 반지름으로 갖는 세 개의 원을 그리면 한 점에서 만나는 점이 생긴다.” 삼각측량방식은 이 가정을 기반으로 사용자의 위치를 측정한다. 하지만 일반적으로 의도적으로 구성되지 않은 무선랜 환경에서는 이렇게 세 개의 원이 정확히 한 점에서 만나는 경우는 거의 존재하지 않는다. 실제로 800번 이상을 측정한 실험결과에서도 세 개의 원이 교차하는 경우도 약 3% 미만이었다. 즉, 일반적인 무선랜 환경에서 무선 AP만을 이용할 때 3개의 원을 이용하여 삼각측량을 하는 것은 매우 어렵다. 위의 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 [그림 4]와 같이 세 개의 원을 각 두개씩 그룹을 지어, 세 개의 그룹(두 원이 하나의 그룹)을 두 원의 성질을

이용하여 각 그룹에서 사용자의 예상위치 세 곳을 측정한다. 이 후, 세 점의 중심점을 사용자의 위치로 측정하였다. 또한 이동객체의 위치추적은 이동객체에 수신된 신호세기 중 신호세기가 가장 큰 AP가 이동객체에 가장 가깝게 있다는 가정을 전제로 이루어진다. 하지만 유효하지 않는 신호세기가 수신되어 이 가정이 위반될 수 있으므로 추적된 위치의 유효성을 검증하는 단계까지 진행한 후, 최종적으로 이동객체의 위치를 추적한다.

이러한 방법에 따라 이동객체를 추적하기 위해 먼저, 이동객체의 방향성을 나타내기 위해 이동객체에 수신된 AP의 신호세기 중 3개의 강한 신호세기를 선정하고 이 신호세기를 RSSI거리환산방법에서 도출한 수식을 통해 거리로 환산한 후, 각 AP가 설치된 위치에서 환산된 거리를 반지름으로 갖는 원을 만들어 각 AP의 전파영역을 형성한다. 이 때, 앞서 언급한 전제에 의해 작은 원을 이루는 AP의 전파영역일 수록 이동객체는 해당 AP와 가까운 거리에 위치해있다고 할 수 있다. 이 후 세 개의 전파영역을 두 개씩, 세 개의 그룹으로 형성한 후, [그림 4]와 같이 두 AP가 형성하는 전파영역의 관계에 따라 이동객체가 위치해 있을 예상위치 3곳을 선정한다. 세모 점은 AP가 설치된 위치를 나타내고, 별은 예상위치로 선정된 이동객체의 위치를 나타낸다.

우, 교차할 경우, 내접할 경우, 외접할 경우, 그리고 한 AP의 전파영역이 다른 AP의 전파영역에 포함될 경우로 구분된다. 이동객체의 예상위치를 선정하기 위해서 AP가 설치된 위치들을 이은 직선의 거리와 각 AP의 신호세기를 환산한 거리의 합 또는 차를 비교한다.

가령, AP가 설치된 위치들을 이은 직선의 거리가 각 AP의 신호세기를 환산한 거리의 합보다 큰 경우는 두 AP가 형성하는 전파영역이 교차하지 않는다는 것을 의미한다. 이 경우, AP가 설치된 위치들을 이은 직선과 두 개의 신호세기 중 강한 신호세기의 AP가 형성하는 전파영역이 교차하는 지점을 이동객체의 예상위치로 추적한다. 이와 반대로 두 개의 AP가 형성하는 전파영역이 교차할 경우, 두 교차점의 중간점을 이동객체의 예상위치로 선정하고, 내접할 경우는 내접점을, 외접할 경우는 외접점을, 마지막으로 한 AP의 전파영역이 다른 AP의 전파영역에 포함될 경우는 내부 AP가 설치된 위치를 이동객체의 예상위치로 선정한다. <표 2>는 두 개의 AP가 설치된 위치를 이은 직선의 거리와 각 AP의 신호세기를 환산한 거리의 합과 차에 따라 정의된 전파영역의 관계와 이동객체의 예상위치를 선정하는 방법을 나타낸다. 두 AP가 형성하는 전파영역의 관계에 따라 선정된 세 개의 예상위치의 중앙값을 이동객체의 위치로 추적한다.



[그림 4] APs의 전파영역관계

두 AP가 형성하는 전파영역은 교차하지 않을 경

<표 1> 이동객체의 예상위치

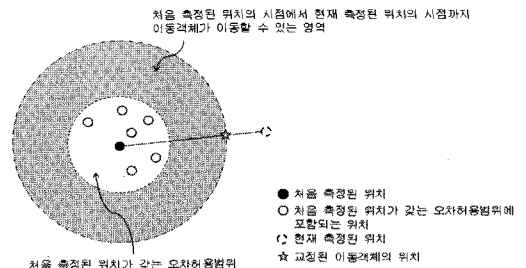
두 개 APs의 전파영역관계		이동객체의 예상위치
$d > r+r'$	교차하지 않을 경우	AP의 지점을 이은 직선과 신호세기가 강한 AP의 전파영역이 만나는 교차점
$r-r' < d < r+r'$	교차할 경우	두 교점의 중간점
$d < r-r'$	내접할 경우	외접점
$d = r+r'$	외접할 경우	내접점
$d = r-r'$	한 AP의 전파영역이 다른 AP의 전파영역에 포함될 경우	신호세기가 강한 AP가 설치된 위치

3.2.4 이동객체의 위치교정

무선랜 환경에서 송신되는 AP의 신호세기는 수시로 공기 중에서 산란, 감쇠 및 굴절될 수 있다. 즉, 이동객체에 수신된 신호세기 중 신호세기가 가장 큰 AP가 이동객체에 가장 가깝게 있다는 가정이 위반될 수 있기 때문에 이동객체의 실제 위치와 추적된 위치의 오차는 다소 커질 수 있다. 따라서 현재 추적된 위치의 유효성을 검증해서 추적된 위치가 올바르게 옳다고 판단될 경우, 이를 교정하는 과정이 필요하다. 실내에서 공기, 사람 등 환경적 요인의 영향을 크게 받는 AP의 신호세기를 이용하여 이동객체의 위치를 100%로 정확하게 추적한다는 것은 불가능하기 때문에 추적된 위치의 허용오차범위를 규정해서 다음에 추적되는 위치가 이전에 추적된 위치의 허용오차범위에 포함되는지 아니면 포함되지 않는지를 구분하여 이동객체의 상태를 확인하도록 한다. 즉, 현재 추적된 위치가 이전에 추적된 위치의 허용오차범위에 포함되면 이동객체는 정적인 상태로 간주하고, 포함되지 않는다면 이동객체는 이전의 위치로부터 현재 추적된 위치로 이동한 정상적인 상태, 또는 유효하지 못한 신호세기가 이동객체에 수신되어 올바르게 추적된 위치가 추적된 비정상적인 상태로 간주한다. 추적된 위치의 허용오차범위는 시스템에 의해 설정되는 값으로 시스템에 따라 다를 수 있다. 교정 과정이 필요한 경우는 유효하지 못한 신호세기가 수신되었을 경우이므로 현재 추적된 위치가 이전에 추적된 위치의 허용오차범위에 포함되지 않았을 경우, 이동객체가 이전에 추적된 위치의 시점에서 현재 추적된 위치의 시점까지 이동할 수 있는 영역을 정의하여 이동객체의 정상적인 상태와 비정상적인 상태를 구분해준다. 이 때, 이동객체는 k 초에 동일한 거리로만 이동할 수 있다고 가정한다. 이전의 위치가 추적된 시점(t_1)에서 현재 위치가 추적된 시점(t_n)까지 이동객체가 이동할 수 있는 거리는 식 (3)과 같다.

$$\alpha = \left(\frac{t_n - t_1}{k} \right) \times d \quad (3)$$

k 와 d 는 각각 RSSI정보송신기가 서버로 AP의 정보를 송신하는 시간차와 이동객체가 k 초에 이동할 수 있는 거리(m)를 나타낸다. 이는 시스템마다 다를 수 있다. 이전에 추적된 위치를 기점으로 이동객체가 이동할 수 있는 거리를 반지름으로 갖는 원을 형성한 후, 현재 추적된 위치가 해당 영역에 포함되면 이동객체는 이전의 위치에서 현재의 위치로 이동한 정상적인 상태로 간주하고, 포함되지 않는다면 유효하지 못한 신호세기로 인하여 올바르게 추적된 위치가 추적된 비정상적인 상태로 간주한다. 비정상적인 상태일 경우, 교정과정을 통해 새로운 위치로 추적한다. [그림 5]는 유효하지 못한 신호세기가 수신되었을 경우 추적된 위치를 교정하는 방법을 도식한 것이다.



[그림 5] 이동객체의 위치 교정

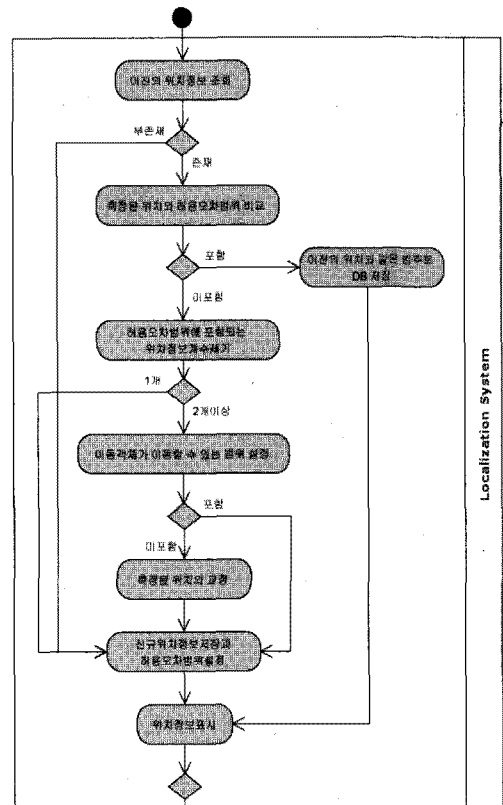
처음 추적된 위치는 검은 점이고, 이 지점을 중심으로 처음 추적된 위치의 허용오차범위를 형성한다. 다음에 추적된 위치는 작은 원들로 처음 추적된 위치의 허용오차범위에 포함된다. 즉, 이동객체의 정적인 상태에서 정상적으로 추적된 위치로 판단하고 사용자 시스템의 화면에 표시한 후, 추적된 시점은 처음 추적된 위치의 시점과 동기화한다. 하지만 현재 추적된 위치는 처음 추적된 위치의 허용오차범위에 포함되지 않으므로, 이동객체가 이전의 위치에서 현재 위치로 이동해서 추적된 올바른 위치인지, 아니면 유효하지 못한 신호세기가 이동객체에 수신되어 올바르게 추적된 것인지 구분해주어야 한다. 이를 위해서 처음 추적된 위치의 시점에서 현재 추적된 위치의

시점까지 이동객체가 이동할 수 있는 영역을 회색의 원과 같이 정의한다. 하지만 현재 추적된 위치는 회색의 원에 포함되지 않으므로 올바르지 못한 위치가 추적된 것이다. 따라서 올바르지 못한 위치를 교정해주기 위해 처음 추적된 위치와 현재 추적된 위치를 이은 직선과 이동객체가 이동할 수 있는 영역의 교차점으로 현재 추적된 위치를 변경하여 사용자시스템의 화면에 표시한다.

3.2.5 위치정보 표시

[그림 6]은 이동객체의 예상위치로 선정된 세 위치의 중앙값을 사용자 시스템의 화면에 출력하기 전, 추적된 위치의 정확성을 검증하기 위한 절차이다. 먼저, 데이터베이스에 저장되어 있는 위치정보의 존재여부를 확인한다. 위치정보가 존재하지 않는다면 현재 추적된 위치를 기준으로 허용오차범위를 설정한 후, 데이터베이스에 저장하고 사용자 시스템의 화면에 위치를 표시한다. 위치정보가 존재할 경우, 설정된 허용오차범위에 추적된 위치가 포함되는지의 여부를 확인한다. 포함되면 이동객체는 이전에 추적된 위치에서 이동하지 않는 상태라고 간주하고 추적시점을 이전에 추적된 위치의 시점과 동기화한 후, 데이터베이스에 저장하고 사용자 시스템의 화면에 위치를 표시한다. 포함되지 않을 경우, 먼저 허용오차범위에 포함되는 위치정보의 개수를 확인한다. 그 이유는 단 하나의 기준점을 갖는 허용오차범위는 그 기준점의 유효성을 파악할 수 없기 때문에 현재 추적된 위치의 유효성을 검증하기 위해서 사용하기에는 적절하지 않다. 따라서 허용오차범위에 포함된 위치정보가 2개 이상인 경우에만 허용오차범위의 기준점에서 이동객체가 이동할 수 있는 영역을 설정하여, 현재 추적된 위치가 교정 작업이 필요한지의 여부를 파악한다. 이동객체가 이동할 수 있는 영역에 추적된 위치가 포함되지 않는다면 유효하지 못한 신호세기가 수신되어 올바르지 못한 위치가 추적된 것이기 때문에 추적된 위치를 교정한다. 교정된 위치를 기준으로 허용오차범위를 설정하고, 데이

터베이스에 저장한 후, 사용자시스템의 화면에 교정된 위치정보를 표시한다.



[그림 6] 이동객체의 위치정보 표시

4. 무선랜 AP기반 실시간 위치추적 시스템의 구현 및 평가

본 논문에서 제시한 방법을 평가하기 위해 일반적인 환경 하에서 무선랜 AP기반 실시간 위치추적시스템을 구현한 후, 시스템의 성능을 평가하였다. 이동객체와 AP의 통신환경은 아래와 같다.

- 무선랜 방식 : 802.11b/g
- AP : Netgear WG602, TRANDnet TEW-430APB
- 사용자 단말 : UMPC

[그림 7]은 구현된 실시간 위치추적시스템이 운영된 환경을 보여주고 있다. 실험 1은 실내에 이미 설치되어 있는 AP의 위치에 동일한 형태로 Netgear사의 AP 4개를 직선으로 설치한 복도이고, 실험 2는 실험 1과는 다른 건물의 내부로 가정하고, TRANDnet사의 AP 4개를 양 끝에 사각형의 형태로 설치한 강의실이다. 이 때, 실험 1 혹은 실험 2에서 Netgear사의 AP와 TRANDnet사의 AP를 혼합해서 사용할 경우, AP의 성능차이로 인하여 추적된 위치의 오차가 다소 커질 수 있기 때문에 동일한 종류의 AP를 사용하였다.



실험 1

실험 2

[그림 7] 실시간 위치추적시스템의 성능평가 실험장소

4.1 RSSI 정보송신기

이동객체에서 RSSI정보를 획득하기 위해 RSSI 정보 송신기를 구현하였다. RSSI정보송신기에 의해 수집되는 정보는 주위의 무선랜 AP들의 신호세기 및 MAC 주소 정보 등이다. RSSI정보송신기의 구현환경은 아래와 같다.

- 무선랜 방식 : 802.11b/g
- 사용자 단말 : UMPC
- 소프트웨어환경 : Windows XP sp3
Visual C++ 2005
- 개발도구 : Windows Driver Kit(WDK)

WDK는 WDF(Windows Driver Framework)등을 포함한 통합 드라이버 개발 시스템이다. WDF는 운영체제와는 상관없이 하드웨어 및 소프트웨어

어 드라이버를 개발하는데 사용되며, 커널모드 및 사용자모드 드라이버 프레임워크와 드라이버 검증 도구를 포함하고 있다. RSSI정보송신기는 WDF의 사용자모드 드라이버 프레임워크와 윈도우즈 소켓 API를 이용하여 구현된다. 앞서 제시된 [그림 3]은 구현된 정보송신기가 동작하는 과정을 보여준다. 즉, RSSI정보송신기는 아래의 절차에 따라 WDK를 사용하여 이동객체에서 MAC주소 및 RSSI 관련 데이터를 얻어 서버로 전송한다.

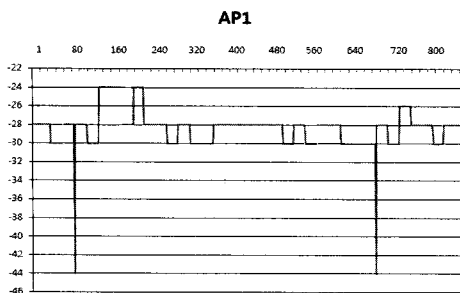
1. WDF의 GetAdaptersInfo() 를 통해 장치리스트를 얻는다.
2. 얻어진 장치리스트 중 RSSI 정보수집을 위해 NIC 장치를 선택한다.
3. CreateFile 함수를 통해 NIC 장치를 열어 핸들을 얻는다.
4. DeviceIoControl()함수를 NDIS_802_11_BSSID_LIST를 얻기 위해 사용한다. 이것은 OID_802_11_BSSID_LIST를 포함하고 있는데 여기에는 802.11 NIC에 대한 모든 속성정보가 담겨져 있다(MAC, RSSI 등).
5. 윈도우즈 소켓 API를 이용하여 NIC 관련데이터를 서버로 전송하고 NIC를 닫는다.
6. 프로그램은 매 3초마다 이러한 데이터 전송을 반복하여 수행한다.

<표 3>은 이러한 RSSI정보송신기에 의해 수신된 RSSI 정보의 일부를 보여주고 있다. 아래 데이터는 장애물 등 유동적 요인이 적은 시간에 각 AP의 수신신호세기를 RSSI정보송신기를 이용하여 측정된 데이터이다. 실험과정에서는 이러한 정보를 약 800번을 수집하였기 때문에 위의 표에서는 일부만 표현하였다. 그러나 일반적으로 무선랜의 AP는 장애물이 없고 동일한 위치라 하더라도 신호세기가 불규칙적으로 변화한다. 이것은 [그림 8]에 나타난 API에 대해 수집된 전체 RSSI정보를 보면 알 수 있다. 따라서 RSSI정보수집과정에서

나타난 신호세기의 불규칙적 변화는 거리산정 시에 무시하도록 하여 정확도를 보장할 수 있도록 하였다.

〈표 3〉 실험과정에서 측정된 AP별 신호세기정보의 일부

AP1	AP2	AP3	AP4	Time
-28	-32	-26	-26	00 : 32 : 59.0
-28	-32	-26	-26	00 : 32 : 54.0
-28	-32	-26	-26	00 : 32 : 50.0
-28	-32	-26	-26	00 : 32 : 46.0
-28	-32	-26	-26	00 : 32 : 42.0
-28	-32	-26	-26	00 : 32 : 40.0
-28	-32	-26	-26	00 : 32 : 33.0
-28	-32	-26	-26	00 : 32 : 29.0
-28	-42	-26	-24	00 : 32 : 25.0
-28	-42	-26	-24	00 : 32 : 21.0
-28	-42	-26	-24	00 : 32 : 17.0
-28	-42	-26	-24	00 : 32 : 12.0
-28	-42	-26	-24	00 : 32 : 08.0
-28	-42	-26	-24	00 : 32 : 04.0
-28	-42	-26	-24	00 : 32 : 00.0
-28	-42	-26	-24	00 : 31 : 56.0
-28	-42	-26	-24	00 : 31 : 51.0
-28	-42	-26	-24	00 : 31 : 47.0
-28	-42	-26	-24	00 : 31 : 43.0



〔그림 8〕 실험과정에서 AP1에 대해 RSSI 정보송신기에 의해 수신된 RSSI

〈표 4〉는 이러한 RSSI정보송신기를 통해 실제 이동객체에서 수집된 RSSI 정보와 이를 통해 산출

된 추적결과의 일부를 보여주고 있다. 여기서, X, Y는 이동객체의 추정된 위치이며, AP1, AP2, AP3는 이동객체의 근처에서 측정된 AP의 신호세기를 나타낸다. 그리고 이러한 신호세기를 바탕으로 수식 (2)를 통해 산출된 거리가 D1, D2, D3이며, CX, CY는 실제 사용자의 위치이다.

〈표 4〉 실험에서 이동객체의 RSSI정보 송신기에 의해 측정된 데이터 및 산출결과의 일부

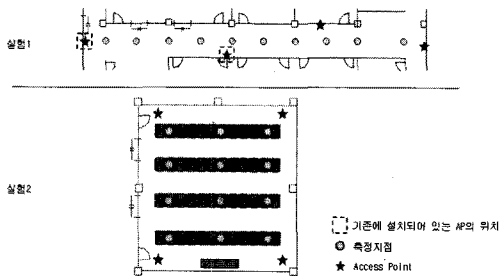
X	Y	AP1	AP2	AP3	D1	D2	D3	CX	CY
533	307	-26	-28	-30	21.1205	25.0474	29.7116	600	295
533	307	-26	-30	-32	21.1205	30.1169	36.2190	600	295
536	309	-28	-30	-32	24.8936	30.1169	36.2190	600	295
533	307	-26	-32	-34	21.1205	36.7457	44.6295	600	295
582	356	-26	-30	-32	21.2349	29.9141	36.2190	603	356
585	356	-24	-28	-30	18.4280	24.8936	29.7116	603	356
588	356	-20	-30	-32	15.0008	29.9141	36.2190	603	356
589	356	-18	-28	-34	14.0377	24.8936	44.6295	603	356
531	295	-20	-24	-26	14.9602	18.2620	21.1205	504	356
532	295	-22	-24	-28	16.3529	18.2620	25.0474	504	356
530	295	-18	-24	-28	14.0104	18.2620	24.8936	504	356
542	304	-20	-26	-28	14.9602	21.0064	24.8936	504	356

4.2 실험방법

이동객체에 RSSI정보송신기를 설치하고, 3초 간격으로 실내에 설치된 AP의 정보를 수집하여 서버로 전송하였다. RSSI정보송신기가 1초, 2초 간격으로 AP의 정보를 서버로 전송할 경우, 이동객체에 장착된 무선랜카드가 변경된 AP의 정보를 반영하지 못하고 이전의 AP정보가 서버로 전송되는 경우가 존재한다. 따라서 RSSI정보송신기의 AP정보 전송주기를 3초로 설정하여 이동객체에 수신되는 신호세기가 변경될 경우, 변경된 AP의 정보가 서버에 반영될 수 있도록 하였다. 이동객체는 RSSI 정보송신기가 AP의 정보를 서버로 전송하는 주기마다 1m씩 이동할 수 있다고 가정한 후, 이전에 추적된 위치의 시점에서 현재 추적된 위치의 시점까지 이동객체가 이동할 수 있는 영역을 정의하여 유효하지 못한 신호세기가 이동객체에 수신될 경

우, 추적된 위치를 교정하였다.

가시선환경에서 사람 등 유동적인 장애물에 의해 감쇠되는 신호세기의 손실을 구하기 위해서 유동적인 장애물이 많은 시간대인 오후 1시경과 존재하지 않을 시간대인 오후 11시경을 나누어 실험을 진행하였다. 유동적인 장애물이 많은 시간대에 이동객체의 위치를 추적하는 경우, 환산된 거리에 손실계수 0.9m를 더해주었다.



[그림 9] 실험 장소에 지정한 추적지점과 AP의 위치

이를 기반으로 이동객체의 실제 위치와 시스템을 통해 추적된 위치의 오차를 확인하기 위해서 실험 1과 실험 2 [그림 9]의 회색 점과 같이 각 10개의 추적지점과 12개의 추적지점을 지정하여 이동객체를 위치시킨 후, 추적지점별로 400회씩 이동객체의 위치를 추적하였다. <표 5>는 각 실험장소의 면적과 AP의 설치형태 및 이동객체의 실제 위치와 추적된 위치의 오차를 확인하기 위해 사용된 추적지점의 개수 등 시스템의 성능평가를 위한 실험조건을 나타낸다.

AP configuration

#Organization	TestOra		
#Floor	3층		
#AP's Mac address	00-24-82-5B-79-C5		
#X coordination	600	#Y coordination	350
#Frequency Band	2427 MHz	#Transmit Power	16 dBm
		#Antenna	2

[그림 10] AP의 사양입력화면

[그림 10]은 AP의 출력전력, 주파수, 안테나이득 및 이동객체와 높이차이 등 AP의 사양을 적용하여 이동객체에 수신된 신호세기를 거리로 환산하기 위해 입력받은 시스템의 화면이다.

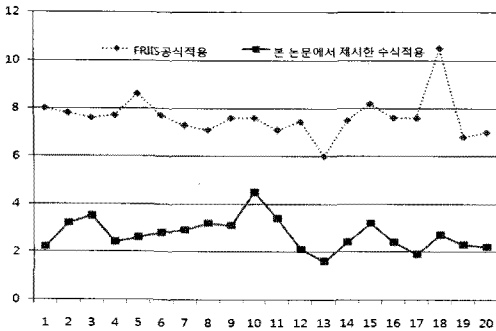
<표 5> 실시간위치추적시스템의 성능평가 실험조건

	실험 1	실험 2
추적 장소	복도	강의실
추적 면적	42600×3300 (mm)	13300×13300 (mm)
추적 지점의 수	10개	12개
AP의 설치형태	직선	사각형
AP의 배치간격	10000~11700 (mm)	10000~12100 (mm)
AP와 이동객체의 높이차	1500 (mm)	2200(mm)
AP의 종류/수	Netgear WG602/4개	TRANdnet TEW-430PB/4개
AP정보전송주기	3초	
이동객체 이동속도	1m/3sec	
측정지점별 측정횟수	800회	
이동객체의 수	1개	
허용오차범위	5m	

4.2 실험결과

본 논문에서는 앞서 설명한 바와 같이 Friis 공식에 AP와 이동객체의 높이 차이 및 유동적인 장애물이 많은 시간대에서 발생하는 손실계수를 추가하여 이동객체에 수신되는 신호세기를 거리로 환산한 후 위치를 추적하였다. 유동적인 장애물이 많은 오후 1시경에 실험 1의 추적지점 3에서 20분간 Friis 공식과 본 논문에서 제시한 RSSI거리환산수식을 각각 적용하여 이동객체의 위치를 추적한 후, 추적된 위치의 오차를 [그림 11]과 같이 비교하였다.

유동적인 장애물이 존재하는 무선랜 환경에서 송신되는 AP의 신호세기는 사람에 의해 감쇠되고 공기 중에서 증폭 또는 산란되므로 유효하지 못한 신호세기가 이동객체에 수신될 수 있다.



[그림 11] FRIIS공식과 본 논문에서 제시한 수식의 오차비교

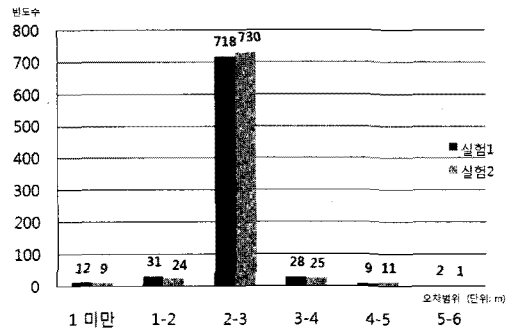
이 경우, 추적된 이동객체의 위치는 실제 이동객체의 위치와 오차가 크다. FRIIS공식을 적용했을 경우의 최대 오차는 10.9m이었지만 본 논문에서 제시한 RSSI거리환산수식을 적용했을 경우의 최대 오차는 4.5m이었다. 3차원 공간과 손실계수를 고려하여 본 논문에서 제시한 RSSI거리환산수식의 경우가 FRIIS 공식을 적용했을 경우보다 추적된 위치의 오차를 평균 4.2m 줄일 수 있었다.

<표 6> 실험별 추적된 위치의 평균오차와 표준편차

추적 지점	실험 1		실험 2	
	평균 오차	표준편차	평균 오차	표준편차
1	1.91	1.564765	2.15	0.164734
2	2.31	1.120454	2.62	0.712353
3	3.34	0.164778	2.52	0.235647
4	2.67	0.513474	3.02	0.828145
5	2.03	1.887915	2.33	1.130442
6	2.79	1.124475	2.34	0.654873
7	3.12	1.007517	1.95	2.543432
8	2.35	0.101545	2.32	1.243633
9	2.63	1.254704	2.32	0.544653
10	2.63	0.564741	2.54	1.024328
11	-	-	2.53	1.235345
12	-	-	2.31	0.893056

각 실험 환경에서 추적지점별로 800번 추적된 위치를 이동객체의 실제 위치와 비교하여 오차를

계산한 후, 계산된 오차에 가중치(weighting)를 적용하여 <표 6>과 같이 평균오차와 표준편차를 구하였다. 그 결과, 오차평균은 약 1~3m로서 이동객체의 위치를 추적할 수 있었다. 그리고 각 실험 장소에서 추적된 위치의 오차를 합산하여 오차별 빈도수를 [그림 12]와 같이 분석한 후, 95%의 신뢰도 수준으로 오차의 범위를 추정하면 실험 1과 실험 2 모두 800번의 위치추적 시, 약 750번의 실험이 1~3m이내의 오차범위로 추적이 가능하였다.



[그림 12] 실험 1 및 실험 2에서 추적된 오차범위별 빈도수

그러나 대부분 실험결과에 의하면 실제적인 오차범위는 2~3m라고 볼 수 있다. 즉, 가시선환경에서 본 논문이 제시하는 절차 및 방법에 따라 실내위치추적시스템을 구축할 경우, 실험환경이 변경되더라도 복잡한 사전 작업을 거치지 않고 기존의 일반적인 AP를 활용하여 실제적으로 2~3m의 오차범위로 이동객체의 위치를 추적하는 것이 가능하다.

5. 평 가

<표 7>은 무선 환경에서 실내사용자의 위치를 추적하기 위한 기존연구들과 본 연구와의 비교결과를 정리한 표이다. 표에서 나타난 바와 같이 센서나 별도의 특수 무선장비를 이용한 경우 오차범위가 1m 정도로 아주 정확하다. 그러나 이러한 실내사용자 위치추적방법은 앞서 설명한 바와 같이 별도의 장비를 사용하여 대상 환경을 고정적으로

구성하여야 하기 때문에 실제 환경에서 사용자 위치 기반 서비스를 제공하기 위해 활용하기에는 다소 활용성이 떨어진다고 할 수 있다.

〈표 7〉 사용자 위치추적에 관한 기존연구들의 비교표

연구	항목	대상 환경	환경 구성	사용 장비	측정 데이터	측정 방법	오차범위
노안젤라송이 외(2010) [12]	실내	고정	ZigBee	RSSI	삼각측량	1~2m	
김미경 외(2010) [13]	실내	고정적	UWB	RSSI	삼각측량	1m 미만	
한현진 외(2009) [14]	실내외	고정적	센서	RSSI TOA	삼각측량	1m 미만	
박찬식 외(2006) [15]	실내	고정적	센서	RSSI	Finger Printing	3~4m	
김영균 외(2007) [16]	실내	고정적	센서	RSSI	삼각측량	1~2m	
남윤석 외(2005) [17]	실내	고정적	센서	RSSI	Liner Vector	1~2m	
윤원준 외(2009) [18]	실내	고정적	RFID	태그	Finger Printing	5~10m	
탁명환 외(2009) [19]	실내	고정적	RFID	RSSI TOA	삼각측량	1~4m	
임계걸 외(2008) [20]	실내	유동적	LAN	RSSI	Finger Printing	2~3m	
김수희 외(2006) [21]	실내	유동적	LAN	RSSI	삼각측량	제시하지 않음	
본논문	실내	유동적	LAN	RSSI 신호손실	거리측정 위치보정	2~3m	

이를 해결하기 위해 [20-21]의 연구에서는 기존에 설치된 무선 LAN AP만을 이용하여 일반적이며 비교적적인 환경에서도 적용할 수 있는 사용자 위치 추적기법에 대한 연구를 수행하였다. 그러나 [20]의 경우 RSSI만을 이용하여 측정된 결과 오차범위가 10m 이상으로 크게 나타남을 발견하고 이를 보완하기 위한 방법으로 Finger Printing 을 혼용하여 실험을 수행하였다. 그러나 이러한 방식은

미리 사전에 철저한 사전조사작업이 필요하고, 또 환경에 변화(AP의 이동, 제거, 추가 등)가 생기면 재조사를 해야 되는 문제점이 있어 일반적인 무선 환경에 효율적으로 적용하기에는 다소 부족한 점이 있다. 그리고 [21]의 연구에서는 무선 AP를 바탕으로 신호세기를 기반으로 한 삼각측량방법을 제시하였으나 구체적인 실험데이터를 제시하지 않아, 신뢰성이 떨어지며 정확도 또한 산술적으로 제시하지 못하였다

6. 결 론

정보기술의 발전에 따라 사용자 위치기반서비스에 관심이 고조되면서 실내에서 이동객체의 위치를 파악하기 위한 기술이 요구되고 있다. 이에 따라 많은 연구들이 진행되었지만, 위치추적시스템을 구축하기 위해서 많은 비용이 들거나, 정해진 실험환경과 특수한 장비를 대상으로 연구가 진행되어 일반적인 환경 하에서는 효과적인 실시간 위치추적시스템을 구축하기에 용이하지 않다는 단점이 있다. 이에 본 논문에서는 기존에 보급되어 있는 무선랜 AP를 이용하여 무선통신기능이 가능한 기기에 수신된 AP의 신호세기를 거리로 환산한 후, 이를 바탕으로 이동객체의 위치를 추적하는 연구를 수행하였다. 이를 위해 본 연구에서는 RSSI정보통신기를 기반으로 무선랜 AP의 정보를 수집하고, 3개의 무선랜 AP가 형성하는 전파영역의 관계를 고려하여 이동객체의 위치를 추적하는 방법을 제시하였다. 또한, 이동객체가 일정시간동안 이동할 수 있는 영역을 규정하여 추적된 위치와 이동객체의 실제위치와의 오차가 커지는 것을 완화하기 위한 방법을 제시하였으며, 실험환경이 다른 두 장소를 대상으로 구축한 시스템의 성능을 평가하여 2~3m이내의 오차범위로 이동객체의 위치를 추적할 수 있음을 보였다. 따라서 본 연구결과를 활용할 경우, 일반적인 환경에서 무선랜 AP를 이용하여 이동객체의 위치를 보다 효과적으로 추적하고 모니터링하기 위한 실시간위치추적시스템의

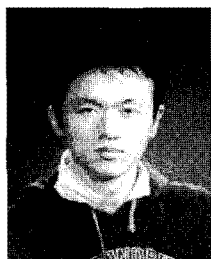
구축이 용이할 것으로 기대된다. 향후에는, 이동객체와 무선랜 AP사이에 장애물이 존재하는 경우와 존재하지 않는 경우에 따라 이동객체에 수신되는 신호세기의 패턴을 분석하여 시스템적으로 구별 가능한 신호모델을 구축한 후, 장애물에 의한 신호세기 손실까지 고려한 보다 정확한 무선랜 AP 기반 실시간 위치추적시스템에 관한 연구를 진행할 것이다.

참고 문헌

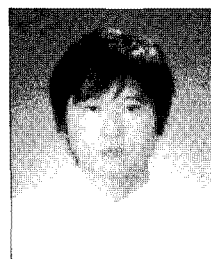
- [1] Hightower, J. and G. Borriello, "Location Systems for Ubiquitous Computing", *IEEE Computer Society*, Vol.34, No.8(2001), pp. 57-66.
- [2] Kaplan, E. and C. Hegarty, *Understanding GPS : Principles and applications*, Artech House, 1996.
- [3] Ward, A., A. Jones, and A. Hopper, "A new location Technique for the active office", *IEEE Personal Communications*, Vol.4(1997), pp.42-47.
- [4] Chai, X. and Q. Yang, "Reducing the Calibration Effort for Probabilistic Indoor Location Estimation", *IEEE Transaction on Mobile Computing*, Vol.6, No.6(2007), pp.649-662.
- [5] Xiang, Z., S. Song, J. Chen, H. Wang, J. Huang, and X. Gao, "A Wireless LAN based Indoor Positioning Technology", *IBM Journal of Research and Development*, Vol. 48, No.5-6(2004), pp.617-626.
- [6] Want, R., A. Hopper, V. Falcao, and J. Gibbons, "The Active Badge Location System", *ACM transactions on Information System*, Vol.10(1992), pp.91-102.
- [7] Bahl, P. and N. V. Padmanabhan, "RADAR : An In-Building RF-Based User Location and Tracking System", *IEEE INFOCOM*, Vol.2(2000), pp.775-784.
- [8] Yost, G. P. and S. Panchapakesan, "Improvement in estimation of time of arrival(TOA) from timing advance(TA)", *Universal Personal Communications*, Vol.2(1998), pp.1367-1372.
- [9] Niculescu, D. and N. Badri, "Ad hoc positioning system (APS) using AOA", *IEEE INFOCOM*, Vol.3(2003), pp.1734-1743.
- [10] Hightower, J. and G. Borriello, *Location Sensing Techniques*, University of Washington, 2001.
- [11] Priyantha, N. B., A. Chakraborty, and H. Balakrishnan, *The Cricket Location-support system*, Proc. Of the Sixth Annual ACM International Conference on Mobile Computing and Networking, 2000.
- [12] 노-안젤라송이, 이용재, "ZigBee 실내 위치 인식 알고리즘의 정확도 평가", 「한국인터넷정보학회논문지」, 제11권, 제2호(2010), pp.27-33.
- [13] 김미경, 전현식, 염진영, 박현주, "이동 객체의 위치 정확도 개선을 위한 알고리즘", 「한국인터넷정보학회논문지」, 제11권, 제2호(2010), pp.61-72.
- [14] 한현진, 권태욱, "ToA 기반 RSS 보정 센서 노드 거리 측정 방법", 「한국정보처리학회논문지C」, 제16권, 제5호(2009), pp.615-620.
- [15] 박찬식, 김승범, 강동연, 차은종, 이상정, "무선 센서네트워크에서 수신신호세기의 유사도를 이용한 위치결정 기법", 「한국지능 및 퍼지시스템학회 춘계학술대회논문집」, 제16권, 제1호(2006), pp.179-182.
- [16] 김영균, 유영동, 좌동경, 홍석교, 박민호, 한상완, "수신 신호 강도(RSSI) 측정을 이용한 센서 네트워크상에서의 실내 위치 추정 시스템", 「대한전기학회 2007 CICS 정보 및 제어 학술대회논문집」, (2007), pp.505-506.

- [17] 남윤석, 최은창, 허재두, “저속 WPAN에서 수신신호세기의 Vector Matching을 이용한 위치인식 방식”, 『Journal of Information Technology Applications and Management』, 제12권, 제4호(2005), pp.93-104.
- [18] 윤원준, 노영식, “조선 블라스팅 셀 내에서의 RSSI 방식을 이용한 실시간 위치 추적 기술의 적용 평가”, 『대한전자공학회 2009년 하계 종합학술대회논문집』, (2009), pp.635-636.
- [19] 탁명환, 이정연, 주영훈, 송화창, “RSSI와 TD OA를 이용한 태그 위치 인식”, 『대한전기학회 제40회 하계 학술대회논문집』, (2009), pp. 1800-1801.
- [20] 임재걸, 주재훈, 정승환, “위치기반서비스를 위한 무선 근거리통신망 기반의 사용자 추적 방법 및 실험”, 『한국전자거래학회지』, 제13권, 제4호(2008), pp.1-16.
- [21] 김수희, 정인환, “Wireless LAN 환경 하에서 Access Point의 RSSI 삼각측량 방식을 이용한 RTLS 설계”, 『한국정보과학회 2006 가을 학술발표논문집』, 제33권, 제2호(2006), pp. 330-333.

◆ 저 자 소 개 ◆

**최 재 현 (uniker80@empal.com)**

승실대학교 컴퓨터학부를 졸업하고, 승실대학교 일반대학원 컴퓨터학과에서 석사학위를 취득하였다. 현재 승실대학교 박사과정에 있으며, 한국정보과학회, 한국정보처리학회 등 국내학술지와 외국학술지에 논문을 게재한 바 있다. 주요 관심분야는 소프트웨어 아키텍처 및 프로세스, 웹서비스 및 서비스컴퓨팅, 유비쿼터스컴퓨팅 등이다.

**박 제 원 (kkkjw22@hotmail.com)**

승실대학교 컴퓨터학과에서 석사학위를 취득하고, 현재 승실대학교 박사과정에 있다. 한국정보과학회, 한국정보처리학회 등 국내학술지와 외국학술지에 논문을 게재한 바 있으며, 주요 관심분야는 소프트웨어테스팅, 소프트웨어프로세스, 웹서비스 SOA/ESB 등이다.

**신 용 우 (yshin2yshin2@gmail.com)**

승실대학교 컴퓨터학과에서 공학석사학위를 취득하였다. 웹 개발 및 유비쿼터스 관련 프로젝트에 다수 참여하였으며, 주요 관심분야로는 정보시스템통합, 클라우드 컴퓨팅, 웹 서비스, 소셜네트워크 시스템이다.

**이 남 용 (nylee@ssu.ac.kr)**

현재 승실대학교 컴퓨터학과 교수로 재직 중에 있으며, 고려대학교에서 경영정보학과 석사학위를 취득하고, 미국 미시시피 주립대학 경영정보학학과에서 경영학 박사학위를 취득하였다. 국군정보사령부 정보처 정보시스템분석 장교, 한국국방연구원 군수체계 및 정보체계연구부장을 역임하였으며, 한국정보통신기술사협회 회장직도 역임하였다. 주요 관심분야는 소프트웨어테스팅, 시스템엔지니어링, 경영정보시스템 등이다.