

# 센서네트워크를 위한 K-NN 기반의 위치 추정 시스템

김병국<sup>†</sup>, 홍원길<sup>\*\*</sup>

## 요 약

LBS(Location Based Service)를 위한 대표적인 수단으로 GPS가 많이 사용된다. 그러나 GPS는 야외 및 개방된 공간에서만 이용이 가능하다. 또한, 저전력을 기반으로 한 무선 센서네트워크에서의 활용은 비효율적이다. 본 논문에서는 실내 환경에서 위치 추위를 위하여 기존 시스템들과는 다른 접근 방법을 이용하여 위치를 추위 한다. 무선 센서네트워크에서 대표적으로 사용하는 IEEE 802.15.4를 기반으로 K-NN (K-Nearest Neighbor) 알고리즘에 중간값(Intermediate Value)을 적용하여, 더 세밀하게 위치를 추위 할 수 있는 시스템을 제안한다. K-NN의 경우 측정된 위치의 정교성은 샘플링의 개수에 비례한다. 그러나 센서네트워크에서 샘플링 개수를 무수히 늘리는 것은 비효율적이다. 본 논문에서는 샘플링값에 중간값을 적용하여 샘플링을 줄이는 알고리즘을 제안한다. 그리고 제안한 알고리즘을 구현하고 이를 실험하여 기존의 K-NN 기반의 위치 추정보다 약 두 배의 정밀도를 얻을 수 있음을 증명한다.

## Location Positioning System Based on K-NN for Sensor Networks

Byoung-Kug Kim<sup>†</sup>, Won-Gil Hong<sup>\*\*</sup>

## ABSTRACT

To realize LBS (Location Based Service), typically GPS is mostly used. However, this system can be only used in out-sides. Furthermore, the use of the GPS in sensor networks is not efficient due to the low power consumption. Hence, we propose methods for the location positioning which is runnable at indoor in this paper. The proposed methods elaborate the location positioning system via applying K-NN(K-Nearest Neighbour) Algorithm with its intermediate values based on IEEE 802.15.4 technology; which is mostly used for the sensor networks. Logically the accuracy of the location positioning is proportional to the number of sampling sensor nodes' RSS according to the K-NN. By the way, numerous sampling uses a lot of sensor networks' resources. In order to reduce the number of samplings, we, instead, attempt to use the intermediate values of K-NN's signal boundaries, so that our proposed methods are able to positioning almost two times as accurate as the general ways of K-NN's result.

**Key words:** Ubiquitous Sensor Networks(유비쿼터스 센서 네트워크), LBS(위치 기반 시스템), RSS(무선 신호 세기), Location Position System(위치 추위 시스템)

## 1. 서 론

IT와 MEMS(Micro Electro-Mechanical Sys-

tems)의 발전은 컴퓨팅 장치를 더욱 소형화시키고 더 다양한 서비스를 제공토록 한다. 또한, 낮은 전력 소모 기술을 바탕으로 MPU의 처리율 증가와 무선

※ 교신저자(Corresponding Author) : 김병국, 주소 : 서울시 성북구 안암동 5가 1번지 고려대학교 자연계캠퍼스 제2공학관 331호, 전화 : 010)8759-6232, FAX : 02)3290-3802, E-mail : urdearbk@gmail.com  
접수일 : 2012년 5월 23일, 수정일 : 2012년 7월 9일  
완료일 : 2012년 7월 23일

<sup>†</sup> 정회원, 고려대학교 전자컴퓨터공학과  
(E-mail : urdearbk@gmail.com)

<sup>\*\*</sup> 정회원, (주)센서웨이 기술연구소  
(E-mail : hong@sensorway.co.kr)

※ 본 연구는 국토해양부 건설기술혁신사업 연구과제 첨단 센서 기반의 대형건설현장 실시간 시공관리 기술 개발(09 건설혁신-E05) 결과의 일부임.

전송률의 향상은 유비쿼터스 센서 네트워크 기술(USN: Ubiquitous Sensor Network Technology)에 큰 기여를 하고 있다.

오늘날의 정보통신 장치는 소형화에 따른 경량화로 인해 이동성(mobility)까지 갖추게 되었다. 지리적 환경에서 장치의 이동은 응용서비스에 따라 위치 정보를 요구하기도 한다[1]. 위치를 기반으로한 서비스로는 위치추위기술(LDT: Location Determination Technology), LBS (Location Based Service) 그리고 RTLS (Real - Time Location System) 등이 있으며, 이를 활용한 다양한 응용서비스기술들이 있다[2].

이중 LDT는 사용자 및 단말의 위치를 파악하기 위해 사용되는 기술이다. LBS는 위치추위기술을 통해 얻어지는 정보를 이용하여 네트워크의 접속 및 관리를 수행하고 위치정보를 관리한다[3-5]. 그리고 사용자에게 제공될 서비스와 그에 필요한 부가적 기능들을 통합적으로 처리한다. 그리고 RTLS [6,7]는 사용자에게 위치에 관련된 서비스를 실시간에 가깝게 처리하는 기술이다. 마지막으로 응용서비스기술은 다양한 위치기반서비스를 제공하기 위한 시스템 솔루션으로 볼 수 있다[8].

범용적으로 위치를 측위하기 위한 기술로 크게 GPS (Global Positioning System)와 GLONASS (GLObal Navigation Satellite System)이 있다. GPS는 미국, GLONASS는 러시아가 제공하는 인공위성 기반의 위치추위 시스템이다. 이 두 시스템은 시각과 자신의 위치정보 등을 전파를 이용하여 주기적으로 전달한다.

이 두 시스템의 수신 장치들은 여러 위성에서 수신된 전파정보를 수집하여 이들을 분석하고, 전파의 시간과 위성의 위치 그리고 절대시각 등을 이용하여 위성에서부터 수신단말까지의 거리를 계산한다. 그리고 삼각기법을 적용하여 자신의 위치를 계산한다.

GPS와 GLONASS 시스템은 우주에서의 직선방향으로의 전파전달과 날씨 환경에 따른 전파의 지연 및 왜곡 등에 의해 거리의 오차범위가 상당히 크다. 가장 큰 문제는 전파 전달이 가장 어려운 산악지형, 실내 또는 지하 등지에서 활용이 불가하다[9]. 이 두 시스템의 문제를 해결하기 위해, 특히 실내에서의 위치를 측정하기 위한 다양한 시스템이 연구되어오고 있다[10-12]. 대표적으로 액티브 배지(Active Badge) [13], 액티브 BAT(Active BAT)[14,15], 크리켓

(Cricket)[16] 그리고 RADAR[17] 등이 있다.

본 논문은 실내 환경에서의 위치 측위를 위해 전파신호의 세기(RSSI: Received Signal Strength Indicator)를 이용한다. 그리고 이 세기의 값을 최근 접 이웃 알고리즘(K-NN: Kth Nearest Neighbour Algorithm)[18-22]에 접목시켰다. 아울러, 더 높은 정밀도를 위하여, K-NN에 중간값(Intermediate Value)을 적용하여, 한층 더 정교한 위치 측위를 구현한다. 즉, K-NN(K-Nearest Neighbor) 알고리즘과 저장되는 사전학습 데이터의 중간값 계산을 이용한 위치추위 기술을 제안한다.

본 논문의 성능을 입증하기 위해, 2장에서는 기존에 활용된 측위 기술들을 위성 통신, 이동 통신, 영상 인식 그리고 근거리 통신(WPAN)에서 사용되는 몇 가지 기술들을 소개하고 특징을 도출한다. 3장에서는 K-NN 알고리즘에 대하여 살펴본 후, 본 논문에서 제안한 기술을 소개한다. 4장에서는 이를 구현하여 실험에 의한 결과를 분석한다. 마지막으로 5장에서는 본 논문의 결과를 통해 본 연구에서 제안한 기술의 타당성을 검증함으로써 결론을 맺는다.

## 2. 관련 연구 기술

위치기반 서비스를 위한 다양한 위치추위 장비들이 존재한다. 응용 서비스는 이동환경에서 각종 모바일 장치 및 스마트폰 등의 다양한 이동 기기를 통해 제공하는 서비스를 의미한다.

이동통신 시스템 환경에서는 서비스의 방식에 따라 통신 기지국을 이용하는 셀(Cell) 방식과 인공위성을 활용하는 GPS 방식으로 구분된다. 셀 방식은 전국에 분포되어 있는 이동통신 기지국을 사용하기 때문에 일반적으로 500m~1500m의 오차를 갖는다. 그러나 인구밀도가 높은 지역에서는 높은 통신 대역폭 위해 더 많은 기지국들이 인접해 있다. 따라서 기지국간의 거리가 좁아진다. 그에 따라 도심에서의 오차 범위는 100m 이내로 줄어든다.

현재 가장 대표적인 위치탐지 시스템인 GPS는 건물 내부에서는 사용될 수 없는 단점을 갖는다. 아울러, 대부분 소량의 전력을 갖는 배터리로 동작하는 센서노드에 GPS 모듈을 설치하는 것 또한 효율적이지 못하다. 그렇지만, 위치 기반의 응용서비스를 위해서는 위치 측위를 위한 기술 및 시스템이 센서노드

에 적용이 되어야 한다.

센서네트워크 관리 기술에서도 위치측위 기술이 적용되면, 이를 활용하여 사건의 위치 탐지(Event Detection)뿐만 아니라 위치기반의 처리(Location - based Computing), 지리적인 환경을 고려한 지리적 경로설정(Geographical Routing), 그리고 데이터가 전달될 전송 경로를 특정 지역을 회피하여 우회 가능토록 하는 커버리지 트래킹(Coverage and Tracking) 등과 같은 더욱더 효율적인 네트워크 환경을 구축할 수 있을 것이다[23,24]. 결국 센서 네트워크를 한층 더 높은 성능으로 활용할 뿐만 아니라 이러한 위치 측위기술을 적용하여 센서 위치 정보를 필요로 하는 각종 서비스 응용 분야와 위치정보를 이용한 각종 콘텐츠 개발에도 널리 이용할 수 있을 것이다.

위치탐지를 위해 적외선(Infra-red), 초음파(Ultrasonic), RFID, UWB, RSSI, 카메라 센서 등 각종 센서들을 이용한 다양한 시스템을 들 수 있다. 카메라 센서는 장면분석 방식에 기초하여 위치를 탐지 [25]하며 RFID는 근접성 방식을, UWB는 TOA[26], TDoA[27] 등을 사용하여 위치를 탐지한다[28]. 각 시스템별로 각각 장단점을 갖고 그 특성에 따라 각자의 용도로 활용되고 있다.

## 2.1 전송 기술

### 2.1.1 적외선(Infra-red)

적외선(Infrared) 신호를 이용한 위치 측위 방식은 실내 곳곳에 부착된 적외선 센서가 고유 ID코드를 가진 적외선 장치를 인식하여 사용자의 위치를 찾아내는 방식이다. 디바이스는 정해진 주기마다 적외선(IR) 신호를 전송하고 센서는 고정된 위치에 설치되어 고유의 ID를 찾아내면 이를 위치관리 소프트웨어로 전달한다. 비교적 시스템의 구성이 간단하고 저렴하나 적외선 신호의 특성상 가시거리 내에서만 사용이 가능하고 형광 또는 직접적인 태양광이 비치는 장소에서는 사용하기 어려운 단점이 있다. 이를 이용한 대표적인 시스템으로는 AT&T Lab에서 개발한 액티브 배지(Active Badge) 시스템이 있다.

### 2.1.2 초음파(Ultrasonic)

이를 활용한 시스템으로는 MIT의 크리켓(Cricket)과 AT&T Lab에서 개발한 액티브 BAT(Active BAT) 시스템이 대표적이다. 이 두 시스템은 장치에

RF 장치와 초음파 송신기를 내장한다. RF 신호와 초음파의 전송 속도차를 이용하여 위치를 측위한다.

고정된 위치에 설치된 단말장치를 비컨으로 정의하며, 이 비컨(Beacon) 장치는 빛의 속도( $3 \times 10^8$  m/s)를 가진 RF 신호와 음속(약 340m/s)으로 진행되는 초음파 신호를 동시에 송출한다. 수신기는 두 매체의 속도차에 의해 RF신호를 먼저 수신하고 초음파 신호는 나중에 수신하게 될 것이다. 이 신호의 시간차이는 비컨과의 거리에 따라 비례한다. 두 신호를 받은 단말기는 도달 시간차를 이용해 비컨에서 단말기까지 거리를 측정한다. 여러 개의 고정된 비컨과의 거리를 측정하고, 이를 삼각기법을 이용하면 단말기의 위치를 측위할 수 있다.

### 2.1.3 RF(RSSI) 기법

수신된 RF(Radio Frequency) 신호의 강도(Signal Strength)를 측정하여 신호 감쇠로 인한 신호 전달 거리를 측정하여 위치를 계산한다. RF 신호가 송신기의 안테나로부터 방사될 때, 진행되는 방향에 있는 공기와 장애물을 통과하거나 반사되어 나아간다.

방사되는 RF 신호는 수신기가 멀리 있을수록 파워 손실은 커지며 그로 인해 수신 신호 세기 지수(RSSI: Received Signal Strength Indicator) 또한 낮아진다. 이를 통한 거리측정 기술로 일반적으로 IEEE 802.11 무선 랜 또는 ISM(Industrial Scientific and Medical) 대역의 무선 RF가 많이 이용된다[29].

전파는 다층의 건물도 투과된다. 그러나 일부 RF 신호는 물체에 반사되고 굴절되며 이 과정에 의해 창문, 문, 벽, 또는 사람 등에 의해 감쇠가 발생한다. 장애물로 인한 신호의 감쇠로 인한 손실을 예측하는 것은 어렵지만, 이미 알려진 특성들을 이용하여 전파 환경을 설정하고 감쇠를 추정하는 것은 가능하다. 대표적인 시스템으로는 마이크로소프트사에서 개발한 RADAR(Radio Detection And Ranging) 시스템과 Pinpoint 3D-iD 시스템, Ekahau사에서 개발된 EPE(Ekahau Positioning Engine) 그리고 RFID(Radio Frequency Identification)를 이용한 방식 등이 있다.

WLAN 기반 위치 시스템이 갖는 장점은 이미 보편적으로 사용 중인 WLAN을 이용하므로 비용 면에서 상당히 효과적이라는 것이다. 이미 WLAN 네트워크는 이미 일반적인 통신 인프라의 한 부분이 되었다. 즉, 노트북 컴퓨터, PDA를 비롯한 다양한 WLAN

장치 및 모바일 장치들에서 위치 시스템은 미들웨어 혹은 어플리케이션 수준에서 구현될 수 있다.

일반적으로 WLAN에 기반한 측위 기술들은 상대적 위치를 삼각 측량하고 계산하기 위하여 무선 노드들 사이의 전파 지연들을 모니터링 하여 위치를 결정하는 방법을 사용한다.

#### 2.1.4 RFID 기법

RFID는 어플리케이션에 따라 60KHz~5.8GHz 범위의 주파수를 갖는다. 많은 RFID 기반 추적 시스템들은 정확한 위치 정보가 없이 한 태그 객체의 존재 혹은 비존재에 대해 보고할 수 있는 정도이다. 그러나 이러한 정보를 실시간 위치 시스템과 결합함으로써 실시간 측위가 가능하게 할 수 있다.

RFID 기반 실시간 측위 시스템은 중요한 지역에 배치된 RFID 리더로부터 신호를 감지하는 형태로 구성된다. 위치 처리기는 디지털 신호 처리를 사용하여 RFID 리더로부터 수신되는 신호의 세기를 이용하여 위치를 계산한다. 또한, RFID 태그의 데이터베이스화를 통해 대상의 정보를 매핑(Mapping)하여 그 대상의 좌표(X, Y) 위치를 지도상의 존(Zone)으로 표현한다.

RFID를 이용한 위치 측위 기술은 RFID 태그 또는 스마트 태그라고 불리는 고유 식별 ID를 가진 초소형 IC칩을 부착한 대상이 접근하면 판독기가 칩을 읽어 내어 대상 물체의 정보를 알아내는 기술로서 위치정보를 찾아내기가 용이하다. RFID는 비 가시성(Non-line-of-sight)이고 비접촉식(No-contact)이며 동시에 여러 태그를 고속으로 인식할 수 있는 등의 여러 장점들을 가지고 있어 많이 활용되고 있다.

#### 2.1.5 UWB 기법

UWB(Ultra Wide Band)는 기존의 무선 통신이 한정된 영역의 주파수만을 사용하는 데 비하여 수 GHz의 초 광대역 주파수 영역을 이용하는 통신 기술이다.

단거리 구간에서 저전력으로 넓은 스펙트럼 주파수를 통해 많은 양의 디지털 데이터를 전송하기 위한 무선 기술인 UWB(Ultra Wide Band)는 변복조 기능이 필요 없고 낮은 전력 밀도를 가지며 전력 소모가 적고 저가의 통신 장비의 구현이 가능하다. 이는 투과성이 좋아서 건물내의 벽이나 비금속 칸막이 등을

통과할 수 있고 음영지역에서도 사람이나 사물의 위치를 파악할 수 있고 정확도가 높아서 실내 위치인식에 많이 사용될 것으로 기대되고 있다.

또한 낮은 중신 주파수에서 동작하여 투과력이 우수하므로 비가시(Non-LOS) 구역 상황인 실내환경이나 음영지역에서도 위치 인식 정확도가 뛰어나다. 또한 기존 RF 통신기술과는 달리 반송파를 사용하지 않으므로 IF 모듈이 필요 없는 간단한 무선 구조로 설계할 수 있다.

## 2.2 기술 사례

### 2.2.1 크리켓과 액티브 BAT

크리켓(Cricket)[16]의 위치 측정 방식은 RF 신호와 초음파 신호 사이의 시간차를 이용하고 있으며 이 시간차로부터 비컨과 리스너와의 거리를 구하고 비컨 세 곳으로부터의 거리 정보를 이용하여 삼각 측량법에 의해 좌표를 계산한다.

모트 플랫폼을 기반으로한 크리켓의 무선 통신은 433MHz RF를 사용하고 애플리케이션은 Tiny OS에서 구동되도록 설계되었다. 배치된 비컨들은 매 초마다 RF 신호와 초음파 신호를 송신한다. 위치 추적 대상인 리스너는 이를 수신하여 거리를 계산하고 시리얼 포트로 연결된 PC나 PDA에게 계산된 거리정보를 전송한다. PC나 PDA는 리스너로부터 전송된 거리 정보를 이용하여 리스너의 좌표를 계산한다. 비컨의 최소 3개 이상이어야 하며 최대 8개까지만 가능하다.

액티브 BAT(Active Bat) 시스템[14,15]에서는 이동물체에 부착된 송신기가 고주파(RF: Radio Frequency) 신호와 초음파(Ultrasonic)를 송신한다. 수신기들은 천정에 행렬 모양으로 고정되어 있다. 송신기가 고주파 신호와 초음파 신호를 동시에 송신하면, 수신기는 이 두 가지 신호가 도착한 시각의 차이를 바탕으로 송신기와 수신기 사이의 거리를 구한다. 번개가 보인 시각과 천둥이 들린 시각의 차이로 번개가 친 장소와 나와의 거리를 구할 수 있는 것과 동일한 원리를 적용하는 것이다. 수신기들은 모두 중앙컴퓨터에 연결되어 있어서 중앙컴퓨터는 수신기들의 좌표와 이동물체와의 거리를 바탕으로 이동물체의 정확한 위치를 판정한다.

크리켓과 액티브 BAT 시스템의 정밀도는 수 센

티미터(크리켓: 1cm~3cm, 액티브 BAT: 수십 cm) 수준으로 정확한 위치인식이 가능하다. 그러나 RF와 더불어 별도의 초음파 전송 기능이 필요하다. 그리고 초음파 송/수신기는 방향성을 갖기 때문에 초음파의 전송거리 및 각도 등에 민감하다. 따라서 상대적으로 좁은 범위에서 다른 시스템들에 비해 다수의 고정 비컨 노드가 필요하다.

### 2.2.2 액티브 배치

액티브 배지(Active Badge)[13]는 1992년 AT&T 캠브리지 연구소에서 기지국 감시 위치 측정방법을 이용하여 건물 내 개인의 위치를 파악하기 위해서 개발되었다. 이 시스템에서는 이동물체들에 적외선을 발사하는 송신기가 부착되어 있고, 방마다 여러 개의 수신기가 고정 지점에 설치되어 있다. 적외선은 벽을 통과하지 못하기 때문에 이동물체가 어느 방에 들어오면 그 방에 설치된 고정 수신기들만 그 이동물체의 적외선을 감지할 수 있다. 수신기는 중앙컴퓨터에 연결되어 있어서 수신기에 감지된 적외선을 바탕으로 이동물체가 어느 방 안에 있다는 것을 판정한다.

액티브 배지는 네트워크 센서를 통하여 적외선(Infrared) 신호를 송신함으로써 실내에서의 수신 및 위치 추적을 수행한다. 주기적으로 고유의 아이디 정보를 가진 적외선 신호를 송신하는 송신기와 천정에 부착된 수신기로 구성되며, 수신기는 특정한 아이디를 가진 송신기가 현재 범위 이내에 있음을 통해서 송신기의 위치를 결정한다. 액티브 배지는 매우 단순한 송수신 시스템으로 구성되어 저렴하게 시스템을 구성할 수 있다.

반면, 액티브 배지에서 사용하는 적외선 신호가 햇빛이나 형광등 등의 간섭이 심하며, 작은 장애물도 투과하지 못하는 단점이 있어 적외선 신호의 충돌이 일어날 수 있기 때문에 확장성의 문제를 가진다. 따라서 액티브 배치 시스템을 구축하기 위해서는 측위를 위한 특수 장비가 필요하고, 측정한 위치의 단위가 작은 방이라는 것을 알 수 있다.

### 2.2.3 RADAR

RADAR[17]는 1997년 미국 마이크로소프트 연구소에서 제안하였다. RADAR에서는 기지국감시 위치측정을 통하여 기존 이동통신망 내에서 이동하는 물체의 위치를 측정한다. RADAR는 IEEE 802.11

기반의 무선 랜을 기반으로 한다. 이동물체는 IEEE 802.11의 NIC(Network Interface Card)를 가지고 이동하며, AP(Access Pointer)는 장치들이 송출하는 신호의 세기와 신호대 잡음비(SNR)를 통해 2차원 위치를 측정한다. RADAR 시스템은 별도의 지원 장비 없이 기존의 망을 이용하는 장점이 있지만 위치를 파악하기 위한 모든 장치가 IEEE 802.11을 지원해야 하기 때문에 소형 기기에는 적용되기 힘들다.

RADAR 시스템에서는 이동물체가 고정 지점에 위치한 세 개의 기준 스테이션(Base-Station: Desktop Computer)에 UDP 패킷을 송신하면 기준 스테이션이 패킷의 신호 세기를 바탕으로 이동물체의 위치를 판독한다. 판독을 위하여 사용되는 기술은 K-NN (K Nearest Neighbor)이라는 일종의 지문(Fingerprint)방식이다[19-21].

지문 방식은 준비단계(Off-Line Phase)와 측정 단계(On-Line Phase)로 구성된다. 준비단계에서는 측위 소프트웨어가 적용되는 범위내의 각 지점(후보지점이라고 함)에서 특징 값(RADAR에서는 UDP의 손실률)을 측정하여(측정치들 샘플이라고 칭함), 샘플의 평균으로 찾아보기 표를 작성한다.

측정 단계에서는 사용자의 현재 위치에서 측정된 특징 값과 찾아보기 표의 내용과 비교하여 사용자의 위치를 판정한다. 이때 K개의 가장 가까운 지점을 찾아 현재 위치로 판정한다.

## 2.3 위치측위 기술의 문제점

센서네트워크에서 위치측정을 위해 사용되는 기술로 크게 적외선(Infrared), 초음파(Ultrasonic), RF(Radio Frequency), RFID(Radio Frequency Identification) 그리고 UWB(Ultra-Wide-Band) 등이 있다.

적외선(Infrared) 신호를 이용한 위치 측위 방식은 실내 곳곳에 부착된 적외선 센서가 고유 ID코드를 가진 적외선 장치를 인식하여 사용자의 위치를 찾아내는 방식이다. 비교적 시스템의 구성이 간단하고 저렴하나 적외선 신호의 특성상 가시거리(LOS: Line of Sight)내에서만 사용이 가능하고 형광등 또는 직접적인 태양광이 비치는 장소에서는 사용하기 어려운 단점이 있다.

초음파 신호는 음성신호의 전달되는 과정과 일치한다. 따라서 날씨 및 기온의 상태에 따라 신호의 전달 속도는 달라질 수 있다. 초음파는 굴절률이 크기

때문에 전방에 작은 장애물이 있다고 하더라도 전달이 가능하다. 개선할 수 없는 단점으로는 방해물이나 잘못된 반사 신호(반사 음향)로 인한 신호수신의 감쇠 그리고 주위의 높은 음향에 의한 간섭현상 등이 발생할 수 있다.

RFID 태그 시스템은 여러 개의 태그가 존재할 때 리더가 태그를 제대로 식별할 수 없다. 따라서 태그 간의 충돌을 방지하기 위한 효율적인 충돌방지 알고리즘이 적용되어야 하지만 이를 위해 극복해야 할 과제가 너무 많다.

RSSI(Received Signal Strength Indicator) 기법은 RF(Radio Frequency) 신호의 강도(Signal Strength)를 측정하여 신호 감쇠로 인한 신호 전달 거리를 측정하여 위치를 계산한다. RSSI는 신호를 수신하는 측에서 신호의 세기를 통계적인 방법에 근거하여 확률분포와 대조하여 위치를 측정하는 방법이다.

RSSI 방식을 이용하기 위해서는 우선적으로 미리 정의된 다양한 지점에서의 신호 세기들을 RSSI 표본 수집을 통해 측정하여야 한다. 이러한 과정을 수행하고 나면 타깃의 송신 신호를 각 센서들이 수신할 때 발생하는 신호의 감쇠 정도를 측정한 뒤 이를 확률적 방법을 통해 미리 수집되었던 RSSI 표본과 매핑(Mapping)하여 타깃의 위치를 측정한다. 그러나 이 방식은 타깃과 센서 사이에 많은 장애물이 존재하거나 복잡한 실내 환경일 경우 거리 측정 오차가 매우 클 수 있다.

### 3. K-NN 기반 실내 위치 측위

#### 3.1 K-NN

최근접 이웃 알고리즘(K-NN: K-Nearest Neighbor Algorithm)은 이미 알려진 개체들을 훈련집합(Training Set)의 형태로 메모리에 기억한 다음 그 중 유사한 개체를 선택하여 선택된 개체의 값에 따라 새로운 개체의 값을 예측하는 방식의 분류 알고리즘이다[9,19-21].

K-NN 알고리즘의 수행을 위해서는 속성의 가중치 계산, 속성값 간의 유사도 계산 등의 계산방법을 필요로 한다. 우선 X와 Y를 각각 K개의 속성으로 구성된 데이터라고 하고,  $x_i$ 와  $y_i$ 를 각각 X와 Y의 i번째 속성값이라고 하자. 또한 T를 목적 속성이라고

가정하고  $\Delta_T(X, Y)$ 를 T에 대한 X와 Y의 유사도라고 할 때,  $\Omega_T(X, Y)$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$\Omega_T(X, Y) = \sum_{j=1}^k \omega_T(j) \cdot S_T(x_i, y_i)$$

여기서  $\omega_T(j)$ 는 i번째 속성의 가중치이며  $S_T(x_i, y_i)$ 는 속성 값  $x_i, y_i$  간의 유사도이다. 위의 식에서 볼 수 있듯이 NN 알고리즘에서 유사도의 계산은 다음의 두 가지 단계로 구분된다.

- 각 속성의 가중치 계산:  $\omega_T(j)$
- 속성 값의 유사도의 계산:  $S_T(x_i, y_i)$

이와 같은 계산식들을 기반으로 새로운 데이터에 대하여 과거의 데이터에서 가장 유사도가 높은 데이터들을 선택하여 목적 값으로 이용한다. 속성 값의 타입에 따라서 유사도는 달라질 수 있다. 본 논문에서는 목적을 위한 속성으로 RSSI의 값을 적용한다.

#### 3.2 K-NN/Intermediate Value 알고리즘

RSSI(Received Signal Strength Indicator)는 신호를 수신하는 측에서 신호의 세기를 통계적인 방법에 근거하여 확률분포와 대조하여 위치를 측정하는 방법으로 RF 지문방식(Fingerprint) 기술을 사용한다.

지문 방식은 준비단계(Off-Line Phase)와 실시간 측정 단계(On-Line Phase)로 구성된다. 준비단계에서는 측위 소프트웨어가 적용되는 범위내의 각 지점(후보지점이라고 함)에서 특징 값(RF 신호의 세기)을 측정하여(측정치를 샘플이라고 칭함), 샘플의 평균으로 찾아보기 표를 작성한다. 실시간 측정단계에서는 사용자의 현재 위치에서 측정한 특징 값과 찾아보기 표의 내용과 비교하여 사용자의 위치를 판정한다.

일반적으로 RSSI의 값은 다음과 같은 수식에 비례하여 추출될 수 있다.

$$RSSI = -(10 \log_{10} d + A)$$

여기에서 n은 신호 파장의 상수 값이며, d는 송신 장치로부터의 거리(단위: 미터)를 나타낸다. 그리고 A는 1 미터 거리에서 RSS의 세기 값을 표현한 것이다. 이를 역으로 환산하여 거리(d)를 계산하면 다음과 같은 수식을 얻을 수 있다.

$$d = 10^{-\left(\frac{RSSI + A}{10n}\right)}$$

이러한 특성을 바탕으로 기준점이 되는 각 AP들로부터의 위치를 얻어낼 수 있다. 그러나 위치를 측위하기 위해서 얻어지는 RSSI의 값을 가지고 계산에 의한 위치 측정은 처리과정에서 많은 시간을 소요하게 됨에 따라 실시간 서비스를 위한 시스템에서는 적합하지 않다. 이를 해결하기 위한 한가지의 방식이 K-NN 기술을 적용하는 것이다. K-NN은 K 개의 가장 가까운 지점을 찾아, 이들의 평균을 사용자의 현재 위치로 판정한다.

본 논문에서 구현된 K-NN의 훈련 집합의 데이터 형성에서는 10m의 격자형 넓이는 갖는 영역에 가로, 세로가 각각 ≈3.3m의 거리 분포를 두고 샘플링 작업을 수행한다.

태그 시스템의 위치가 그림 1에서와 같이 훈련 집합을 위한 실험위치에서 조금 벗어난 곳에서 실험이 되었을 때, 기존의 K-NN 기술은 각 후보지의 위치 (X1, X2, X3, X4)로부터 가장 가까운 값( $b < a < d < c$ )을 추출하여 하나의 지점(X2)으로 결정한다. 따라서 이러한 방식의 근접 값을 추출하여 가장 가까운 하나의 위치를 추정하는 기존의 K-NN의 적용때에는 ≈1.67m의 오차 범위를 갖는다.

오차를 줄이기 위해 후보지 지점들 사이로 추출된 RSSI의 값은 후보지들의 값과 비교하여 상대적인 위치로 결정하여, 특정 범위내의 값과 비슷할 경우 그 사이에 존재할 수 있도록 측위시스템을 구현하였다. 즉, 측위된 RSSI의 값들의 편차값(a, b, c, d)이 서로 비슷할 경우, 이들 사이에 존재하는 것으로 간주하여, 최대 오차의 범위를 기존의 K-NN보다 두 배 가까이 낮은 ≈0.83m으로 감소시킬 수 있다.

그림 2는 기존의 K-NN의 위치 추정에서 중간값

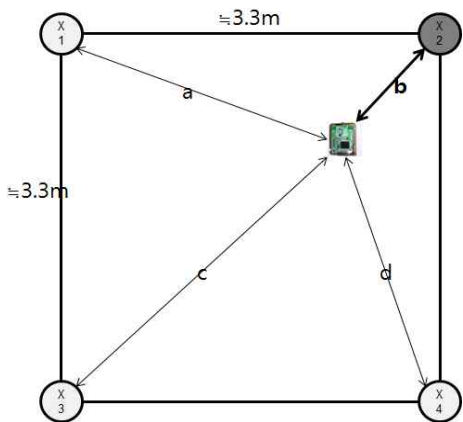


그림 1. 태그시스템의 위치 추정

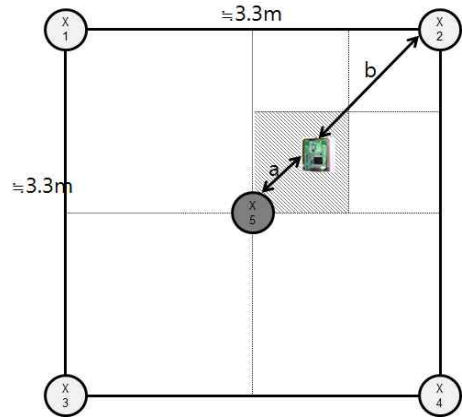


그림 2. 중간값 적용 위치추정

에 해당되는 위치를 X5의 새로운 지정으로 분류하여, 새로운 가상의 위치를 추정하는 것을 보여준다. 기존의 K-NN은 인접공간의 네 개의 후보지점을 선출하고 이 중 가장 가까운 위치를 유력후보지로 결정하여 위치를 측정하였으나, 본 논문에서는 이 인접공간의 가운데 영역을 새로운 후보지로 선출한다.

중간에 존재하는 후보지의 위치는 사전데이터에 의해 정의될 수 없으므로, 다음과 같은 수식에 의해 결정된다. 수식에서 마지막에 곱해지는 상수(0.25)는 X5위치의 범위를 지정하기 위한 값으로, 전체 공간에서 가운데 부분을 중심으로 25% 영역에 포함되는 모든 영역을 X5로 지정하기 위한 값이다.

$$|dist_{x1} - dist_{x2}| \leq \left( \frac{dist_{x1} + dist_{x2}}{2} \right) \times 0.25$$

$$|dist_{x1} - dist_{x3}| \leq \left( \frac{dist_{x1} + dist_{x3}}{2} \right) \times 0.25$$

$$|dist_{x2} - dist_{x4}| \leq \left( \frac{dist_{x2} + dist_{x4}}{2} \right) \times 0.25$$

$$|dist_{x3} - dist_{x4}| \leq \left( \frac{dist_{x3} + dist_{x4}}{2} \right) \times 0.25$$

## 4. 실험 및 결과

### 4.1 실험 환경

위치 인식에 사용되는 RF 신호의 세기(RSS) 정보를 DB화함으로써 검색자의 요구에 즉시 응답하는 K-NN 기법의 성능을 얻을 수 있도록 그림 3과 같이 무선 MESH 네트워크를 지원하는 네 개의 AP와 위치를 측위하기 위한 서버, 서버와 통신을 위한 G/W AP, 그리고 한 개의 태그 시스템으로 구성하였다. G/W와 서버간의 통신은 LAN과 UART를 이용한

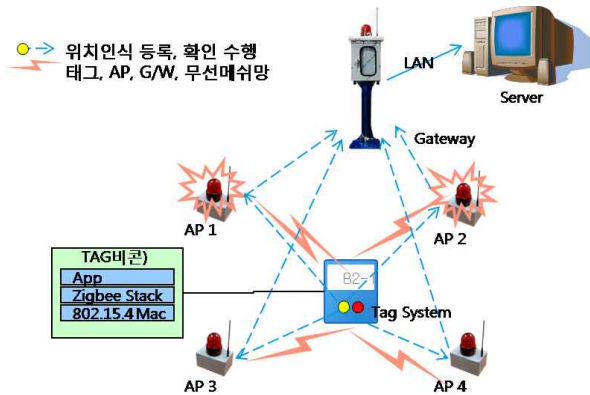


그림 3. 측위데이터의 전달 개요

데이터 통신이 가능하도록 구성하였다.

구현된 태그 시스템(Tag System)은 사용자가 휴대할 수 있도록 소형화하였으며, 배터리를 사용함으로써 휴대가 가능하다. 태그 시스템은 그림 4에서 보여주는 바와 같다.

태그 시스템은 데이터 통신을 최소화하여 장치의 수명을 연장시킬 수 있도록 사용자의 요청 및 설정 시간 주기에 의한 비컨 신호의 송출 및 감지 기능을 수행하였다. 또한, 위치 측위에 사용되는 기본 정보가 RSS의 값으로 이루어지기 때문에 태그 시스템에서 전송되는 비컨 신호는 주위의 이웃 노드의 거리와는 상관없이 항상 같은 세기의 신호만을 송출하도록 구현되었다.

태그 시스템의 하드웨어적 규격은 표 1과 같다. 주위의 AP 시스템이 위치를 측위할 수 있도록 본 태그 시스템은 2.4Ghz 주파수 1mW의 RF 신호(비컨)를 송출한다. 또한, RF 모듈은 주위의 AP 시스템을 감지할 수 있는 비컨 신호의 송신 기능도 탑재하고 있다.

태그 시스템은 사용자의 버튼 입력을 감지하여 비컨 신호를 송출하고, 주기적으로 주위의 AP 시스템

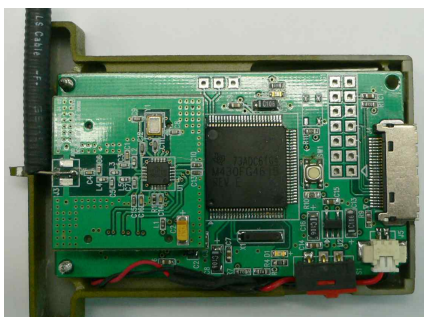


그림 4. 태그시스템의 사진

표 1. 태그 시스템의 규격

| 항 목   | 설 명               |
|-------|-------------------|
| 크기    | 70×50×15(mm)      |
| 전원    | 3.6V 배터리(AA×3)    |
| 대역폭   | 2.4GHz            |
| 수신부감도 | -30dBm            |
| 출력    | 1mW               |
| CPU   | MSP430 16bit RISC |
| RF 모듈 | CC1100            |

확인 등 비컨 신호를 수신하는 기능을 수행한다. 이러한 기능은 16비트의 처리능력을 갖는 MSP430 프로세서를 활용하여, CC1100을 제어하고 버튼의 입력을 감지하는 기능을 수행한다.

사용자가 태그 시스템의 버튼을 누르면, 태그 시스템은 즉시 자신의 비컨 신호를 송출하는 기능을 수행한다. 그리고 실시간 감지 기능을 위해 일반모드(Normal Mode) 상태로 진입하여 기본적으로 2초 주기로 비컨 신호를 송출한다. 이 주기 동안 3회 연속 응답 비컨 신호를 받지 못하면 태그 시스템은 슬립모드(Sleep Mode)로 동작하게 되고 비컨 신호 송출을 위한 시간 주기를 30초로 변경하게 된다.

슬립모드 상태에서 다시 주변으로부터 비컨 신호를 받게 되면 태그시스템은 일반모드로 복귀하여 2초를 주기로 송출을 시도하게 된다. 만약, 10분 동안 슬립상태가 계속 될 경우 태그시스템은 자동으로 전원을 차단하게 된다. 각 동작에 따른 상태 변화 및 그에 따른 설명은 표 2에서 보여주는 바와 같다.

AP 시스템은 태그 시스템의 신호를 감지하기 위해 802.15.4 MAC을 지원하고 AP간의 mesh 네트워크를 형성하여 서버로 데이터를 전달하기 위해 802.11 기반의 MAC을 한 개의 시스템에 탑재를 하고 있다.

표 2. 상태변화를 위한 설정 값

| 상 태       | 설정값     | 설 명                            |
|-----------|---------|--------------------------------|
| Alarm     | 즉시      | 사용자의 버튼 클릭을 통한 비컨 송출           |
| Normal    | 2s      | 주기적 비컨 신호의 송출                  |
| Sleep 진입  | 3 times | 주변 AP로부터 3번 이상의 비컨 응답이 없을 때 진입 |
| Sleep     | 30s     | 슬립모드 상태에서의 비컨 송출               |
| Shut down | 10m     | 슬립모드 상태에서 10분 경과               |





그림 5. AP시스템

그림 5는 구현된 AP 시스템을 보여준다. 이 구현된 시스템은 애드혹(Ad-Hoc)기반을 지원하는 메쉬 네트워크 기능의 수행과 태그 시스템간의 인터페이스를 수행하는 시스템은 임베디드 리눅스 운영체제를 탑재하고 있다. 태그 시스템과는 달리, AP 시스템은 고정된 위치에서 데이터의 중계역할을 수행하기 때문에, 외부의 전력을 사용하도록 구현되었다.

태그 시스템의 RSS를 감지하는 이 AP시스템(RFD)들은 사전 배치시 좌표를 지정하고, 이 지정된 좌표는 태그 시스템의 절대적 위치를 파악하기 위한 기준점으로 활용된다. 실험을 통한 성능 값을 얻기 위해, 그림 6에서와 같이 AP 시스템을 정 사각형의 모서리 부분을 기준으로 설정하였으며, 각 AP간의 거리는 10m로 지정하였다. 또한, AP의 높이는 본체를 기준으로 2m로 배치하였다.

AP 시스템은 항상 대기 상태로 동작을 하고 있다. 특정 태그 시스템으로부터 비컨 신호를 수신하게 되면, 그 비컨의 RSSI의 값과 시퀀스 번호(Sequence ID) 그리고 자신의 정보를 갖는 패킷을 생성하여, 매

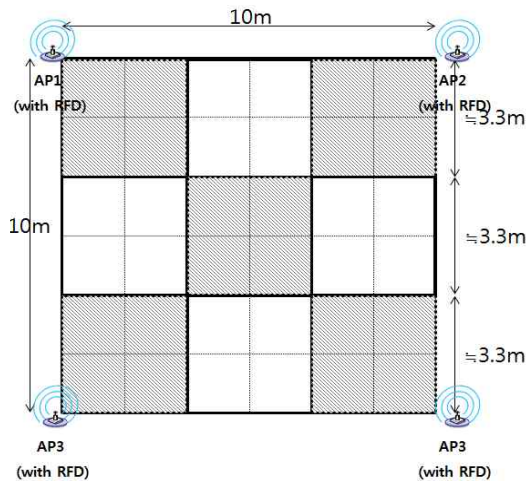


그림 6. AP 시스템의 배치

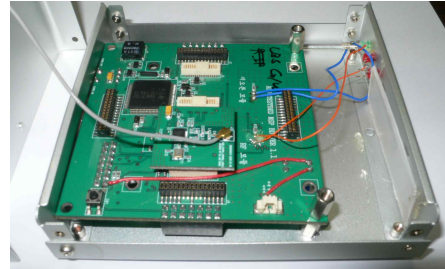


그림 7. 위치측위 GW

쉬 네트워크를 통해 서버에 전달하는 기능을 수행한다.

위치 측위 서버(Positioning System)는 MESH 네트워크를 지원하는 G/W AP와 UART 또는 LAN으로 연결할 수 있다. 그림 7은 서버와 UART를 이용하여 통신을 하는 G/W AP를 보여준다.

#### 4.2 실험

K-NN 기법을 활용한 위치를 측위의 첫 번째 단계로 '훈련 집합의 형성'이라는 단계가 있다. 이는 실측을 위한 비교대상을 얻고자 사전에 시행하는 데이터 추출 작업이다. 특정 위치별로 추출되는 데이터의 정교성을 위해, 지정된 각 위치에서 태그 시스템의 비컨 신호를 최소 세 번 이상 송출하여 평균 RSSI의 값을 얻도록 구성하였다.

실험 공간에서 얻어지는 RSSI의 평균값들은 검출된 각 AP마다 다른 값으로 추출되었다. 이는 거리에 따른 전파신호의 강도가 감쇠하기 때문에 태그 시스템의 위치에 따라 다른 RSSI의 값이 나오는 것을 확인할 수 있었다.

훈련 집합을 위한 데이터를 정의하기 위해, 본 연구에서는 정사각형의 구조로 구성된 AP들의 사이를 가로 3등분, 세로 3등분하여 전체 9개의 영역으로 분리하고, 각 분리된 영역의 중심에서 태그 시스템을 가동시켜 비컨 신호를 송출하도록 실험하였다. 태그 시스템은 서로 다른 위치에서 각각 15번의 비컨 신호를 송출하고 RSS의 값을 측정하였다. 각 위치에서 측정된 값들은 평균값들로 산출되어 DB에 저장되었다.

각 해당되는 위치는 서버에서 GUI를 통해 지정할 수 있는데, 훈련집합을 위한 RSSI의 값을 활용하여 중간값을 적용한 위치 추정 결과를 그림 8에서와 같이 GUI로 출력하였다.

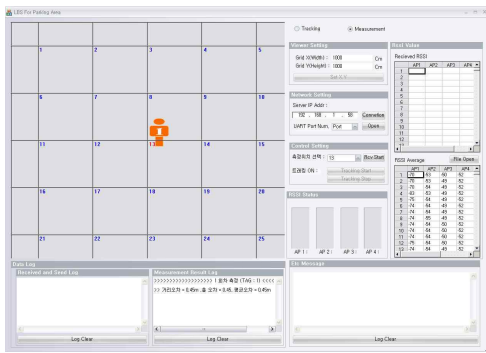


그림 8. 훈련 집합 기록 예시 GUI

### 4.3 실험 결과

전파 및 LOS(Line of Sight) 장애물이 존재하지 않는 실내 공간(다층건물의 로비)에서 송출된 RSS 값들의 균일성을 확인해 보기 위해 그림 9와 같은 환경으로 AP 시스템들을 배치하고, 태그 시스템을 AP1 지점으로 가까운 블록 내에 배치하여 30번의 비컨 신호를 보냈다.

전송된 비컨의 RSS를 각 정방 사각형의 모서리에 존재하는 AP들로 추출해 본 결과, 그림 10에서 보여준 바와 같이 신호 값들이 추출되었다. 정적인 위치에서 RSSI가 변하지 않고 수평을 이루는 값의 분포는 신호의 감쇄가 규칙적임을 의미한다. 이는 위치추정에 있어서 RSS를 이용한 거리 측정에서의 오차율을 최소화시키는 근원이 된다.

그러나 그림 10에서 보여주는 바와 같이 AP3과 AP4의 RSSI 값은 일부 불규칙적인 크기로 검출되었다. 이는 태그시스템을 사람이 휴대한 상태에서 AP1과 AP2를 정면에 향하여, 측정하였다. 따라서 등을

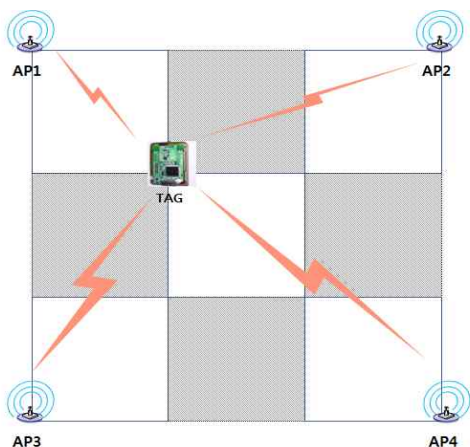


그림 9. RSSI 측정

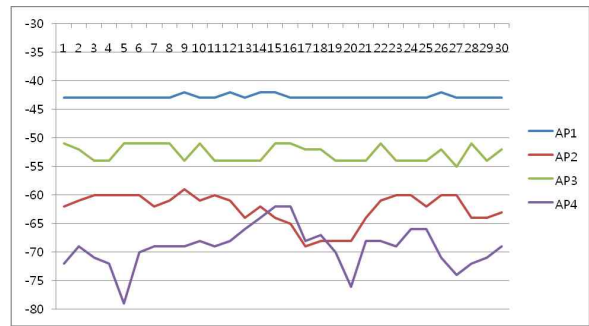


그림 10. AP1 주변에서 측정된 RSSI

지고 있는 AP3와 AP4에서 읽혀진 일부 RSSI 값이 겹쳐지는 것을 확인할 수 있다(14~19회차). 그러나, 잦은 샘플링을 통해 일정한 분포선을 얻을 수 있었다.

그림 11은 태그 시스템을 AP1의 위치에서 거리의 변화에 따른 RSSI의 변화를 보여준다. 1미터씩 멀어지는 각 위치에 따라 한 차례씩 비컨신호를 송출하여 10미터 거리까지 측정하였다. 변화량의 오차를 줄이기 위해 같은 측정을 세 차례 반복 수행하였다. AP1에서 멀어질수록 감소되는 신호의 폭이 그래프와 같이 거리에 따라 지수형태로 낮아지는 것을 확인할 수 있었다.

송출된 RF의 RSSI 값은 측정공간의 환경(실내 공간, 가구, 물체, 벽을 이루는 모든 물질 요소 등)에 따라 일정한 값을 갖질 못한다. 따라서 산술적인 계산을 통한 위치측위와 실측에서의 거리는 상이하다. K-NN은 미리 훈련데이터를 형성하고, 이 형성된 데이터와 실측한 데이터를 비교하여 위치를 추정하기 때문에, 일반 RSSI를 통한 위치 측위에 비해 더 높은 정밀성을 제공할 수 있다.

물체가 존재하는 실내 공간에서 K-NN 중간값 위치측위 성능을 얻기 위해, 본 논문에서는 지하 주차장(10×10m)의 공간과 AP3과 AP4 시스템의 전방에

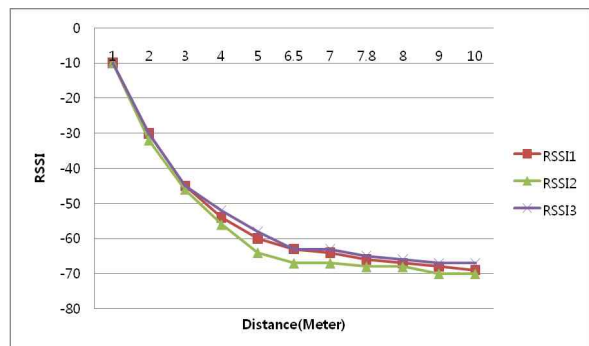


그림 11. AP1과의 거리에 따른 RSSI

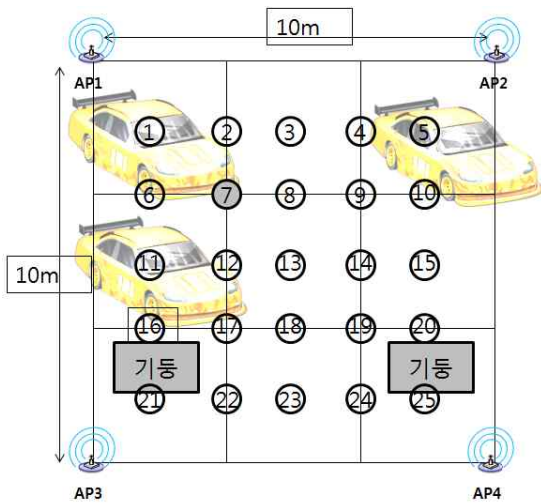


그림 12. 7번 위치에서 RSSI 측위

각각 기동이 설치되어 있다. 그리고 이 영역에는 그림 12에서와 같이, 세 대의 차량이 배치되어 있다. 이러한 환경에서, 혼련데이터를 얻기 위해 측위 경계마다 매 20회의 비컨 신호를 송출하였다.

위치 측위를 위한 첫 번째 실험으로 그림 12에서와 같이, 7번 영역에서 RSSI를 측위한 결과, 그림 13과 같은 신호의 값이 측정되었다. AP3의 RSSI 값은 전방의 기동에 가려져 있기 때문에, 다른 AP에서보다 훨씬 약한 신호로 검출되었다.

RSSI를 K-NN에 적용하면, 거리의 계산이 필요 없다. 따라서 적은 계산으로 RSSI의 값만의 비교를 통해 위치를 유추해 낼 수 있는 장점이 있다. 그러나 K-NN 기법은 태그 시스템의 위치가 사전에 정의된 위치에서 많이 멀어졌을 때, 각 후보지들의 위치 중 가장 가까운 곳을 선점하여 위치를 결정한다.

이러한 방식의 근접 값을 추출하여 가장 가까운 하나의 위치를 추정하는 K-NN의 방식은 이 환경에

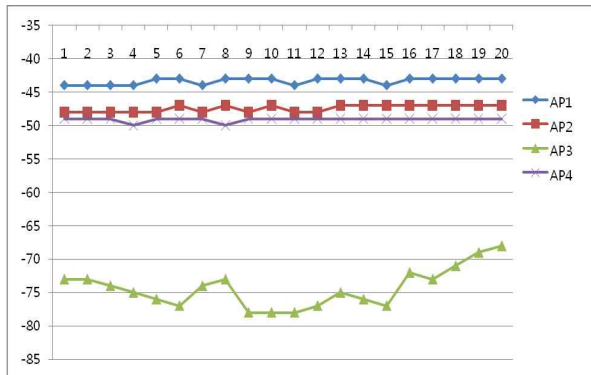


그림 13. 7번 위치에서 측정된 RSSI

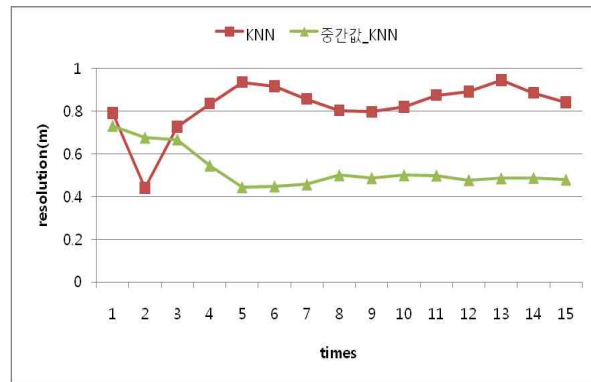


그림 14. K-NN과 중간값 적용과의 오차율 비교

서 대략 최대 오차 범위가 1.67m이다. 그러나, K 개의 경계 영역 사이에 중간값을 적용하면 기존의 K-NN 방식에서의 최대 오차를 1/2로 줄일 수 있다. 그림 14는 기존의 K-NN 방식과 이에 중간값을 적용한 방식의 오차값을 보여준다.

실험 결과에서 확인한 바와 같이, K-NN의 샘플링된 값들을 이웃 클러스터링의 위치로 간주하고, 그 부분의 평균값으로 얻어진 RSSI의 값과 비교하여, 이를 같이 적용하였을 경우에는 그림에서와 같이 오차율이 기존의 K-NN보다 크게 낮아졌으며, 평균 값을 구해본 결과 0.47m의 오차율을 갖는다. 결과적으로 기존의 K-NN 기반의 위치 추정보다 54% 더 향상된 측정 결과를 얻을 수 있었다.

K-NN에 중간값 적용을 통한 태그 시스템의 절약된 비컨 신호의 전달을 이용하면, 실내 공간에서 위치 측위에 따른 전력 소모를 최소화하고 그에 따른 태그 시스템의 동작 수명을 연장시킬 수 있을 것이다.

IEEE 802.15.4 기반에서 데이터 전송을 통한 위치 인식과 비교하여 본 논문에서의 비컨 사용만을 통한 전력 사용의 효율성을 증명하기 위해 표 4와 같은 환경으로 시뮬레이터를 설정하여 전체 전력소모량을 측정하였다[30,31].

태그 시스템을 10×10m 공간의 가운데 지점에 설치하여 10분 동안 사용된 전력 소모의 값을 각각 측정하였다. 동등한 환경에서 비컨 사용 기법만을 통한

표 4. 측정 파라미터

| 구 분  | 값      |
|------|--------|
| 송신전력 | ≈27mW  |
| 수신전력 | ≈1.8mW |
| 유휴전력 | ≈5uW   |

전력 소모량을 얻기 위하여, 같은 태그 시스템에 비컨 모드로의 전송 기법과 데이터 모드 기법을 각각 구현하여 측정하였다.

네트워크는 태그 시스템을 중심으로 네 개의 AP 시스템에 장착된 802.15.4와 링크를 형성하기 때문에 스타 형태의 네트워크 모양을 따른다. 비컨만을 통한 신호 전달은 네트워크를 형성할 필요가 없기 때문에 이 네트워크의 형태와는 아무런 관련이 없으며, 이는 기존의 데이터 전송을 통한 위치측정에서 활용되기 위한 네트워크 형태로 사용된다.

그림 15는 기존의 방식(Data with Beacon)과 본 논문에서 정의한 방식(Only Beacon)을 태그 시스템에 적용한다고 가정하였을 때, 시뮬레이션을 통하여 얻어진 결과이다. 이 결과에서 확인된 바와 같이, IEEE 802.15.4 기술을 이용하여 비컨만을 사용하는 방식을 이용하면, 단위시간당 69%의 전력 소모를 더 절약할 수 있다.

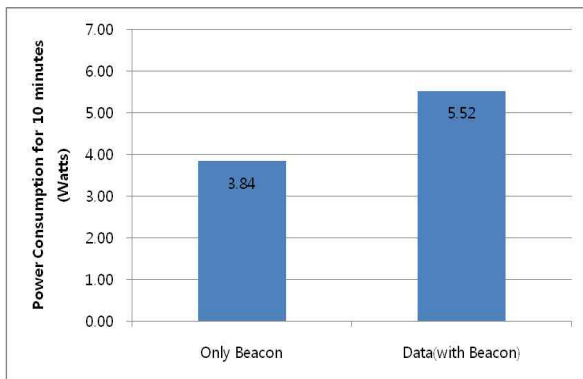


그림 15. 태그시스템의 전력소비량 비교

### 5. 결 론

본 논문에서는 IEEE 802.15.4 기술을 이용하여 실내에서 위치를 추정하기 위한 기법으로 기존의 K-NN에 중간값을 적용하여, 더 세밀하게 위치를 측정할 수 있도록 시스템을 구현하였다.

위치를 측위하기 위한 대표적인 수단으로 GPS(Global Positioning System)이 있다. 그러나 이 GPS의 사용은 오직 위성으로부터 데이터를 수신할 수 있는 개방된 공간에서만 가능하다. 따라서 전파가 도달될 수 없는 산악 지형, 실내 또는 지하 그리고 고층 빌딩 사이 등지에서는 위치 측위를 하지 못하는 단점이 있었다.

이의 해결을 위한 다양한 실내위치 측위시스템이 있다. 그러나 대부분의 측위시스템들은 기존의 RF 장치 외에 방식에 따라 적외선, 초음파, RFID 리더기 등의 다양한 추가 장치를 필요로 한다. RF만을 사용하는 시스템으로 RADAR 시스템이 있지만 이는 WLAN인 IEEE 802.11에 기반을 둔다. 따라서 모든 장치가 IEEE 802.11을 지원해야 하기 때문에 센서노드와 같은 소형 기기에서의 적용에는 높은 소비전력 때문에 비효율적이다.

이러한 문제들을 해결하기 위하여 본 논문에서는 센서네트워크를 위한 LR-WPAN으로 많이 사용되는 저전력을 지향하는 IEEE 802.15.4 기술을 이용하여 실내에서 위치를 측위할 수 있는 시스템을 구현하였다. 아울러, RF의 신호의 세기(RSSI)값의 계산에 따른 위치측위 과정에서의 시간지연을 해소하기 위하여 K-NN 기법을 적용하였다. 그러나 기존의 K-NN 기법은 미리 학습된 데이터를 근거로 몇 개의 지정된 위치로 추정하기 때문에, 실질적 위치 측위에서는 큰 오차범위를 가진다.

기존의 K-NN 기술에서의 오차범위를 해결하기 위하여 본 연구에서는 중간값(Intermediate Value)을 적용하여, K-NN에서 사전학습 데이터와 비교했을 때, 평균위치에 존재하는 값으로 RSSI가 측정되었을 경우, 측위된 위치를 사전 데이터 범위의 중간 지점으로 추정하도록 구현하였다. 실험 결과를 통해 입증되었듯이 중간값을 적용하였을 경우 기존의 K-NN 보다 54% 더 향상된 정밀도를 얻을 수 있었다.

본 논문에서 제안한 기술은 기존의 GPS와 같이 연동하여 공간 집약된 위치 측위에서의 많은 문제들을 해결할 수 있을 것이다. 이를, 다층의 건물이나 지하 영역으로 확장하면 3차원적 위치 측위도 가능할 것으로 기대된다. 그리고 그에 따른 다양한 서비스 응용프로그램을 기대할 수 있을 것이다.

### 참 고 문 헌

- [1] 김춘석, 한문승, “위치정보의 활용현황 조사분석”, 정보통신연구진흥원 학술기사, 2006.
- [2] 박용완, 김선미, “차세대 위치기반서비스 측위 기술”, 한국통신학회지(정보통신) 제23권, 제6호, pp. 83-98, 2006.
- [3] 한국정보통신산업협회, 2005년도 정보통신표

- 준화전략포럼 최종연구보고서 - LBS 표준화 포럼 운영, 한국정보통신기술협회, 2003.
- [4] LBS 산업협의회, LBS 기술 및 시장현황 연구 보고서, 2006.
- [5] 박종현, 김문구, 백종현, “위치기반서비스(LBS)의 산업구조 분석 및 시장개발전략 방향,” 한국통신학회지(정보통신), 제20권 제2호, pp. 92-102, 2003.
- [6] 이승철, 홍봉희, 김기홍, 박재관, “RTLS를 위한 위치 데이터 스트림 처리기 개발,” 한국공간정보시스템학회 학술회의 논문집, pp. 15-20, 2007.
- [7] 김수희, 정인환, “Wireless LAN 환경하에서 Access Point의 RSSI 삼각측량 방식을 이용한 RTLS 설계,” 한국정보과학회 학술발표논문집, 제33권 제2호, pp. 330-333, 2006.
- [8] 임재걸, 주재훈, 남윤석, “위치기반서비스를 위한 통합측위시스템 설계 및 응용,” 한국데이터베이스학회, Vol. 13, No. 4, pp. 57-70, 2006.
- [9] 주재순, 염경환, 이상정, “GPS/GLONASS통합 수신용 RF 전단부의 설계 및 제작,” 정보과학회 논문지, 제12권 제4호, pp. 1226-2285, 2001.
- [10] 허경, 손원성, 엄두섭, “위치 측정 시스템(Localization) 기술 동향,” 한국멀티미디어학회지, 제14권, 제4호, pp. 35-50, 2010.
- [11] 남민석, 정종태, 이상철, 이동하, “위치인식 기술 관점에서의 WSN 응용 기술 발전 전망,” 한국멀티미디어학회지, 제14권, 제4호, pp. 51-60, 2010.
- [12] 송하주, 김숙연, 권오흠, “무선 센서 네트워크에서의 2단계 위치 추정 알고리즘,” 한국멀티미디어학회논문지, 제9권, 제2호, pp. 172-188, 2006.
- [13] Want, R., Hopper, A., Falcao, V., and Gibbons, J., “The Active Badge Location System,” *ACM Transactions on Information Systems*, Vol. 10, No. 1, pp. 91-102, 1992.
- [14] Harter, A. and Hopper, A., “A New Location Technique for the Active Office,” *IEEE Personal Communications*, Vol. 4, No. 5, pp. 43-47, 1997.
- [15] Harter, A., Hopper, A., Steggles, P., Ward, A., and Webster, P., “The Anatomy of a Context-Aware Application,” *Wireless Networks*, 2002, Vol. 8, pp. 187-192, 2002.
- [16] Priyanthat N., Chakraborty A., and Balakrishnan, H., “The Cricket Location-Support System,” *Proc. of 6th ACM International Conference on Mobile Computing and Networking*, pp. 32-43, 2000.
- [17] Bahl P. and Padmanabhan V., “RADAR : An In-building RF-based User Location and Tracking System,” *INFOCOM 2000*, pp. 775-784, 2000.
- [18] 임재걸, 정승환, 심규박, “RSSI 판독 라이브러리 함수 및 옥내 측위 모듈 구현,” 한국멀티미디어학회논문지, 제10권, 제1호, pp. 1483-1495, 2007.
- [19] T.M. Cover and P.E. Hart, “Nearest Neighbor Pattern Classification,” *IEEE Transactions on Information Theory*, Vol. 13, pp. 21-27, 1967.
- [20] E.E. Smith and D.L. Medin, *Categories and Concepts*, Cambridge, MA: Harvard University Press, 1981.
- [21] D. Aha, D. Kibler, and M. Albert, “Instance-based Learning Algorithms,” *Machine Learning*, Vol. 6, pp. 37-66, 1991.
- [22] 이창환, “정보이론을 이용한 K-최근접 이웃 알고리즘에서의 속성 가중치 계산,” 정보과학회논문지: 소프트웨어 및 응용 제32권 제9호, pp. 920-926, 2005.
- [23] 정우진, 김기범, 최창순, 윤동원, “지그비 네트워크에서 효율적인 이동성 지원을 위한 빠른 핸드오버 방안,” 전자공학회논문지, 제43권, 제11호, pp. 78-84, 2006.
- [24] 최상호, “위치 탐지를 위한 유비쿼터스 센서 네트워크,” 자연과학논문집, 제27권, pp. 43-54, 2006.
- [25] J. Krumm et al., “Multi-Camera Multi-Person Tracking for EasyLiving,” *Third IEEE International Workshop on Visual Surveillance*, pp. 3-10, 2000.
- [26] G.P. Yost and S. Panchapakesan, “Improvement in Estimation of Time of Arrival(TOA)



from Timing Advance(TA),” *IEEE International Conference on Universal Personal Communications*, Vol. 2, pp. 1367-1372, 1998.

[27] L. Zhu and J. Zhu, “A New Model and its Performance for TDOA Estimation,” *IEEE Vehicular Technology Conference*, Vol. 4, pp. 2750-2753, 2001.

[28] 김보미, 심민진, 이종은, 최상호, “유비쿼터스 센서 네트워크의 위치탐지 기술 및 동향”, 정보통신연구진흥원 학술정보, Vol. 16, pp. 27-37, 2007

[29] Shashank Tadakamadla, *Indoor Local Positioning System For ZigBee, Based On RSSI*, Thesis report of Mid Sweden University, 2006.

[30] 유영대, 최정훈, “IEEE 802.15.4 무선 스타 센서 네트워크에서 비컨 신호주기에 따른 센서 노드 전력 소모량 분석,” 한국통신학회논문지, Vol. 31, 2006.

[31] A. El-Hoiydi and J.-D. Decotignie, “Wise-MAC: An Ultra Low Power Mac Protocol for the Downlink of Infrastructure Wireless Sensor Networks,” *IEEE symposium on computers and communication ISCC'04*, pp. 244-251, 2004.



김 병 국

2002년 원광대 컴퓨터정보통신공학부 학사  
 2004년 고려대 전자컴퓨터공학과 석사  
 2011년 고려대 전자컴퓨터공학과 박사

2011년 9월~현재 동양미래대학 소프트웨어정보과 전임 강사  
 관심분야: 센서네트워크, 유비쿼터스컴퓨팅, 임베디드 시스템, 인터넷 QoS, 운영체제, 네트워크 미들웨어



홍 원 길

1986년 고려대 전자공학과 학사  
 1988년 고려대 전자공학과 석사  
 1988년 1월~1991년 10월 LG반도체 대리  
 2006년 5월~현재 ㈜센서웨이 대표이사

2010년 공주대 정보통신공학 박사  
 관심분야: 센서네트워크, 위치인식시스템, 임베디드 시스템