

# 무선랜 RSSI 신호의 필터링을 통한 RTLS의 성능 개선에 관한 연구

이주현, 강병권

순천향대학교 정보통신공학과

## A Study on the RTLS Performance Improvement Using WLAN RSSI Level Filtering

Joo-Hyun Lee, Byeong-Gwon Kang

Dept. of Information and Communication Engineering, Soonchunhyang University

### 요약

RFID 기술은 각 사물에 전자태그를 부착하고, 사물의 고유 ID를 무선으로 인식하여, 해당 정보를 수집, 저장, 추적함으로써 사물에 대한 측위, 원거리 관리 및 사물 간 정보교환 등의 서비스를 제공하는 기술이다. RFID의 응용분야의 하나로 전자태그가 부착되어 있는 대상의 위치를 실시간으로 파악하고 확인할 수 있는 RTLS(Real Time Locating Systems) 기술이 새로이 부각되고 있다. 본 논문에서는 AP의 RSSI(Received Signal Strength Indication)를 이용해 데이터의 정확도를 위해 약 30회의 위치 추정을 통한 위치 추정의 정확도를 알아보고 스무딩을 통한 측정 거리의 오차를 확인했다. AP의 RSSI를 통한 위치추정은 AP가 설치된 건물내의 실내환경에서 이루어졌으며, 비교적 정확한 약 3m의 오차를 보였고, 필터링을 통한 교정 추정값은 그보다 약 0.5~1m 향상된 성능을 보였다.

## I. 서론

최근 상품이나 사물에 전자태그를 부착하여 사물의 위치 및 정보를 확인하고 주변 상황을 실시간으로 파악하는 유비쿼터스 센서 네트워크기술이 등장하고 있고, 그 기반 기술로서 RFID(Radio Frequency Identification) 기술에 대한 관심과 투자 및 정부 주도의 산업 활성화 대책이 논의되고 있다. RFID 기술은 각 사물에 전자태그를 부착하고, 사물의 고유 ID를 무선으로 인식하여, 해당 정보를 수집, 저장, 추적함으로써 사물에 대한 측위, 원거리 관리 및 사물 간 정보교환 등의 서비스를 제공하는 기술이다. RFID의 응용분야의 하나로 전자태그가 부착되어 있는 대상의 위치를 실시간으로 파악하고 확인할 수 있는 RTLS(Real Time Locating Systems) 기술이 새로이 부각되고 있다.[1]

본 논문에서는 인프라 구축 비용을 최소화하기 위해 최근 급격히 보급되어 있는 IEEE 802.11 Wireless LAN 인프라를 활용하는 방법을 제안한다. 최근 빠른 상용화로 큰 건물이나, 공공기관을 살펴보면 흔히 AP(Access Point)를 발견할 수 있는데, 이 AP를 이용하

여 공유기에서 보내오는 신호 레벨을 이용, 위치를 추정하는 시스템을 구현하고 실내 환경(즉, 장애물이 존재하는 환경)에서의 성능을 확인한다.

## II. 관련연구

### 2.1 RTLS 개요

RTLS는 Real Time Locating System의 약자로 RFID 태그가 부착된 사람이나 사물의 위치를 측정기술을 바탕으로 실시간으로 확인하는 시스템 및 서비스를 말하며 국제 표준인 ISO/IEC 24730-2, 24730-5 에서는 2.4GHz 와 433MHz RTLS의 전체적인 구조와 무선 인터페이스 프로토콜 사용기법 등에 대해 정의하고 있다

RTLS 시스템에서도 GPS 및 LBS에서와 마찬가지로 삼각법(Triangulation), Presence 기능으로 알려져 있는 인접법(Proximity), 그리고 공간을 작은 셀로 나누어 개체가 존재하는 셀의 위치를 확인함으로써 현재 위치를 추정하는 셀(Cell) 방식을 사용한다. 이 중에서 삼각법에 의한 위치 추적이 가장보편적인 위치 추정 방법이며 삼각법에 의한 위치 추정은 RSSI나 TDOA, TOA 기술

을 바탕으로 이루어진다.[2]

### III. 설계 및 구현

#### 2.2 위치 인식 기법의 종류

RTLS에서 사용되는 측위기법은 여러 종류가 있으며 대표적인 것으로 AoA (Angle of Arrival) 기법, ToA (Time of Arrival) 기법, TDoA (Time Difference of Arrival) 기법, RSSI (Received Signal Strength Indicator) 기법, Fingerprint 기법, Cell-ID 기법 등이 있다. 각각의 위치 추정 기법들의 특징은 표1 로 대신한다. [3]

<표1> 위치추정 기법들의 특징

분류	방식	특징
전파이용법	AoA	기지국간에 동기화 필요 배열 안테나 및 고가의 안테나 필요 최소 2개의 안테나로 위치 파악가능
	ToA	이동단말과 기지국간의 동기화 필요 별도의 고가 장비가 필요 없음 신호의 송수신 시각 동기화 필요
	TDoA	기지국간의 동기화 필요
	RoA	위치인식의 정확도가 낮고, 환경의 영향을 많이 받음 인프라구축이 용이함 구현하기 쉬움
DB 분석법	Cell-ID	위치인식 정확도가 매우 낮음 인프라구축이 되어 있음
	Fingerprint	위치를 측정하고자 하는 곳의 환경이 바뀔 때 마다 데이터베이스 갱신이 필요 유지보수가 어려움

#### 2.3 위치정보 수집 방법

위치추적 시스템은 위치추적의 대상이 되는 태그(Tag), 액세스 포인트(Access Point), 그리고 중앙서버 혹은 위치계산 엔진(Positioning Engine)으로 구성된다. 근거리 위치추적 시스템은 두 가지 방식으로 구성될 수 있으며, 각 구성요소의 기능은 위치추적 시스템이 구성되는 방식에 따라 다소 차이가 있게 된다.

#### 3.1 위치인식 알고리즘 설계

기존의 RSSI를 이용한 거리 측정은 송신기와 수신기 사이에서 전파의 경로 손실을 이용하여 거리를 측정하는 것이다. 수신 신호 세기를 이용하는 경우 이동 개체로부터 기준점 사이의 거리는 Friis의 공식 식 (1)을 통해 구할 수 있다.

$$L = 20 \log_{10} \left( \frac{4\pi d}{\lambda} \right) [dBm] \quad (1)$$

여기서  $\lambda$ 는 전파의 파장을 나타내며 거리  $d$ 와 동일한 단위를 사용한다. 위에 식은 두 지점 사이의 거리  $d$ 에 대해 나타내면 아래 식 (2)와 같이 된다.

$$d = \frac{\lambda}{4\pi} \times 10^{\frac{L}{20}} = \frac{c}{4\pi f} \times 10^{\frac{L}{20}} \quad (2)$$

여기서  $c$ 는 전파속도이며  $f$ 는 주파수를 나타낸다. 또한  $L$ 은 송신기와 수신기 사이의 경로 손실로서 송신기의 송신 전력과 수신기의 수신 전력의 차이를 통해 얻을 수 있다. 이렇게 얻은 경로손실을 식에 대입하여 거리를 구할 수 있다. 위에서 구해진 거리로부터 삼각측량법을 이용하여 2차원 평면상에서 물체의 위치를 알기 위해서는 적어도 최소 3개 이상의 기준점이 필요하다. 예를 들어 3개의 기준점이 있고 각각의 좌표를  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_2, y_2)$ ,  $(x_3, y_3)$ 라 하고, 물체의 현재 위치가  $(x, y)$ 라고 할 때 세 개의 기준점으로부터의 거리를  $d_1, d_2, d_3$ 라고 하자. 물체로부터 각 기준점의 거리는 피타고라스 정리에 의해 다음 식 (3), (4), (5)을 연립하여 간단히 계산 될 수 있다.[4]

$$d_1 = \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2} \quad (3)$$

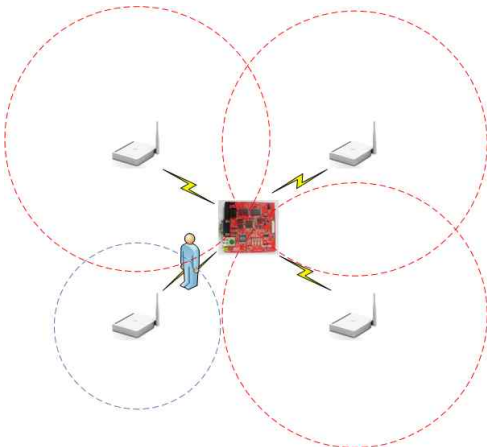
$$d_2 = \sqrt{(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2} \quad (4)$$

$$d_3 = \sqrt{(x - x_3)^2 + (y - y_3)^2} \quad (5)$$

### 3.2 위치추정 기법 설계

RSSI를 이용한 거리 측정 방법은 리더에서 수신된 태그의 수신 세기를 측정하여 이용하는 것으로 태그와 리더 사이에서의 신호의 파워 손실 혹은 경로 손실 (path loss)을 신호가 이동한 거리와 연결시키는 방식이다. 신호의 경로 손실과 거리와의 관계는 로그 관계가 존재하기 때문에, 측정되는 거리가 멀면 멀수록 경로 손실의 변화가 위치 추정 정확도에 미치는 영향은 커진다.

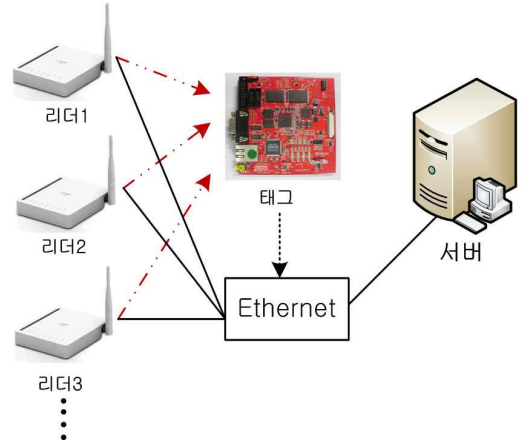
그림 1과 같이 실내 환경에서 태그 옆이나 리더 옆으로 사람들이 지나가거나 장애물에 의해 수신되는 전력이 갑자기 작아 질 수 있다. 이 상황에서 작아진 전력을 위치인식에 적용하면 실제 태그의 위치와 예상 태그 위치 사이에 큰 거리오차가 발생하게 된다. 이런 급격한 환경변화에 적응하도록 이전 Beacon신호의 신호레벨보다 급격히 크기가 작아지는 리더의 신호레벨은 위치인식에 사용하지 않는다. 또한 수신되는 신호레벨은 log 적으로 감소하므로 일정크기 이하의 신호레벨은 거리추정에 활용할 수 없다. 그러므로 일정 신호 레벨을 갖는 리더만을 위치인식에 적용한다.



<그림 1> 리더 선택기법

### 3.3 Testbed 시스템 구현

본 논문에서는 그림 2에서 보듯이 태그, 리더, 서버로 구성된다. 우선 태그는 리더로부터 신호레벨 및 리더의 정보를 받아 설계된 UDP소켓형식으로 일정 주기마다 정보를 Ethernet망을 통해서 서버로 정보를 보낸다. 서버는 각 리더들로부터 전송된 태그의 정보를 저장 및 관리한다.



<그림 2> Testbed 시스템 구성도

서버에서 태그의 위치를 계산하기 위해서는 리더로부터 전송된 RSSI값을 바탕으로 거리를 계산한다.

본 논문에서는 인프라구축이 쉽고 기존의 상용AP를 그대로 사용하기 위해 단말기 기반 위치정보 수집방식을 이용해서 시스템을 구성한다.

### 3.3 신호 감쇠 모델링

일반적으로 개방된 공간에서의 신호 감쇠 모델은 다음과 같은 형태로 표현 할 수 있다.

$$RSSI = -(10n \log_{10} d + A) \quad (6)$$

$n$ : 신호 감쇠 상수  
 $d$ : 거리 (m)  
 $A$ : 오프셋

여기서  $n$  값은 신호 전파상수로 측정 공간에 적합한 값은 경험적인 방법에 의해서 구해지며 실제 측정값에 가장 가까운 이론 치를 내는 값으로 설정한다.  $d$ 는 수신기까지의 거리를 나타내며,  $A$ 는 1m 거리에서의 RSSI 값으로 역시 실험에 의한 측정결과를 사용한다. 여기서 상수  $A$ 는 16dBm의 값을 주었다.

### 3.4 RSSI 측정값의 필터링

실제의 경우 RSSI 측정치는 이론적인 신호 감쇠 모델에서의 값들처럼 거리에 따라 연속적으로 감소하는 특성을 갖지 않는다. 따라서 실측값을 거리에 따른 신호 세기 감쇠 모델에 적용시키려면 사전에 측정치를 스무딩 하는 과정이 필요하다. RSSI 값을 스무딩 하는 필

터는 여러 가지가 있다. 그 중 가장 기본적이고 간단한 필터는 Averaging 필터와 Feedback 필터가 있다. 가장 기본적인 Averaging 필터는 더 많은 데이터 패킷이 전송되어야 한다. Feedback 필터는 가장 최근 RSSI 값의 적은 수로도 필터링이 가능하다.

Feedback Filter

$$RSSI_n = a \cdot RSSI_n + (1 - a) \cdot RSSI_{n-1} \quad (7)$$

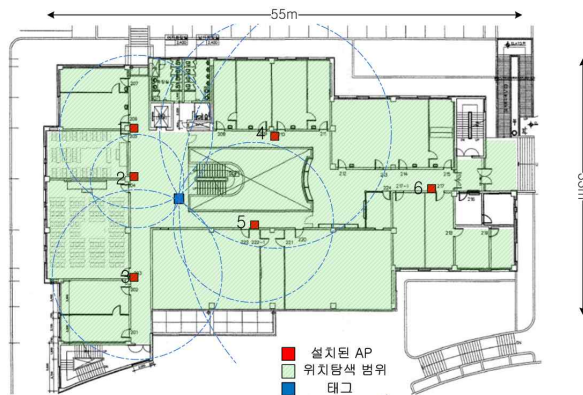
위 식(7)에서 a는 일반적으로 0.75 이상의 값이 주어져 이 필터링 과정으로 비교적 큰 RSSI 편차가 스무딩되므로 측정치 사이의 거리 간격이 큰 경우는 효과적이지 못하다. 본 논문에서는 측정 간격이 0.5로 비교적 짧은 편이므로 Feedback Filter를 적용하여 실험하였다. Feedback Filter에 의해 필터링된 결과 값을 로그 감쇠 모델을 이용한 식(8)에 대입하여 거리를 결정할 수 있다.

$$\text{거리} = 10^{\frac{RSSI_{smooth}}{-10n} - 1} \quad (8)$$

필터링 계수 a는 그 값이 작을수록 측정치들 간의 편차는 더욱 감소하여 RSSI 측정결과가 스무딩되는 효과를 얻을 수 있다. 그러나 측정치의 중요도나 정확도에 따라 최적의 a값을 찾아내는 것이 중요하다.

#### IV. 실험 및 결과

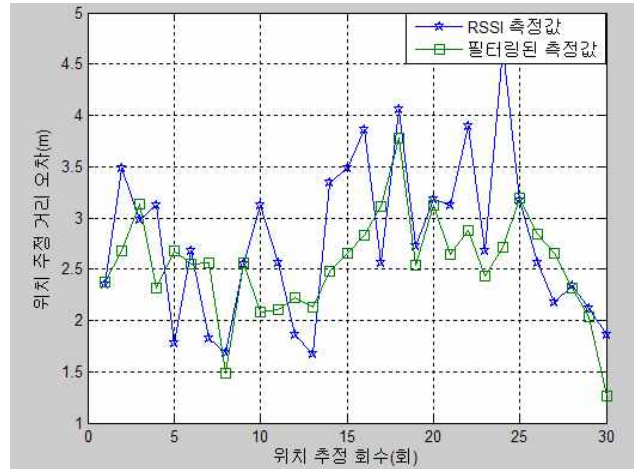
본 논문에서는 순천향대학교 멀티미디어관 2층(55m×33m)에 리더를 배치하고 설계한 Testbed를 이용하여 실험을 수행하였다. 그림 2는 리더의 배치와 위치인식 공간을 나타낸다.



<그림 3> 실험 환경도

그림 4 는 6개의 리더를 사용하여 실제 측정된 태그

의 수신강도와 스무딩 필터를 통한 수신강도를 필터링한 값을 나타낸다.



<그림 4> RSSI 측정값과 필터링된 측정값

필터링된 측정치는 실제 RSSI 측정치보다 비교적 오차의 범위가 적은 것을 볼 수 있다.

#### V. 결론

본 논문에서는 AP의 RSSI(Received Signal Strength Indication)를 이용해 데이터의 정확도를 위해 약 30회의 위치 추정을 통한 위치 추정의 정확도를 알아보고 스무딩을 통한 측정 거리의 오차를 확인했다. AP의 RSSI를 통한 위치추정은 AP가 설치된 건물내의 실내 환경에서 이루어졌으며, 비교적 정확한 약 3m의 오차를 보였고, 필터링을 통한 교정 추정값은 그보다 약 0.5~1m 향상된 성능을 보였다.

향후 본 논문에서의 측위기법을 토대로 한 설계를 통해 실내에서의 정확한 위치추정을 가능케 할 것으로 기대된다.

#### 참고 문헌

- [1] 손해원, 모희숙, 성낙선, "UHF RFID 기술", 전자통신동향분석 제 20권 제 3호, 2005년 6월.
- [2] 정동호, 김정효, 지동환, 백윤주, "능동형 RFID를 이용한 RTLS의 설계 및 구현", 한국통신학회논문지, Vol31 No.12A, 2006년 12월.
- [3] 이원우, "무선 LAN을 이용한 RTLS 알고리즘의 성능 개선 및 구현에 관한 연구" 순천향대 공학 석사학위논문, 2009년 12월
- [4] 정동호, 지동환, 정연수, 백윤주, "능동형 RFID 태그를 이용한 433 MHz RTLS의 설계 및 구현," 한국정보처리학회지, 2006년 1월.