

다단계 전송 신호 강도 기술을 이용한 보행자 위치 측정 방법

이 명 수*, 김 주 원*, 이 상 선^o

Pedestrian Positioning Method using Multi-Level Transmission Signal Strength

Myung-su Lee*, Ju-won Kim*, Sang-sun Lee^o

요 약

본 논문에서는 Zigbee 무선통신모듈과 RSS(Received Signal Strength) 측위 방식을 이용하여 다단계 TSS(Transmission Signal Strength) 기술을 적용한 실내측위 시스템을 제안하고자 한다. 특히 실내공간에서 효과적으로 사용할 수 있는 확률적 알고리즘과 영역인식 알고리즘을 적용하여 위치정+확도에 대한 신뢰를 높이고자 하였다. 또한 1차원공간과 2차원 공간에서의 실험을 통해 공간의 형태에 따라 반사나, 회절, 멀티패스 등의 영향으로 변화하는 전파환경을 고려한 효과적인 측위 시스템을 확인하고자 하였다. 특히 약자나 환자에 대한 긴급 상황 발생 시 해당 위치를 찾아 신속한 대응이 필요하다. 따라서 본 연구의 측위 시스템은 교통 IT 분야에 적용하여 사용 될 수 있을 것으로 기대된다.

Key Words : Transmission Signal Strength, Location Determination Technology, Indoor Positioning system, Zigbee

ABSTRACT

In this paper, we proposed indoor positioning system using RSS(Received Signal Strength) positioning method and TSS(Transmission Signal Strength). The main point in the paper is to improve reliability of accuracy positioning with the area recognition algorithm and probabilistic algorithm, which can be effectively used indoor.

In the test in 1-dimensional or 2-dimensional spaces, also we checked effective positioning system considered environment of propagation that is changed by reflection, refraction and multipath in according to space form. It is necessary to find place where urgent situation happen and quickly to respond the situation for patients or the weak. Therefore, we expect the positioning system proposed can apply to the field of traffic IT.

* 본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2014년도 산학연 협력 기술개발사업(C0200278)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

※ 본 연구는 2014학년도 두뇌한국21플러스사업의 일환으로 수행되었습니다.

• First Author : Department of Electronics and Computer Engineering, Hanyang University, lms1625@hanyang.ac.kr, 학생회원

◦ Corresponding Author : Department of Electronics and Computer Engineering, Hanyang University, ssnlee@hanyang.ac.kr, 종신회원

* Department of Electronics and Computer Engineering, Hanyang University, nansil2117@hanyang.ac.kr, 학생회원

논문번호: KICS2014-07-276, Received July 24, 2014; Revised October 26, 2014; Accepted December 5, 2014

I. 서 론

최근 위치 기반 서비스(LBS : Location Based Service)는 다양한 응용 분야에 적용되어 이용자에게 많은 정보와 서비스를 제공할 수 있게 되었다. 특히 무선 통신의 가장 큰 장점인 이동성(Mobility)을 응용한 기술들이 활발히 연구되고 있으며, 대표적인 응용 분야로 측위 시스템을 들 수 있다^[1].

측위 시스템은 실외 측위 시스템과 실내 측위 시스템으로 구분 된다. 실외측위 시스템으로는 GPS(Global Positioning System)가 대표적이다. 지구 대기권 밖의 GPS 위성들로부터 전송받은 무선 신호를 이용하여 GPS 단말기는 자신의 위치를 추정한다. 이러한 GPS는 다양한 위치 기반 서비스에 이용된다. GPS는 차량 내비게이션 등에 적용되어 서비스 이용자에게 목적지까지 경로 안내 등의 서비스를 제공할 수 있다. 그러나 사무실이나 지하 주차장, 지하철역 등과 같은 실내 환경에서는 건물 외벽이나 장애물 등으로 인해 GPS 무선 신호 전달이 어려운 단점이 있다. 따라서 실내에서는 GPS 무선 신호 대신에 다른 무선 신호를 이용한 측위 방법들이 연구되고 있다^[2,3]. 실내측위 시스템으로는 센서를 이용하는 방법과 무선 통신을 이용하는 방법으로 나눌 수 있다. 센서를 이용한 실내 측위 시스템은 움직임을 감지할 수 있는 센서를 이용하여 위치를 측정하는 방식이다. 주로 가속도 센서와 자이로 센서가 이용되며, 단말기에 탑재된 센서를 이용하거나 센서를 몸에 부착하여 사용한다. 센서를 통해 측정된 데이터로 이동거리와 회전방향을 검출하여 상대적인 위치를 파악한다. 하지만 상대위치의 오차가 누적되었을 때 매우 낮은 위치 정확도를 보이기 때문에 주로 무선통신을 이용한 측위방법과 접목하여 측위 시스템에 적용된다^[4,5]. 첫 번째 측위 방법으로는 무선 신호의 전달 시간을 기반으로 하는 ToA(Time of Arrival)를 이용한 측위 방법이 있다. ToA를 이용한 측위 방법은 3개 이상의 송신기가 필요하며, 송신기의 위치를 알고 있어야 한다. 그리고 송신기와 수신기간의 무선 신호의 비행시간(ToF : Time of Flight)을 측정하여 거리를 계산한다. 수신기로부터 3개 이상의 송신기까지 계산된 거리를 삼변 측량(Trilateration)과 같은 방법을 이용하여 수신기의 위치를 추정한다. 두 번째 측위 방법으로는 무선 신호의 전달 각도를 기반으로 하는 AoA(Angle of Arrival)를 이용한 측위 방법이 있다. AoA를 이용한 측위방법도 위치가 알려진 3개 이상의 송신기가 필요하며, 송신기와 수신기간의 무선 신호가 수신된 각도

를 측정하여 삼각 측량(Triangulation)과 같은 방법을 통해 위치를 추정하는 방법이다. 그러나 위와 같은 측위 방법들의 문제점은 다음과 같은 문제점이 있다. 먼저, ToA를 이용한 측위 방법의 문제점은 송수신기간의 시간 동기화가 이루어져야 하며, 가시거리(LoS : Line of Sight)가 확보되지 않으면 멀티패스로 인해 거리가 크게 측정되어 측위 오차가 증가한다는 문제점이 있다. 그리고 AoA를 이용한 측위 방법의 문제점은 무선 신호의 수신 각도를 측정하기 위한 스마트 안테나와 같은 별도의 장비가 필요하다^[6]. 네 번째로는 위치에 따른 RSS를 기반으로 한 측위 방식이 있다. RSS 기반의 측위 방식 중 가장 대표적인 알고리즘은 핑거프린팅 알고리즘이 있다.

핑거프린팅 알고리즘은 사람의 지문과 같이 고유한 패턴을 사전에 데이터베이스화하고, 패턴을 판별하고자 하는 샘플 데이터가 있다면 패턴 정보를 가진 데이터베이스와의 통계적인 절차를 통해 가장 비슷한 패턴을 최종 결과로 도출하는 알고리즘이다^[7]. 이러한 핑거프린팅 알고리즘을 이용한 측위 방법은 사전에 측위 서비스 지역에 대한 정보를 데이터베이스화하여, 위치 추정 시 구축된 데이터베이스를 이용하여 위치를 추정하며, 일반적으로 측위 서비스 지역에 대한 정보나 위치를 추정하기 위해서는 AP(Access Point)와 RSS가 주로 이용된다. 또한 최근에는 높은 보급률을 가진 WLAN(Wireless Local Area Network) 인프라를 이용하여 WLAN 기반 핑거프린팅 측위 방법들이 활발히 연구되고 있다^[8].

본 연구에서는 RSS 기반 측위 방식을 이용하였다. 측위 시스템에서 사용되는 대부분의 RF Transceiver는 RSS값을 저장하는 전용 레지스터가 존재한다. 따라서 RSS 기반의 측위 방식은 시스템 구성이 용이하기 때문에 많은 연구에 적용되고 있다. 특히 Zigbee는 근거리 무선통신기반의 대표적인 RF Transceiver로 데이터의 송수신이 가능하며 저 전력을 지향하기 때문에 노드간의 상대적인 거리에 따라 데이터를 전송할 때 TSS(Transmission Signal Strength)를 조절하여 에너지를 절약할 수 있다. 또한 USN(Ubiquitous Sensor Network)분야와 교통IT분야에 널리 사용되고 있다^[9]. 하지만 실외공간과는 다르게 실내공간은 실내 구조물과 사람의 영향으로 인한 무선신호의 멀티패스로 인해 위치 추정시 거리 오차가 발생하게 될 것이다.

이러한 문제점을 해결하기 위한 방법으로 본 논문에서는 Zigbee 무선통신모듈과 RSS측위 방식을 이용하여 실내 측위 시스템의 위치 정확도 향상을 위하여 적용되는 확률적 알고리즘과 영역인식 알고리즘을 설

명하며, 위치 결정 시스템을 위한 무선통신모듈과 환경에 대하여 설명하고 시스템 안전성에 대한 검증을 위해 시간과 공간을 변화하여 수행한 RSS변동 실험과 다단계 TSS 동작실험 및 결과를 설명하며, 알고리즘을 측위 시스템에 적용하여 RSS기반 측위 실험결과에 대하여 설명하고자 한다. 그리고 실내 환경에서 다단계 TSS기술을 이용한 RSS기반의 확률적 위치 결정 시스템의 가능성 및 교통IT의 적용방안 및 개선방안에 대해 논하고자 한다.

II. 제안 방법

Zigbee 무선통신모듈과 RSS측위방식으로 얻어진 데이터만을 이용하여 실내측위에 적용한다면, 멀티패스나 반사, 회절 등의 영향으로 거리오차가 발생할 것이다. 따라서 실내측위에 적용하였을 때 효과적인 알고리즘이 필요하다. 본 논문에서는 가우시안 분포 함수를 이용하는 확률적 알고리즘과 수신된 TSS레벨의 수를 이용하는 영역인식 알고리즘에 대하여 설명하고자 한다.

2.1 확률적 알고리즘

본 연구에서 사용하는 측위 시스템은 다단계의 TSS를 이용하기 때문에 측위를 위해서는 각 TSS레벨에 대한 위치의 확률 값이 정의 되어야 한다. 그러나 RSS값이 거리에 따라 비선형적으로 변화하여 측위 시스템에 적용이 어렵다는 것을 확인 할 수 있었다. 따라서 위치에 따른 구조적/환경적 상황을 고려하여 RSS 분포를 작성하고 확률적 알고리즘으로는 가우시안 분포 함수를 사용하여 식(1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$P_{Level} = \frac{1}{\sigma_{Level} \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(Search_{Level} - Survey_{Level})^2}{2\sigma_{Level}^2}} \quad (1)$$

$Survey_{Level}$ 은 수집단계에서 수행된 AP로부터 측정된 RSS값의 평균이며 σ_{Level} 는 그에 대한 표준편차를 나타낸다. 또한 $Search_{Level}$ 는 측정단계에서 수행된 AP로부터 측정된 RSS값의 평균이다. 이때 $Level$ 은 TSS를 나타내며, 실험에서 설정한 TSS레벨의 수만큼 가우시안 분포 함수를 얻게 된다.

예를 들어, 수집단계 중 단말기는 미리 정해진 위치에서 AP1로부터 Level1~Level5까지 다섯 단계의 TSS로 패킷을 수신하여 RSS를 측정함으로써 $Survey_{Level}$ 과 σ_{Level} 을 얻을 수 있다. 이를 식(1) 적

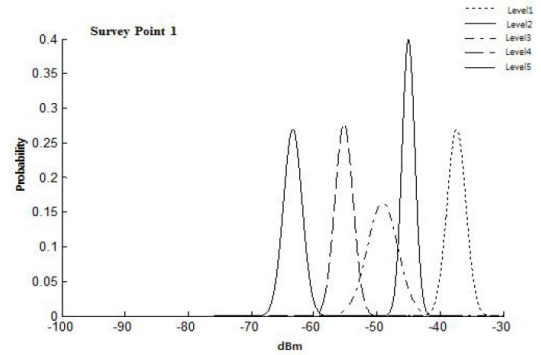


그림 1. 수집단계의 가우시안 분포 함수
Fig. 1. Gaussian distribution function in Survey

용하면 그림 1과 같이 각 TSS레벨에 대한 가우시안 분포 함수를 얻을 수 있다.

수집단계가 완료된 후, 측정단계의 수행 중 단말기는 특정 위치에서 AP1로부터 Level1 ~Level5까지 다섯 레벨의 TSS로 패킷을 수신한다. 수신한 패킷의 RSS를 측정하여 $Search_{Level}$ 을 계산하고 식(1)에 적용하면, 단말기의 현재위치에서 그림 2와 같이 $P_1 \sim P_5$ 의 확률 값을 얻을 수 있다.

또한, $P_1 \sim P_5$ 는 동일한 AP1로부터 수신하여 계산된 확률 값이므로, 상호의존적이기 때문에 식(2)에서 처럼 곱하여 R_n 을 구한다. 이때, n 은 수집단계에서 수행한 총 위치 수를 나타내며, k 는 설정한 TSS의 수를 나타낸다.

$$R_n = \prod_{Level=1}^k P_{Level} \quad (2)$$

만약 AP의 수가 추가된다면, 추가된 AP2로부터 수신한 RSS값으로 계산된 P_{Level} 을 식(3)에 적용하여 C_n 을 구한다.

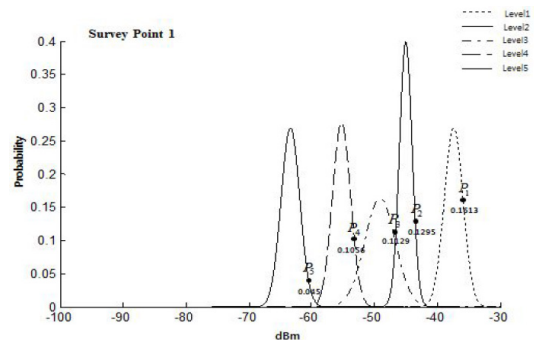


그림 2. 측정단계에서 계산한 확률 값
Fig. 2. Probability value calculated during Tracking

$$C_n = \prod_{Level=1}^k P_{Level} \quad (3)$$

측정단계의 특정위치에서 AP1로부터 얻어진 R_n 과 AP2로부터 얻어진 C_n 은 독립적이기 때문에 식(4)에서처럼 가중치를 두어 더하고, 최종적으로 L_n 을 얻는다.

$$L_n = R_n + C_n \quad (4)$$

따라서 확률적 알고리즘은 측정단계에서 AP로부터 측정된 RSS값을, 수집단계에서 구성한 가우시안 분포 함수에 적용하여, 단일AP일 때는 R_n , 다수의 AP일 때는 L_n 을 구하고 가장 높은 수치를 나타낸 위치를 최적의 위치로 결정하는 알고리즘이다.

2.2 영역인식 알고리즘

단말기와 AP의 거리가 멀어질수록 약한 TSS로 송신한 패킷은 수신되지 않은 특성을 이용하여, 패킷 수신 여부를 통해 영역을 구분하여 위치를 결정하는 영역인식 알고리즘이다.

그림 3에서처럼 1차원 공간에 1~9까지 위치가 존재할 때, 좌측 좁은 공간에 AP1을 설치한다.

AP1은 Level1~Level4까지 TSS를 변경하며 패킷을 전송하도록 설정한다. 이때, 위치 1, 2는 AP1과 상대적으로 가깝기 때문에 가장 약한 TSS인 Level4로부터 가장 센 TSS인 Level1까지의 패킷을 모두 수신할 것으로 예상되며, 반면에 위치 3에서는 가장 약한 전송신호세기인 Level4를 제외한 Level3, Level2, Level1을 수신할 수 있을 것이다. 위치 4는 Level2, Level1의 TSS로 송신한 패킷을 수신할 수 있을 것이고, 위치 5에서는 가장 센 TSS인 Level1로 송신한 패킷만 수신할 수 있을 것으로 예상된다.

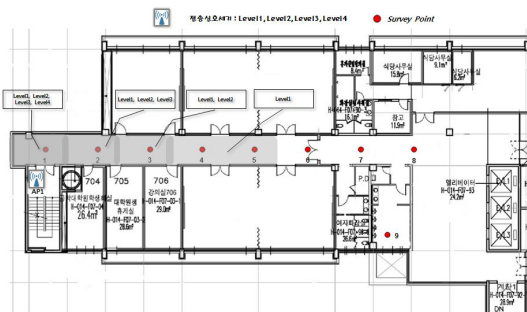


그림 3. AP1의 영역인식 알고리즘을 적용하기위한 환경
Fig. 3. Environment for applying Area recognition algorithm of AP1

또한 그림 4에서처럼 AP2를 우측 넓은 공간에 설치했을 때, 위치 5~9까지는 AP2로부터 수신된 TSS레벨의 수로 위치를 구분할 수 있을 것이다.

위의 그림 5는 1~9의 각 위치별로 AP로부터 수신된 TSS레벨의 수를 그래프로 나타낸 것이다. 하지만 넓은 공간이거나 RSS가 강한 영역에서는 다수의 위치가 동일한 수의 TSS를 수신할 수 있다. 그렇기 때문에, 영역인식 알고리즘은 2차원 공간보다 1차원 공간에서 더 효과적일 것이다. 따라서 본 연구에서는 영역인식 알고리즘을 단독으로 적용하지 않으며, 확률적 알고리즘을 적용 후 산출된 결과에 보정 알고리즘으로 사용하여 위치 결정에 신뢰성을 높이고자 하였다.

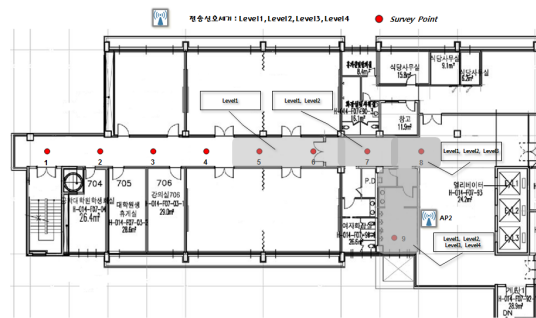


그림 4. AP2의 영역인식 알고리즘을 적용하기위한 환경
Fig. 4. Environment for applying Area recognition algorithm of AP2

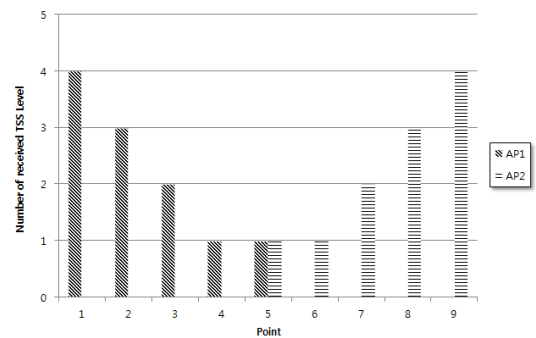


그림 5. 1~9까지의 위치에서 AP로부터 수신된 TSS레벨의 수
Fig. 5. The number of TSS level that has been received from the AP at the position of 1~9

III. RSS기반 측위 실험 및 결과

확률적 접근법과 영역인식 접근법을 적용한 측위 실험을 통하여 효과적인 실내측위 시스템에 대하여 확인하고자 한다.

3.1 확률적 접근법을 적용한 측위 실험

그림 6에서처럼 8m*14m 크기의 한양대학교 신소재공학관 702호 강의실에서 2m간격으로 총 28개의 위치를 설정하고, AP1은 강의실 내부, AP2는 강의식탁 복도에 설치하였다. AP1과 AP2는 -25dBm, -15dBm, -10dBm, -7dBm, 0dBm의 TSS를 순차적으로 변경하며, 각 TSS레벨별로 100개의 패킷을 전송하여 총 500개의 패킷을 전송하도록 하였다.

단말기는 28개의 정해진 위치에서 AP1과 AP2가 각각 순차적으로 TSS를 변경하며 전송하는 패킷을 수신하여 RSS분포를 측정하였다. 그림 7은 Day1에 수집단계 중 28개의 위치에서 AP1로부터 측정된 RSS 분포를 가우시안 분포 함수를 이용하여 나타난 것이고, 그림 8은 AP2로부터 측정된 RSS분포를 가우시안 분포 함수를 통해 나타난 것이다.

측위를 위하여 측정단계일인 Day2에 11, 13, 17, 25, 28 등 총 6개의 측정위치에서 AP1과 AP2로부터 RSS를 측정하였다. 각각의 위치에서 측정된 RSS분포를 수집단계일인 Day1에 구성한 가우시안 분포함수에 적용하여 $L_1 \sim L_{28}$ 을 얻는다. 이때, 가장 높은 수치의 L_n 을 가진 위치를 최종위치로 결정하게 된다. 또한, 2차원 공간에서는 각 위치에 대한 확률을 하나씩 고려하는 것보다 면의개념으로 4개의 위치의 확률을 조합하여 고려하면 좀 더 정확한 위치를 표현할 수 있을 것이라 예상된다.

$L_1 \sim L_{28}$ 을 면의개념으로 조합하여 면적 $Area1 = L_1 + L_2 + L_8 + L_9$, 계산하였으며, 동일한 방

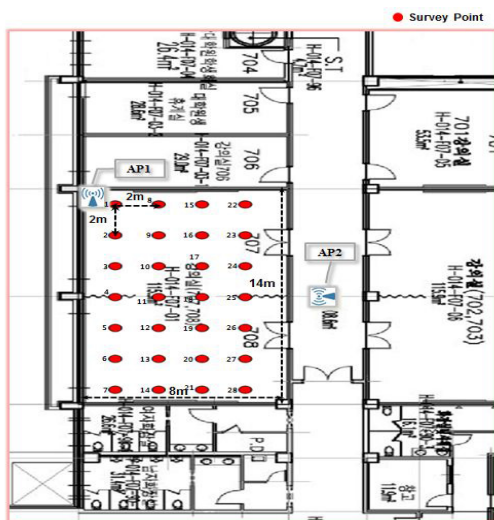


그림 6. 확률적 접근법의 실험 공간
Fig. 6. Test bed of probability approach

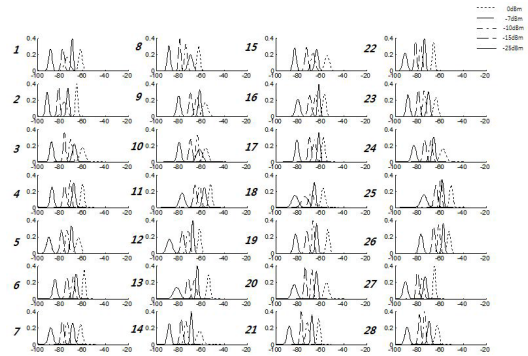


그림 7. AP1의 가우시안 분포 함수를 이용한 RSS분포
Fig. 7. RSS Distribution using gaussian distribution function of AP1

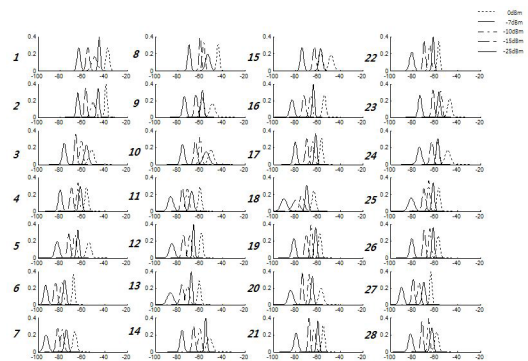


그림 8. AP2의 가우시안 분포 함수를 이용한 RSS분포
Fig. 8. RSS Distribution using gaussian distribution function of AP2

식으로 $Area2 = L_2 + L_3 + L_9 + L_{10}$ 을 계산하였고, 가장 높은 수치의 $Area_n$ 을 선택하고, 그 중심을 최종 위치로 결정하였다. 그림 7은 최종위치를 L_n 을 이용하여 선택한 결과와 $Area_n$ 을 이용하여 선택한 결과를 비교한 것이다.

그림 9를 살펴보면 측정단계 중 측정위치 3, 11, 13, 25에서의 결과는, 최종위치 L_n 과 $Area_n$ 으로 선택하였을 때 거리오차는 비슷한 수준을 보였으나, 측정위치 17, 28에서의 거리오차는 L_n 을 선택하였을 때 보다 $Area_n$ 중심을 선택하였을 때 거리오차가 줄어드는 것을 확인 할 수 있다. 따라서 2차 공간에서 확률적 알고리즘을 적용하여 측위를 할 때, 최종 위치를 L_n 로 결정하는 것보다 $Area_n$ 을 구하여 면적의 중심을 선택하는 것이 더 효과적이라는 결과를 얻을 수 있었다.

Day1과 Day3에 수집단계 중 측정된 RSS분포를 이용하여 Day2에 측정 단계 중 수집한 데이터를 확률

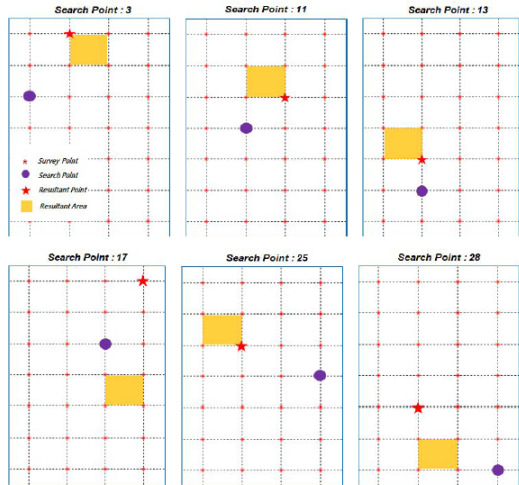


그림 9. 측정 포인트(3, 11, 13, 17, 25, 28)에서의 최종 위치 결과
 Fig. 9. Results of the final position at measure point (3, 11, 17, 25, 28)

적 알고리즘에 적용하였을 때, $Area_n$ 을 이용하여 계산된 거리 오차를 표 1에 나타내었다.

표 1에서 얻어진 결과로 알 수 있듯이 시간의 흐름에 따라 미세하게 변화하는 전파 환경과 멀티패스 등의 영향으로 인하여 수집단계일의 변화에 따라 약 0.5m의 거리오차의 변화가 발생하였다. 따라서 확률적 알고리즘만으로는 측정일의 변화에 대한 측위 신뢰성을 보장하기 어렵다고 판단하여 영역 인식 접근법을 적용하여 신뢰성을 보장받는다.

또한 그림 10은 각 위치에서 AP1의 TSS가 0 dBm 일 때, Day1과 Day3에 단말기가 측정한 RSS값을 비교한 것이다. 위치 10에서는 Day1에 측정한 RSS값과 Day3에 측정한 RSS값이 약 15 dBm 차이를 보이며, 위치 20에서도 약 10dBm의 차이를 보인다. 이러한 결과로부터 수집단계일의 변화에 따라 거리오차가 유동적일 수 있음을 확인하였으며, 이는 측위 시스템의 오차로 적용할 수 있을 것이다 고로 확률적 알고리즘만으로는 측정일의 변화에 대한 측위 신뢰성을 보장받기 어렵다고 판단한다.

표 1. 확률적 알고리즘과 $Area_n$ 을 이용한 거리 오차
 Table. 1. Distance error using $Area_n$ and probabilistic algorithm

Survey Day	Day1	Day3
Distance error	4. 22m(Avg)	3.64m(IAvg)

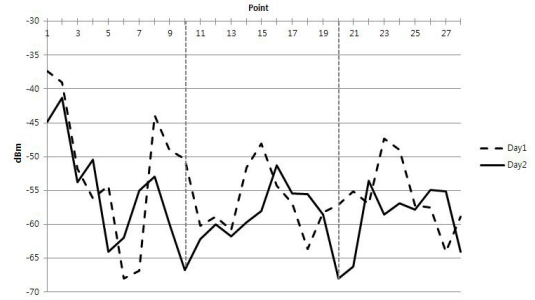


그림 10. 날짜별 AP1에서 측정한 RSS값
 Fig. 10. The measured RSS of AP1 according to Date

3.2 영역인식 접근법을 적용한 측위 실험

영역 인식 접근법은 넓은 영역의 2차원 공간보다 1차원 공간에서 더 효과적이기 때문에 그림 11에서 볼 수 있듯이 AP1은 왼쪽 좁은 공간에 설치하고, AP2는 오른쪽 넓은 공간에 설치하여, -28dBm, -15dBm, -10dBm, -7dBm의 TSS로 변경하며 패킷을 전송하도록 하였다.

수집 및 측정을 위한 위치는 1~9까지 9개의 위치를 5m 간격으로 설정하였다. 수집단계 중 단말기는 1~9까지 각각의 수집위치에서 AP로부터 수신되는 패킷의 RSS분포와 TSS레벨의 수를 측정하였다. 그림 12는 총 8일간 수집단계 중 1~9까지의 수집위치에서 AP1과, AP2로부터 수신된 TSS레벨의 수를 나타낸 것이다.

수집위치별로 수신된 TSS레벨이 수는 날짜별로 정확히 일치하지는 않지만 유사함을 확인할 수 있다. 그림 13은 측정단계의 측정한 RSS분포와 TSS레벨의 수를 확률적 알고리즘과 영역인식 알고리즘을 적용하여 나타낸 결과이다.

P는 RSS분포를 이용한 확률적 알고리즘을 적용하여 얻은 최종 위치를 나타내며, P+R은 확률적 알고리즘에 영역인식 알고리즘으로 보정한 결과를 나타낸다.

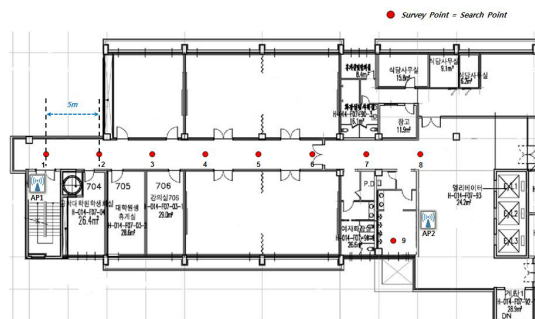


그림 11. 영역인식 접근법의 실험 환경
 Fig. 11. Test bed of area recognition approach

Point	Day1		Day2		Day3		Day4		Day5		Day6		Day7		Day8	
	AP1	AP2	AP1	AP2	AP1	AP2	AP1	AP2	AP1	AP2	AP1	AP2	AP1	AP2	AP1	AP2
1	4	-	4	-	4	-	4	-	4	-	4	-	4	-	4	-
2	3	-	4	-	4	-	4	-	3	-	3	-	3	-	3	-
3	3	-	3	-	3	-	3	-	2	1	2	-	3	-	3	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	1	1	1	-	1	-
5	1	1	-	1	-	2	1	2	2	3	1	1	-	1	1	1
6	-	3	-	2	-	3	-	2	-	3	-	2	-	3	-	3
7	-	4	-	4	-	4	-	4	-	4	-	4	-	4	-	4
8	-	4	-	4	-	4	-	4	-	4	-	4	-	4	-	4
9	-	4	-	4	-	4	-	4	-	4	-	4	-	4	-	4

그림 12. AP들로부터 수신된 TSS 레벨 수
Fig. 12. TSS Level number of the received AP

Point	Day1		Day2		Day3		Day4		Day5		Day6		Day7		Day8	
	P	P+R	P	P+R	P	P+R	P	P+R	P	P+R	P	P+R	P	P+R	P	P+R
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	3	3
4	5	5	3	4	3	4	5	5	4	4	5	5	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	4	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	5	6	6	6	6	6	6
7	7	7	8	8	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	9	9	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

그림 13. 영역인식 접근법의 보정 결과
Fig. 13. Correction result of area recognition approach

따라서 수집단계에서의 수집위치와 측정단계에서의 측정위치가 동일할 때 확률적 알고리즘을 적용하여 79.1%의 위치정확도를 보였으며, 영역인식 알고리즘으로 보정하였을 때는 83.3%의 위치정확도를 얻을 수 있었다.

IV. 결 론

Zigbee 무선통신모듈과 RSS 측위방식을 이용하여 다단계 TSS기술과 확률적 알고리즘 및 영역인식 알고리즘을 1차원 공간과 2차원 공간에 적용하기 위한 시스템을 연구하였다. 측위를 수행할 때 단말기의 현재 위치에 대한 구조적/환경적인 상황을 고려하기 위하여 RSS분포를 이용한 확률적 알고리즘을 적용하였으며, 이에 대한 실험을 2회 걸쳐 진행하였다. 이에 대한 결과로 거리오차는 각각 평균 4.22m, 3.64m를 나타내었다.

또한 확률적 알고리즘과 더불어 영역인식 알고리즘을 적용하여 1차원공간에 대하여 실험을 진행하였다. 먼저 수집위치와 측정위치가 동일한 경우에 대한 실험을 진행하였다. 확률적 알고리즘을 적용하였을 때 79.1%의 위치 정확도를 보였으며, 영역인식 알고리즘으로 보정하였을 때, 83.3%의 정확도를 얻을 수 있었다. 따라서 영역인식 알고리즘을 적용하여 위치 정확도의 향상된 결과를 얻음으로써 영역인식 알고리즘에 대한 효율성을 입증하였다. 하지만 단말기의 이동성과

시스템의 적용공간에 대한 다양성을 고려한다면, 여전히 해결되어야할 문제들이 존재한다. 그러므로 향후 위치 정확도를 향상시키기 위해 MLE(Maximum Likelihood Estimation)나 GMM(Gaussian Mixture Model)등 다양한 확률적 알고리즘을 적용하여 불확정적 요소를 최소화하거나, 가속도 및 자이로 센서 인터페이스를 통해 상대적인 위치정보를 이용한다면 더욱 신뢰성 있는 측위를 기대할 수 있다.

특히 약자나 환자에 대한 긴급 상황 발생 시 해당 위치를 찾아 신속한 대응을 해야 하는 교통IT분야에 적용할 수 있을 것이다. 따라서 본 연구의 측위 시스템은 다양한 분야에 적용하여 사용 될 수 있을 것으로 기대된다.

References

- [1] D. Tilson, K. Lyytinen, and R. Baxter, "A framework for selecting a location based service (LBS) strategy and service portfolio," in *Proc. 37th Annual Hawaii Int. Conf. Syst. Sci.*, Jan. 2004.
- [2] A. Bensky, *Wireless positioning technologies and application*, Artech House, 2008.
- [3] J. Hightower and G. Borriello, "Location systems for ubiquitous computing," *J. IEEE Computer*, vol. 34, no. 8, pp. 57-66, Aug. 2001.
- [4] T. Ruiz-Lopez, J. Garrido, K. Benghazi, and L. Chung, "A survey on indoor positioning systems: Foreseeing a quality design," in *Proc. Distrib. Computing and Artificial Intell., Advances in Intelligent and Soft Computing*, 2010.
- [5] Y. Gu, A. Lo, and I. Niemegeers, "A survey of indoor positioning systems for wireless p[ersonal networks]," *J. IEEE Commun. Surveys & Tutorials*, vol. 11, no. 1, pp. 13-32, 2009.
- [6] H. Liu, "Survey of wireless indoor positioning techniques and systems," *IEEE Trans. Syst., Man, and Cybernetics*, pp. 1067-1080, Nov. 2007.
- [7] L. Bao and Stephen S. Intille, "Activity recognition from user-annotated acceleration data," *Pervasive Computing, LNCS*, vol. 3001,

pp. 1-17, 2004.

- [8] Z. Song, G. Jiang, and C. Huang, "A survey on indoor positioning technologies," *Theoretical and Mathematical Foundations of Comput. Sci. Commun. Comput. and Inf. Sci.*, vol. 164, pp. 198-206, May 2011.
- [9] S. Xiao, A. Dhamdhere, V. Sivaraman, and A. Burdett, "Transmission power control in body area sensor networks for healthcare monitoring," *IEEE J. Selected Areas in Commun.*, pp. 37-48, Jan. 2009.

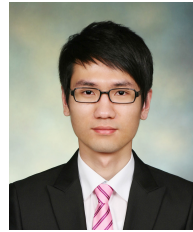
이 명 수 (Myung-su Lee)



2014년 2월 : 수원대학교 정보통신공학과 학사
 2014년 2월 : 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 석사
 2014년 3월~현재 : 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 석사과정

<관심분야> Indoor Positioning System

김 주 원 (Ju-won Kim)



2013년 2월 : 한양대학교(ERI CA) 전자정보시스템 공학과 학사
 2014년 2월 : 한양대학교 전자컴퓨터통신 공학과 석사
 2014년 3월~현재 : 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 석사과정

<관심분야> GPS, Dead Reckoning

이 상 선 (Sang-sun Lee)



1978년 2월 : 한양대학교 전자공학과 학사
 1983년 2월 : 한양대학교 전자공학과 석사
 1990년 8월 : University of Florida 전기공학 박사
 1993년 3월~현재 : 한양대학교 융합전자공부 교수

<관심분야> 전자공학, 통신공학, 광통신 공학