

지그비 기반의 센서 네트워크에서 Gaussian Filtering 기법을 적용한 위치 추적 향상 기법

준회원 허병희*, 종신회원 김정곤*^o

A New Technique for Improved Positioning Accuracy Employing Gaussian Filtering in Zigbee-based Sensor Networks

Byoung-hoe Hur* Associate Member, Jeong-Gon Kim*^o Lifelong Member

요 약

IEEE 802.15.4 무선 센서 네트워크는 물리적 또는 환경적 조건을 모니터링하고 수집 하기 위해 센서를 사용하는 독자적인 디바이스로 구성된 무선 네트워크이다. 최근 센서기술과 정보통신 인프라의 발전으로 환경 모니터링 기술의 하나인 위치추적 기술에 대한 관심이 증가되고 있다. 센서네트워크에서의 일반적인 수신신호 세기 RSSI(Received Signal Strength Indication)를 활용한 위치인식 시스템은 장애물이나 RF의 전파지연 및 멀티패스에 의해 정확한 위치 추적이 어렵다. 따라서 본 논문에서는 RSSI 기반의 위치 추적 시스템이 가지고 있는 이러한 문제를 해결하기 위해 Gaussian Filter algorithm을 적용하여 위치 인식 성능을 개선한다. 이에 RSSI 값에 따른 전파 감쇠 특성을 논의한 후, 노드마다 개별 RSSI 값에 따른 확률적 거리 테이블을 작성한 후 생성된 모델을 통해, 센서 노드로부터 추출된 데이터를 본 논문에서 제안한 Gaussian Filter Algorithm을 적용하여 오차개선을 하였다.

Key Words : 지그비, 센서네트워크, Positioning, Gaussian Filtering, IEEE 802.15.4

ABSTRACT

The IEEE 802.15.4 wireless sensor network is composed of the unique sensor devices to monitor and collect physical or environmental conditions. The interests in a positioning technology, which is one of the environment monitoring technologies, are gradually increased according to the development of the sensor technology and IT infrastructure. Generally, it is difficult for the positioning system using RSSI (Received Signal Strength Indication) based implementation to get accurate position because of obstacles, RF wave's delay and multipath. Therefore, in this paper, we investigate the improved positioning technologies for RSSI-based positioning system. This paper also proposes the enhanced scheme to improve the accuracy of positioning system by applying the Gaussian Filter algorithm, which is widely used for enhancing the performance of image processing system. For the implementation of proposed scheme, we firstly make a look-up tables, which represent the distance between target node and master node and corresponding RSSI value of each target node which are recorded as an average value after investigating the characteristics of attenuation of transmitted signal. By applying the pre-determined look-up tables and Gaussian Filtering in the proposed scheme, we analyzed the positioning performance and compared with other conventional RSSI-based positioning algorithms.

* 한국산업기술대학교 전자공학과(hurputer@gmail.com, jgkim@kpu.ac.kr), (^o : 교신 저자)

논문번호 : #KICS2009-10-460, 접수일자 : 2009년 10월 2일, 최종논문 접수일자 : 2009년 12월 15일

I. 서 론

실내 위치 인식을 위한 대표적인 기술은 적외선^[1]과 초음파^[2] 신호를 이용한 위치 인식과 RF를 이용한 RFID를 이용한 위치인식과 UWB를 이용한 위치인식이 있다^[3]. 여기서 RF 신호 세기만을 이용한 위치 인식의 정확도는 많이 떨어지지만 다른 하드웨어는 추가하지 않고 기존 정보를 활용 할 수 있다는 장점이 있기 때문에 RF & 네트워크 기반의 위치 인식 알고리즘에 대한 연구가 필요한 실정이다.

본 논문은 IEEE 802.15.4 센서네트워크의 특성의 기본 요구 사항을 충족시키며 특별한 하드웨어 추가 없이 RF의 수신신호세기인 RSSI(Received Signal Strength Indication)를 이용한 방법을 사용하여 위치추적을 수행하는 방법에 대해 연구하였다. RSSI를 사용하는 방식으로는, Centroid, Fingerprint, Vector Matching 방식들이 있는데, 이러한 방식들은 참조하는 노드들의 많은 갯수를 필요로 하며, 신호세기 및 반사된 신호의 도달 시간에 대한 정보를 서버의 위치 인식 시스템에게 전송을 하게 되면 위치 인식 서버는 전송된 저수준의 데이터를 기준으로 태그 노드의 위치를 인식하는 서버기반의 방식이었다. 이러한 방식은 노드에 의해 생성된 저수준의 데이터의 신뢰성에 크게 의존하고 있으며 서버에서 모든 것을 담당하여 데이터를 수집하고 거리를 계산을 하기 때문에 데이터 오류 발생 시 데이터 복구가 처음부터 다시 이루어 져야 한다는 단점과 저수준의 데이터는 신호의 세기 및 신호의 도달 시간 때문에 특성상 장애물과 간섭에 큰 영향을 받는다. 또한 영역별 Vector Matching 위치추적 방법은 좌표마다 수신되는 노드의 RSSI 값을 바탕으로 영역을 판별하고, RSSI 값을 좌표에 대응 시키는 방식이다. 하지만 이러한 방식은 하나의 커다란 RSSI 값 DB에서 검색을 시도하기 때문에 검색 시간이 오래 소요될 뿐만 아니라 위치 측정이 필요한 영역이 넓을수록 유사한 RSSI 값을 가진 잘못된 좌표를 검색할 확률이 높은 단점이 있다. 따라서, 이러한 문제점을 해결하기위해 본 논문에서 제안하는 위치 인식시스템은 Server에서 DB를 검색하는 불필요한 부하를 줄이고 노드별로 data를 분산 처리하는 방식을 사용한다. 또한 불안정한 RSSI 값을 Gaussian Filter Algorithm을 이용하여 RF 점프 현상과 노이즈를 줄여 RSSI & 거리 Matching 방법을 제안한다. 이를 적절한 실험 시나리오와 실험 모듈을 통해 비교, 평가를 수행하였다. 논문의 구성은

2장에서는 기존 RSSI 기반 위치 측위 관련 기법들을 소개하고 3장에서는 제안하는 RSSI 기반 위치인식 방법에 대해 살펴본다. 4장에서는 제안한 알고리즘의 성능 평가를 실시하고, 마지막으로, 5장에서 결론을 맺고 향후 연구 과제를 제시한다.

II. 기존 RSSI 기반 위치인식 방식

RSSI(Received Signal Strength Indicator)기반의 위치인식 방식은 신호를 수신하여 신호의 세기를 통계적인 방법에 근거하여 위치를 측정하는 방법이다.

2.1 Centroid^[4]

Centroid는 그림 1에서 보는 바와 같이, anchor를 등간격의 그리드 형태로 배치한 후 무선 노드의 위치를 인식하는 기법이다. 각 anchor는 주기적으로 자신의 위치 정보를 담은 비콘 신호를 전달하고, 무선 노드는 수신한 비콘으로 부터 각 anchor의 좌표를 모두 더해 평균값을 자신의 위치로 결정한다.

단점은 anchor간 간격이 좁아야 정밀한 위치 인식을 할 수 있기 때문에, 위치 인식을 정밀하게 해야 할 경우에는 anchor의 수가 증가한다. 네트워크에서 anchor의 수가 증가하면, anchor 들의 방송을 위한 통신비용을 증가하게 된다. 따라서 Centroid는 정밀한 위치인식을 위해서 사용하기에는 비효율적이다.

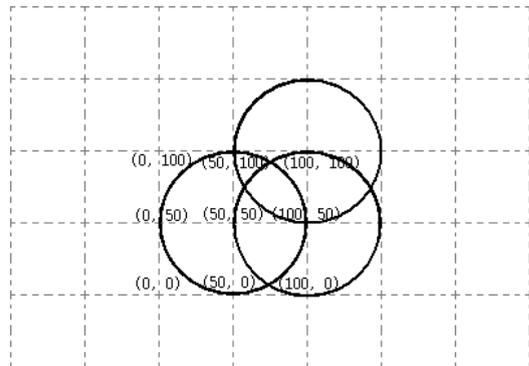


그림 1. Centroid를 통한 무선 노드의 위치 인식

2.2 핑거프린트(Fingerprint)^[5]

그림 2에서 보는 것과 같이 Fingerprint는 데이터 베이스를 생성하는 “Training” 단계와 MU가 요구하는 위치 데이터 값을 측정하는 “Positioning” 단계로 나누어진다. “Training” 단계는 객체의 위치 측정을 요구하는 전체 영역을 대상으로, RP를 전체 영역에 고르게 배치한 다음 RP에 MU를 위치시킨

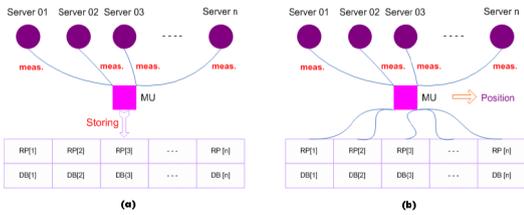


그림 2. Fingerprint의 Training 단계(a)와 Positioning 단계(b)

후 모든 Server로부터의 SS(Signal Strength)를 측정한다. 그 후 “Training” 단계에서 유지된 Fingerprint 데이터베이스와 비교한 후 요구한 MU의 위치와 가장 적합한 위치 데이터의 정보를 MU로 리턴 한다.

2.3 영역구분을 이용한 Vector Matching^[6]

그림 3에서 보는바와 같이 이동노드의 정확한 위치 정도를 4개의 고정노드와의 RSSI 값을 읽어 이를 활용하는 형태로 되어있다. 먼저 위치인식 시뮬레이션을 수행하기 위하여 각 위치(별모양)에서의 여러 개의 데이터로부터 평균치 등을 계산하여 DB를 생성한다. 다음에는 실험할 데이터를 각 파일로부터 여러 개의 데이터를 입력하여 앞에서 생성한 DB와 비교하여 Vector의 Distance를 계산하여 가장 근접한 DB 값의 위치를 실험 데이터가 얻어진 위치로 인식한다. 위치를 더 상세하게 표현하기 위하여 선형내삽 이나 보간법으로 새로운 RSSI 값의 DB를 생성하여 비교한다. 이러한 방식은 하나의 커다란 RSSI 값 DB에서 검색을 시도하기 때문에 검

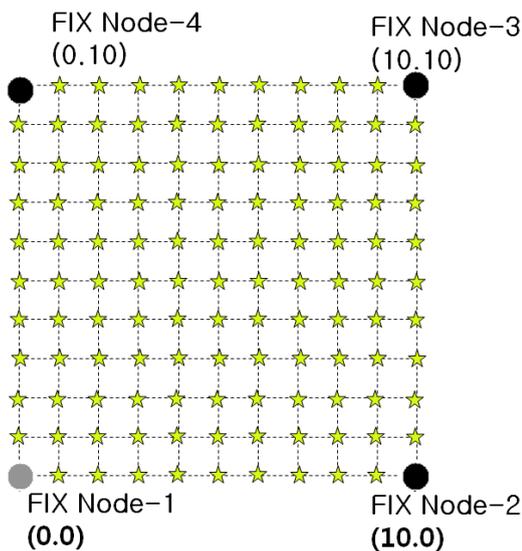


그림 3. 영역구분을 이용한 Vector Matching

색시간이 오래 소요될 뿐만 아니라 위치 측정이 필요한 영역이 넓을수록 유사한 RSSI 값을 가진 잘못된 좌표를 검색할 확률이 높은 단점이 있다.

III. 제안하는 RSSI 기반 위치인식 방안

기존의 위치인식을 위한 시스템들은 미리 알려진 고정 노드와 모바일 노드와의 신호 세기 및 반사된 신호의 도달 시간에 대한 정보를 서버의 위치 인식 시스템에게 전송을 하게 되면 위치 인식 서버는 전송된 저수준의 데이터를 기준으로 위치를 계산하기 위한 알고리즘을 통해서 태그 노드의 위치를 인식하는 서버 기반의 구조였다. 이러한 구조는 노드에 의해 생성된 저수준의 데이터의 신뢰성에 크게 의존하고 있으며 서버에 모든 것을 담당하여 데이터를 수집하고 거리를 계산하기 때문에 데이터 오류 발생시 데이터 복구가 처음부터 다시 이루어져야 한다는 단점과 저수준의 데이터는 신호의 세기 및 신호의 도달 시간 때문에 특성상 장애물과 간섭에 큰 영향을 받는다. 또한 영역별 Vector Matching 같은 위치추적 방법은 좌표마다 수신되는 노드의 RSSI 값을 바탕으로 영역을 판별하고, RSSI 값을 좌표에 대응 시키는 방식이다. 하지만 이러한 방식은 하나의 커다란 RSSI 값 DB에서 검색을 시도하기 때문에 검색 시간이 오래 소요될 뿐만 아니라 위치 측정이 필요한 영역이 넓을수록 유사한 RSSI 값을 가진 잘못된 좌표를 검색할 확률이 높은 단점이 있다. 따라서 본 논문에서 제안하는 위치 인식 시스템은 Tinyos 2.x 기반으로 Server에서 DB를 검색하는 불필요한 부하를 줄이고 노드별로 data를 분산 처리하는 방식을 사용한다. 불안정한 RSSI 값을 Gaussian Filter Algorithm을 이용하여 RF 점프 현상과 노이즈를 줄여 RSSI와 거리를 1:1로 Matching하는 방법을 제안한다.

3.1 제안하는 위치 인식 방법의 순서도

본 논문에서 제안하는 방식에 대한 동작 순서도를 다음 그림 4 와 같이 나타낼 수 있다.

그림 5 는 각각의 Reference Node 별로 처리하는 Processing Block에 대해서 상세하게 나타내었다.

- * Mobile device → Fix node 수백개의 RSSI 값 받음
- * RSSI 값들을 Ranking Process를 통해 검출된 RSSI 값에 따른 횟수에 대해 정렬
- * 만족한 data를 Gaussian Filter(3 sigma)적용한

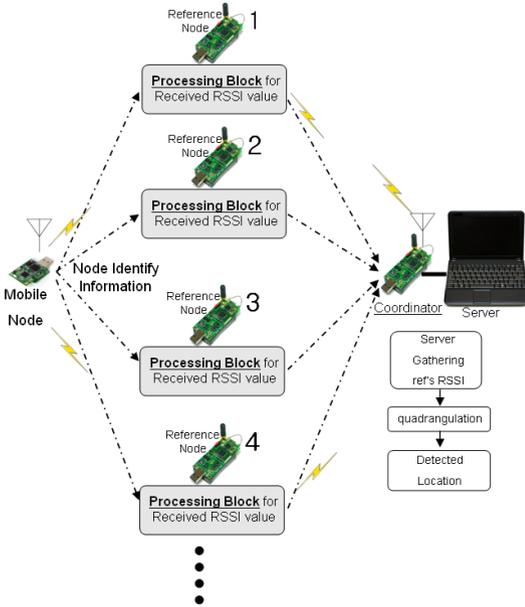


그림 4. 제안하는 Gaussian Model을 적용한 측위 시스템 구성도

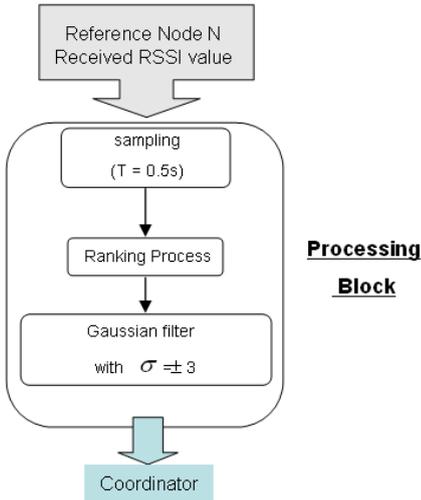


그림 5. 각 Reference Node 에서의 Processing Block 기능 구성도

값을 참조 node에서서버로 보냄

- * 서버에서 거리 테이블을 참조하여 거리(m)를 구한다.
- * 4각 측량하여 최종 위치를 찾음.

3.2 Sigma 값에 따른 거리 오차

움직이는 노드가 전송하는 Data는 일정한 패턴이

없는 랜덤한 형태이며, 랜덤 Gaussian Model을 따른다고 가정한다. 따라서 임의의 기준값을 기준으로 실험을 통해 기준값을 $1\sigma \sim 10\sigma$ 안에 수렴하도록 설정한다. RSSI값에 따른 측정된 횟수에 Ranking Process 통해 정렬한 RSSI 값에 Gaussian Filtering 기법을 적용한다. Gaussian Filter algorithm를 사용하여 참조 노드들이 받은 데이터를 처리하여 RSSI값을 Server로 전송한다. Gaussian Filter 알고리즘 적용시 몇 σ 의 범위까지 유효샘플로 계산할 것인가는 중요한 이슈이다. 본 논문에서는 이를 위해 그림 9의 실험 환경에서 case 별로 측정 data를 추출하여, 아래 식과 같이 한 구간의 모든 표본들로 평균값을 구해서 Gaussian 확률 분포로 가짐을 가정한 후 Gaussian 확률 분포 중 평균을 기준으로 그림 6과 같이 $\sigma = \pm 1 \sim \sigma = \pm 10$ 표본 데이터를 추출하고 그 값을 기준값으로 사용하여 비교하였다. 그림 6에서 보면 $\sigma = 1$ 일때는 가장 큰 값을 사용하기 때문에 오차가 생기고 시그마 값이 높아질수록 많은 노이즈 data까지 사용하여 적용 했기 때문에 거리 오차가 생기는 것을 확인할 수 있었으며, 위치 포인트 Case 별로 data에 따른 오차를 실험하고 비교한 결과, 성능 및 결과에서는 $\pm 3\sigma$ 를 사용하는 것이 거리 오차를 가장 최소화 할 수 있는 것으로 나타났기 때문에 본 논문에서 Gaussian Filter 적용시 평균에서 $\pm 3\sigma$ 까지의 추출값을 가지고 위치 추적을 수행한다.

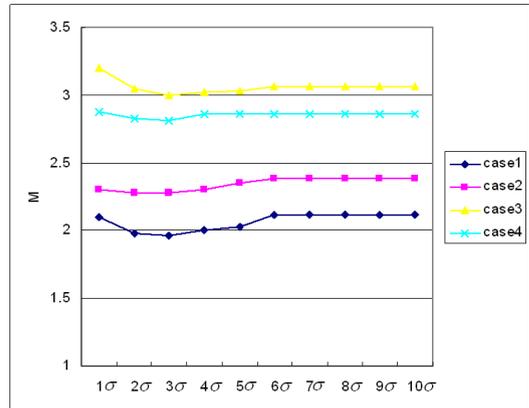


그림 6. Sigma 값에 따른 거리 오차

3.3 제안하는 algorithm 적용과 RSSI data 비교

그림 7에서는 제안방식의 유효성을 시험하기 위하여 RSSI 실측 데이터와 어느 정도의 차이를 보이는지 실험하였다. 제안방식은 프로세스 상태를 추적

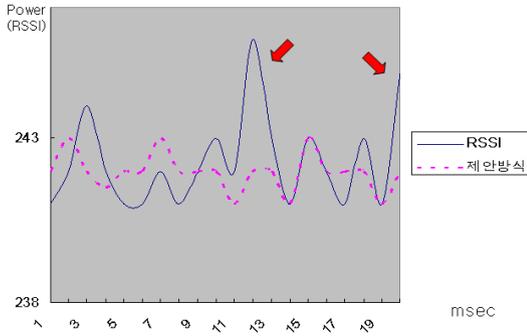


그림 7. 제안하는 algorithm 적용과 RSSI data 비교

하기 위해 오차를 최소화 하여 장애물에 의해 약간의 수신 장애가 발생 할 경우 그림 7의 화살표와 같이 순간적인 위치의 점프 현상도 방지하여 전반적으로 변화가 적은 결과를 검출해낸다.

가로축은 시간(ms)를 의미하며 세로축은 tinyos를 통해 양수로 표현된 값을 그대로 읽어드린 RSSI 값이다. 실험은 실내에서 3m 간격을 두고 정지한 상태에서 측정된 결과이다.

3.4 제안방식의 위치 계산 알고리즘

최종 위치 결정을 위한 위치계산 알고리즘으로는 기존의 삼각측량이 대표적이다. 본 논문에서는 삼각측량이 아닌 4개의 참조 노드사용하며 아래 식을 이용해 측정하고자 하는 위치(X , Y) 를 추적할 수 있다.

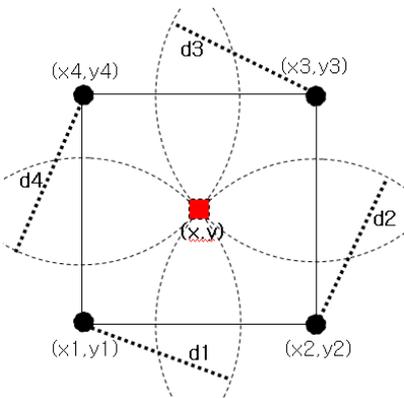


그림 8. 4 개의 참조노드를 사용한 위치계산

$$d1^2 = (x-x1)^2 + (y-y1)^2 \quad (1)$$

$$d2^2 = (x-x2)^2 + (y-y2)^2 \quad (2)$$

$$d3^2 = (x-x3)^2 + (y-y3)^2 \quad (3)$$

$$d4^2 = (x-x4)^2 + (y-y4)^2 \quad (4)$$

IV. 성능 평가 및 결과

4.1 실험 환경

실험에 사용된 장소는 그림 9과 같이 10mX10m의 장애물이 없는 실내 공간에서 진행되었으며 4가지의 서로다른 Case 별로 영역을 지정하여 실험을 하였으며 ZigZag 형태로 이동하면서 위치를 측정하고 비교하였다.

그리고 그림 9에서와 같이 하드웨어를 배치하고 위치 Case 별로 제안하는 Gaussian Model을 적용한 위치 오차율과 적용하지 않은 상태의 위치 오차를 그리고 기존의 위치 인식 방법 중 RSSI 측정값을 그대로 사용하며 나타내는 방식과, 측정 값들 중 가장 빈도가 높게 나타나는 값을 선택하는 MLE(Maximum Likelihood Estimation)와 Vector Matching 방법을 비교한다. Vector Matching 방식은 실험 환경 10mX10m 하드웨어 배치를 가로 세로 1m로 나누고, 다시 50cm와 20cm로 선형내삽을 하여 가까운 곳으로 위치 좌표를 측정하여 비교 실험 하였다. 그리고 Mobile Device를 이동하며 제안 방식과 Vector Matching(20) 방식으로 위치를 측정

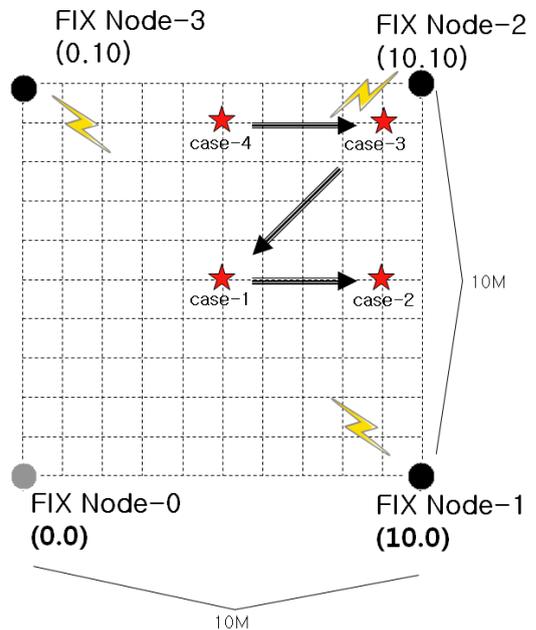


그림 9. 성능평가를 위한 하드웨어 배치

하였다. 측정범위를 넘어가는 데이터는 무시하였으며 이동속도는 1초당 약 1.1m를 이동하였다. 이동 경로는 case-4 → case-3 → case-1 → case-2 로 ZigZag 형태로 이동하며 방식별로 3차 측정하였다. 가로축은 시간(ms)을 나타내고 세로축은 오차(m)를 나타내고 있다.

그림 10 은 위치 포인트 Case 1에서 오차 거리를 나타내었다.

위치 포인트 Case 1의 평균 오차거리는 RSSI는 약 3.9m, 제안방식의 약 2m, MLE는 약 2.5m, Vector Matching(20)은 약 2.5m, Vector Matching(50)은 약 2.7m 의 오차가 생겼다. 위치 포인트 Case 1은 실험 환경의 벽면에서 떨어진 중앙 부분이다. 제안방식은 값이 기존의 다른 방식과 비교하여 가장 낮은 오차를 보였으며, 값의 변화도율도 가장 낮은 것을 확인할 수 있다. 전체적인 방식들이 위치 포인트 Case 1에서 제일 낮은 오차율을 보이고 있다.

다음 그림 11 은 위치 포인트 Case 2에서 오차 거리를 나타내었다.

위치 포인트 Case 2의 평균 오차거리는 RSSI는 약 3.3m, 제안방식은 약 2.2m, MLE는 약 2.5m,

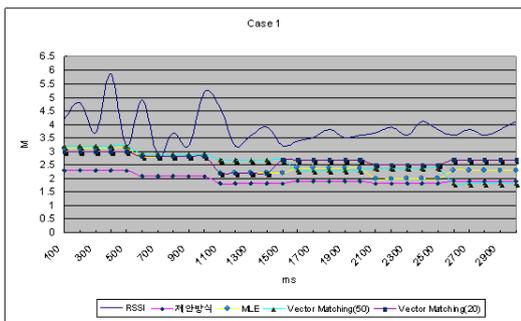


그림 10. 위치 포인트 Case 1의 방식별 오차 거리

Vector Matching(20)은 약 2.4m, Vector Matching(50)은 약 2.8m 의 오차가 생겼다. 위치 포인트 Case 2는 실험 환경의 FIX Node-1~2 사이의 벽면으로 치우쳐 있다. MLE 방식은 Case 1 과 별 차이가 없었지만 벽면에 대한 Fading현상으로 case 1 보다 전체적으로 안 좋은 결과를 보이고 있다.

다음 그림 12 는 위치 포인트 Case 3에서 오차 거리를 나타내었다.

위치 포인트 Case 3의 평균 오차거리는 RSSI는 약 4.3m, 제안방식은 약 2.9m, MLE는 약 3.7m, Vector Matching(20)은 약 2.9m, Vector Matching(50)은 약 3.4m 의 오차가 생겼다. 위치 포인트 Case 3는 실험 환경의 양쪽 벽면으로 Fix Node 2 와 가까운 구석에 위치하고 있다. 여기서는, 제안방식과 Vector Matching(20)과 거의 동일한 오차 성능을 보였으며, 가장 성능 차이가 나지 않은 경우라고 할 수 있을 것이다. 양쪽 벽면과 가까이 하고 있어 위치적 특성 때문에 전체적인 방식이 4개의case 중에서 제일 안 좋은 결과를 보일 것으로 예상할 수 있을 것이며, 또한 모든 방식들이 오차율 변화가 가장 클 것으로 생각되는데, 역시 오차율 변화가 가장 크다는 것을 확인할 수 있었다.

다음 그림 13 은 위치 포인트 Case 4에서 오차

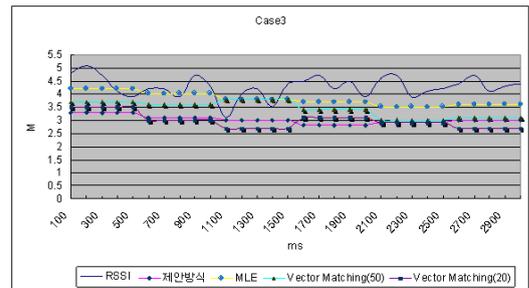


그림 12. 위치 포인트 Case 3의 방식별 오차 거리

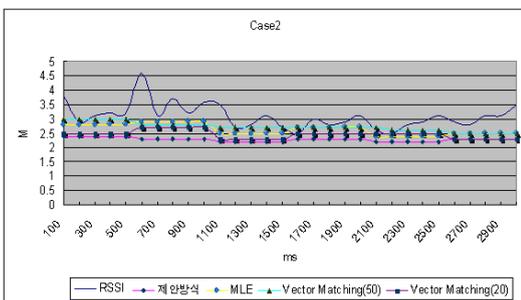


그림 11. 위치 포인트 Case 2의 방식별 오차 거리

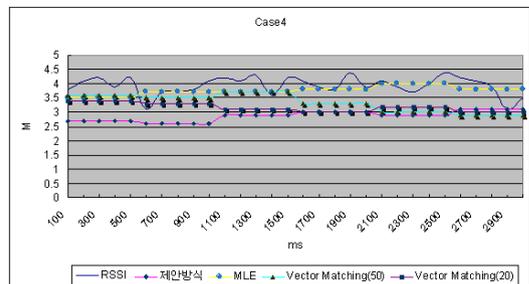


그림 13. 위치 포인트 Case 4의 방식별 오차 거리

거리를 나타내었다.

위치 포인트 Case 4의 평균 오차거리는 RSSI는 약 3.9m, 제안방식은 약 2.8m, MLE는 약 3.6m Vector Matching(20)은 약 3.1m, Vector Matching(50)은 약 3.2m의 오차가 생겼다. 위치 포인트 Case 4는 실험 환경은 Case 2와 비슷하게 한쪽 벽면으로 치우쳐 있지만 다른 곳에 위치하고 있다. 전반적으로 Case 2보다 조금 더 안 좋은 오차율을 보임을 알 수 있었다. Case1~Case4는 고정노드에서의 위치 측정이지만, 이동노드에서의 위치 측정에 대한 성능도 평가할 필요가 있으며, 이를 위해 다음 그림 14 및 그림 15와 같은 시나리오로 Mobile Device를 이동하며 위치를 측정하였다.

그림 14는 제안 방식에 대한 오차를 나타내고 그림 15는 Vector Matching(20)방식에 대한 오차를 나타내고 있다. 다음 그림 14에서 보는 바와 같이 제안방식 방식으로 case-4 → case-3 → case-1 → case-2로 ZigZag 형태로 이동하며 방식별로 3회 측정하였다.

이동 시작을 case 4 부터 하였는데 시작하기 전과 이동 중에 꺾이는 부분 Case 3 과 Case 1 부분에서 좀 더 많은 오차율을 보이고 있다. 위치 포인트 Case 별로 이동 할 때는 값이 계속 랜덤하게 변하며 방향 상관없이 Jump 현상이 심하다는 것을 확인 할 수 있었다. 또한 측정 횟수에 따라 일정하게 변하지 않으며 Data도 수시로 바뀌는 것을 확인 할 수 있었다. 원래 궤도와 측정 데이터간의 직각

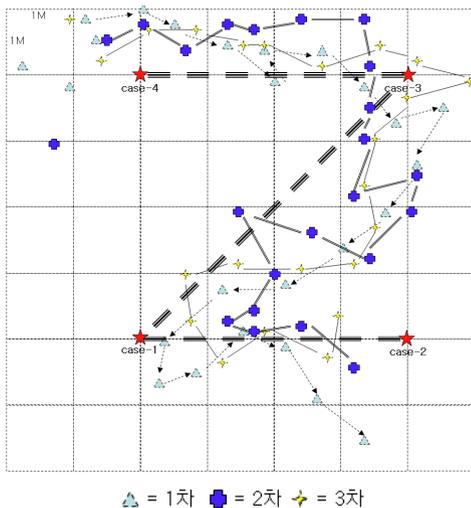


그림 14. 제안방식 case-4 → case-3 → case-1 → case-2 이동 측정

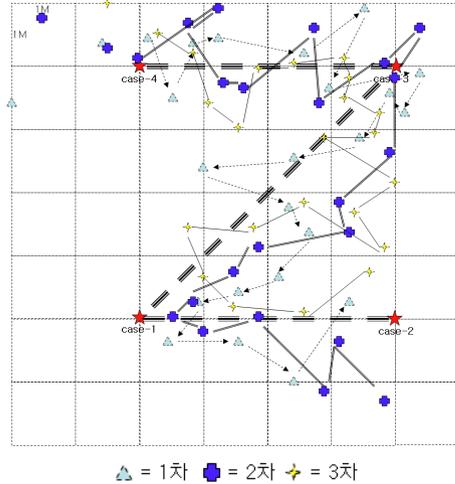


그림 15. Vector Matching(20) case-4 → case-3 → case-1 → case-2 이동 측정

일직선 오차거리로 오차 평균은 계산하면 약 1m정도이다.

다음 그림 15는 Mobile Device를 이동하며 Vector Matching(20) 방식으로 case-4 → case-3 → case-1 → case-2로 zigzag 형태로 이동하며 방식별로 3회 측정하였다.

이동 시작을 case 4 부터 하였는데 시작하기 전과 이동 중에 꺾이는 부분 Case 3 과 Case 1, 중

표 1. Zigzag 이동 측정 오차거리

횟수	제안방식	Vector Matching(20)
1	0.9	0.5
2	0.8	0.7
3	0.5	1.4
4	0.7	0.5
5	0.6	0.8
6	0.9	1.2
7	1.2	0.4
8	0.3	0.9
9	0.5	1.6
10	0.4	1.8
11	1.4	2.2
12	1.8	1.9
13	1.6	2.1
14	1.9	1.8
15	1.7	1.2
16	1.2	0.4
17	0.7	0.8
18	0.8	0.6
19	0.4	1.4
20	1.4	1.8
21	1.3	0.7
22	0.8	0.8
평균	약 1m	약 1.2m

간 부분에서 좀 더 많은 오차율을 보이고 있다. 제안방식 보다 Jump 현상이나 Data 변동률이 심하다는 것을 확인 할 수 있었다. 또한 측정 횟수에 따라 일정하게 변하지 않으며 Data도 수시로 바뀌는 것을 확인 할 수 있었다. 다음 표 1 은 이동하며 측정된 제안방식과 Vector Matching(20)방식의 오차 거리에 대한 전체 평균치를 횡수별로 나타낸 것이다. 표 1. 에서 볼 수 있듯이, 제안방식이 Vector Matching(20) 보다 평균적으로 약 20% 정도 오차가 개선됨을 알 수 있었다.

V. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 RSSI 기반의 위치 추적 시스템의 MLE방식과 Vector Matching 방식 및 제안하는 Gaussian Filter를 이용한 방식에 대해 살펴보았다.

실험결과 제안방식이 전체적으로 위치 포인트 Case 1~4 까지 비교 했을 때 오차 거리가 제일 적었음을 알 수 있었다. 전체적인 위치 포인트 Case 별로 오차율 순서는 Case 1 < Case 2 < Case 4 < Case 3 와 같이 Case 3이 가장 많은 오차율을 보였다. 위치 포인트 Case 3는 FIX Node-2와 가까운 fading 현상이 심한 Edge 부분이어서 오차거리가 가장 높았음을 알 수 있었다. 위치 포인트 Case 별로 정지하여 측정한 Data보다 이동 할 때는 값이 계속 랜덤하게 변하며 방향 상관없이 Jump 현상이 심하다는 것을 확인 할 수 있었고, 측정 횟수에 따라 일정하게 변하지 않으며 Data도 수시로 바뀌는 것을 결과 값을 통하여 확인 할 수 있었다. 제안방식과 Vector Matching 방식으로 원래 궤도와 측정 데이터간의 직각 일직선 오차거리로 오차 평균은 계산하였는데 제안방식이 약 20% 더 좋은 결과를 보였다. 방식별 오차 거리를 보면 제안 방식이 가장 좋은 결과를 보이고 있지만 수 m의 오차가 발생한다. 그리고 벽과 가까운 위치나 구석진 위치에서는 Fading 현상으로 더 많은 오차율을 보이는 것을 확인 할 수 있었다. 향후 연구 방향으로는 RSSI를 이용한 방식과 TOA 방식 등의 2가지 방식을 Hybrid 하게 사용하는 방법이나 패턴 인식 방법 등을 적용하여, Fading 현상과 같이 다양하고 변화가 많은 상황에서의 노이즈를 판별 할 수 있는 알고리즘 개발과 함께 현재 구현된 시스템에 적용하여 만족 할 수 있는 정확도가 높은 구체적인 연구가 필요하다. 또한 소프트웨어적인 방법을 통해서 수 cm 정도의 매우 가까운 거리 측정에는 한계를 가질 수 밖

에 없으며 이를 극복하기 위해서는 하드웨어의 최적화에 관한 연구가 선행 되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] J. Krumm, S. Harris, B. Meyers, B. Brumitt, M. Hale, and S. Shafer, "Multi-Camera Multi-Person Tracking for Easy Living," Proc. 3rd IEEE Int'l Workshop Visual Surveillance, pp.3~10, 2000.
- [2] RoyWant, Andy Hopper, Veronica Falcao and Jon Gibbons, "The Active Badge Location System," ACM Trans. Information Systems, pp. 91~102, 1992
- [3] P. Bahl and V. Padmanabhan, "RADAR: An In-Building RF-Based User Location and Tracking System," IEEE Infocom 2000, pp. 775~784, 2000.
- [4] Tian He, Chengdu Huang, B. M. Blum, John A. Stankovic, and Tarek F. Abdelzaher, "Range-Free Localization Schemes in Large Scale Sensor Networks," CS-TR-2003-06. Submit to MobiCom 2003.
- [5] A. Smailagic et al., "Location Sensing and Privacy in a Context Aware Computing Enviroment", Proc. Pervasive Computing, 2001.
- [6] 남윤석, 최은창, 허재두, "저속 WPAN에서 수신 신호세기의 Vector Matching을 이용한 위치인식 방식" 정보기술과 데이터베이스 저널, pp.93~104, 2009.

허 병 회 (Hur Byoung Hoe)

준회원



2007년 2월 한경대학교 전자공학전공 학사

2009년 8월 한국산업기술대학교 지식 기반 기술 에너지 대학원 정보통신전공 공학석사 <관심분야> USN 헬스케어, 임베디드시스템, 이동통신 시스템

김 정 곤 (Jeong Gon Kim)

중신회원



1991년 2월 KAIST 전기 및
전자공학과(공학사)

1993년 2월 KAIST 전기 및
전자공학과(공학석사)

1998년 2월 KAIST 전기 및
전자공학과(공학박사)

1998년 6월~1999년 5월 미국

University of Hawaii 전기공학과 Post-Doc.

1999년 6월~2001년 3월 LG 텔레콤 차세대 통신
연구소 선임연구원

2001년 4월~2003년 2월 삼성전자 통신 연구소 표
준 연구팀 책임연구원

2003년 3월~현재 한국산업기술대학교 전자공학과
부교수

<관심분야> 4G 이동통신 시스템 물리계층 설계 및
성능분석, 3G/4G 이동통신 표준화, RFID/USN
관련 무선 기술