Zigbee 센서와 Particle Filter를 이용한 멀티타겟 위치추정 연구

박병성*, 정찬웅**, 유재영*, 김학배*
*연세대학교 전기전자공학과
**서울시청 도로관리과
e-mail:{bs.park, jy-yoo, hbkim}@yonsei..ac.kr, chan56@seoul.go.kr

A Study on Multi target tracking using Zigbee Sensor and Particle Filter

Byungsung Park*, Chanwoong Jung**, Jaeyeong Yoo*, Hagbae Kim*
*Dept of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University
**Road Management Division Seoul Metropolitan Government

요 약

최근 센서 기술이 발전함에 따라 센서들의 유비쿼터스 환경에서의 활용방법에 대한 연구가 진행되고 있다. 현재 존재하는 센서들 중 Zigbee 센서는 저전력, 초소형 등의 특징을 가지고 센서들이 통신을 하는 센서로써 유지비용과 이동성에 있어서 다른 센서들보다 성능이 우위에 있다. Zigbee 센서는 신호를 Broadcasting하여 다른 Zigbee 센서와 통신을 하게 된다. 이때 이 신호의 세기를 나타내는 RSS와 Triangulation을 통하여 위치를 파악할 수 있다. 그리고 이 결과를 Particle Filter 알고리즘을 통하여 위치추정의 정확도를 높일 수 있다. 또한 유비쿼터스 환경에서의 활용 가능성 파악을 위하여 실제 집 환경의 Testbed를 구축하여 시뮬레이션을 진행하였다. 멀티 타겟의 위치 추정을 위하여 Zigbee 센서의 Time Cycle 조정을 통하여 Particle Filter 알고리즘을 사용하여 위치 추정 오차를 시뮬레이션으로 성능평가를 하였고 결과를 통하여 멀티 타겟의 경로를 분석하였다.

1. 서론

최근 모바일 어플리케이션을 사용하는 사람들이 급증함에 따라 이를 이용하여 생활을 편리하게 하려는 연구가 많이 이루어지고 있다. 이런 연구 중 사용자와 가장 밀접한 연구는 위치추정분야이다. 본 논문에서는 이 위치추정 분야에서 최근 각광받고 있는 Zigbee 센서를 이용하여 연구를 하였다. 특히 Zigbee 센서의 가장 큰 특징인 RSS값을 위치 추정에 이용하였다.

위치추정연구에서 센서의 선택과 더불어 중요한 부분은 Filtering이다. 센서에서 얻은 정보를 단순한 계산을 이용하여 위치를 파악하기에는 센서들의 정보는 아주 소량이다. 이런 소량의 정보를 이용하여 위치추정의 정확도를 극대화 할 수 있는 방법이 Filtering 방법이다.

본 연구에서는 Filtering 방법 중 Particle Filtering 방법을 사용하였는데 이는 현재 존재하는 Filtering 방법 중 실제 생활에 가장 적합한 Filter이기 때문이다. 가장 적합한 이유는 먼저 첫째, 위치추정이 이루어지는 상황은 Non-linear하다. 하지만 다른 Filter, 구체적으로 Kalman Filter는 상황을 선형화 하여 근사치를 이용하여 Filtering과 위치추정을 하기 때문에 오차가 많이 발생한다. 둘째, Particle Filter는 약간의 오류 때문에 큰 오차가 발생하는 상황이 잘 일어나지 않는다. 센서를 통한 위치추정의 경우 어떠한 경우에서든지 잘못된 정보가 위치추정에 들어올 수 있다. 이때 Filter는 이런 정보들을 선별하여 최적의 위치추정 결과를 제공해야하는데 Particle Filter의 경우 쉽게 선별하여 오차를 줄일 수 있다.

위의 보인 이유들로 인하여 Particle Filter가 본 연구에 가장 적합하다는 판단을 하였으며 이 Filter를 사용하여 위치추정 시뮬레이션을 하여 그 성능 평가를 하였다.

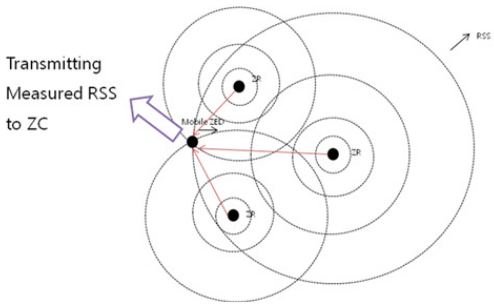
따라서, 본 논문의 구성은 2장에서는 본 연구 시뮬레이션에 사용된 Zigbee 센서의 RSS와 Particle Filter에 대하여 설명하고 3장에서는 시뮬레이션 환경에 대하여 설명하였다. 4장에서는 시뮬레이션 결과 값에 대하여 분석하였고 5장에서는 결론 및 향후 연구에 대하여 기술하였다.

2. 관련 연구

2.1 Triangulation using Zigbee RSS

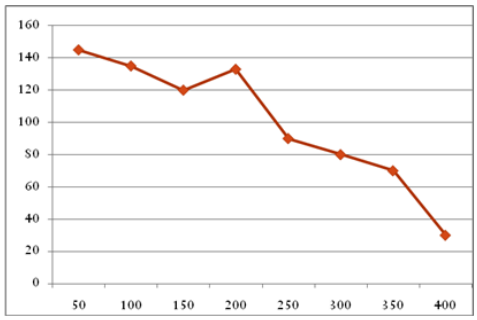
본 논문에 사용된 Zigbee는 무선통신장치이다. 또한 무선신호를 전 영역으로 Broadcasting하는 방식으로 통신을 하게 된다. 이런 Broadcasting된 신호의 세기를 RSS라고 한다. 또한 이 신호의 세기를 이용하여 위치를 추정하는 방법 중 이 논문에 사용된 방법은 Triangulation 방법이다. (그림 1)은 RSS를 이용한 Triangulation 방법을 나타

내고 있다. 각 Zigbee는 Mobile ZED의 RSS를 감지하여 각 Zigbee동시에 만나는 지점을 실제위치로 추정한다.



(그림 1) RSS를 이용한 Triangulation

아래 (그림 2)는 RSS의 특성을 나타내고 있다. RSS는 신호의 세기이므로 거리에 비례하여 줄어드는 특성이 있다. 가로축이 거리(cm)이며 세로축이 RSS (dBm)이다. 거리가 증가할수록 RSS는 대체로 낮아지는 것을 알 수 있다.

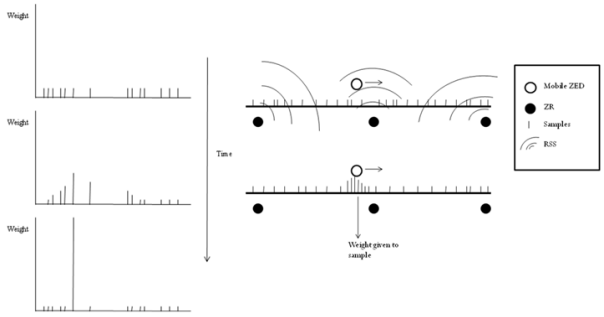


(그림 2) 거리에 따른 RSS 특성

2.2 Particle Filter

Particle Filter는 Filtering 기법 중의 하나로 모든 상황을 Discrete하게 쪼개는 것이 특징이다. Discrete한 하나하나가 Particle이라고 불리며 각 Particle은 중요도 즉 Weight를 갖고 있다. 이 Weight는 각 Particle이 얼마나 정확한 정보인지를 나타내는 척도가 된다.

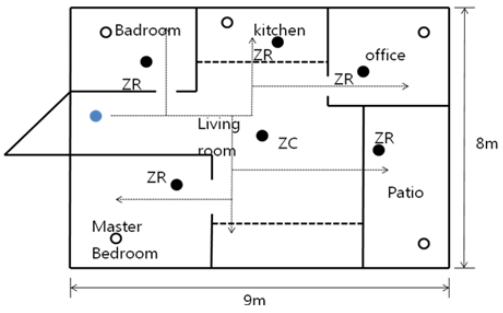
이 Filtering 기법은 크게 3단계로 이루어져 있다. 첫 번째는 수집단계이다. 이 단계에서는 가장먼저 Particle을 초기화하여 균일하게 한다. 이 초기화는 처음 한번만 실행되게 되며 그 다음 부터는 기존 정보를 토대로 Weigt를 분포시킨다. 두 번째 단계는 update 단계로서 센서에서 수집된 정보를 통하여 Weight를 수정 및 Normalize하는 단계이다. 마지막 세 번째 단계는 위치추정의 단계이다. 이 단계에서 지금까지 계산된 Particle의 Weight를 가지고 위치를 추정하게 된다. 아래 (그림 3)의 좌측의 경우 초기화, update, 위치추정에서의 Particle의 Weight 변화를 대략적으로 보였다. 처음에 초기화되었을 때 weight 값은 균일하나 시간이 지나 Filtering이 되면서 좀 더 정확한 곳의 Particle에 Weight가 높아지는 것을 알 수 있다. (그림 3)의 우측의 경우 실제 RSS값을 이용한 Filtering 과정을 나타내었다. Mobile-ZED가 움직임에 따라 그 위치 Particle의 Weight가 높아지는 것을 알 수 있다.



(그림 3) 좌) 시뮬레이션에 따른 Particle의 Weight 변화 우) RSS값을 통한 Particle Filtering 과정

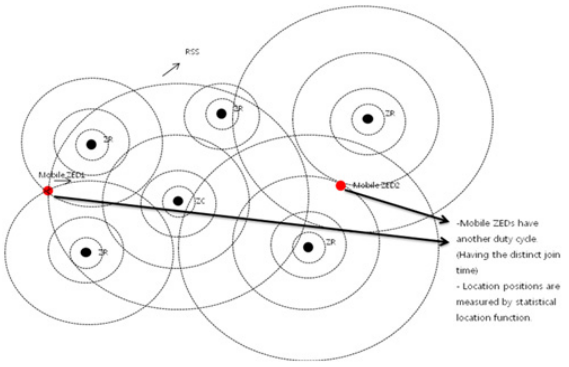
3. Testbed

이번 시뮬레이션을 하기위한 환경을 구성하였다. 아래 (그림 4)와 같이 실생활과 비슷한 환경인 집 환경에서 시뮬레이션을 진행하였다. 실험환경은 가로 9m, 세로 8m의 집으로 구성하였고, 각 방안에는 고정된 Zigbee Router (ZR)을 천장에 설치하였고 거실 한가운데에 Zigbee Cluster (ZC)을 설치하였다. 이렇게 ZR, ZC가 설치된 환경을 Mobile ZED가 경로에 따라 움직인다.



(그림 4) 시뮬레이션 환경

Mobile ZED가 움직이면서 각 방과 거실에 설치된 ZR, ZC가 그 RSS값을 받게 된다. (그림 5)에서 두 개의 Mobile ZED가 움직일 때의 RSS 수집 상황을 나타내었다. 아래 상황에서 두 개의 Mobile ZED의 경우 2구역 이상에서 RSS값이 검출 될 것이다. 이 경우 RSS 값이 센 쪽에서 있을 확률이 높을 것으로 판단한다.



(그림 5) Mobile ZED가 두 개일 때의 RSS 이용

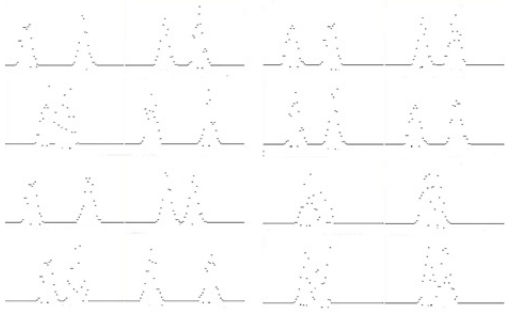
또한 각 Mobile ZED는 Time Cycle을 다르개 주어 두 개의 Mobile ZED의 신호 검출이 두 개가 중첩되어 계산에 혼란을 주지 않게 하였으며 주어진 RSS값을 Triangulation을 통하여 위치적 값으로 바꾼 후 Particle Filtering을 통하여 위치추정을 하였다.

4. 결과분석

표 1 Mobile ZED 1의 위치추정 결과

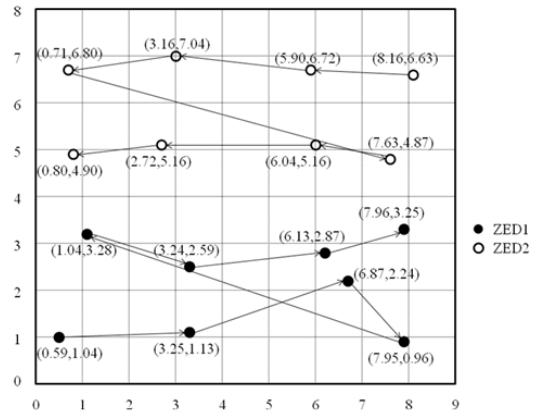
Number	True position		Measured position		Error (m)
	X axis	Y axis	X axis	Y axis	
1	1	1	1.66	1.82	1.0526
2	3	1	2.31	1.82	1.0717
3	7	2	6.44	2.14	0.5772
4	8	1	7.18	1.92	1.2324
5	1	3	2.00	2.19	1.2869
6	3	3	2.18	2.26	1.1045
7	6	3	4.30	4.08	2.0141
8	8	3	7.18	2.20	1.1456
9	1	5	2.35	5.16	1.3594
10	3	5	3.90	4.19	1.2108
11	6	5	5.03	5.77	1.2385
12	8	5	7.76	5.68	0.7211
13	1	7	2.08	5.85	1.5776
14	3	7	2.22	6.02	1.2525
15	6	7	5.05	5.80	1.5305
16	8	7	7.97	6.16	0.8405

(표 1)은 실험에서의 Mobile ZED 1의 위치추정 결과를 나타낸 것이다. 왼쪽 True-Position의 경우 실제 포인트를 16군데 설정하여 놓고 그곳에서의 위치 추정 값과 비교하는 방법을 택하였다. 그 결과 위 표와 같은 값이 나왔다. 실제 위치와 Particle Filtering을 통한 위치추정 결과의 평균 오차는 1.200994m 로 측정되었다. 이론적인 평균 오차는 1m 이내이지만 실제 집 환경에서 실험한 것이므로 약간의 오류 정보를 얻어져 0.2m 정도의 오류가 더 나오게 된 것으로 판단할 수 있겠다.



(그림 6) 두 개의 Mobile ZED의 x축(좌) y축 (우) Particle Weight

또한 (그림 6)은 Mobile ZED 들에서 얻어진 RSS 값을 Particle Filtering을 통하여 위치추정을 했을 때 x축 움직임과 y축 움직임에 대한 Particle의 Weight 변화를 나타낸 것이다. 위에서 아래로 갈수록 위치추정 시간이 지남을 나타낸다. 좌측 2번째와 우측 3번째 그래프를 보면 만약 ZED들끼리 가까워지는 상황이 발생하여도 각각의 ZED를 구분해 낼 수 있는 것을 알 수 있다.



(그림 7) 두 개의 Mobile ZED의 위치추정 결과를 통한 경로 분석

(그림 7)은 지금까지 RSS통하여 Particle Filtering을 통한 위치추정 결과를 좌표평면 위에 그려 Mobile ZED의 움직임을 나나내었다. 그림을 보면 각 ZED는 시작점과 경로가 다름을 알 수 있으며 평균 오차를 고려하였을 때 1m 이내로 두 노드가 가까워 질 때도 있는 것을 알 수 있다.

5. 결론 및 향후 분석

RSS와 Particle Filter를 이용한 위치추정 알고리즘을 시뮬레이션 한 결과 만족스러운 결과를 얻을 수 있었다. 평균 1.2m의 오차는 Zigbee의 RSS를 이용한 것을 고려하였을 때 결코 큰 오차는 아니다. 하지만 이 시뮬레이션은

주변의 가벼운 상황만 포함했을 뿐 실제 환경에서는 존재하는 모든 상황을 고려하지 않았음으로 실제 환경에서는 오차가 더 커질 수 있을 것이다.

하지만 Particle Filter 알고리즘의 성능을 향상과 Zigbee 센서들의 개체수가 많아진다면 실제 생활에서도 이 시스템의 특징을 통하여 효율적인 유지보수와 높은 정확도를 갖는 위치추정시스템으로 발전 가능성이 있다.

본 연구를 통한 결과는 초소형, 저전력 Zigbee 센서와 오류를 줄이는 Particle Filter를 함께 사용하여 위치 추정 시스템을 구현하였다는 것에 의미가 있고 또한 이런 초소형, 저전력 특성을 갖는 위치추정시스템은 유비쿼터스 환경에서 아주 효과적일 것이다.

참고문헌

[1] Dieter Fox, Jeffrey Hightower, Lin Liao, and Dirk Schulz “Bayesian filtering for location estimation” University of Washington.

[2] 박병성, 김종후, 조형기, 김학배, “무선 센서 네트워크의 홈 네트워킹 적용을 위한 Zigbee 응용연구.” 한국정보처리학회 춘계학술발표대회 논문집 제 13권 제 1호 2006.

[3] D Fox, J Hightower, L Liao, D Schulz, G Borriello “Bayesian Filtering for Location Estimation” IEEE PERVASIVE COMPUTING, 2003

[4] Y. Bar-Shalom and X.-R. Li. “Multitarget- Multi-sensor Tracking: Principles and Techniques”. Yaakov Bar-Shalom, 1995.

[5] A. Doucet, J.F.G. de Freitas, K. Murphy, and S. Russell. “Rao-Blackwellised particle filtering for dynamic Bayesian networks.” In Proc. of the Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence (UAI), 2000.

[6] N. Patwari, A. O. Hero III, M. Perkins, N. Correal, and R. J. O′Dea, “Relative location estimation in wireless sensor networks,″ IEEE Trans. Sig. Proc., vol. 51, no. 8, pp. 2137-2148, Aug. 2003.

[7] Dimitrios Lymberopoulos, Quentin Lindsey and Andreas Savvides. “An Empirical Analysis of Radio Strength Variability in IEEE 802.15.4 Networks using Monopole Antennas.” ENALAB Technical Report, May 2005

[8] G. Zhou, T. He, S. Krishnamurthy, and J. A. Stankovic, “Impact of radio irregularity on wireless sensor networks,” in International Conference on Mobile Systems, Applications and Services, pp. 125-138, 2004.

[9] “IEEE Std 802.15.4, Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) speci¯cation for Low Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs)”, IEEE Std 802.15.4-2003, Dec. 2003.

[10] B Ferris, D Hahnel, D Fox “Gaussian processes for signal strength-based location estimation” Proc. of Robotics Science and Systems, 2006