

퍼지모델링에 의한 WSN에서의 위치 측정

김종선*, 주영훈*, 박진배**

* 군산대학교 전자정보공학부, ** 연세대학교 전기전자공학과

Localization On WSN Using Fuzzy Modeling

Jong Seon Kim*, Young Hoon Joo*, and Jin Bae Park**

* School of Electronic & Information Engineering, Kunsan National University*

** Department of Electrical & Electronic Engineering, Yonsei University

Abstract - 본 논문에서는 WSN(Wireless Sensor Network)에서 RSSI (Receive Strength Signal Indicator)를 이용해 미지노드의 위치측정을 위한 퍼지 모델링 기법을 제안한다. RSSI는 거리에 따른 전파의 감쇠를 나타내는 것으로 측정 환경에 따라 신호 반사 및 잡음의 영향에 민감하다. 본 논문에서는 퍼지를 이용하여 측정된 RSSI를 거리로 환산하고 가장 짧은 거리와 그에 따른 거리오차를 모델링한다. 출력으로 입력 거리에 따른 가중치를 얻은 뒤 가중치를 적용한 거리의 무게 중심을 구하고 실제 미지노드의 위치와 비교함으로써 제안한 기법이 응용 가능성을 증명한다.

1. 서 론

1988년 Mark Wiser에 의해 본격적인 연구가 시작된 유비쿼터스는 21세기에 들어 무선 통신 기술의 급속한 발전에 힘입어 활발한 연구가 진행되고 있다. 유비쿼터스와 관련하여 주목받는 무선 센서 네트워크는 국내뿐만 아니라 미국, 일본 등을 중심으로 활발하게 개발 및 실제 적용되고 있다. 센서네트워크의 연구는 크게 센서 노드분야, 검출 노드 분야, 네트워크 분야, 시스템 운용 분야로 나누어 볼 수 있다[1]. 네트워크 분야 중 노드 제어 분야에서 실내 측위 관련 기술로는 WLAN기반, 적외선 기반, 초음파 기반, Bluetooth 기반, RFID 기반, UWB(Ultra Wide Band) 기반 등이 있다. 이 중에서 Bluetooth 기반의 측위 기술은 RSSI를 사용하기 때문에 위치 측정을 위한 별도의 케이블 및 하드웨어가 필요치 않고 초음파 및 적외선이 갖는 측정 각의 구속에서 벗어날 수 있다. 그러나 RSSI는 신호대잡음비(Signal Noise Ratio), 장애물에 의한 전파 지연과 같은 왜란 때문에 이를 극복하기 위한 많은 연구들이 진행 중에 있다. Awad 등은 ETH사의 Bnode 센서(Bluetooth,433-915Mhz)를 실내 공간에 설치하고 이동 로봇의 RSSI를 측정된 뒤 신경망을 이용하여 RSSI의 값을 분류하였으며 노드의 총 오차 범위를 1m내외로 축소시킨 바 있다[3]. 또한, Xiufang Feng 등은 RSSI의 감도(dB)와 거리를 퍼지 모델링하고 뉴럴 네트워크를 이용하여 위치 측정하였으나 특정 범위에서 오차의 범위가 2-3m 내외로 측정 오차가 크게 발생하는 문제점을 갖고 있다[4]. 국내의 경우 윤숙현 등은 앵커 노드(Anker node : 위치를 알고 있는 노드)에 백색 가우시안 노이즈를 적용한 RSSI를 퍼지 모델링한 뒤 노드의 연결 가중치를 GA를 이용해 동정함으로써 미지노드(Unknown node : 측위 대상)의 위치를 시뮬레이션 하였으며 위치 측정 오차는 0.76m의 우수한 결과를 얻은 바 있으나 시뮬레이션 하에서 얻은 결과이기에 아쉬운 점이 남는다[7].

본 논문에서는 WSN에서 RSSI를 이용해 미지노드의 위치측정을 위한 퍼지 모델링 기법을 제안한다. 이를 위해 한백전자의 Zigbee 센서 노드를 이용해 RSSI를 측정하고 이를 거리로 환산한다. 이후 환산된 거리에서 가장 짧은 거리를 기준으로하여 오차 및 거리를 모델링하고 각 거리간의 연결 가중치를 얻는다. 미지노드가 갖는 각 노드의 거리 데이터에 연결 가중치 적용한 뒤 무게 중심을 이용해 위치를 측정하는 방법을 제안한다. 마지막으로 제안된 방법을 실험을 통해 그 우수성을 증명한다.

2. 본 론

2.1 위치 측정 시스템

본 논문은 위치 측정을 위해 한백전자의 Zigbee 센서 노드를 이용한다. Zigbee는 무선 통신 칩인 Ti사의 CC2420 무선 RF칩을 탑재한 실험 시스템이다. 그림 1은 Zigbee 센서 노드를 이용한 위치 측정 시스템을 나타낸 것으로서 4개의 앵커노드에 1개의 미지노드를 구성한 것이다. 미지노드는 이동 가능한 로봇에 부착되어 있으며 이를 원격 조정함으로써 위치를 변화시킨다.

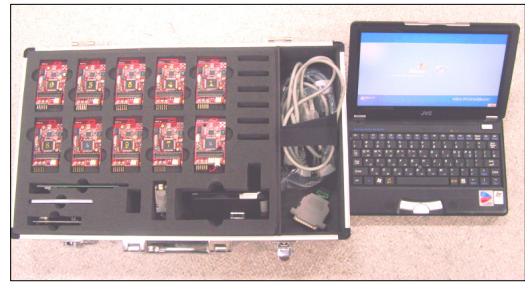


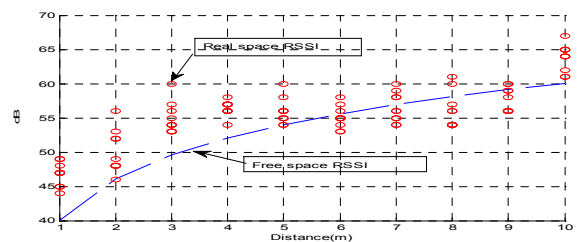
그림 1. 위치 측정 시스템

미지노드의 위치를 확인하기 위해 각 앵커 노드는 미지노드의 RSSI를 측정하여 서버 측 노드로 패킷을 전송한다. 서버는 수신된 RSSI를 거리로 환산하게 된다. 그림 2-(a)는 측정된 RSSI와 이상적인 공간에서의 RSSI를 보여주며 (b)는 측정된 RSSI의 환산 거리와 이상적인 RSSI 공간의 거리를 보여준다. 이상적인 공간에서 거리에 따른 RSSI의 전력손실은 식 (1)과 같다.

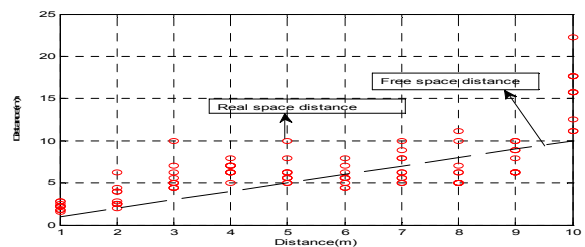
$$P_r(d) = P(d_0) - 10n \log\left(\frac{d}{d_0}\right) \quad (1)$$

여기서, $P_r(d)$ 는 거리 d 인 위치에서 측정된 수신측 전력이며, $P(d_0)$ 는 d_0 가 거리 기준거리 d_0 일 때의 전력이다. 또한, 측정된 $P_r(d_0)$ 와 $P_r(d)$ 를 이용한 이론적인 거리는 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$d = d_0 \times 10^{\frac{P_r(d_0) - P_r(d)}{10n}} \quad (2)$$



(a) 이상적인 공간과 실제 공간에서의 RSSI 비교



(b) RSSI 환산 거리 비교

그림 2. 이상적인 공간과 실제 공간에서의 비교

2.2 퍼지 모델링

무선통신은 장애물과 부딪히게 되면 굴절되어 전파되고 수신측에 도달한다. 전파 굴절시 손실되는 전파의 세기는 굴절되는 장애물 및 굴절 횟수 등 많은 원인으로 측정이 불가능하다. 그러나 장애물이 없는 경우 전파는 가장 빠른 시간 안에 수신측에 도달하게 되고 이때의 RSSI는 손실되는 전파의 양이 적기 때문에 위치 오차가 작다고 할 수 있으며 이를 그림 3에 나타내었다. 그림 3에서 굵은 점선의 화살표가 미지노드에서 앵커노드로 가기 위한 가장 빠른 전송 경로임을 알 수 있으며 이외의 전파의 굴절로 인한 전송은 전파의 감소가 이루어지게 된다[6].

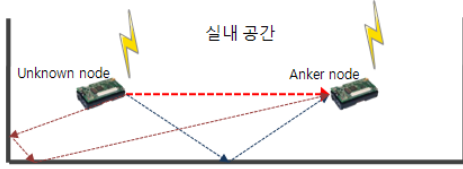


그림 3. 실내 공간 전파 굴절의 예

본 논문은 환산된 거리에서 가장 짧은 거리와 가장 짧은 거리와의 오차를 퍼지 모델링하여 가중치를 얻는다. 가중치를 이용해 측정된 데이터의 무게중심을 계산하고 이를 이용해 거리를 계산한다[3-6]. 제안하는 퍼지 규칙은 표 1과 같으며 퍼지 추론은 식 (3)과 같다.

표 1. 오차와 거리에 따른 퍼지 규칙

		Distance Error		
		Low	Middle	High
Distance	Near	Very High	Medium High	Medium
	Middle	Medium High	Medium	Medium Low
	Far	Medium	Medium Low	Very Low

$$R^i : IF x_1 is A_{i1}, \dots, \text{ and } x_k is A_{ik}, THEN y = a_i \quad (3)$$

$$y^0 = \frac{\sum_{i=1}^n w_i a_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

여기서, R^i ($i=1, \dots, n$) : 변칙 규칙, x_j ($j=1, \dots, k$) : 입력 변수, A_{ij} ($i=1, \dots, n$) : 퍼지집합 멤버십 함수, n : 퍼지 규칙 수, y^0 : 추론 결과

그림 4는 입력력 변수의 퍼지 멤버십 함수 값을 보여주고 있다.

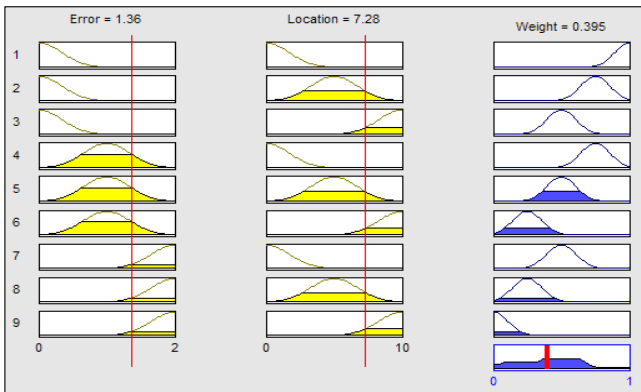
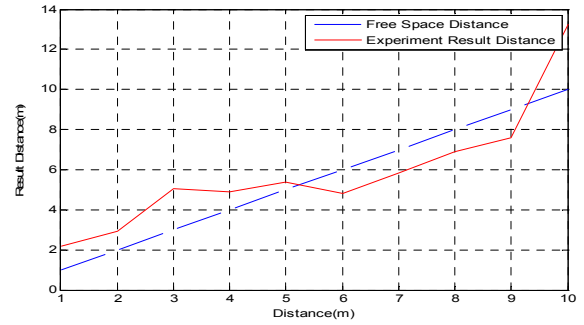


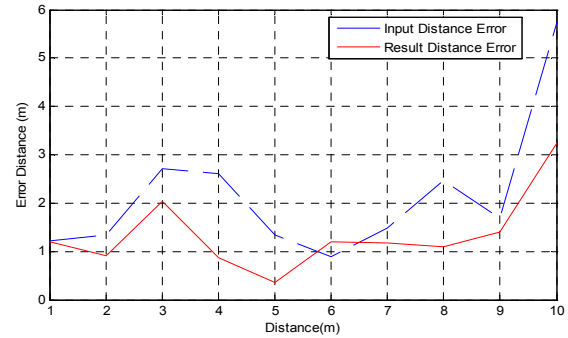
그림 4. 퍼지 추론 과정의 예

3. 실험 결과 및 고찰

실험을 위해 RSSI를 10개씩 측정하였으며 측정된 데이터는 그림 5-(a)와 같다. 측정을 위해 실내 공간의 비교적 장애물이 없는 공간을 활용하였으며 배터리의 소모 여부(완충 상태에서 실험)는 고려하지 않았다. 본 논문에서 제안한 퍼지모델링을 이용한 결과, 거리 측정 결과는 그림 5(a)와 같으며 각 거리에서의 오차는 (b)와 같다. 원본 RSSI에 의한 거리 오차는 2.1519m였으며 제안한 기법에 의한 오차는 1.3536m로써 약 63%의 오차 감소 효과를 얻을 수 있었다.



(a) 실험 결과



(b) 오차 비교

그림 5. 실험 결과 및 오차 비교

4. 결 론

본 논문에서는 WSN에서 RSSI를 이용해 미지노드의 위치추정을 위한 퍼지 모델링 기법을 제안한다. 이를위해 먼저 RSSI의 측정값을 거리로 환산한다. 그 다음 전파의 특성상 장애물 및 장애 요소에 영향을 많이 받기 때문에 전파가 굴절되거나 신호가 감소되는 것을 착안하여 환산된 거리중에서 가장 짧은 거리로 환산된 값을 기준으로 퍼지 모델링하는 방법을 제안하였다. 사용된 퍼지 모델은 기준 거리로부터의 오차와 기준 거리 자체를 전방부 입력변수로 하고 가중치를 결론부로 하였다. 제안된 방법을 사용하여 실험한 결과, 평균오차는 1.3536m로 기존 연구보다 오차를 1-2m까지 감소시켰음을 알 수 있었다.

감사의 글: 본 연구는 2008년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2008-521-D00159)

[참 고 문 헌]

- [1] 한국 홈네트워크 산업 협회 "WSN 기술 동향", Vol 11, 2006,11
- [2] 한국전자통신 연구원 "실내의 연속측위 기술 동향" Vol. 22, No. 3, 2007. 6
- [3] A. Awad, T. Frunzke, F. Dressler, "Adaptive distance estimation and localization in WSN using RSSI measures," 10th EuroMicro Conference on Digital System Design Architectures, Methods and Tools (DSD 2007),pp.471-478,2007.
- [4] X. Feng, Z. Gao, M. Yang, S. Xiong, "Fuzzy distance measuring based on RSSI in wireless sensor network" ISKE2008. 2008.11
- [5] A. G. Dharme, J. Lee and S. Jayasuriya, "Using fuzzy logic for localization in mobile sensor networks: Simulations and Experiments", American Control Conference 2006, pp. 2066-2071, 2006. 6
- [6] 김현중, 강근택, 이원창, "무선 센서 네트워크와 퍼지모델을 이용한 이동로봇의 실내 위치 인식과 주행", 한국지능시스템학회 논문지, Vol. 18, No. 2, pp. 163-168, 2008
- [7] S. Yun, J. Lee, W. Chung, and E. Kim, "Centroid localization method in wireless sensor networks using TSK fuzzy modeling," 2007 Inter. Symp. on advanced Intelligent Systems, ISIS2007 pp. 971-974, Sep., 2007.