

동적 환경에서 무선 센서 네트워크의 효율적인 위치 인식 알고리즘

공영배*, 박귀태**
고려대학교 전자전기공학과*

Precise Localization for Wireless Sensor Networks Localization in Dynamic Environment

Young-Bae Kong*, Gwe-Tae Park**

Young-Bae Kong, Gui-Tae Park Dept. of Electronics and Electrical Engineering, Korea University

Abstract - 위치인식 기술은 무선 센서 네트워크에서 매우 중요한 문제 중 하나이다. 위치인식을 위해서는 무선 센서 노드간 거리를 먼저 알아야 한다. 하지만 노드간 거리는 실제 환경에서 매우 많은 영향을 받는다. 이러한 부정확한 거리는 위치의 정확성을 떨어뜨리게 한다. 따라서 정확한 위치를 얻기 위해서는 먼저 정확한 거리 측정이 선행되어야 한다. 본 논문에서는 다양한 노이즈와 물체를 갖는 동적 환경에서 정확하고 효율적인 위치를 측정하는 위치 인식 알고리즘을 제안한다. 실험 결과를 통해서 제안한 알고리즘은 다른 알고리즘에 비하여 우수함을 알 수 있다.

1. 서 론

본 논문에서는 다양한 물체를 갖는 실제적인 환경에서 효율적인 위치인식을 하는 알고리즘을 제안한다. 무선 센서 네트워크는 많은 수의 센서 노드들로 구성되어 다양한 응용을 수행하기 위하여 특정 지역에 분포되어 있다 [1]. 이러한 무선 센서 네트워크에서 위치 인식은 매우 중요한 기술이다. 왜냐 하면 노드의 위치는 특정 사건이 발생하였을 경우 특정 사건에 대한 위치 정보를 제공하고, 데이터 전송 시 위치 기반의 데이터 전송을 가능하게 하여 추가적인 오버헤드를 줄일 뿐만 아니라 위치 기반의 응용 서비스를 가능하게 한다.

무선 센서 네트워크에서 위치 인식은 보통 위치를 알고 있는 레퍼런스 노드와 센서 노드간의 측정된 거리를 이용하여 위치를 모르는 노드의 위치를 구하는 방법이 사용된다. 이 때 노드간의 거리를 측정하는 방식에서 무선 신호의 세기를 이용하는 방식은 추가적인 하드웨어를 필요로 하지 않으면서도 단순하기 때문에 매우 실용적인 방식이다. 하지만 무선 신호는 일반적으로 외부 환경에 민감하며 따라서 시간에 따라 계속적으로 변화하는 동적 환경에서 무선 신호를 이용하여 거리를 측정하는 것은 매우 어렵다.

본 논문에서는 가구, 벽, 나무, 그리고 빌딩과 같은 다양한 물체를 포함하면서 시간에 따라 동적으로 변화하는 외부 환경에서 무선 센서 노드의 위치를 구하는 문제를 고려하였다. 이러한 동적인 환경에서 신뢰성 있는 위치 측정을 위해서는 먼저 정확한 거리 측정이 필요하다. 하지만 외부 환경의 영향은 이러한 정확한 거리 측정을 어렵게 한다. 기존의 연구들은 무선 신호 세기를 이용하여 거리를 측정할 때 기존 연구들은 보통 이론적인 모델이나 실험 데이터를 이용하여 이루어 졌다 ([2] [3]). 하지만 이러한 방식은 무선 신호 세기가 계속적으로 변화하는 동적 환경에는 적당하지 않다. 반면에 이러한 거리 측정 없이 위치를 측정하는 방식이 제안되었는데, 이러한 방식은 외부 환경에 영향을 받지 않는다. 반면에 위치를 알고 있는 레퍼런스 노드의 수에 따라 위치 정확도가 차이가 나며 따라서 거리 기반의 위치 측정보다 정확한 위치를 측정하기 어렵다는 단점을 갖는다.

이러한 문제를 해결하기 위해서 우리는 단순하면서도 효율적인 거리 측정 방법을 제안한다. 제안된 방식은 위치를 알고 있는 레퍼런스 노드들이 자신의 주변 환경을 고려한 가중치를 고려하여 이를 위치를 모르는 블라인드 노드에게 제공함으로써 정확한 위치 측정을 가능하게 하는 방식이다. 이러한 가중치를 이용함으로써 블라인드 노드는 실제 환경의 영향을 보상해주는 거리를 측정할 수 있다. 이렇게 측정된 거리를 최종적으로 MLE (Maximum Likelihood Estimation) 방식을 통한 위치 측정에 사용함으로써 제안된 방식은 정확한 거리를 알 수 있게 된다.

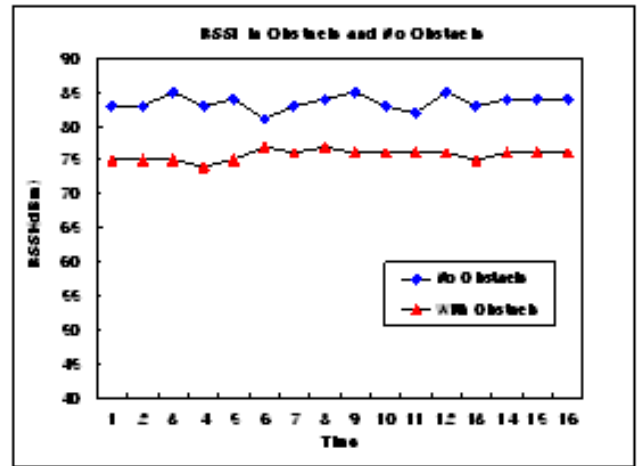
2. 본 론

2.1 무선 신호 채널 모델 및 문제점

본 논문에서는 무선 신호 채널 모델이 log-normal shadowing model[4]을 따른다고 가정하였다. 이 모델은 다음과 같다.

$$RSSI(d) = A_0 - 10\eta \log_{10} \frac{d}{d_0} + X_\sigma \quad (1)$$

식 (1)에서 d는 노드간 거리이고 A_0 는 기준 거리(1m)에 대한 수신세기이고, η 는 신호의 감쇄율이며, X_σ 는 평균이 0이고, 분산이 σ^2 인 가우시안 분포, 즉 $X_\sigma \sim N(0, \sigma^2)$ 를 말한다.



<그림 1> 동적인 환경에서 RSSI의 변화

동적인 환경에서는 수신 노드와 송신 노드 간에 일정한 외부 영향에 의해 추가적인 신호 감쇄가 발생할 수 있다. 이러한 경우에는 외부 영향이 없는 경우에 비하여 더욱 감쇄된 수신신호 세기를 갖게 된다. 따라서 측정된 거리는 기존의 이론적인 모델에 비하여 더 증가되게 된다. 이러한 거리 측정 에러는 노드의 위치 측정을 더욱 어렵게 만든다. 만약, 측정된 거리의 에러가 증가할수록 노드의 위치 측정 에러는 더욱 증가하게 된다. 그림 1은 동적인 환경에서의 수신신호 세기를 측정할 때 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이 측정된 거리 데이터는 동적인 환경에서 더욱 증가하게 된다. 따라서 동적 환경에서 발생하는 거리 측정 에러를 적절하게 보상해주는 방법이 필요하다.

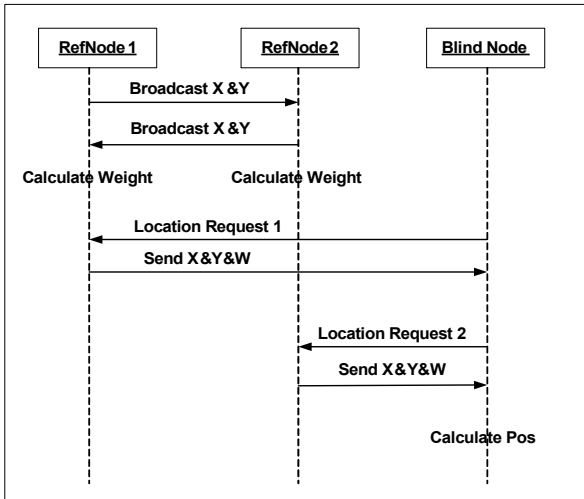
2.2 제안된 알고리즘

본 논문에서는 제안하는 알고리즘은 브로드캐스트 단계(Broadcast Phase), 데이터 수집 단계(Data Collection Phase), 위치 측정 단계(Position Calculation Phase)의 세 가지 단계로 이루어진다. 그림 1은 제안된 알고리즘을 나타낸다.

첫 번째 단계에서 각각의 레퍼런스 노드들은 자신의 위치와 노드 ID를 브로드캐스팅 한다. 이 메시지를 수신한 레퍼런스 노드들은 측정된 거리와 실제 거리를 이용하여 외부 환경을 위한 보상 가중치를 계산한다. 측정된 거리 및 실제 거리는 다음과 같다.

$$\tilde{d}_{ij} = d_0 10^{\frac{RSSI + A_0}{10\eta}} \quad (2)$$

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (3)$$



〈그림 1〉 제안된 알고리즘

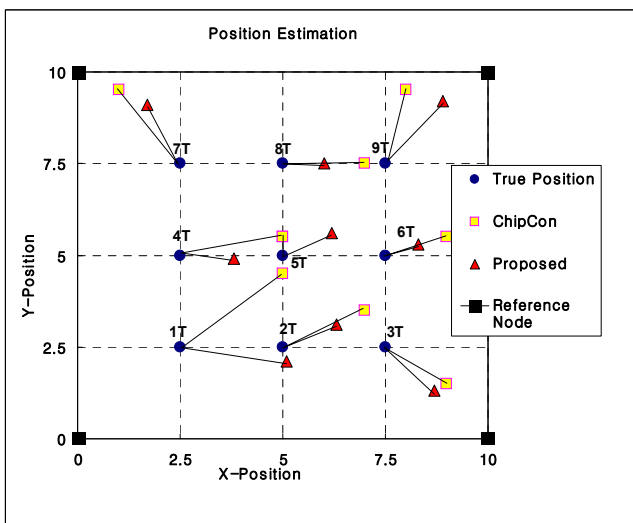
$$W_{ij} = \sum_{i=1}^N \left(\frac{\tilde{d}_{ij} / d_{ij}}{N} \right) \quad (4)$$

다음으로 블라인드 노드는 자신의 수신 범위 안에 있는 레퍼런스 노드에 위치 요청 메시지를 요청한다. 이 요청 메시지를 수신한 레퍼런스 노드들은 그것의 위치 및 가중치를 포함하는 메시지를 블라인드 노드에 보낸다. 마지막으로 블라인드 노드는 레퍼런스 노드들로부터 위치 정보 및 가중치를 포함하는 메시지를 수집한 후 MLE방식을 이용하여 자신의 위치를 결정한다. 위치 계산은 다음과 같이 이루어진다.

$$(X_i, Y_i) = \arg \min \sum_{j=1}^n (d_{ij} - (\tilde{d}_{ij} / W_{ij}))^2 \quad (5)$$

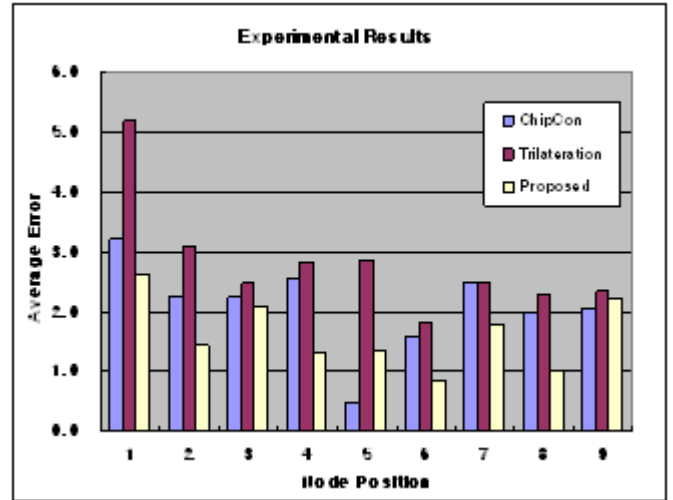
2.3 실험 결과

제안된 알고리즘을 수행하기 위해서 우리는 무선 센서 디바이스인 CC2431을 이용한 테스트베드를 구축하였다. CC2431은 약 3미터의 정확도를 갖는 위치측정을 가능하게 하는 디바이스로, 8051 MCU, 128KB 플래시 메모리, 8KB 램, 그리고 2.4GHz IEEE 802.15.4 RF트랜시버를 장착하였다. CC2431디바이스의 위치 인식 알고리즘은 무선 신호의 수신 신호세기를 이용한 MLE방식이다.



〈그림 2〉 실험 결과

실험은 실외의 물체를 포함한 환경에서 수행되었다. 모든 테스트 디바이스들은 반경 10m의 그리드 내부에 위치되었으며, 레퍼런스 노드들은 그리드의 각 코너에 위치하였고, 내부에는 블라인드 노드들이 위치하였다. 그림 2와 3은 노드의 위치 및 실험 결과를 나타내는 그림이다. 이 그림을 통하여 우리는 제안된 알고리즘이 MLE를 기반으로 하는 Chipcon에 비하여 향상된 성능을 갖고 있음을 알 수 있다.



〈그림 3〉 위치 측정 오차

3. 결 론

본 논문에서는 다양한 물체를 갖는 동적인 환경에서 효율적인 위치 인식을 하는 알고리즘을 제안하였다. 동적인 환경에서 수신된 신호의 세기를 기반으로 측정된 거리는 많은 오차를 갖는다. 이를 해결하기 위하여 우리는 각각의 레퍼런스 노드들의 실제 거리를 기반으로 측정된 오차를 보상해주는 가중치를 도입으로써 측정 오차를 효과적으로 보상해 주는 방식을 사용하였다. 실험 결과는 제안된 알고리즘이 실제 MLE만을 수행한 알고리즘에 비해서 더욱 향상된 성능을 보임을 알 수 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] Ian F. Akyildiz, W. Su, Y.Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, "A survey on sensor networks", IEEE Communications Magazine, pp. 102-114, August 2002.
- [2] N. Bulusu, et al., "GPS-less Low Cost Outdoor Localization for Very Small Devices", IEEE. Personal Communications Magazine, Vol. 7, No.5, pp. 28-34, Oct. 2000.
- [3] T. He, C. Huang, B.M. Blum, J. A. Stankovic, T. Abdelzaher, "Range-Free Localization Schemes for Large Scale Sensor Networks", In The Ninth Annual International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom 2003).
- [4] T.S. Rappoport, "Wireless Communications", Principles & Practice, Prentice Hall, 1999.
- [5] P. Bahl and V. N. Padmanabhan, RADAR: An In-Building RF-Based User Location and Tracking System, In Proceedings of the IEEE INFOCOM '00, March 2000.

감사의 글

본 논문은 건설교통부가 출연하고 한국 건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 첨단융합기술개발사업 [과제번호:06 첨단융합 D01]의 지원으로 이루어졌습니다.