

무선 센서네트워크에서 실외 환경을 고려한 위치 추정 기법

*오천인, 정운철, 김내수

한국전자통신연구원

e-mail : cioh@etri.re.kr, wjeong@etri.re.kr, nskim@etri.re.kr

Location Estimation Algorithm in Outdoor Wireless Sensor Network

*Cheon-In Oh, Wun-Cheol Jeong, Nae-Soo Kim
USN Transmission Technology Research Team
Electronics and Telecommunication Research Institute

Abstract

A purpose of this paper is to research a location estimation algorithm of node which considers outdoor environments. After analyzing existing range based location estimation algorithm and their performances, we proposed a suitable algorithm to outdoor environment.

I. 서론

지금까지 센서 네트워크에서 노드는 실내 환경에서 고정형으로 많이 사용됐다. 그러나 노드에 대한 수요가 실외 환경의 고정 노드뿐만 아니라 이동 노드까지 다양해지면서 노드의 위치 인식 연구에 대한 필요성도 대두되고 있다.

현재 칩콘사에서 나온 위치 인식 엔진을 탑재한 2.4Ghz 지그비 칩 CC2431이 출시된 상태이고 이 칩은 RSSI(Received Signal Strength Indication) 방식을 사용하고 있다.[1] 하지만 3m의 위치 오차를 가지고 있고 RSSI가 페이딩에 취약하기 때문에 실외 환경을 고려한다면 더욱 나은 알고리즘이 필수적이다.

따라서 본 논문에서는 거리 기반 알고리즘을 바탕으

로 한 여러 가지 알고리즘을 분석해보고 실외 환경에서의 노드에 적합한 알고리즘을 제안하고자 한다.

II. 본론

2.1 RSSI 와 TOA 방법

RSSI는 수신하는 전파의 전계 강도를 이용하여 위치를 추정하는 방법으로 수신한 신호의 세기를 변환하는 방법을 사용한다. CC2431에 적용된 알고리즘으로 3m이하의 정확도를 가지고 있지만 칩의 사양에 따라 1~3m의 정확도를 가질 수 있다. 신호를 강도를 측정함에 있어서 노드마다 다양한 신호 세기를 가지기 때문에 조정할 수 있는 능력이 요구된다. 구현하기 쉽고 비용이 저렴하다는 장점이 있다.

TOA(Time Of Arrival)방식은 신호의 전달 시간을 이용하는 방법으로 노드간의 매질에 따른 속도를 기반으로 거리를 추정하는 방식이다. 1m 이하의 정확도로 RSSI 방식보다는 성능이 우수하지만 다중경로에 취약하므로 LOS(Line of Sight)가 필요하고 동기화등의 구현이 상대적으로 어렵다는 단점을 가지고 있다. AOA(Angle Of Arrival) 방식은 이웃 노드간의 상대적인 각을 측정하는 방법으로 큰 규모의 센서 네트워크에 적용하기 위해서는 각을 측정하기 위한 추가적인 하드웨어 사양이 필요하다.

2.2 크래머 라오 최소경계 비교

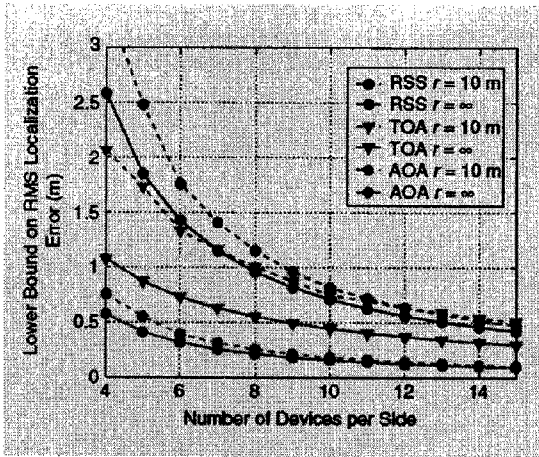


그림 1. 크래머 라오 최소 경계 알고리즘 별 비교

그림1은 RSS의 $\sigma_{dB}/n_p=1.7$ TOA의 $\sigma_T=6.3ns$, AOA의 $\sigma_a=5^\circ$ 일 때의 크래머 라오 최소 경계를 나타낸다. n_p 는 경로 손실 먹지수를 나타내고 σ 는 각 경우의 분산에 해당한다. 결과를 보면 AOA가 가장 낮은 에러 경계를 가졌으며 다음으로 TOA, RSSI 순임을 알 수 있다. AOA가 성능이 가장 우수하지만 이를 위해서는 어레이 안테나가 필요하지만 전력문제로 인하여 사실상 적용이 어렵기 때문에 AOA는 논외로 하겠다.

2.2 최우 상대 위치 추정

최우 상대 위치 추정기는 각 위치 추정 기법들의 파라미터에 따른 성능을 가늠할 수 있게 한다. 본 장에서는 RSSI와 TOA의 최우 상대 위치 추정기에 대해서 살펴보고자 한다. m 을 참고 노드 n 을 위치를 추정해야 하는 노드라 하자. 일반적인 m, n 에서 θ (알지 못하는 파라미터 벡터)의 최우추정을 계산해 보면 먼저 TOA는 식(2-1)과 같다.

$$\hat{\theta}_T = \underset{z_i}{\operatorname{argmin}} \sum_{i=1}^{m+n} \sum_{j \in H(i)} (cT_{i,j} - d(z_i, z_j))^2 \quad \text{식(2-1)}$$

$z_i = [x_i, x_j]^T$ 이다. RSS의 최우 추정은 식(2-2)와 같이 유도되어 진다.[2]

$$\hat{\theta}_R = \underset{z_i}{\operatorname{argmin}} \sum_{i=1}^{m+n} \sum_{j \in H(i)} \left(\ln \frac{\widetilde{d}_{i,j}^2 / C^2}{d^2(z_i, z_j)} \right)^2 \quad \text{식(2-2)}$$

참고 노드와 추정해야 할 노드가 한 개씩 있을 경우 $\widetilde{d}_{1,2}$ 는 두 노드 사이의 거리 예측을 나타내 것으로 다음과 같이 표현 할 수 있다.

$$E[\widetilde{d}_{1,2}] = C d_{1,2}, \quad C = \exp \left[\frac{1}{2} \left(\frac{\ln(10)}{10} \frac{\sigma dB}{n_p} \right)^2 \right]$$

RSS는 TOA와는 달리 편향성을 가지고 있다. 일반적인 채널에서 20%정도의 편향성을 지니기 때문에 $C \approx 1.2$ 로 정의 될 수 있다. 최우 추정 기법에서는 모든 노드의 경우에 대해서 식(2-1), 식(2-1)와 같이 계산한 후 최소 값을 그 노드의 위치 벡터로 결정한 다. 크래머 라오 바운드와 최우 추정을 기반으로 봤을 때 TOA가 RSSI보다 공간에서 우수한 성능을 보이지만 노드가 밀집되어 있을 경우 RSS도 TOA의 성능을 보인다고 알려져 있다.[3]

2.3 제안 방안

현재 CC2431은 2.1~2.3.에서와 같이 TOA가 성능은 더욱 우수했지만 구현상의 어려움과 복잡성에 비해 실외환경에서 얻는 성능 이득이 크지 않았기 때문에 RSSI알고리즘을 채택하고 있다. 앞으로의 노드가 점차 실내를 탈피해 실외로 환경을 확장함을 고려해 RSS를 측정해서 기준 점을 넘는 노드의 TOA정보만을 추출하는 방식을 적용한다면 두 방식이 취약했던 다중 경로 페이딩을 극복하는데 도움을 줄 것으로 기대한다.

III. 결론 및 향후 연구 방향

세 가지의 거리 기반 알고리즘을 분석해 본 결과 AOA, TOA, RSSI 순서의 성능을 보였다. AOA는 안테나 문제로 제외 됐고 실외 환경을 고려했을 때 RSSI 알고리즘만으로는 한계가 있었기 때문에 정확도가 RSSI보다 우수한 TOA로 알고리즘 변경을 하면서 RSSI 정보를 이용한 방식을 제안했다.

추후 연구로 제안 방식에 따른 성능 검증과 하드웨어 구현을 수행 할 예정이다.

Acknowledgement

본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 IT신성장동력 핵심기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [2005-S-106-02, RFID/USN용 센서태그 및 센서노드 기술]

참고문헌

- [1] Chipcon AS, System on chip for 2.4GHz ZigBee TM ver 1.01, Texas Instruments, 2006.
- [2] Neal Patwari, Relative location estimation in wireless sensor networks, IEEE Transaction on signal processing Vol. 51. No.8, August, 2003.
- [3] Neal Patwari, Joshua N.Ash, Locating the nodes, IEEE Signal processing magazine, July 2005