

# 실내 환경에서 무선 전파특성을 고려한 수신신호세기 기반의 협력 위치추정 알고리즘

정승희 · 오창현  
한국기술교육대학교

## RSSI based Cooperative Localization Algorithm Considering Wireless Propagation Characteristics in Indoor Environment

Seung-heui Jeong and Chang-heon Oh  
Korea University of Technology and Education  
E-mail : {maju9797,choh}@kut.ac.kr

### 요 약

본 논문에서는 실내 환경에서 전파의 특성을 고려한 수신신호 세기 기반의 협력 위치추정 알고리즘을 제안하였다. 기존의 수신신호세기 기반의 위치추정 기법은 장애물 등 전파환경에 따라 신호세기의 불안정한 요인으로 인해 낮은 위치추정 신뢰성을 보였다. 이러한 불안정한 전파환경을 극복하기 위해 본 논문에서는 광선발사법을 통해 사전에 실험한 전파특성 요인을 실내 환경의 협력 위치추정 알고리즘에 반영하였다. 또한 제안하는 협력 위치추정 알고리즘의 성능평가를 위해 가로, 세로 13.65m×8.7m의 실내에서 고정위치를 알고 있는 4개의 Zigbee 노드와 위치를 알지 못하는 미지의 Zigbee 노드 5개를 배치하여 실험하였다. 실험결과, 전파특성 요인이 고려되었을 경우, 기존의 수신신호세기 기반 위치추정 방식에 비해 본 논문에서 제안하는 협력위치추정 방식이 보다 효율적인 위치추정이 가능함을 확인하였다.

### ABSTRACT

In this paper, we proposed a RSSI based cooperative localization algorithm considering wireless propagation characteristics in indoor environment for wireless sensor networks, which can estimate the BN position. The conventional RSSI based estimation scheme has low precision ranging according to time variable propagation characteristics. Hence, we implemented ray-launching simulator for analysis of propagation characteristics in 13.65m×8.7m, and performed proposed localization scheme with 4 RN and 1 to 5 BN. From the results, if we can consider channel characteristic in proposed ranging scheme, the cooperative localization algorithm with propagation characteristics provides higher localization accuracy than RSSI based conventional one.

### 키워드

Cooperative localization, Ray-launching, RSSI

### 1. 서 론

무선 센서네트워크에서 센서의 본래 목적인 주변 환경의 감지기능은 센싱된 정보의 전달에 국한되는 것이 아니라 궁극적으로 응급 상황 발생 장소 또는 문제가 해결되어야 할 장소의 안내로 이어져야 한다. 결국 센서가 응급 정보를 감지하여 송신되더라도 정확한 위치 정보가 파악되지 못하면 응급 정보는 무의미한 정보로 남을 것이므로 신뢰성 있는 위치 정보의 제공은 무선 센서

네트워크에서 필수적이며, 반드시 요구되는 기술이다[1]-[3].

대표적인 측정기반 위치추정 기술 중 RSSI (received signal strength indicator) 위치추정 기술은 구현이 간단하고 비용대비 효율적인 위치추정 방식이나 시변적인 전파의 영향으로 인해 수신신호세기가 불안정하므로 결국 여타 위치추정 기술에 비해 그 정밀도가 현저히 떨어진다. 그러나 위치추정 대상의 전파환경 및 특성을 파악하여 이를 RSSI 위치추정에 적용한다면 채널의 악

영향을 상대적으로 보상할 수 있으며, RSSI의 최대 약점인 수신신호 세기에 대한 보상을 통해 신뢰성이 있는 위치추정이 가능할 것이다. 본 논문에서는 시변적인 채널의 특성을 파악하기 위해 광선발사법을 이용하여 사전에 실내 전파특성을 분석하고 이를 협력 위치추정에 반영하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 광선발사법을 이용한 실내 환경의 전파특성을 분석하고 III장에서는 제안하는 협력 위치추정 알고리즘에 실내 전파특성을 고려한 위치추정 실험결과를 분석한다. 마지막으로 IV장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

## II. 광선발사법을 이용한 실내 전파특성 분석

### 2.1 광선발사법 구현 및 실험

광선발사법은 송신 안테나로부터 등간격의 신호를 발사한 뒤 각각의 신호를 추적하여 수신점에 도달하는 신호의 경로를 찾는 방식으로써, 수신 안테나에 도착하는 신호의 경로뿐 아니라, 도달하지 않는 신호의 경로까지도 모두 검색해야 하는 단점이 있으나 임의의 건물 모양이나 실내의 복잡한 구조의 환경에서도 해석이 가능하다는 장점이 있다[4]. 또한 광선발사법을 포함한 결정론적인 무선 전파 예측 모델링 기법은 마이크로셀과 실내 환경에서 경로 손실을 정확하게 예측할 수 있는 방법으로 이용되고 있다. 특히 광선발사법은 기존의 통계적 방법에 비해 더 정확한 결과를 얻을 수 있을 뿐만 아니라 RMS(root mean square) delay spread와 같은 무선 시스템을 설계하는데 요구되는 정확하고도 결정론적인 전파모델을 만들어낼 수 있다[4]. 그림 1은 13.65m\*8.7m 크기의 가상 실내 공간에서 광선발사법을 이용하여 전파특성을 분석한 결과이다.

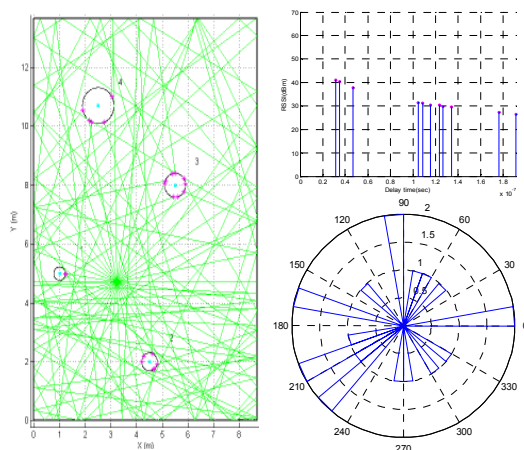


그림 1. 실내 환경의 delay profile 및 도착각도

시뮬레이션 결과 광선의 발사를 10° 간격으로 했을 경우 2~12개의 신호가 수신되었다, 각각의 신호는 0.2\*10<sup>-7</sup>에서 1.8\*10<sup>-7</sup>의 도착시간 지연을 보이고 있으며, 수신기에서는 신호의 도착 시간이 짧을수록 가시거리 환경에서 수집된 전파로 가정할 수 있다. 이후에 도착된 신호들은 벽면의 반사 등을 통해 다중경로로 수신된 신호임을 확인할 수 있다. 이를 통해 실내 환경에서의 전파의 지연 시간은 큰 차이가 없으나 벽면 등의 반사를 통해 RSSI가 감소되므로 위치추정을 위한 수신신호 세기 정보인 거리에 따른 RSSI는 식 (1)을 이용하여 그림 2와 같이 실내전파 특성을 고려하여 산출할 수 있다.

### 2.2 수신신호의 지연시간 및 거리

본 연구에서는 위치 추정시 고려해야 할 전파특성의 요인을 분석하기 위해 CC2431 RF칩의 규격을 토대로 RSSI를 식 (1)과 같이 정의하였다.

$$L_x = L_0 + 10\alpha_x \log_{10}(d_{tr}) + \eta_x \quad (1)$$

여기에서  $L_x$ 는 dB 스케일의 경로손실 값이고  $L_0$ 는 기준거리(1m)에서의 경로손실 값이다.  $\alpha_x$ 는 전파 상수이고  $d_{tr}$ 는 송신기와 수신기 사이의 전파전달 거리이며, 예측 불가능한 측정 노이즈를 위해 평균이 0이고 분산이  $\sigma$ 인 가우시안 랜덤변수를  $\eta_x$ 로 정의하였다.

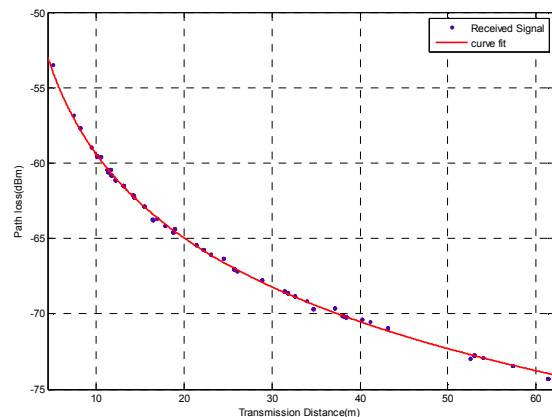


그림 2. 실내 환경에서 거리에 따른 RSSI

## III. 전파특성이 고려된 협력 위치추정 알고리즘 성능평가

### 3.1 협력위치추정

일반적으로 RN(reference node)들의 좌표는 알려져 있다. 그러므로 임의의 BN(blind node)들이 존재할 것으로 예상되는 영역을 추정할 수 있다. 그림 3에서 붉은색 영역은 고정된 RN을 통해 1차로 추정된 BN의 영역이다. 각각의 영역은 BN

의 교차영역을 의미하며, RN의 개수가 증가할수록 BN의 존재영역은 협소해지게 된다.

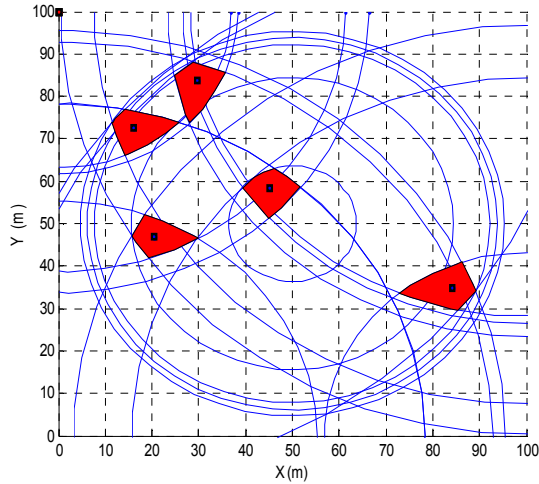


그림 3. RN을 이용한 BN의 초기 영역 추정

그림 3에서 획득된 BN의 영역은 BN이 위치할 것으로 예상되는 영역일 뿐 실제 BN의 좌표는 아니므로 BN의 정밀한 좌표 추정을 위해 존재 가능한 영역을 더욱 축소할 필요가 있다. 그림 4에서 황색으로 표시된 영역은 BN 영역을 이용한 CLA 결과를 나타내고 있으며, 붉은색은 추정영역에서 제거된 영역이다. 그러므로 BN의 존재 가능한 영역은 더 축소된다[5].

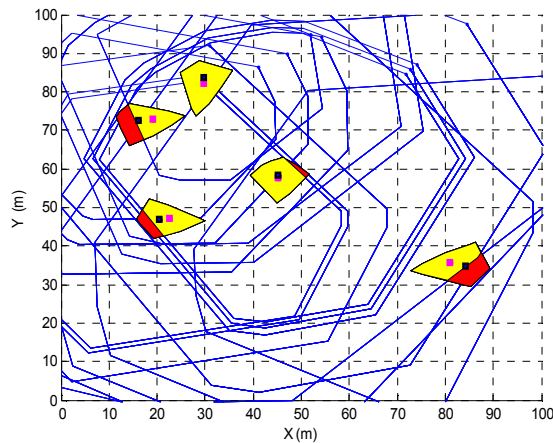


그림 4. BN의 협력적으로 이용한 영역 재축소

마지막으로 협소화된 영역의 무게 중심점 (center of gravity)을 BN의 좌표로 추정한다. 식 (2)의  $I_{i,j}$ 는 해당 BN이 존재할 것으로 예상되는 중첩된 영역을 나타낸다.

$$I_{i,j} = C_i \cap C_j \{i,j | 1..n, i \neq j\}. \quad (2)$$

### 3.2 실험 환경

본 논문에서는 실험 환경 변수로 TI사의 CC2431 chipset을 기준으로 표 1과 같이 설정하였다[6].

표 1. 실험 파라미터

Parameters	Value
Sensor field	Indoor: 8.7[m]*13.65[m]
Frequency range	2.405[GHz]-2.480GHz], 5MHz,16channel
Transmission power	0[dBm]
Antenna gain	Tx/Rx: 1
Receiver sensitivity	-94[dBm]
Number of RN	4[EA]
RN coordinate	Fixed position (depend on case)
Number of BN	1-5[EA], random distribution
BN coordinate	Random position
Tx/Rx height	Indoor: 1.0[m],
Reference 1m $\bar{L}_0$	50/50-55(NCLA/indoor(CLA/ECLA)
Propagation constant $\alpha_x$	1.5±0.2(random)/1.3±0.2(random) (NCLA/indoor(CLA/ECLA)
Measurement noise $\eta_x$	0-1 [dBm], (random)

### 3.3 실험 결과 분석

기존의 삼변측량을 통한 RSSI 위치추정을 NCLA(none cooperative localization algorithm)으로 가정하였고 협력 위치추정을 CLA (cooperative localization algorithm)로 정의하였으며, 마지막으로 가중치 개념을 적용한 ECLA (enhanced cooperative localization algorithm)로 나누어 실험하였다. 실험결과 동일한 수의 RN과 BN이 존재한다면 공간의 크기가 협소할수록 성능이 개선됨을 나타내고 있다. 그러나 실제 환경에서는 공간 내에 존재하는 장애물과 전파가 반사되는 벽면, 창문의 영향에 따라 공간 협소에 따른 정밀도 향상 이득은 선형적으로 나타나지는 않을 수 있다. NCLA/CLA/ECLA 알고리즘의 비교에서 동일한 수의 RN과 1개의 BN이 사용된 경우에는 성능의 우열 없이 유사한 위치추정 정밀도를 보이나 BN이 증가할수록 가중치 개념이 적용된 ECLA가 가장 우수함을 확인할 수 있다.

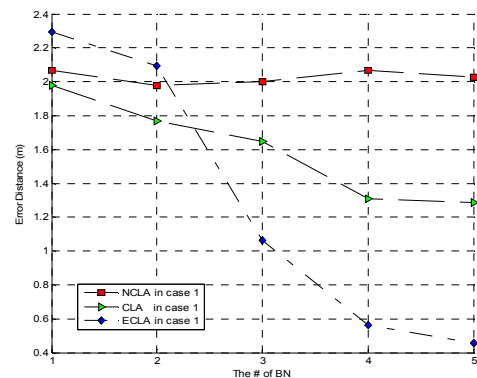


그림 5. 협력 위치추정의 성능 비교

## IV. 결 론

## 참고문헌

RSSI 기반의 위치추정은 비용 대비 효율성 측면에서 유리한 위치추정 방식이라 할 수 있다. 그러나 RSSI 위치추정 방식의 최대 단점인 불안정한 수신신호 세기는 위치추정의 신뢰도를 떨어뜨리는 단점으로 지적된다. 그러므로 본 논문에서는 시변적인 전파환경을 극복하기 위해 광선발사법을 통해 RN과 BN이 존재하는 환경을 사전에 모의 실험하여 위치추정에 적용 가능한  $L_0$ 와  $\alpha_x$ 를 도출하여 위치추정에 반영하였다. 또한 기존의 삼변측량의 RSSI 방식보다 위치추정 성능이 향상된 협력 위치추정 알고리즘을 제안하고 실험하였다.

실험결과 고정된 값의  $L_0$ 와  $\alpha_x$ 를 사용하는 일반적인 삼변측량 방식인 NCLA에서는 BN이 증가해도 RN에 의존하는 위치추정 방식이므로 큰 성능의 개선은 나타나지 않았다. 그러나 CLA의 경우에는 BN의 개수가 증가함에 따라 성능의 개선이 이루어지고 만일 동일한 수의 RN과 BN이 사용된다면 NCLA에 비해 CLA가 우수하고 CLA에 비해서 보완된 ECLA가 더 우수함을 확인하였다. 이는 RN을 이용하는 초기단계부터 BN의 활용까지 연속해서 가중치 개념이 적용되기 때문이다. 그러므로 추가적인 RN 또는 BN이 배치될 경우 RN과 BN에 따라 위치추정 정밀도는 유사하거나 CLA가 더 정밀할 수 있지만 ECLA의 경우에는 RN과 BN중 어느 것이 추가되더라도 위치추정 정밀도가 효과적으로 개선됨을 확인 하였다.

- [1] C.-Y. Chong and S. P. Kumar, "Sensor networks: evolution, opportunities, and challenges," *Proc. IEEE*, vol. 91, no. 8, pp. 1247-1256, Aug. 2003.
- [2] D. Culler, D. Estrin, and M. Srivastava, "Overview of sensor networks," *IEEE Computer*, vol. 37, no. 8, pp. 41-49, Aug. 2004.
- [3] K. Martinez, J. K. Hart, and R. Ong, "Environmental sensor networks," *IEEE Computer*, vol. 37, no. 8, pp. 50-56, Aug. 2004.
- [4] J. M. Rabaey, M. J. Ammer, J. L. da Silva, Jr., D. Patel, and S. Roundy, "PicoRadio supports ad hoc ultra-low power wireless networking," *IEEE Computer*, vol. 33, no. 7, pp. 42-48, Jul. 2002.
- [5] Wenping Chen and Xiaofeng Meng, "A cooperative localization scheme for zigbee-based wireless sensor networks," *ICON '06. 14th IEEE International Conference*, vol. 2, pp. 1-5, Sept. 2006.
- [6] K. Aamodt, *CC2420 Location Engine*, Application Note AN042(Rev.1.0), July 2006.