

영역축소 기법을 이용한 협력위치추정 알고리즘의 성능분석

정승희 · 오창현

한국기술교육대학교

Performance Analysis of Cooperative Localization Algorithm with Area Reduction Method

Seung-heui Jeong and Chang-heon Oh

Korea University of Technology and Education

E-mail : {maju9797,choh}@kut.ac.kr

요 약

본 논문에서는 실내의 환경에서 상호 정보를 바탕으로 대상의 위치를 추적할 수 있는 영역축소 기법을 이용한 협력 위치추정 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 고정노드의 수가 제한된 환경에서 미지의 노드 위치 정보를 활용한 상호 협력적인 위치추정 방식으로 본 연구에서는 3단계에 걸쳐 노드의 위치를 추정하였다. 실험 결과 동일한 개수의 RN일 때 BN의 수가 증가할수록 본 논문에서 제안한 영역축소 방법을 이용한 협력위치추정의 정밀도가 향상됨을 확인하였다.

ABSTRACT

In this paper, we proposed a RSS based cooperative localization algorithm using area reduction mehood for wireless sensor networks, which can estimate the BN position. The proposed localization system monitoring all nodes estimates a position of BN, and calculates an intersection area with cooperative localization. From the results, we confirm that BN intersection area is reduced as the number of RN is increased. Moreover, the propose algorithm using 4 RNs is improved estimation performance than conventional method. Therefore, the cooperative localization algorithm with area reduction mehood provides higher localization accuracy than RSS based conventional method.

키워드

Cooperative localization, virtual node, RSSI

1. 서 론

최근 활성화 되고 있는 무선 센서 네트워크 환경에서 각각의 센서는 주로 응급 정보의 감지를 목적으로 활용되고 있다[1-3]. 그러나 센서가 응급 정보를 감지하여 송신되더라도 정확한 위치 정보가 파악되지 못하면 응급 정보는 무의미한 정보로 남을 것이다[4]. 그러므로 신뢰성 있는 위치 정보의 제공은 무선 센서 네트워크에서 필수적이며, 에너지 절약형 네트워크 설계에 반드시 요구되는 기술이다.

센서 노드의 위치를 파악하기 위한 무선 위치추정 기술들 중에서 RSS (received signal strength) 기반의 위치추정 방식은 구현 비용 대비 정확도 측면에서 효율적이므로 광범위한 분야에서 응용되고 있다. RSS 기반 위치추정 시스템에서 레퍼런스 노드들은 자신의 절대 위치를 알

고 있는 반면, 일반 센서노드들은 레퍼런스 노드와의 수신 신호 세기를 측정하여 자신의 위치를 추정하게 된다. 그러나 RSS 기반 위치추정 기술은 신호의 감쇠 및 장애물로 인해 빈번한 신호세기 변화가 발생되므로 위치추정 신뢰성이 낮다고 알려져 있다. 이러한 RSS 기반 위치추정 기술의 낮은 신뢰성 문제를 해결하기 위한 방법은 가능한 많은 수의 레퍼런스 노드를 활용하는 것이다. 그러나 이러한 방법은 비용의 증가를 야기하므로 본 논문에서는 노드의 존재 가능 영역을 축소한 새로운 협력 위치추정 알고리즘을 제안하고 실험을 통해 분석하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 협력위치추정 알고리즘의 방법을 기술하고, III장에서는 제안하는 협력 위치추정 알고리즘의 성능을 실험하고 분석한다. 마지막으로 IV장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

II. 협력위치추정 알고리즘

무선 센서 네트워크에서 수신 신호 세기를 측정 할 수 있는 노드는 RN(reference node) 뿐만 아니라 수신된 외부 신호의 ID를 인식할 수 있어야 하므로 BN(blind node) 또한 수신신호의 세기 측정이 가능하다. 본 장에서는 제안하는 영역 축소기법을 이용한 협력 위치추정 알고리즘은 다음과 같다.

단계 1: BN의 초기 영역추정

일반적으로 RN들의 좌표는 알려져 있다. 그러므로 임의의 BN들이 존재할 것으로 예상되는 영역을 추정할 수 있다. 그림 1은 단계 1의 과정을 나타내고 있다. 여러 개의 RN를 통해 1차로 추정된 각각의 BN의 영역을 나타내고 있다.

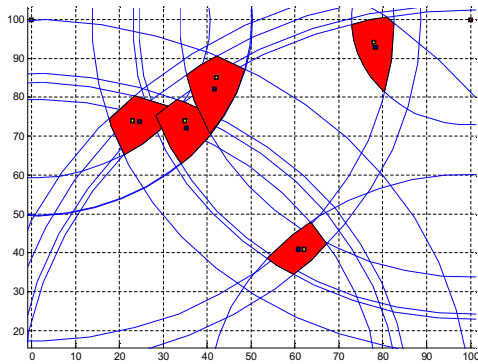


그림 1. BN의 초기 영역 추정

단계 2: 협력을 통한 BN의 위치 재추정

단계 1에서 획득된 영역은 BN이 위치할 것으로 예상되는 영역일 뿐, 실제 BN의 좌표는 아니므로 BN의 정밀한 좌표 확보를 위해 존재 가능한 영역을 더욱 제한할 필요가 있다. 그림 2에서 황색으로 표시된 영역은 BN 영역들을 이용한 영역 재추정의 결과를 나타내고 있다. 그러므로 각 단계를 거치면서 BN의 존재 가능한 영역은 순차적인 협력 과정을 통해 점차 감소하게 된다.

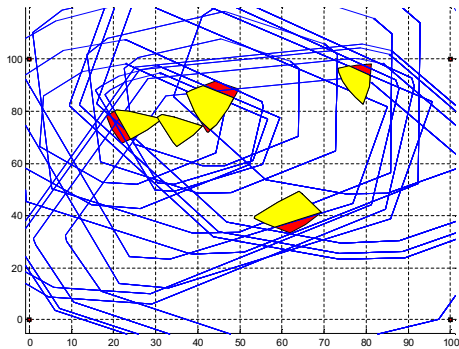


그림 2. 영역축소를 이용한 BN의 영역 재추정

단계 3: BN의 좌표 결정

단계 1, 2를 통해 BN이 존재할 것으로 예상되는 영역을 점진적으로 감소시켰으나 영역 내부의 한 지점이 실제 존재하는 BN의 좌표이므로 다음의 단계 3을 통해 해당 BN의 좌표를 추정해야 한다[5]. 본 논문에서는 반복적인 기법을 통해 BN의 중첩 영역을 축소하고 최종 영역의 무게 중심점을 BN의 좌표로 결정한다. 식 (1)의 $I_{i,j}$ 는 해당 BN이 존재할 것으로 예상되는 최소의 영역 크기를 나타낸다.

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

여기서, R_i, R_j 는 i번째, j번째 BN의 수신 반경

을 의미하고 $C_{i,j}$ 는 각 노드들의 중첩 영역을 나타낸다. 단계 2를 거쳐 축소된 영역이 결정되었으면 BN이 존재할 것으로 예상되는 영역의 면적은 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$Area = A = \frac{1}{2} \sum_{i=0}^{N-1} (x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i) \quad (2)$$

따라서 식 (3)과 같이 각 X, Y 좌표를 영역의 면적으로 나누면 면적에 대한 무게 중심 좌표를 도출해 낼 수 있다. 여기서 centroidx, centroidy는 BN의 최종 X, Y 좌표를 의미한다.

$$Centroid_x = \frac{1}{6A} \sum_{i=0}^{N-1} (x_i + x_{i+1})(x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i) \quad (3)$$

$$Centroid_y = \frac{1}{6A} \sum_{i=0}^{N-1} (y_i + y_{i+1})(x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i)$$

III. 위치추정 알고리즘 성능평가

1. 시뮬레이션 환경

본 논문에서는 시뮬레이션 환경 변수로 TI사의 CC2420 chipset을 기준으로 표 1과 같이 설정하였다[6].

표 1. 시뮬레이션 변수

Parameters	Values
Size of sensor field	X=0-100[m], Y=0-100[m],
Number of reference nodes	[4, 8]
Number of blind nodes	5, 10
RSS at a distance of 1 meter	-45[dBm] to -49[dBm], randomly
Max signal transmit distance	Outdoor=100[m], Indoor=30[m]
Interval between Ref. nodes	Every 50 to 100[m]

2. RSS의 거리 추정

수신 신호 세기를 이용하는 경우 각 노드 사이의 거리는 Friis의 공식을 이용하여 산출할 수 있다. 이때, 환경에 따라 수신신호의 세기가 불규칙적으로 변하나 선형 증가/감소 형태이므로 이를 환산하여 수신신호의 오차를 보정하여야 한다.

$$L = 20\log_{10}\left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right)[dB] \quad (4)$$

LOS 환경에서 수신 신호의 경로손실은 식 (4)와 같다. 그러므로 거리에 따른 식으로 전환하면 식 (5)를 유도할 수 있다.

$$d = \frac{\lambda}{4\pi} 10^{\frac{L}{20}} [m] \quad (5)$$

그러나 식 (5)에는 수신신호 측정시 발생할 수 있는 물리적 오차가 반영되지 않았으므로 이에 대한 보정을 위해 식 (6)과 같이 σ 을 거리에 합산해야 한다.

$$d = \frac{C}{4\pi f} 10^{\frac{L}{20}} + \sigma [m] \quad (6)$$

3. 위치추정 결과

본 논문에서는 기존의 RN만 이용하여 삼변측량을 통해 확보된 X,Y 좌표의 평균값과 본 논문에서 제안한 영역축소 방식의 X,Y좌표를 비교하였다. 실험결과, 그림 3, 그림 4와 같이 RN의 수가 4개이고 BN의 개수가 5개인 경우 본 논문에서 제안한 영역축소 기법을 이용한 협력위치추정 방식이 더 정밀하게 위치를 추정함을 확인하였다. 또한 BN의 수를 10개로 증가하여 실험한 결과, 그림 5, 그림 6에서와 같이 RN의 수에 관계없이 전체 사용 가능한 노드의 수가 증가할수록 위치추정을 위한 RSS의 데이터가 증가하므로 본 논문에서 제안한 협력위치추정 알고리즘의 장점인 노드수의 증가에 따른 위치추정의 정밀도 향상을 확인하였다.

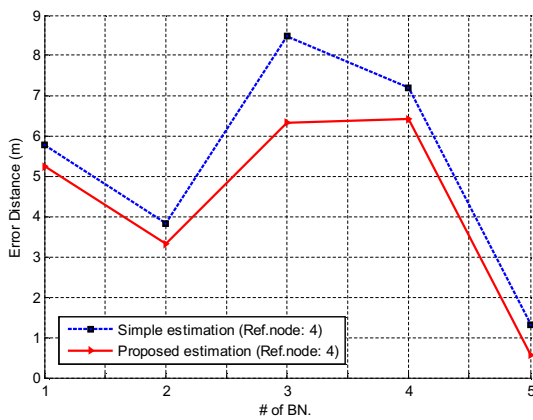


그림 3. RN: 4, BN: 5일 때 오차거리 비교

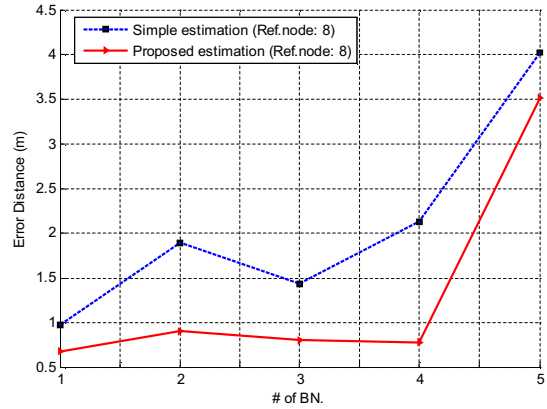


그림 4. RN: 8, BN: 5일 때 오차거리 비교

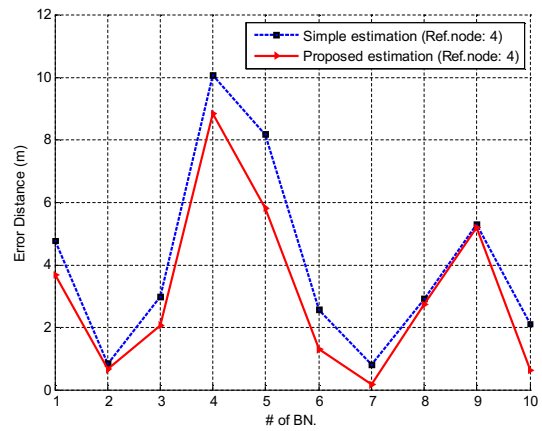


그림 5. RN: 4, BN: 10일 때 오차거리 비교

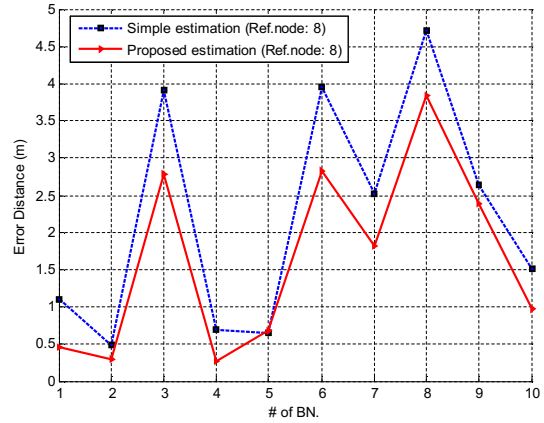


그림 6. RN: 8, BN: 10일 때 오차거리 비교

IV. 결론

본 논문에서는 실내외 환경에서 상호 정보를 바탕으로 대상의 위치를 추적할 수 있는 영역축소 기법을 이용한 협력 위치추정 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 고정노드의 수가 제한된 환경에서 미지의 노드 위치 정보를 활용한

상호 협력적인 위치추정 방식으로 본 연구에서는 3단계에 걸쳐 초기 영역을 추정한 후 미지의 영역끼리의 상호협력을 이용해 노드의 수신신호를 최대한 활용하였다. 실험 결과 동일한 개수의 RN 일 때 BN의 수가 증가할수록 본 논문에서 제안한 영역축소 방법을 이용한 협력위치추정의 정밀도가 향상됨을 확인하였다. 향후, 테스트베드를 구축하여 알고리즘의 실제성능을 확인해야 할 것이다.

참고문헌

- [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.