

# 무선 센서 네트워크 거리기반 위치인식기법을 이용한 삼변측량 알고리즘 비교평가

김선관\*, 김태훈\*, 탁성우\*  
\*부산대학교 컴퓨터공학과  
\*e-mail : ksg1683@nate.com

## Qn Evaluation Comparative Trilateration algorithm for ranged-based localization in Wireless sense network

Sun-gwan Kim\*, Tae-hoon Kim\* Sung-woo Tark\*  
\*Dept. of Computer Engineering, Busan University

### 요 약

무선센서 네트워크에서 위치인식 기법을 거리정보기반 위치인식방식과 거리정보에 기반하지 않는 위치인식 방식으로 분류 된다. 무선센서 네트워크에서 거리정보기반 위치인식기법에서 거리를 측정하는 과정에서의 오차로 인해 정확한 위치데이터를 얻기가 어렵다. 본 논문에서는 거리정보기반 위치인식 방식의 대표적인 기술들과 위치계산방법을 소개하고, 위치계산방식의 삼변측량 알고리즘을 다양한 측면에서 체계적이고 실증적인 분석을 통해 비교평가 하였다.

### 1. 서론

무선센서 네트워크는 특성상 정확한 예상위치를 요구하여 오차가 적다면 신뢰할 수 있는 정보를 제공할 수 있다. 무선 센서 네트워크 위치인식 기법은 거리 정보 기반 방식(Range based)과, 거리정보를 기반으로 하지 않은 방식(Range free)으로 나뉘어진다. 거리 정보에 기반 하지 않는 위치인식 기술은 노드와 알고자 하는 위치 사이 실제 거리를 측정하지 않고 위치를 파악하는 기법 이고, 반면 거리정보 기반 위치인식 기술은 노드와 알고자 하는 위치 사이를 직접 측정하는 방식이다. 거리기반 위치인식 기술 중 거리 측정 기술로 가장 많이 사용되고 있는 기술은 TOA(Time Of Arrive)이며, 측정된 거리를 이용하여 위치를 계산하는 방식 중 대표적인 위치계산법은 삼변측량법이 있다. 삼변측량은 3 개의 노드와 알고자 하는 위치 사이의 거리정보를 토대로 위치를 계산한다. 거리기반 위치인식 기법의 문제점은 특정요소를 이용하여 거리를 직접 측정하는 데서 오는 오차가 있으므로 삼변측량을 이용하여 정확한 위치의 데이터를 얻기는 힘들다. 현재까지는 위치 데이터의 정확도를 높이기 위해 다양한 측면으로 삼변측량 알고리즘의 분석이 우리가 아는 바로는 거의 진행 되지 않았다. 본 논문은 거리기반 위치인식 기술들을 분석하고, 위치계산방식의 삼변측량 알고리즘을 다양한 측면에서 체계적이고 실증적인 분석을 통해 비교평가 하였다.

### 2. 관련연구

이장에서는 위치인식 기술들 및 구체적 측정방식을 설명하고, 또한 위치계산 기법인 삼변측량에 대해 설명한다. 대표적인 거리기반 위치인식 기술은 RSSI(Received Signal Strength Indicator)[1][2][3], TDOA(Time Difference Of Arrival)[2][3][4], TOA(Time Of Arrival)[2][3], AOA(Angle Of Arrival)[2][3]방식이 있다

#### 2.1 RSSI (Received Signal Strength Indicator)

RSSI 는 노드가 라디오 신호의 세기를 나타내주는 척도이다. 신호가 전달된 거리가 길수록 RSSI 가 작아진다고 가정할 때 RSSI 값을 거리로 변환할 수 있다. 하지만 RSSI 는 주변 환경의 특성에 따라 변화가 심하기 때문에 위치인식 기술에 집적 적용 이용하기에는 어렵다.

#### 2.2 TDOA (Time Differ Of Arrival)

TDOA 의 기본 원리는 두 신호원에서 수신기까지 거리의 차에 비례하는 전파 도달 시간차가 측정되고, 두 신호원에서 거리가 일정한 곳 즉, 두 신호원을 초점으로 하는 쌍곡선 위에 수신기가 위치하게 된다. 이 때, 각 기지국은 동기화되어 있어야 하며 기지국 간의 시간의 동기화는 위성시계를 이용하여 이루어진다. 이를 통해, 3 개의 신호원으로부터 2 개의 쌍곡선이 얻어지고 두 곡선의 교점이 중심 위치가 된다. TDOA 방식에서는 타깃과 센서간 특별한 동기화가 필요하지 않으므로 알고리즘 구현이 용이한 반면, 신

호도달시간의 정밀도가 요구됨으로 신호의 다중경로 페이딩 및 비가시선 효과로 인한 신호 전달 지연의 문제를 최소화 해주어야 한다[5].

2.3 TOA (Time Of Arrival)

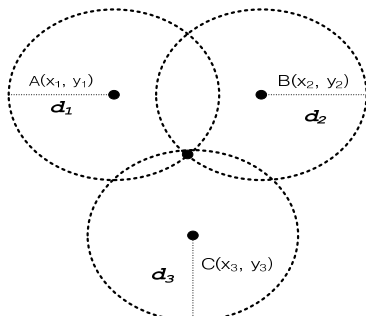
TOA 는 TDOA 와 비슷한 원리로 작동한다. 신호를 발생시켜 목적지에 도달했을 때의 시간을 그대로 거리로 환산하는 방법이다. 출발지에서 출발한 시점과 목적지에 도착한 시점을 알고 있다면 그 진행 시간을 신호의 속도에 곱함으로써 거리를 측정하는 하는 것이다. 이 방식은 하나의 신호만을 필요로 하기 때문에 TOA 방식에서 동시에 신호를 발생시켜야 하는 문제를 갖고 있지는 않다. 하지만 신호가 출발하는 노드와 도착하는 노드끼리 서로 같은 시간 체계를 가지고 있어야 한다. TOA 방법은 거리측정 정확도가 높으며, 가장 많이 쓰이는 거리기반 위치인식 기술이다.

2.4 AOA (Angle Of Arreval)

AOA 는 두 출발 지점에서 하나의 목적 지점까지 도달하는 두 신호가 이루는 각도를 측정하는 방식이다. 이는 거리 정보가 없다고 하더라도 출발지의 각도를 통해 삼각망을 만들어 나가면서 위치를 계산해 낼 수 있다는 점을 이용하고 있다. AOA 방식은 측정이 간결하고 비교적 정확한 결과를 이끌어 내지만 신호의 각도를 측정하기 위해서는 고가의 추가적인 장비를 필요로 하기 때문에 거리기반 위치인식 기술로 사용되는 경우가 적다.

2.5 삼변측량

삼변측량은 측정된 거리 정보를 위치를 계산하는 대표적인 방법이다. 직접적인 거리 측정 기술이 발전하면서 최근 GPS[2] 등에 많이 사용되고 있는 방식이다. 삼변측량은 세 개의 노드로부터 구한거리를 이용해서 알고자 하는 위치를 계산해 내는 방식이다. 삼변측량은 간단한 수학적 계산에 기초하고 있다. 아래의 (그림 1)은 간단한 삼변측량을 을 보여주고 있다. 두 점 A, B 에서부터 현 위치까지의 거리가 얼마인지 알고 있다면 두 원의 교점에 의해서 알고자 하는 위치가 될 수 있는 2 개의 점을 찾을 수 있다. 추가로 C 에서부터의 거리를 알 수 있다면, 그 가능성 중 하나를 제거 할 수 있다.



(그림 1)삼변측량

3. 측정된 거리자체 오차발생시 삼변측량 알고리즘

삼변측량은 측정된 거리자체에 오차가 발생하는 경우 두 원에 교점이 발생하지 않으면 위치 계산에 실패한다.

본 장에서는 신뢰할 수 있는 위치 데이터를 제공하기 위하여 거리오차가 발생하여 생기는 경우 다섯 가지 케이스로(그림 3)과 같이 나누고 이를 세 가지 방법으로 기술을 설명한다.

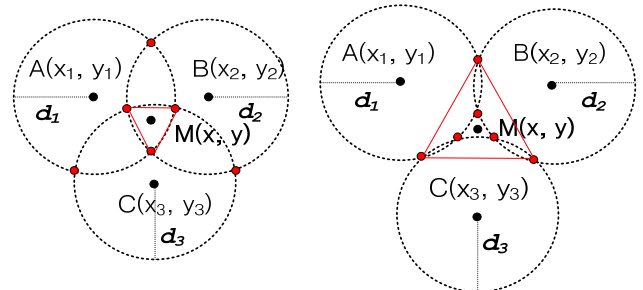
3.1 세 개의 노드가 겹침에 따라 여섯 좌표를

이용하여 위치를 구하는 방법

세 개의 노드의 겹침에 따라 여섯 좌표를 이용하여 위치를 구하는 방법과 같은 경우에는 세 개의 노드가 겹침이 있어야 하므로 케이스 1,2 에 사용되며 이 방법은 거리측정 오차 발생 시 생기는 가장 흔한 케이스이다. (그림 2)만약(식 1)이 두 노드의 반지름을 더한 크기보다 작다면 두 노드의 영역의 겹침이 발생한다. 그런 후 노드들의 겹친 부분에서 여섯 좌표들을 구한다. 여섯 개의 좌표 중 각 노드의 영역에 포함되는 세 좌표가 있으면 이 세 좌표를 이용하여 삼각형을 만들어 그 중심을 구하면 된다. 각 노드의 영역에 포함되는 세 개의 좌표가 존재 하지 않으면 여섯 개의 좌표 중 가장 넓은 삼각형이 만들어지는 세 좌표의 중심(식 2)을 구하게 된다.

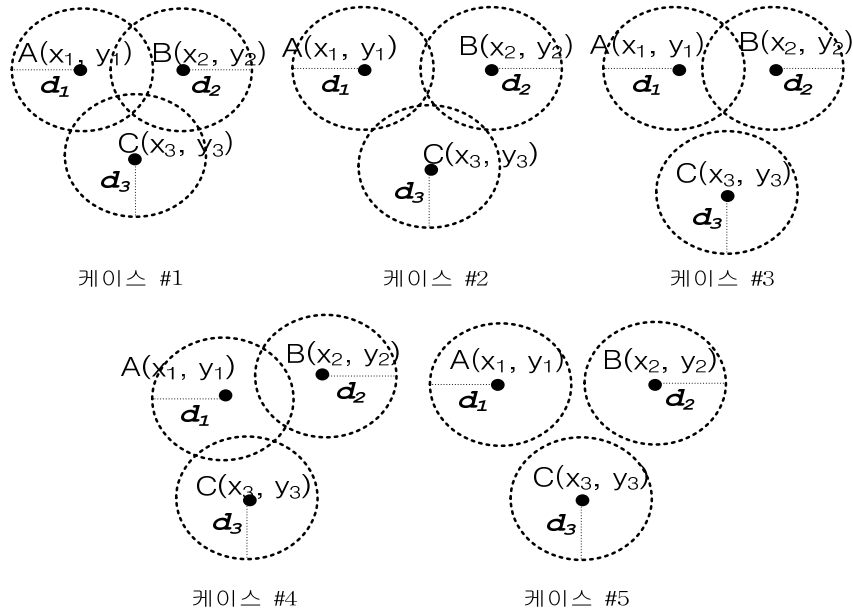
$$\begin{aligned} \Delta_x &= A_x - B_x \\ \Delta_y &= A_y - B_y \\ \Delta^2 &= \Delta_x^2 + \Delta_y^2 \\ \Delta &= \sqrt{\Delta^2} \\ \Delta &< A_r + B_r \end{aligned} \tag{1}$$

$$S = \frac{1}{2} (a_x * b_y + b_x * c_y + c_x * a_y + c_x * b_y + b_x * a_y + a_x * c_y) \tag{2}$$



각 노드의 영역에 세 개의 좌표가 존재하는 경우      각 노드의 영역에 세 개의 좌표가 존재하지 않는 경우

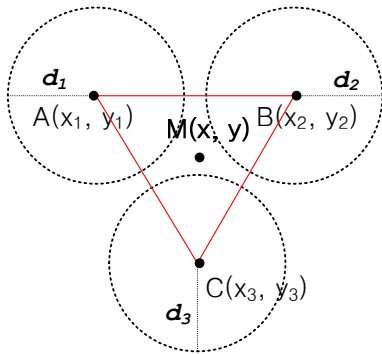
(그림 2) 3.1 방법에서 중심위치



(그림 3) 거리 측정 오차에 의해 세 노드의 교점이 발생하지 않는 경우

3.2 노드 중점을 이용하여 위치를 구하는 방법

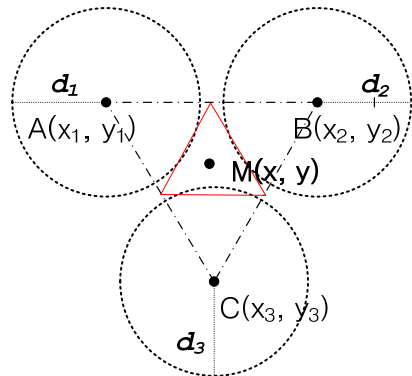
각 중점의 거리를 구하고, 이 거리를 이용하여 (그림 4)와 같이 삼각형의 중점을 구한다. 이 방법은 다섯 가지 케이스에 모두 사용 될 수 있으나 측정된 오차가 커서 노드들의 겹침이 존재하지 않는 경우 케이스 5 와 같은 경우에 특별한 정보 없이 위치(M)를 간단하게 얻을 수 있다.



(그림 4) 3.2 방법에서 중심위치

3.3 노드와 노드간 거리 중점을 이용하여 위치를 구하는 방법

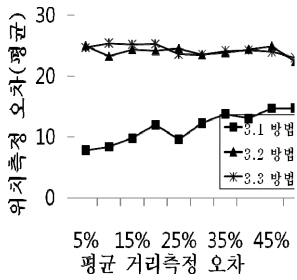
방법 2 와 같이 중점의 거리를 구한다음, 이 거리의 중점을 다시 구하여 (그림 5)와 같이 삼각형의 중점을 구한다. 이 방법 역시 다섯 가지 케이스에 모두 사용 될 수 있으나 케이스 3 과 4 와 같은 경우는 삼각형안에 다시 삼각형을 구하는 방법이므로 3.2 방법보다 정확한 위치(M)을 얻을 수 있다.



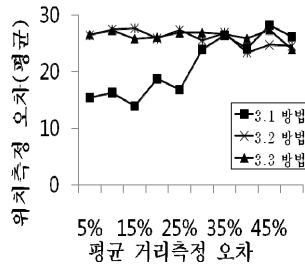
(그림 5) 3.3 방법에서 중심위치

4. 실험평가

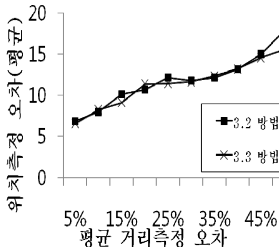
본 장에서는 모의 실험을 통해 계산 알고리즘을 구현하고 테스트 및 성능 평가를 수행했다. (그림 1)와 같이 가상의 공간 50m x 50m 환경에서 3 개의 센서 노드를 랜덤 하게 주어지고, 하나의 중심위치를 랜덤 하게 주어진다. 세 개의 센서 노드와 중심위치 사이의 거리를 측정 한 다음, 거리를 가우시안 모델을 적용하여 측정된 거리의 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45%, 50% 오차를 각각 100 번씩 다섯 가지 케이스 별로 각각 주었다. 다섯 가지 케이스를 거리 오차를 세 가지의 방법을 적용시켜 오차로 인해 변경된 위치와 기존의 주어진 위치를 그래프를 통해 비교 평가 하였다.



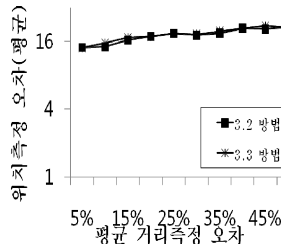
(그림 6)케이스 #1



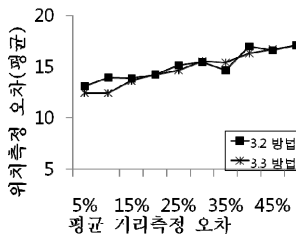
(그림 7)케이스 #2



(그림 8)케이스 #3



(그림 8)케이스 #4



(그림 10)케이스 #5

그림 6 과 같이 3.1 방법 위치 측정오차는 3.2 방법과 3.3 방법과 비교하여 오차가 작은것으로 나왔다. 하지만 그림 7 과 같은경우에는 5% ~ 30% 평균 거리측정 오차를 주어졌을때는 두방법과 차이가 있었으나 30%이상의 오차가 주어졌을때에는 두방법과 차이나 나지않았다. 거리 측정 오차시 케이스 #1, #2 발생하는 경우에는 방법 3.2 또는 3.3 방법 보다는 3.1 방법을 사용하여 위치계산을 하는 것이 정확한 위치계산을 위해 낫다고 보여진다.

케이스#3, #4, #5 과 같은 경우에는 세 노드의 겹침이 발생되지 않아 3.2, 3.3 방법을 사용하여 위치측정 오차를 내었다. 그림 8, 9,10, 와 같이 3.2, 3.3 방법에서 위치측정오차는 차이가 나지 않았다. 하지만 케이스 #1, #2 와 비교하였을경우에는 위치측정 오차가 있다.

**5. 결론**

본 논문에서는 거리 측정 시 오차가 발생하는 가운데 삼변측량 알고리즘을 다양한 각도로 비교 평가 하였다. 무선센서 네트워크 환경에서의 거리기반 위치 인식 계산기법들을 살펴 보았다. 위치인식 기술은 다른 기술들에 우선하는

기반 기술로서 중요도가 높으며 활발히 연구 되고 있다. 정확한 위치 데이터를 얻기 위해 다양한 방법들이 연구 개발되고 있으나, 아직까지는 완벽한 기술은 개발되고 있지 않았다. 향후에도 이에 관해 중요

한 연구 주제가 될 것이다.

**6. 참고문헌**

[1] Paramvir Bahl and Venkata N. Padmanabhan, "RADAR: An In Building RF Based User Location and Tracking System," Nineteenth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies, Vol. 2, pp.775-784, 2000

[2] Boukerche, A, Oliveira, H.A.B, Nalamura, E.F, and Loureiro, A.A.F, "Localization system for wireless sensor networks," Wireless Communications, IEEE, Vol 14, pp 6-12, Dec 2007.

[3] A.H. Sayed, A. Tarighat, N. Khajehnouri, "Network-based wireless location: challenges faced in developing techniques for accurate wireless location information," Signal Processing Magazine, IEEE, vol. 22, pp. 24-40, July 2005.

[4] L.Zhu and J.Zhu, "A New Model and its Performance for TDOA Estimation," IEEE Vehicular Technology 2110, Vol, Oct. 2001, pp.2750-2753

[5] Per Enge, Todd Walter, Sam Pullen, Changdon Kee, Yi-Chung Chao, and Yeou-Jyh Tsai, "Wide Area Augmentation of the Global Positioning System," In Proceedings of the IEEE, number 8 in 84,1996.