

특이점 제거를 통한 RSSI 기반의 위치 정보 보정

김재형*, 김강현*

*한국방송통신대학교 대학원 정보과학과

e-mail:kimjh345@gmail.com

A RSSI based Position Calibration Using Removing Statistical Outlier

Jae Hyoung Kim*, Kang Hyoun Kim*

*Dept of Computer Science, Graduate School, Korea National Open University

요 약

본 논문에서는 RSSI 기반의 위치 추정 시스템에서 위치 오차를 보정하여 정확도 향상을 위한 방법을 제안한다. 다중 노드의 RSSI값을 이용하여 삼변 측량을 사용하여 위치를 추정할 때, 추정 좌표들 집합의 외곽선을 이은 다각형의 무게중심 알고리즘을 활용할 경우 상대적으로 큰 오차가 발생하는 특이점을 제거하여 무게중심을 구하여 정확도를 향상하는 방법을 제안한다.

1. 서론

무선 네트워크를 이용한 통신이 발달함에 따라 시간과 공간에 제약 없이 정보에 접근할 수 있는 이동 컴퓨팅 패러다임이 나타났다. 이런 패러다임은 사용자에게 제한이 없는 이동성을 가능하게 하였고, 네트워크 프로토콜과 정보 서비스의 설계에 대한 고려가 필요하게 되었다. 모바일 기기와 사용자의 요구의 확산은 위치기반 서비스를 필요로 하였고, 이는 위치 예측을 통해 서비스를 준비할 시간을 가지고 고객의 위치에 따른 적절하고 정확한 정보를 전달한다.

위치기반 서비스는 미아 방지 시스템과 환자 위치 추정 시스템, 그리고 재난 구조 시스템에 사용되기 때문에 사용자의 위치를 정확히 알아내는 것이 중요하다. 가장 많이 사용되고 있는 방법은 전 지구 위치 파악 시스템(GPS)을 사용하는 방법이다. 이는 건물이 밀집되어 있는 실외와 실내에서 사용할 수 없고 비용이 높다는 문제점을 가지고 있다[1]. 무선 센서 네트워크 환경(WSN)에서는 낮은 비용과 적은 에너지로 사용할 수 있는 Zigbee 기술과 RSSI 값을 이용한 삼각측량으로 위치를 인식하는 방법이 사용되고 있다. 이외의 방법으로 전파와 초음파간의 속도 차이를 이용한 MIT의 Cricket[2], 적외선을 이용하는 AT&T사의 액티브배지[3]와 초음파를 이용하는 캠브리지 대학의 액티브 배트[4], 수신된 신호의 세기를 측정하는 마이크로소프트사의 RADAR[5], 입체영상을 이용하는 Microsoft Research의 EasyLiving[6] 등이 있다.

RSSI를 기반으로 한 무선 측위에서 정확도를 높이기 위해 단일 측정값보다는 다수의 노드를 이용하여 추출된 다수 예상 좌표들의 외곽선을 연결한 다각형의 무게중심

을 구하여 좌표를 추정하는 방법을 사용한다. 그러나 RSSI 값 가운데 장애물 등으로 인한 오류로 좌표가 잘못 추정되었을 때, 측위 성능을 저하시키는 문제가 있다. 이 논문에서는 추정좌표와 실제 좌표와의 오차를 줄이기 위한 방법으로 다중 추정 좌표들 중 오류로 의심되는 특이점을 제거한 후 다각형의 무게중심을 구하는 방법을 제안한다

2. 관련 연구

WSN 위치 측정 기술은 크게 무선노드간 거리를 직접 측정하여 위치를 계산하는 거리기반(Range-Based)방법과 무선 노드간 거리를 직접 측정하지 않고 위치를 추정하는 비거리기반(Range-free) 방법으로 나눌 수 있다. Range-Based 방법에는 TOA(Time of Arrival), TDOA (Time Difference Of Arrival), ROA(Received signal strength Of Arrival), AOA(Angle Of Arrival) 등이 있고, Range-free 방법으로 APIT, DV-Hop, Centroid 등이 있으며, 이 두 가지를 혼합하여 사용하는 방식도 있다.[7][8] 전파가 공기를 통하여 전파될 때 자유 공간 경로 손실(Free Space Path Loss)이 커지게 되어 수신거리가 멀어지게 되면 수신 신호 세기 지수(Received Signal Strength Indicator)가 낮아지게 되며 또한 장애물 등에 의해 신호가 굴절되거나 반사되어 신호의 세기가 감소하게 된다. 수신 노드에서의 신호의 세기를 측정하여 감소된 신호의 세기를 거리로 환산한다.

RSSI는 수신 노드에서의 신호의 세기 지수를 통계적인 방법에 근거하여 확률분포를 이용하여 거리를 추정하는 방법이다. 전파를 수신하는 참조노드의 거리가 멀어질수록

경로 손실(Path Loss)에 의해 측정된 신호의 세기는 작아지기 때문에 이를 거리로 환산하여 측정한다. RSSI 값은 신뢰도가 높으나 다양한 요소들에 의해서 영향을 받으므로 정확한 위치를 측정하기는 어렵다.[9][10]

신호의 경로 손실과 거리에 대한 방정식은 식(1)과 같이 Friis의 방정식으로 설명된다.

$$L = 20 \times \log_{10} \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right) (dBm) \quad (1)$$

여기서, L은 전송 신호와 수신 신호 세기의 차이(dBm)를 나타내고 d는 이동 개체와 기준점 사이의 거리(m)를 나타낸다. λ는 사용 주파수의 파장(m)으로 무선랜에서는 대략 0.12m의 값을 갖는다. 이 수식을 이용하면 각각의 리더기에서 태그까지의 거리를 신호의 손실에 따라 측정한다.

3. 다중 센서 네트워크노드의 삼각측량법을 이용한 좌표의 추정

일정한 범위로 제한된 행사장과 같은 환경에서 ActiveTag가 송신한 패킷을 다수의 노드가 수신할 수 있다. 이 수신한 노드들의 수는 네트워크 노드의 배치 상태에 따라 일정하지 않지만, RSSI 신호 감도를 이용한 위치 계산을 위해서는 최소한 3개의 수신한 노드들의 데이터가 필요하다. 다수의 노드에 수신된 데이터 중 근접한 3개의 노드를 선정하여 삼각함수를 이용하여 송신 위치를 추정할 수 있다.

삼각측량법은 간단한 기하학적 방법으로 물체의 위치좌표를 측정하는 가장 보편적인 방법이다. 물체의 위치 좌표를 측정하기 위해서는 3개 이상의 고정된 리더기의 좌표를 $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3)$ 태그의 현재 위치를 (x, y) 라 한다. 각각의 리더기로부터 거리를 D_1, D_2, D_3 라 하고 식(2)에 의해 태그의 위치좌표를 측정한다.

$$D_1^2 = (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 \quad (2)$$

$$D_2^2 = (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2$$

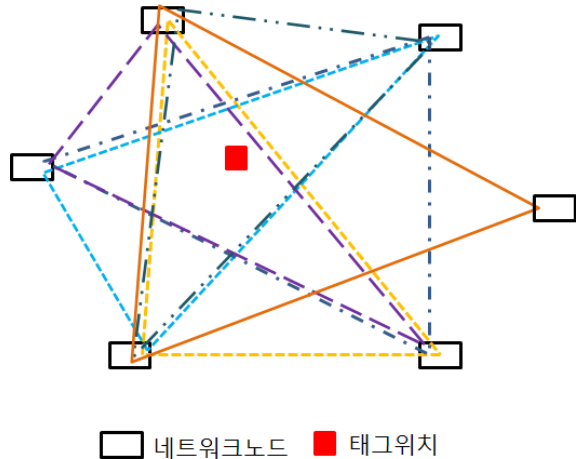
$$D_3^2 = (x - x_3)^2 + (y - y_3)^2$$

거리의 오차가 없을 경우에는 정확하게 위 식(2)에 의해 좌표가 구해진다. 하지만 많은 사람들이 모이거나 다수의 장애물이 있는 야외 환경에서는 이 좌표의 정확도가 떨어지게 되고[10], 거리 측정시 오차가 발생할 경우에는 삼각측량만을 이용하여 정확한 위치를 구할 수가 없다[9]. 삼각측량에서 세 개의 원이 정확히 한 점에서 만나지 않고 겹치는 경우, 두 개의 원만 만나는 경우, 원이 만나지 않는 경우 등 다양한 오류를 해결하기 위해 많은 연구들이 진행되었다[11].

이 좌표의 신뢰도를 높이기 위해서, 3개의 노드만이 아닌 다수의 노드들이 수신한 유효 RSSI 값을 이용하여 여러 개의 가상의 삼각형을 그릴 수 있고, 이를 바탕으로 삼각함수를 이용한 다수의 좌표를 추출할 수 있다. 또한 RFID 신호의 특성상 노드와 태그의 거리가 너무 가깝거나

나 멀면 RSSI의 값의 정확도가 떨어지기 때문에 추정된 좌표의 값이 수신된 노드와 너무 가깝거나 먼 노드는 제외하고 유효 수신 범위의 노드들로 다수의 삼각형을 그릴 수 있다.

Active Tag가 송신한 신호 패킷을 수신한 다수의 인접 노드의 정보를 이용하여 삼각측량을 위한 다수의 3개의 노드로 이루어진 삼각형을 형성한다.



(그림 1) 다수의 노드에 수신된 패킷을 바탕으로 한 가상의 삼각형 개념도

이렇게 형성된 3개 노드들의 조합을 바탕으로 RSSI 값을 이용하여 송신한 태그의 좌표를 삼각 함수를 이용하여 계산하면 여러 개의 추정 위치를 구할 수 있게 된다. 각각의 가상 삼각형에서 구해진 좌표는 이론적으로는 장애물이 없다면 모두 한 점에 모여야 하지만 장애물로 인한 신호의 감쇠로 인해 수신된 RSSI값이 오차를 갖게 되고, 이를 바탕으로 거리를 환산하여 삼각측량을 하면 가상의 삼각형 하나에 한 개의 좌표를 구하게 되고 오차가 존재하는 여러 개의 좌표로 나타나게 된다.



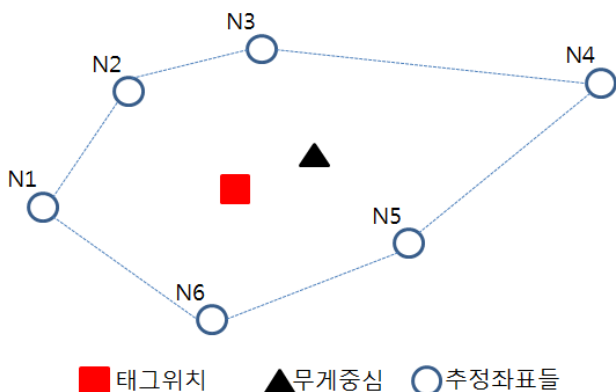
(그림 2) 다수의 노드를 이용한 위치추정 개념도
측정 오차가 존재할 수 있는 단 3개의 선발된 노드에서

삼각측량법으로 계산하여 좌표를 구할 때의 불확실성과 오차를 여러 좌표들의 집합을 이용하여 분포와 집중도를 활용하여 평균, 가장 가까운 위치, 무게중심 방법 등을 활용하여 위치를 보정하여 줄일 수 있다[9].

4. 다각형의 특이점 제거를 통한 무게중심 좌표 보정

제한된 면적의 정방형의 행사장에서 일정한 간격으로 배치된 다수의 노드들에서 수신된 RSSI 값을 바탕으로 삼각측량 방법에 따라 추정좌표를 도출한다. 이 과정에서 실제 현장과 가까운 결과를 얻기 위하여 행사장의 여러 가지 고정 장애물(벽, 시설물, 가로등, 표지판 등)과 유동장애물(자동차, 관람객, 청소기구 등)로 인한 신호 감쇠로 인해 수신된 각 노드별로 위치에 따라 RSSI 손실율을 부여하고 포함하여 계산하였다. 그 밖의 신호 수신을 방해하는 요소인 기후나 장비의 오차 등의 영향은 계산에서 제외하였다.

다수의 노드들에 의해 수신된 RSSI값을 이용하여 삼각측량에 의해 구해진 좌표들의 외곽선을 이용하여 만들어진 다각형의 무게중심을 구하여 위치를 추정한다. 좌표들의 집합에서 최외곽에 위치한 좌표들을 연결하여 외곽선을 구하는 방법은 볼록 껍질 알고리즘(Convex Hull Algorithm)을 활용하여 다각형의 내부의 점들은 제외한다.



(그림 3) 다각형의 무게중심을 이용한 좌표추정

여기서 그림3에 표시된 좌표들은 세 개의 노드를 이용한 삼각측량에 의해서 구해진 추정 좌표들이다. 이용하여 좌표들의 외곽선을 연결하여 다각형을 만들고, 식(3)을 이용하여 다각형의 면적을 구하고, 면적을 활용하여 무게중심을 구한다.

$$Area = A = \frac{1}{2} \sum_{i=0}^{N-1} (x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i) \quad (3)$$

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

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

이렇게 구해진 무게 중심 좌표를 일차적으로 송신 태그의 위치로 추정하고 이 무게 중심과 각 좌표들과의 거리

를 계산하여 특이점을 선별한다.

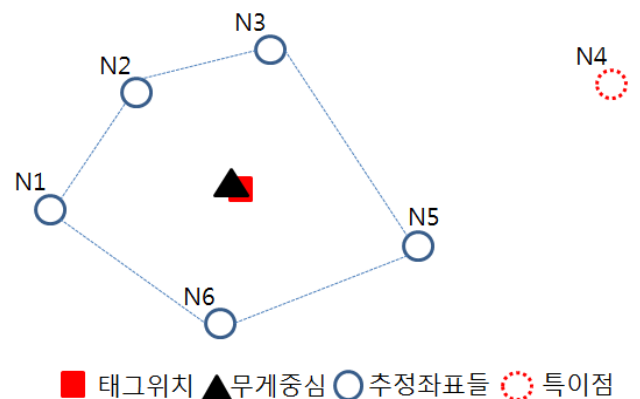
추정된 좌표들 중에 하나의 특이점(N4)을 선정하여 임의로 위치를 변화하여 그에 따른 무게중심 좌표의 변화를 측정하여 특이점이 무게 중심에 미치는 관계를 확인하여 보았다. 처음의 다각형에서 점차 x좌표의 값을 증가할 수록 무게 중심도 함께 변화하면서 점차로 실좌표에서 멀어지게 된다. 이렇게 중심에서 특히 멀어진 점으로 인해 전체 다각형의 무게 중심을 통한 추정 좌표의 오차를 더 크게 하게 된다. 이는 장애물 등으로 인해 RSSI 값이 약하게 수신된 노드를 포함한 오측정된 된 좌표의 값이 전체 좌표 추정에 악영향을 끼치는 것을 의미한다.

<표 1> 특이점(N4) 위치 변화에 따른 무게중심의 변화

좌표	S1	S2	S3	S4	S6
N1	(34,365)	(34,365)	(34,365)	(34,365)	(34,365)
N2	(94,271)	(94,271)	(94,271)	(94,271)	(94,271)
N3	(197,250)	(197,250)	(197,250)	(197,250)	(197,250)
N4	(333,300)	(x ₄ +10,y ₄)	(x ₄ +20,y ₄)	(x ₄ +30,y ₄)	(x ₄ +40,y ₄)
N5	(234,377)	(234,377)	(234,377)	(234,377)	(234,377)
N6	(117,408)	(117,408)	(117,408)	(117,408)	(117,408)
무게중심	(172,326)	(174,326)	(177,326)	(180,326)	(183,326)

배치되어 있는 노드들 중에 하나의 노드 앞에 송신태그와의 사이에 장애물이 존재하고 있을 때 그 노드에서 수신한 RSSI 값은 특히 낮게 측정된다. 이로 인해 그 노드가 포함된 삼각측량 좌표는 실제 좌표와의 오차거리가 늘어나게 된다. 그러나 그 노드의 근접 위치에 있으나 수신 각도의 차이에 의해 LOC가 확보되는 노드에서는 수신 감도가 높아져 RSSI 값이 더 정확하게 확보할 수 있다. 이렇게 장애물에 인한 신호 감쇠가 적고 수신감도가 양호한 노드들의 삼각형 집합에서 삼각측량으로 추정된 좌표들로 이루어진 다각형의 무게 중심을 구하면 오차를 줄이 수가 있게 된다.

추정된 좌표들의 외곽선을 이용하여 만들어진 다각형의 무게중심을 구하여 위치를 추정하는 데 있어서 외곽선을 형성한 좌표 중에 무게 중심과 가장 먼 특이점을 제거하여 추정 오차를 줄이는 방법을 제안한다.



(그림 4) 특이점 제거를 통한 좌표 보정

위 그림4에서 무게중심과 추정좌표들 간의 거리를 계산하여 그 중 가장 거리가 먼 N4를 특이점으로 지정하여 제거를 하고 무게중심을 제거된 남은 좌표들로 이루어진 다각형의 무게 중심을 다시 구하였다.

<표 2> 특이점 제거 후 오차의 변화

	제거전	제거후	비고
N1	(34,365)	(34,365)	
N2	(94,271)	(94,271)	
N3	(197,250)	(197,250)	
N4	(373,300)		특이점
N5	(234,377)	(234,377)	
N6	(117,408)	(117,408)	
무게중심	(183,326)	(140,326)	
태그위치	(154,325)	(154,325)	
오차거리	29	14	15

특이점 제거전과 제거 후의 오차거리를 비교하여 본 결과 표2에서 보면 태그위치와 추정좌표간의 거리 오차가 특이점 제거 전에는 25에서 제거 후에 14로 약 15가 감소 되었음을 알 수 있다.

5. 결론

본 논문은 다중 센서 노드 네트워크에서 RSSI를 이용한 무선 측위방법에서 측정 오차를 줄이기 위한 방법으로 유효수신 범위의 다수노드의 삼각측량을 이용한 좌표 추정방법에서 다각형의 무게중심을 이용한 방법을 개선하는 방법을 제안하였다. 추정 좌표들의 외곽선을 이용한 다각형의 무게중심을 구하고 그 무게 중심과 각 추정 좌표들과의 거리를 비교하여 가장 거리가 먼 특이점을 선정한다. 여기서 특이점은 장애물이나 각종 장애로 인해 적정 LOC 확보에 실패하여 수신된 신호의 세기가 비정상적인 노드의 영향을 받은 삼각 측정 좌표를 의미한다. 선정된 특이점을 제거하고 남은 좌표들로 이루어진 다각형의 무게중심을 구하는 방법으로 태그 위치와의 오차를 줄여 측위 품질을 향상시킬 수 있다.

향후 시뮬레이션 환경을 설정하고 실험을 통하여 장애물로 인한 수신신호 감쇠율을 다양하게 부여하고 시뮬레이션을 하여 여러 차례 반복적으로 측정을 하여 다각형의 무게 중심을 구했을 때와 특이점을 제거한 제안된 방법을 이용하였을 때의 측위 품질 개선율에 대한 비교 평가와 연구를 진행하고자 한다.

참고문헌

[1] Neal Patwari, LOCATION ESTIMATION IN SENSOR NETWORKS, The University of Michigan, 2005
 [2] N. B. Priyantha, A. Chakraborty and H. Balakrishnan, "The Cricket Location-SupportSystem," Proceedings of the 6th annual international conference

on Mobile computing and networking, pp. 32-43, Boston, Massachusetts, United States, August 2000.
 [3] R. Want, A. Hopper, V. Falcao and J. Gibbons, "The Active Badge Location System," ACM Transactions on Information Systems, Vol. 10, no. 1, pp. 91-102, January 1992.
 [4] Andy Harter, Andy Hopper, Pete Steggles, Andy Ward and Paul Webster, The Anatomy of a Context Aware Application, Proceedings of the Fifth Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking, MOBICOM99, Seattle, Washington, USA, August 1999, pp. 59-68
 [5] P. Bahl and VN Padmanabhan, RADAR an inbuilding RF-based user location and tracking system, INFOCOM 2000. Nineteenth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies Proceedings IEEE , Volume:2 2000
 [6] B. Brumitt, B. Meyers, J. Krumm, A. Kern and S. Shafer, "EasyLiving: Technologies for intelligent environments," Proceedings of the 2nd International Symposium on Handheld and Ubiquitous Computing, Bristol, UK, pp. 12-29, September 2000.
 [7] Chunwang Gao and Zhen Yu and YawenWei, "A Statistical Indoor Localization Method for Supporting Location-based Access Control", Mobile Netw Appl (2009) 14:253 - 63 p254
 [8] 한현진 권태욱, ToA 기반 RSS 보정 센서노드 거리 측정 방법. 정보처리학회논문지C, v.16C, no.5, pp.615-620, 2009년 10월
 [9] 김선관, 김태훈, 탁성우, 다중 무선센서 네트워크 환경에서 삼변측량 기법을 이용한 위치 인식 방법들에 대한 비교평가, 한국멀티미디어학회논문지 제13권 제2호, 2010
 [10] Reichenbach, F.; Timmermann, D.; "Indoor Localization with Low Complexity in Wireless Sensor Networks" Industrial Informatics, 2006 IEEE International Conference on Aug. 2006 page(s): 1018-1023
 [11] Marjan Moradi Zaniani, Aftanasar Md. Shahar, Ishak Abdul Azid, "Trilateration Target Estimation Improvement using New Error Correction Algorithm", Proceedings of ICEE 2010, May 11-13, 2010