

가속도 센서를 이용한 무선 센서 네트워크에서의 위치 인식 알고리즘

홍성화^{1*}, 정석용¹

¹동양미래대학 전산학부

Localization Algorithm in Wireless Sensor Networks using the Acceleration sensor

Sung-Hwa Hong^{1*} and Suk-Yong Jung¹

¹Division of Computer Science, Dongyang Mirae University

요 약 노드들 모두가 움직이는 환경에서 센서 노드는 통신반경 안의 앵커 노드 위치정보를 수신 받아 자신이 이동한 거리와 방향만큼 수신한 앵커 노드 위치정보를 수정하여 자신의 메모리에 저장하고, 3개 이상이 되면 삼변 측량에 의해 localization을 수행하여 자신의 위치를 결정한다. 일정한 거리를 유지하고 노드들이 같은 방향으로 움직이는 환경에서는 센서 노드가 1홉 범위에서 절대좌표를 가진 앵커 노드를 3개 이상 만날 확률이 적다. 만약 센서 노드가 3개 이상의 비콘 정보로 자신의 위치를 추정하였다고 하여도 시간이 경과하면서 가속도기와 디지털 나침반의 각 θ 오차가 지속적으로 적용되어 오차범위는 커지고 추정된 위치도 신뢰받지 못한다. Dead reckoning 기술은 GPS가 동작하지 않는 곳에서 보조적인 위치 추적 방법 기술로 사용되고 있는데 가속도 센서와 디지털 나침반으로 노드가 움직인 거리와 방향을 알면 자신의 위치를 추정할 수 있다. 위치 인식 알고리즘은 Dead reckoning 을 이용한 위치인식 기법으로 모든 노드가 전방향성 안테나를 장착하고, 가속도기와 디지털 나침반으로 자신이 이동한 거리와 이동 방향을 알 수 있다고 가정한다. Matlab을 이용하여 시뮬레이션한 결과 다른 기법(MCL, DV-distance)들 보다 우수함을 증명하였다.

Abstract In an environment where all nodes move, the sensor node receives anchor node's position information within communication radius and modifies the received anchor node's position information by one's traveled distance and direction in saving in one's memory, where if there at least 3, one's position is determined by performing localization through trilateration. The proposed localization mechanisms have been simulated in the Matlab. In an environment where certain distance is maintained and nodes move towards the same direction, the probability for the sensor node to meet at least 3 anchor nodes with absolute coordinates within 1 hub range is remote. Even if the sensor node has estimated its position with at least 3 beacon information, the angle θ error of accelerator and digital compass will continuously apply by the passage of time in enlarging the error tolerance and its estimated position not being relied. Dead reckoning technology is used as a supplementary position tracking navigation technology in places where GPS doesn't operate, where one's position can be estimated by knowing the distance and direction the node has traveled with acceleration sensor and digital compass. The localization algorithm to be explained is a localization technique that uses Dead reckoning where all nodes are loaded with omnidirectional antenna, and assumes that one's traveling distance and direction can be known with accelerator and digital compass. The simulation results show that our scheme performed better than other mechanisms (e.g. MCL, DV-distance)

Key Words : Localization, Sensor Network, Acceleration, Ubiquitous, Anchor

*교신저자 : 홍성화(shhong@dongyang.ac.kr)

접수일 10년 03월 11일

수정일 10년 04월 08일

게재확정일 10년 04월 09일

1. 서론

최근 센서나 반도체의 소형화, 저가 추세와 마이크로 전자기계 시스템(Micro-Electro Mechanical Systems: MEMS) 같은 기술 발달로 무선 네트워크를 통하여 연결될 수 있는 소형, 저가, 저전력의 센서 노드가 개발되어 왔다. 이런 무선 센서 노드의 개발은 무선 센서 네트워크 또는 유비쿼터스 센서 네트워크의 출현을 가능하게 하였다.

컴퓨터화의 새로운 패러다임으로 등장한 유비쿼터스화는 유비쿼터스 컴퓨팅과 유비쿼터스 네트워크를 기반으로 물리공간을 지능화함과 동시에 물리공간에 펼쳐진 각종 사물들을 네트워크로 연결시키려는 노력으로 정의할 수 있다[1-6].

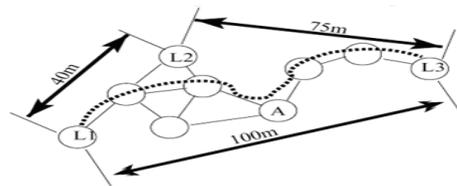
유비쿼터스 컴퓨팅이란 도로, 다리, 터널, 빌딩, 건물 벽 등 모든 물리공간과 객체에 컴퓨팅 기능을 추가하여 모든 사물과 대상이 지능화되고, 전자공간에 연결되어 서로 정보를 주고받는 공간을 만드는 개념으로 기존 홈네트워크, 모바일 컴퓨팅보다 한단계 발전된 컴퓨팅 환경을 말한다. 또한, 유비쿼터스 컴퓨팅은 모든 컴퓨터가 서로 연결되고 이용자 눈에 보이지 않으며 언제 어디서나 사용 가능하고 현실세계의 사물과 환경 속으로 스며들어 일상생활에 통합되는 것을 기본 전제로 한다.

가까운 미래에는 이러한 유비쿼터스 컴퓨팅과 유비쿼터스 네트워크를 통해 새롭고 다양한 서비스가 창출될 것이다. 특히, 언제 어디서나 사람과 사물과 같은 객체의 위치를 인식하고, 이를 기반으로 유용한 서비스를 제공하는 유비쿼터스 위치기반 서비스(Ubiquitous Location Based Services: u-LBS)가 중요한 서비스로 대두되고 있다. 그리고 유비쿼터스 위치기반 서비스 제공을 위해 가장 중요한 기반 요소 기술 중의 하나인 위치 인식시스템 기술은 현재 선진 각국에서 활발한 연구가 진행되고 있다.

본 논문에서는 무선 센서네트워크를 이용한 새로운 위치인식 알고리즘을 제안하고자 한다. 기존의 센서네트워크에서 위치인식 알고리즘은 대부분이 센서 노드들이 고정되어 있는 환경에서 절대 위치 값을 알고 있는 최소 3개의 앵커 노드의 위치 값을 알아야 위치추정을 할 수 있다. 하지만 본 논문에서는 가속도 센서를 이용한 단말들의 위치를 제한된 앵커 노드를 부착한 노드들에 의해 위치를 추정하는 위치인식 알고리즘을 제안한다. 2장에서는 관련 연구 개요를, 3장에서는 제안하는 알고리즘을 상세히 설명하고, 4장에서는 이를 성능분석하며, 5장에서는 결론을 맺도록 하겠다.

2. 선행 연구

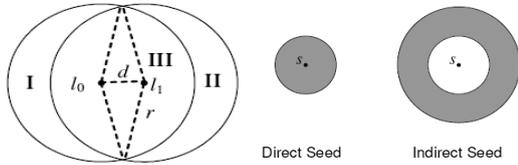
DV-distance[7]은 노드의 배치 분포가 균일하고 기준 노드의 밀도가 적은 경우에 사용할 수 있는 위치 인식기법이다. 이 방식은 노드 사이의 연결성을 이용하여 노드 간 거리를 추정한다. 각 기준 노드는 자신의 위치정보를 다른 기준 노드로 멀티 홉 플러딩 기법으로 전송하는데, 이때 다른 기준 노드로 전송되기까지의 가장 짧은 홉 카운트를 저장한다. 하나의 기준 노드가 다른 기준 노드로부터 메시지를 받으면 두 기준 노드의 위치좌표를 통해 직선거리를 구하고 메시지가 전송되기까지의 가장 적은 홉 수로 나누어 노드 간 1 홉의 평균거리를 추정한다. 이렇게 두 기준을 통해 구해진 노드 간 평균거리는 다시 네트워크 전체로 전송되어 전체 네트워크에서의 노드 간 평균거리를 계산하는데 사용된다. 노드 간 평균 거리가 구해지면 일반 노드의 위치는 노드간 평균거리와 기준 노드까지의 홉 수를 곱해 얻은 거리값을 이용해 삼변측량법을 이용해 구할 수 있다. 그림 1은 DV-distance 기법에서 노드 간 평균 거리를 구하는 한 예를 설명한다.



[그림 1] DV-distance

모바일한 로봇의 위치추정을 위해 제안된MCL(Monte Carlo Localization)기법을 모바일 센서네트워크에 적용한 논문[10]에서는 seed와 노드들 사이의 상대적 위치 변화, 즉 단위시간당 이전 위치를 기반으로 현재 위치를 확률적으로 추정한다. 그림 2와 같이 seed가 단위시간당 10에서 11으로 움직일 때 지역 III은 노드의 insider이고 지역 II은 노드의 arriver이며, 지역 I은 노드의 leaver이고, 그 외 지역은 모든 다른 노드의 outsider로 정의하여 무선범위 별로 들어오고 나가는 것을 판단하여 각 노드는 50개의 잠재적인 정보인 샘플들을 모으고, 시간이 경과하면 노드는 seed로부터 가장 최근에 수신한 정보를 기반으로 이 샘플들을 필터링하여 잠재적인 위치정보들은 새롭게 발생한 샘플 포인트에 의해 다시 채워진다. 이 논문은 현재 위치를 이러한 샘플 포인트로 추정한 모이는 점들의 평균을 시간의 경과에 따라 증명하였다. 하지만 이 알고리즘은 결정적으로 노드들의 속도에 의존한 것으로 노드들이 움직이지 않는다면 위치정보를 더 이상 모으지 못

한다. 그리고 각 노드들의 최고 속도와 무선 범위가 항상 일정하고 이를 모두 안다고 가정하고 있기 때문에 실제 환경에서 적용하기에는 문제가 있다.



[그림 2] MCL 알고리즘

3. 제안 알고리즘

3.1 Applicable Localization Algorithm on NEMO

LBS(Location-Based Service)로 자신의 위치를 인식할 수 있는 장비들이나 센서들도 많이 있지만 산악지역이나 건물이 밀집한 도심지역에서 노드들의 위치를 앵커노드를 중심으로 찾아내는 것은 쉬운 일이 아닐 것이다. 기술 발달로 GPS(Global Positioning System)의 성능이 우수해지고 가격도 많이 저렴해 졌지만 아직도 GPS모듈을 이용한 위치 인식시스템에는 개선할 여지가 많이 있다. 대부분의 기존 센서네트워크의 위치 인식은 다수의 앵커노드가 GPS에 의존한 위치정보를 가지고 센서 노드에게 최소 3개 이상의 비콘 메시지를 보내주어야 한다. 특히 이동하는 소수의 노드들 간의 위치 인식은 많은 지연시간과 큰 오차를 가진다.

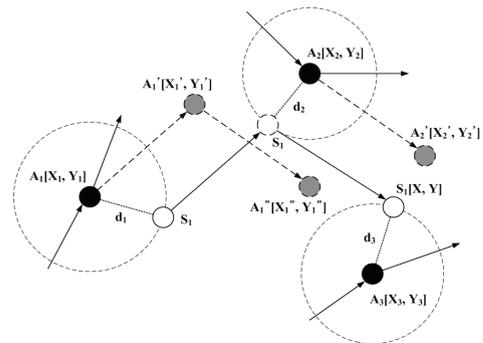
본 논문에서는 모든 노드가 이동하는 환경에서 소수의 앵커노드로 위치를 알지 못하는 센서 노드들의 위치 추정을 할 수 있도록 항법 장치에 이용되는 디지털 나침반과 가속도기 센서를 이용하여 노드가 자신의 이동한 방향과 거리를 알 수 있는 dead reckoning 기술을 이용한 위치 인식 방법이다. 이는 센서 노드가 앵커가 보낸 비콘의 위치와 거리정보를 자신의 메모리에 저장하고 자신이 이동한 방향과 거리만큼 비콘 정보도 갱신하면서 3개 이상의 비콘 신호가 모이면 자신의 위치를 추정하는 방법이다.

제안하는 알고리즘들은 앵커 노드의 방향성안테나를 사용하여 보내진 비콘 신호만으로 위치추정하고 위치가 추정된 센서 노드는 자신의 정보만으로도 계속적으로 위치를 보정해 나가므로 기존 알고리즘들보다 보안 문제도 해결할 수 있다.

3.2 가속도 센서를 사용한 위치 인식

설명할 위치 인식 알고리즘은 dead reckoning 을 이용한 위치 인식 기법으로 모든 노드가 전방향성 안테나를 장착하고, 가속도기와 디지털 나침반으로 자신이 이동한 거리와 이동 방향을 알 수 있다고 가정한다[8][9].

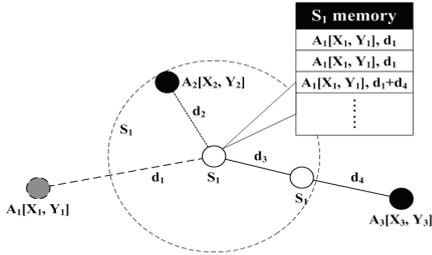
그림 3과 같이 노드들 모두가 이동하는 환경에서 센서 노드는 통신반경 안의 앵커 노드 위치정보를 수신 받아 자신이 이동한 거리와 방향만큼 수신한 앵커 노드 위치정보를 수정하여 자신의 메모리에 저장하고, 3개 이상이 되면 삼변 측량에 의해 위치 인식을 수행하여 자신의 위치를 결정한다.



[그림 3] 3개의 앵커를 만난 센서 S1의 위치 인식

여기서 앵커와 센서간의 거리 d 는 RSSI(Received signal strength Indication)를 이용하여 측정한다. 일정한 거리를 유지하고 노드들이 같은 방향으로 이동하는 환경에서는 센서 노드가 1홉 범위에서 절대좌표를 가진 앵커노드를 3개 이상 감지할 확률이 적다. 만약 센서 노드가 3개 이상의 비콘 정보로 자신의 위치를 추정하였다 하더라도 시간이 경과하면서 가속도기와 디지털 나침반의 각 θ 오차가 지속적으로 적용되어 오차범위는 커지고 추정된 위치도 신뢰받지 못한다.

이를 보완하기 위한 방법으로 그림 3과 같이 노드 S1는 자신의 메모리에 앵커 A1과 A2의 비콘 정보를 저장하고 있고, 자신과 이웃하는 노드 S2의 앵커 A3의 비콘 정보를 수신 받으므로 자신의 위치를 추정 할 수 있다. 물론 노드 S2도 노드 S1로부터 앵커 A1과 A2의 비콘 정보를 수신 받아 자신의 위치를 추정 할 수 있다. 즉 앵커의 절대위치와 RSSI에 의한 거리 값을 공유하므로 각 노드는 자신의 위치 추정에 있어 앵커를 인식할 확률이 높아진다.



[그림 4] 이웃 노드의 앵커 정보 공유

그림 4와 같이 노드 S₁의 메모리에 3개 이상의 비콘, 즉 절대좌표와 거리정보가 생기면 삼변측량에 의해 위치가 추정된다.

삼변측량은 거리 기반의 위치 인식에서 가장 대표적인 것으로 고려하는 참조 노드 수 만큼의 선형 방정식만 계산하면 된다. 따라서 계산 속도가 빠르고 시스템 가중도도 낮다.

앵커 노드의 좌표행렬을 R_i = (x_i, y_i)^T, i = 1, 2, ..., m, 여기서 m은 앵커 노드의 수, 위치를 알지 못하는 노드의 좌표행렬을 x = (x, y)^T라고 하자.

위치알지 못하는 노드의 좌표행렬 x는 다음 방정식들의 해와 같다.

$$\begin{aligned} (x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2 &= d_1^2 \\ &\vdots \\ (x_m - x)^2 + (y_m - y)^2 &= d_m^2 \end{aligned}$$

방정식들을 풀어 아래 방정식에서 위 방정식을 빼서 다시 정리하면

$$\begin{aligned} 2x(x_1 - x_m) + 2y(y_1 - y_m) &= d_m^2 - d_1^2 + x_1^2 - x_m^2 + y_1^2 - y_m^2 \\ &\vdots \\ 2x(x_{m-1} - x_m) + 2y(y_{m-1} - y_m) &= d_m^2 - d_{m-1}^2 + x_m^2 - x_{m-1}^2 + y_m^2 - y_{m-1}^2 \end{aligned}$$

이고 이를 행렬 형태로 표현하면 다음과 같다.

Ax=b
여기서

$$A = \begin{bmatrix} x_1 - x_m & y_1 - y_m \\ \vdots & \vdots \\ x_{m-1} - x_m & y_{m-1} - y_m \end{bmatrix}$$

$$b = \begin{bmatrix} (d_m^2 - d_1^2 + x_1^2 - x_m^2 + y_1^2 - y_m^2)/2 \\ \vdots \\ (d_m^2 - d_{m-1}^2 + x_m^2 - x_{m-1}^2 + y_m^2 - y_{m-1}^2)/2 \end{bmatrix}$$

이고, 위치를 인식하지 못하는 노드의 좌표행렬 x는 least-squares를 이용하여

$$\hat{x} = (AT A)^{-1} ATb$$

와 같이 구할 수 있다.

Dead reckoning 기술은 GPS가 동작하지 않는 곳에서 보조적인 위치 추적 방법 기술로 사용되고 있는데 가속도 센서와 디지털 나침반으로 노드가 이동한 거리와 방향을 감지하면 자신의 위치를 추정할 수 있다[11,12].

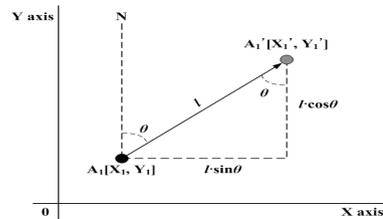
가속도 센서에 의해 노드의 이동거리는 다음과 같이 구한다. 가속도 a는 단위시간당 속도의 변화량이고, 속도 s는 거리의 변화량이다. 그러므로 가속도를 알면 속도변화는 가속도에 시간 t를 곱해주므로 계산할 수 있고 속도 s는 초기속도 s0에 단위시간 동안 속도변화를 더해 주므로 다음 식과 같이 구할 수 있다.

$$s = s0 + a \cdot t$$

속도를 알면 단위시간 동안 이동한 거리를 알 수 있다. 이동한 거리 l 는 속도에 시간을 곱해서 다음 식과 같이 구할 수 있다.

$$l = s \cdot t$$

이동방향 θ 는 디지털 나침반을 통해 구한다.



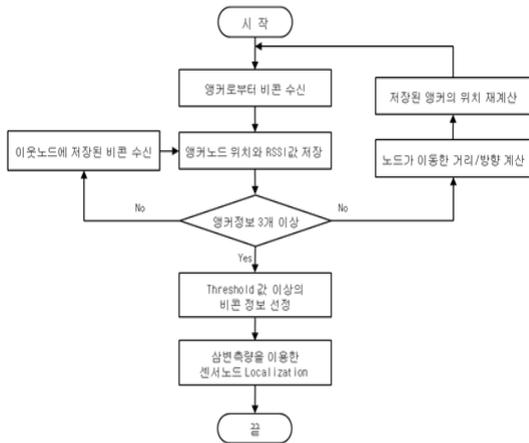
[그림 5] 삼각함수 이용한 노드 Repositioning

그림 5와 같이 A1노드의 초기위치가 A1(x₁, y₁)일 때 시간 t가 지난 후 위치 A1'(x₁', y₁') 은 다음 식과 같이 간단히 계산되어 진다.

$$x_1' = x_1 + l \cdot \sin\theta$$

$$y_1' = y_1 + l \cdot \cos\theta$$

이와 같이 구해진 노드의 위치는 센서 노드의 메모리에 저장되고 센서 노드가 이동하면 메모리에 저장된 비콘 노드의 위치들도 위와 같이 재계산된다.



[그림 6] 순서도

그림 6에서 보여주고 있는 가속도 센서와 디지털 나침반을 이용한 위치 인식 기법을 정리해 보면 다음과 같다.

1. 센서 노드가 앵커 노드 통신반경 안으로 이동 시 비콘 수신
2. 비콘으로부터 앵커 노드의 위치와 거리 값 계산하여 메모리에 저장
3. 센서 노드는 자신이 이동한 거리와 방향으로 저장된 앵커의 위치를 수정
4. 노드의 통신 반경 안에 앵커 노드 또는 앵커의 위치를 감지하고 있는 이웃 노드를 인식하였을 때 비콘 수신
5. 앵커 정보가 3개 이상이 되면 쓰레쉬홀드 값 이상의 비콘 정보만 선정
6. 삼변 측량을 통해 자신의 위치를 위치 인식

4. 제안 알고리즘의 성능 시뮬레이션

본 장에서는 Matlab을 이용하여 제안한 알고리즘의 성능을 검증하고 측정오차에 대한 효과를 분석하였다. Matlab을 이용한 시뮬레이션에서는 다음과 같은 실험 조건을 가정하여 30번 이상 실험한 평균치를 구하였다.

[표 1] 시뮬레이션 파라미터

Parameter	Value(s)
Anchor radio range	Directional antenna : 100m
	Omni-antenna : 50m
Node radio range(R)	50m
Number of anchor node	1, 2, 3, 4, 5
Number of node	10, 20, 30, 40, 50
Number of directional antenna	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10
Max. moving speed	1.5m/s, 3m/s, 5m/s
RSSI error	0.05

4.1 시뮬레이션 측정 기준 및 에러 요인

시뮬레이션 분석을 위해서 다음과 같은 측정 기준을 이용하였다.

- 평균 위치 오차 : 모든 센서 노드의 계산을 통하여 얻어진 예상위치(X_{ei} , Y_{ei})와 실제 위치(X_i , Y_i) 사이의 평균거리

$$Average\ location\ error = \frac{\sum \sqrt{(X_{ei} - X_i)^2 + (Y_{ei} - Y_i)^2}}{Number\ of\ Sensor}$$

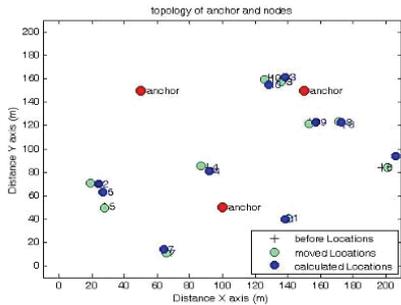
발생 가능한 에러 요인에 대한 가정은 다음과 같다.

- RSSI 값 에러 : 앵커와 센서 노드 사이의 거리값의 측도인 RSSI 값은 이론상으로 거리의 제곱에 반비례하여 신호의 세기가 감소한다. 하지만 실제 측정 시 환경요인으로 오차가 발생한다. 일반적인 환경에서 RSSI는 0.05정도의 에러값을 가지므로 시뮬레이션에서도 같이 적용하였다.
- 노드의 속도 : 위치추정 시간 동안 이동한 거리값이 에러의 원인이 된다. 즉 속도가 증가하면 에러값이 증가한다. 여기서 실험하는 노드들의 속도는 인간이 이동하는 경우(보행 시 1.5m/s, 달릴경우 3m/s, 5m/s)로 가정한다.
- 섹터안테나 빔 폭 : 센서 노드가 수신한 각은 각 섹터의 중심각을 수신하므로 섹터안테나의 빔 폭 θ W의 오차 값은 없다고 가정한다.
- Embedded 센서 모듈(가속도 센서, 디지털 나침반, GPS) 에러 : 가속도 측정용 센서, 방위 및 각도에 대한 정보측정이 가능한 디지털 방위계, GPS 모듈에 의한 에러는 없다고 가정한다.

4.2 시뮬레이션 시나리오

시뮬레이션은 가로, 세로 200 × 200 m²의 정사각형 센서 필드에 그림 7과 같이 앵커 노드와 센서 노드들은 랜덤하게 분포시키고 사람이 움직일 수 있는 최고 속도 범

위 안에서 일정한 방향으로 이동한다고 가정한다.



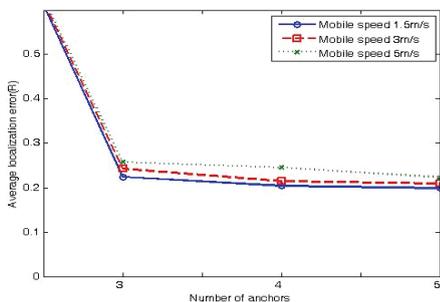
[그림 7] Simulation topology

4.3 제안하는 알고리즘 성능 분석

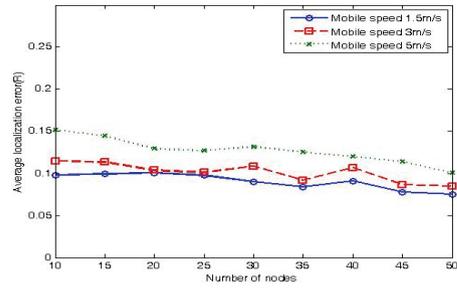
가속도 센서를 이용한 알고리즘은 가로 세로 200 x 200 m²의 센서 필드에 노드들을 랜덤하게 분포시키고 최고 속도 범위 안에서 일정한 방향으로 이동한다고 가정하였다.

시뮬레이션 결과 그림 8, 9에서와 같이 노드들의 속도가 증가할수록 위치오차도 증가한다. 이는 가속도 센서를 이용한 알고리즘은 노드들의 속도가 빨라질수록 앵커정보를 받을 확률이 높아지기 때문에 속도 별 위치오차 변화폭이 작다. 그림 8의 앵커 수에 따른 위치오차에서는 앵커 수가 증가할수록 위치오차 변화는 거의 없다. 하지만 그림 9의 노드 수에 따른 위치오차에서는 노드 수가 증가할수록 위치오차가 조금씩 감소하는 것을 볼 수 있다.

이는 앵커의 수 증가에 따른 위치오차 변화는 적고, 노드 수의 증가에 따른 위치오차 변화는 앵커 정보를 인지하는 노드들 간의 정보교환이 노드 수가 많아질수록 확률적으로 증가하기 때문에 위치오차가 감소한다.



[그림 8] 앵커 수에 따른 속도 별 위치오차



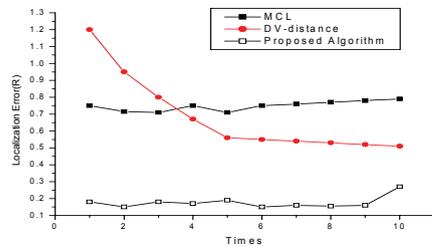
[그림 9] 노드 수에 따른 속도 별 위치오차

4.4 기존 알고리즘과 비교

그림 10에서는 가로 세로 500 x 500 m²의 센서 필드에서 센서 노드 10개와 앵커 노드 3개씩 랜덤하게 분포시키고 모두가 3m/s의 속도로 움직일 때, 제안한 알고리즘을 기존 위치 인식 알고리즘들과 비교하였다.

그림 10의 시간의 경과에 따른 위치 오차 값은 시간이 경과할수록 제안한 알고리즘과 MCL알고리즘이 조금씩 감소하는 것을 알 수 있다.

MCL은 노드가 빨리 이동할수록 앵커를 감지할 확률이 커지므로 오차가 감소하지만 50개 이상의 위치정보를 샘플링 하여야 하므로 초기 위치오차가 매우 커다. DV-distance 역시 2~3홉 떨어진 앵커의 정보를 가지고 자신의 위치를 계산하므로 노드가 이동하는 환경에서는 다른 알고리즘에 비해 큰 오차를 보인다.



[그림 10] 기존 알고리즘과 비교

5. 결론

기존의 센서네트워크에서 위치 인식 알고리즘은 대부분이 센서 노드들이 고정되어 있는 환경에서 절대 위치 값을 알고 있는 앵커 노드의 최소 3개의 위치 값을 알아야 위치추정을 하였다. 하지만 본 논문에서는 센서 노드를 부착하고 계속적으로 이동하는 노드들의 위치를 앵커 노드를 부착한 게이트노드에 의해 이동 중인 노드들의

위치를 추정하는 위치 인식 알고리즘들을 제안하였다.

MCL은 이동하는 방향과 속도가 일정하다는 가정 하에 확률적 계산으로 추정하므로 위치 인식을 위한 오차와 지연시간이 크다. 하지만 제안한 알고리즘은 이동하는 방향이 일정하지 않고 적은 수의 앵커만으로도 위치추정 가능하다는 것을 성능분석에서 보였다.

제안한 두 알고리즘이 기존 알고리즘들보다 더욱 효율적임을 확인하였다.

또한 구현 보드를 이용해 RSSI를 이용한 거리측정과 가속도 센서를 이용한 이동거리측정을 통해 실제적인 거리측정 구현으로 그 실용성을 입증하였으나 추가적인 향상을 위해서 센서 노드의 송수신에 적합한 sector 안테나 등 하드웨어의 연구뿐만 아니라 에너지 효율적인 알고리즘의 추가적인 연구도 필요 하겠다.

참고문헌

[1] Andreas Savvides, Chih-Chieh Han, Mani B. Strivastava. Dynamic fine-grained localization in Ad-Hoc networks of sensors. MobiCom 2001.

[2] B. H. Wellenhoff, H. Lichtenegger and J. Collins. Global Positioning System: Theory and Practice, Fourth Edition. Springer Verlag. 1997.

[3] Dragos Niculescu and Badri Nath. Ad Hoc Positioning System (APS) Using AoA. IEEE InfoCom 2003.

[4] Neal Patwari and Alfred O. Hero III. Using Proximity and Quantized RSS for Sensor Localization in Wireless Networks. Workshop on Wireless Sensor Networks and Applications. September 2003.

[5] Nirupama Bulusu, John Heidemann and Deborah Estrin. GPS-less Low Cost Outdoor Localization for Very Small Devices. IEEE Personal Communications Magazine. October 2000.

[6] Dragos Niculescu and Badri Nath. DV Based Positioning in Ad hoc Networks. Kluwer Journal of Telecommunication Systems. 2003.

[7] Tian He, Chengdu Huang, Brian M. Blum, John A. Stankovic, Tarek Abdelzaher. Range-free Localization Schemes for Large Scale Sensor Networks. MobiCom 2003.

[8] S. Tilak, V. Kolar, N. B. Abu-Ghazaleh, and K. D. Kang. "Dynamic localization control for mobile sensor networks," in IEEE IWSEEASN, 2005.

[9] P. Bergamo and G. Mazzimi, "Localization in sensor networks with fading and mobility," in IEEE PIMRC,

2002.

[10] Lingxuan Hu, David Evans, "Localization for Mobile Sensor Networks", MobiCom 2004, Sept. 26.

[11] K. F. Ssu, C. H. Ou, and H. C. Jiau, "Localization with Mobile Anchor Points in Wireless Sensor Networks," IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 54, no. 3, pp. 1187-1197, May 2005.

홍 성 화(Sung-Hwa Hong)

[정회원]



- 1996년 2월 : 고려대학교 컴퓨터학과 (이학사)
- 2002년 8월 : 한국항공대학교 정보통신학과 (공학학사)
- 2008년 8월 : 고려대학교 전자컴퓨터공학과 (공학학박사)
- 1997년 12월 ~ 2000년 4월 : 동원시스템즈 연구원
- 2009년 3월 ~ 현재 : 동양미래대학 전산학부 전임강사

<관심분야>

무선네트워크, 홈네트워크, 임베디드 시스템

정 석 용(Suk-Yong Jung)

[종신회원]



- 1987년 8월 : 서울대학교 (이학사)
- 1993년 8월 : 한국과학기술원 (공학석사)
- 2004년 8월 : 아주대학교 (공학박사)
- 1987년 1월 ~ 1996년 2월 : LG 정보통신 연구원
- 1986년 3월 ~ 현재 : 동양미래대학 전산학부 조교수

<관심분야>

데이터 통신, 내장형 시스템, 정보 관리