

## 지향성 안테나를 이용한 무선 센서 네트워크에서의 위치 인식 알고리즘

홍성화\*, 강봉직\*

### Localization Algorithm in Wireless Sensor Networks Using a Directional Antenna

Sung-Hwa Hong \*, Bong-Jik Kang \*

#### 요약

본 논문에서 제안한 방법은 지향성 안테나를 이용한 위치인식 기법이다. 여기서 앵커 노드는 GPS모듈, 섹터안테나, 그리고 디지털 나침반을 이용하여 각 섹터의 방위각을 전송 할 수 있는 능력을 가지고 있다고 가정한다. 기존의 센서네트워크에서 위치인식 알고리즘은 대부분이 센서 노드들이 고정되어 있는 환경에서 위치 값을 알고 있는 앵커 노드의 최소 3개의 위치 값을 알아야 센서의 위치추정을 하였다. 하지만 본 논문에서는 센서 노드를 부착하고 계속적으로 움직이는 노드들의 위치를 추정하는 위치인식 알고리즘들을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 Matlab을 이용하여 시뮬레이션하였다. 시뮬레이션한 결과는 제안한 기법이 다른 기법 (MCL, DV-distance)들 보다 우수함을 보여 주었다.

#### Abstract

The proposed algorithm to be explained in this paper is the localization technique using directional antenna. Here, it is assumed that anchor node has the ability to transfer the azimuth of each sector using GPS modules, sector antenna, and the digital compass. In the conventional sensor network, the majority of localization algorithms were capable of estimating the position information of the sensor node by knowing at least 3 position values of anchor nodes. However, this paper has proposed localization algorithm that estimates the position of nodes to continuously move with sensor nodes and traveling nodes. The proposed localization mechanisms have been simulated in the Matlab. The simulation results show that our scheme performed better than other mechanisms (e.g. MCL, DV-distance).

▶ Keyword : Localization, Sensor network, Antenna, Ubiquitous, Anchor

---

• 제1저자 : 홍성화  
• 투고일 : 2009. 10. 15, 심사일 : 2009. 11. 11, 게재확정일 : 2010. 01. 26.  
\* 동양공업전문대학 전산학부 소프트웨어공학과

## I. 서론

최근 센서나 반도체의 소형화, 저가 추세와 MEMS(Microelectromechanical Systems) 같은 기술 발달로 무선 네트워크를 통하여 연결될 수 있는 다양한 형태의 센서 노드가 개발되어 왔다. 이런 무선 센서 노드의 개발은 무선 센서네트워크(Wireless Sensor Network: WSN) 또는 유비쿼터스 센서네트워크(Ubiquitous Sensor Network: USN)의 출현을 가능하게 하였다 [1].

유비쿼터스 네트워크는 누구든지 언제, 어디서나 통신속도 등의 제약 없이 이용할 수 있고, 모든 정보나 콘텐츠를 유통시킬 수 있는 정보통신 네트워크를 의미한다. 이의 실현으로 기존 정보통신 네트워크와 서비스가 가지고 있었던 여러 가지 제약으로부터 벗어나 이용자가 자유롭게 정보통신 서비스를 이용할 수 있도록 한다. 특히, 유비쿼터스 네트워크와 다양한 센서의 활용으로 시간과 공간의 제한을 뛰어넘는 커뮤니티를 형성할 수 있고, 이를 매개로 사람과 사물의 주변 상황 인식(Context Awareness) 및 위치 인식(Localization)이 가능해진다.

가까운 미래에는 이러한 유비쿼터스 컴퓨팅과 유비쿼터스 네트워크를 통해 새롭고 다양한 서비스가 창출될 것이다. 특히, 언제 어디서나 사람 혹은 사물과 같은 객체의 위치를 인식하고, 이를 기반으로 유용한 서비스를 제공하는 유비쿼터스 위치기반 서비스(Ubiquitous Location Based Services: u-LBS)가 중요한 서비스로 대두되고 있다. 유비쿼터스 위치기반 서비스 제공을 위해 가장 중요한 기반 요소 기술 중의 하나인 위치인식시스템 기술은 현재 선진 각국에서 활발한 연구가 진행되고 있다 [2~3][6~10].

본 논문에서는 무선 센서네트워크를 이용한 새로운 위치인식 알고리즘을 설명하고자 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 센서를 부착한 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, 5장에서 결론을 맺도록 하겠다.

## II. 관련 연구

특정 신호의 특성을 이용하여 거리를 측정하는 방식[4~6]에는 여러 가지가 있다. 사용하고자 하는 시스템과 신호의 종류, 특성에 따라 알맞은 방식을 선택하는 것이 중요하다. 거리 측정 방식으로 이용할 수 있는 것이 RSSI(Received Signal Strength Indicator)이다. RSSI는 센서 노드가 라디오 신호를 받았을 때 신호의 세기를 나타내 주는 척도다. 신호가 전달된 거리가 길수록 RSSI는 작아진다고 가정할 경우, RSSI 값을 거리로 변환할 수 있다. 하지만 RSSI는 주변 환경의 특성에 따라서 변화가 심하기 때문에 직접적으로 이용하기가 어렵다. 이런 불규칙한 RSSI 값을 통해서 거리를 측정하기 위해 많은 연구들이 이루어지고 있다[11~15].

이동 로봇의 위치추정을 위해 제안된 MCL(Monte Carlo Localization)기법을 모바일 센서네트워크에 적용한 논문[11]에서는 seed와 노드들 사이의 상대적 위치 변화, 즉 단위시간당 이전 위치를 기반으로 현재 위치를 확률적으로 추정한다.

DV - distance[7]은 노드의 배치 분포가 균일하고 기준 노드의 밀도가 적은 경우에 사용할 수 있는 위치인식기법이다. 이 방식은 노드 사이의 연결성을 이용하여 노드간 거리를 추정한다. 각 기준 노드는 자신의 위치정보를 다른 기준 노드로 다중-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.

## III. 제안 알고리즘

본 논문의 제안 기법은 지향성 안테나를 이용한 위치인식 기법이다. 여기서 앵커 노드는 GPS 모듈, 섹터안테나, 디지털 나침반으로 자신의 절대위치 정보와 섹터안테나로 각 섹터의 방위각을 전송 할 수 있는 능력을 가지고 있다고 가정한다. 섹터안테나는 지향성을 가지게 되어 특정 각도 범위 내에서만 송수신이 가능하다. 예를 들어 2 섹터 안테나는 한 개의 섹터가 각각 180° 지향성을 가지고 4섹터의 경우는 각 섹터 당 90° 범위 내에서 송수신이 가능하다. 이러한 섹터안테나를 이용하여 절대위치 정보를 비콘에 실어 전송하고 수신한 센서 노드들은 그림 1, 그림 2와 같이 삼각함수를 이용하여 바로 자신의 위치를 인식 할 수 있다.

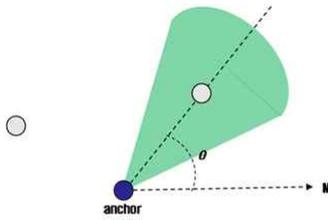


그림 1. 앵커 노드의 방위각  $\theta$  섹터에 위치한 노드  
 Fig. 1. Node located in azimuth  $\theta$  sector of the anchor node.

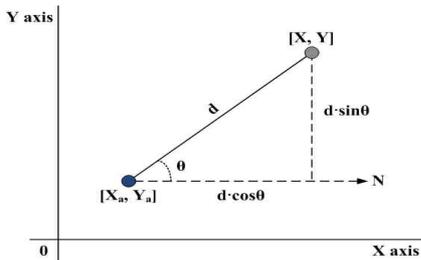


그림 2. 삼각함수 이용한 localization  
 Fig. 2. Localization using the trigonometric functions.

앵커 노드의 위치가  $(X_a, Y_a)$ 일 때 센서 노드의 위치  $(X, Y)$ 는 다음 식과 같이 구한다.

$$X = X_a + d \cdot \cos\theta \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$Y = Y_a + d \cdot \sin\theta \quad \dots\dots\dots (2)$$

여기서 섹터안테나의 방위각  $\theta$ 는 디지털 나침반을 통해 측정할 수 있고, 디지털 나침반 센서의 성능은  $0^\circ$ 에서  $359.9^\circ$ 까지의 값으로 각이 전달되고 분해능은  $0.1^\circ$  단위이며 절대 정밀도는  $3^\circ$ 이다. 앵커 노드의 섹터안테나가 북쪽을 바라보고 있다면  $0^\circ$ 이고 서쪽일 때는  $90^\circ$ 이 된다. 또한 각 센서 노드들과 앵커 노드간의 거리  $d$ 값은 RSSI를 이용하여 추정한다. 이는 현재 RSSI를 이용하였을 경우 주변환경의 영향을 많이 받을 확률이 높지만, 현재 센서 노드 및 무선 통신에서 RSSI를 이용하여 위치인식을 많이 하고 있다. 특히 하나의 노드의 RSSI를 사용하는 것이 아니라 여러 개의 앵커 노드의 RSSI 정보를 사용하여 위치인식을 할 경우 다른 방법에 비해 보다 원활히 위치인식을 할 수 있어 여기서는 RSSI를 이용하여 앵커노드의 거리를 추정하였다.

그림 1과 같이 1개의 섹터안테나만 회전하여 전 방향에 비

콘을 전송하는 것은 많은 시간이 소요되고 이 지연은 큰 오차 발생 요인이 된다. 그래서 앵커 노드는 섹터의 빔 폭에 맞추어 여러 개의 섹터안테나를 장착하고 각 섹터마다 자신의 방위각을 전송할 수 있는 능력을 갖추고 그림 3(a)와 같이 전 방향을 커버한다고 가정한다.

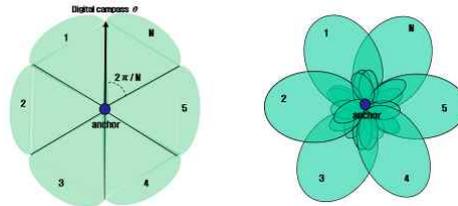


그림 3. (a)섹터안테나 방사패턴,(b)실제 섹터안테나 방사패턴  
 Fig. 3. (a) The sector antenna's azimuth, (b) The real sector antenna's azimuth

안테나의 빔 폭을  $\theta_w$  로 나타내면 안테나의 수는 다음과 같다.

$$N = \frac{2\pi}{\theta_w} \quad \dots\dots\dots (3)$$

섹터안테나의 수가 많을수록 섹터의 빔 폭이 줄어들어 정확성은 높아지지만 시스템을 구현하기는 힘들다. 실제 섹터안테나의 방사패턴은 그림 3(b)처럼 불규칙한 패턴을 가지지만 본 논문에서는 일정한 빔 폭  $\theta_w$  을 가졌다고 고려한다.

그림 3(a)와 같이 앵커 노드가 N개의 섹터를 가졌을 때 각 섹터의 빔 폭  $\theta_w = 2\pi/N$  이고 디지털 나침반의 방위각을  $\theta$  라고 했을 때, 1번 섹터의 중심각은  $\pi/N + \theta$ , 2번 섹터의 중심각은  $3\pi/N + \theta$ , N번째 섹터는  $2\pi - \pi/N + \theta$  이 중심각이 된다. 각 섹터의 중심각과 RSSI에 의한 거리  $d$ 값을 이용 센서 노드는 자신의 위치  $(X_i, Y_i)$ 를 추정하여 저장한다.

다시 앵커 노드가 반 시계 방향으로 빔 폭의  $\theta_w / M$ 만큼 회전 후 각 섹터의 중심각은 다음과 같다. 여기서 M은 1보다 큰 정수이다.

- 1번 섹터 :  $\pi/N - 2\pi/NM = 2\pi/N(1/2-1/M) + \theta$
- 2번 섹터 :  $3\pi/N - 2\pi/NM = 2\pi/N(3/2-1/M) + \theta$
- N번째 섹터 :  $2\pi/N(N-1/M) + \theta$

$\theta_w / M$ 만큼 회전 후 같은 방법으로 센서 노드의 위치  $(X_i, Y_i)$ 를 추정하여 저장한다. 여기서 센서 노드는 M번 반복을 통해 위치를 추정하여 저장한 후 아래와 같이 평균값을 계산하여 최종 위치  $(X, Y)$ 를 결정한다.

여기서  $X_i = \{X_1, X_2, \dots, X_M\}$ ,  $Y_i = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_M\}$  이고

$$X = \sum_{i=1}^M \left(\frac{X_i}{M}\right) \quad Y = \sum_{i=1}^M \left(\frac{Y_i}{M}\right)$$

예를 들어 설명하면 그림 4와 같이 디지털 나침반의 방위 각  $\theta$  가  $0^\circ$ 이고 6개의 섹터로 이루어졌다고 가정했을 때 각 섹터의 빔 폭은  $2\pi/6$  즉  $60^\circ$ 가 되고 빔 폭의 중심각을 전송한다면 1번 섹터는  $\pi/6$ , 2번 섹터는  $\pi/2$ , 6번째 섹터는  $11\pi/6$ 가 된다.

만일 1번 섹터 수신 반경 안에 앵커 노드로부터 같은 거리에 있는 A, B 노드가 있을 때 제안한 알고리즘으로 위치계산을 하면 두 노드 모두 각  $\pi/6$ 를 적용하여 1번 섹터 중심선의 한 점으로 표시된다.

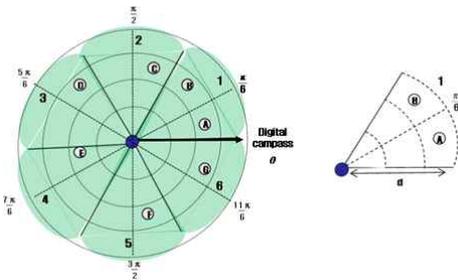


그림 4. 1번 섹터 수신반경 안의 A, B 노드 위치계산  
Fig. 4. A, B node location calculation in the 1st sector.

만일 앵커 노드의 위치가 (0,0)이고 A, B노드간의 거리 d가 30m일 때 A, B노드의 위치는 둘 다 다음과 같이 추정된다.

$$X = 0 + 30 \cdot \cos(\pi/6) = 25.98$$

$$Y = 0 + 30 \cdot \sin(\pi/6) = 15$$

A, B 노드의 위치는 대략 (26, 15)이다.

다음 단계에서 그림 5와 같이 앵커 노드가 반 시계방향으로  $\pi/6$  만큼 회전했을 때 두 노드의 위치를 앞의 식과 같이 계산해 보면 A노드는 (30, 0)이고 B노드는 (15, 26)이다. 각 노드들은 자신의 위치를 메모리에 저장하고 있다가 각각의 위치값을 평균하여 자신의 최종 위치를 결정한다. 따라서 A 노드의 위치는 (28, 7.5)이고 B노드는 (20.5, 20.5)이 된다.

여기서 위치인식의 정확도는 앵커 노드에 장착되는 섹터의 빔 폭이 작은 안테나를 사용할수록 더욱 높아지고 섹터 빔 폭의  $1/M$  비율로 회전각을 줄이면서 M번의 위치 값 평균을 구하면 실제 위치에 더욱 근접하는 결과를 보인다.

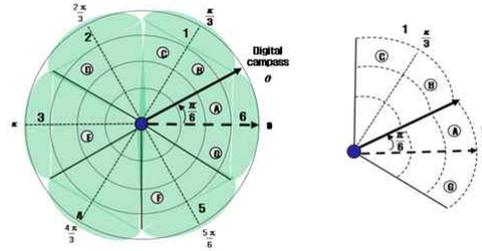


그림 5. 앵커노드가  $\pi/6$  만큼 회전한 후 비콘 전송  
Fig. 5. The beacon transmission after the anchor node has rotated by  $\pi/6$ .

지향성 안테나를 이용한 위치인식 기법은 다음과 같다.

1. 디지털 나침반에 의한 각각의 섹터안테나 중심각  $\theta$ 값 계산
2. 앵커는 섹터 안테나를 통해 자신의 위치좌표와 중심각을 모든 센서에 전송
3. 각각의 센서들은 신호를 받아 RSSI 이용 거리 d값 계산
4. 삼각함수를 이용하여 위치 인식 수행 위치계산
5. 섹터안테나의 빔폭  $1/M$ 만큼 회전 후 위 과정 M번 반복 수행
6. M번의 위치 평균값을 구해 최종 위치 결정

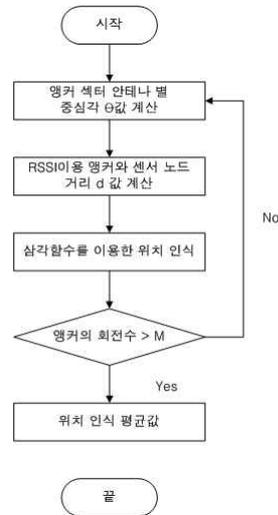


그림 6. 지향성 안테나를 이용한 위치인식 순서도  
Fig. 6. The flowchart of a localization using the directional antenna.

기존 위치인식 알고리즘들은 대부분 3개 이상의 비콘을 받아야 센서들이 위치를 추정하므로 움직이는 앵커와 센서 노드 일 경우 다음 비콘을 받는 순간 이전 비콘의 정보는 큰 오차의 원인이 된다. 하지만 이 알고리즘은 앵커 노드가 보낸 비콘을 센서 노드가 받아 바로 위치를 계산하므로 한 번의 비콘

간격 안에 센서 노드들의 위치를 추정하므로 이동 환경의 위치 인식 알고리즘에 적합하며 이를 그림 7에서 보여준다.

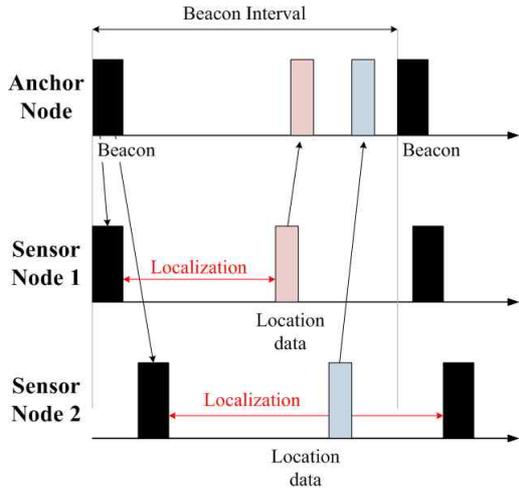


그림 7. 비콘 신호 주기 간격 내에 센서 노드 위치추정  
Fig. 7. A sensor node position estimation in the beacon signal interval.

#### IV. 제안 알고리즘의 성능 시뮬레이션

본 장에서는 Matlab을 이용하여 제안한 알고리즘의 성능을 검증하고 측정오차에 대한 효과를 분석하였다. Matlab을 이용한 시뮬레이션에서는 다음과 같은 실험 조건을 가정한다.

##### 4.1 시뮬레이션 측정 기준 및 오차 요인

시뮬레이션 분석을 위해서 다음과 같은 측정 기준을 이용하였다.

-평균 위치 오차 : 모든 센서 노드의 계산을 통하여 얻어진 예상위치( $X_e, Y_e$ )와 실제 위치( $X_i, Y_i$ ) 사이의 평균거리 발생 가능한 오차 요인에 대한 가정은 다음과 같다.

-RSSI 값 오차 : 앵커와 센서 노드 사이의 거리값의 측도인 RSSI 값은 이론상으로 거리의 제곱에 반비례하여 신호의 세기가 감쇠한다. 하지만 실제 측정시 환경요인으로 오차가 발생한다. 일반적인 환경에서 RSSI는 0.05정도의 오차 값을 가지므로 시뮬레이션에서도 같이 적용하였다.

-노드의 속도 : 위치추정 시간 동안 움직인 거리 값이 오차의 원인이 된다. 즉 속도가 증가하면 오차 값도 증가한다. 여기서 실험하는 노드들의 속도는 인간이 이동하는 경우(보행시 1.5m/s, 달릴경우 3m/s, 5m/s)로 가정한다.

-섹터안테나 빔 폭 : 센서 노드가 수신한 각은 각 섹터의

중심각을 수신하므로 섹터안테나의 빔 폭  $\theta W$ 의 오차 값은 없다고 가정한다.

-임베디드 센서 모듈(가속도 센서, 디지털 나침반, GPS) 오차 : 가속도 측정용 센서, 방위 및 각도에 대한 정보측정이 가능한 디지털 방위계, GPS 모듈에 의한 오차는 없다고 가정한다.

##### 4.2 시뮬레이션 시나리오 및 알고리즘 성능 분석

표 1. 시뮬레이션 파라미터  
Table 1. Simulation parameters

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

시뮬레이션은 가로, 세로 200×200 m<sup>2</sup>의 정사각형 센서 필드에 앵커 노드와 센서 노드들은 랜덤하게 분포시키고 사람이 이동할 수 있는 최고 속도 범위 안에서 일정한 방향으로 이동한다고 가정하고, 표 1과 같은 파라미터를 이용하여 30번 실험한 평균치를 구하였다.

지향성 안테나는 최근 보안측면이나 에너지 효율측면에서 센서 네트워크에 많이 적용되고 있다. 여기서는 멀티지향성 안테나, 즉 섹터안테나를 탑재하였다고 가정하고 시뮬레이션 하였다.

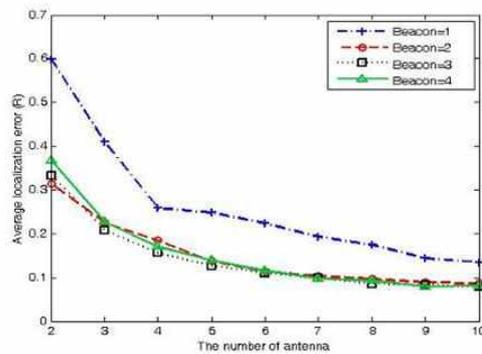


그림 8. 안테나 수에 따른 평균위치오차  
Fig. 8. The average position error according to number of antenna.

그림 8의 안테나 수에 따른 평균 위치오차에서 안테나의 섹터 수가 증가할수록 각각의 섹터의 중심각이 작아져서 그림에서 보는 바와 같이 위치인식오차가 감소한다. 하지만 섹터의 수가 증가할수록 섹터안테나의 성능은 향상되나 안테나의 복잡도와 시스템 제작의 문제가 발생한다.

섹터의 빔 폭 범위 안에서 1/2, 1/3, 1/4씩 1, 2, 3번 회전하면서 각각 비콘을 2, 3, 4번 보내는 경우와 회전하지 않고 1개의 비콘만으로 위치를 추정하는 경우 중 전자의 경우가 더욱 향상되게 판측되었다. 하지만 비콘 수가 2, 3, 4개 증가하더라도 위치오차의 차이는 거의 없고, 비콘 수가 증가할수록 지연 시간만 증가하게 되므로 비효율적이다. 따라서 지향성 안테나의 수가 6개이고, 비콘 수가 2개인 경우가 가장 좋은 결과를 보여준다. 그래서 다음 시뮬레이션에서는 6섹터 안테나를 가지고 비콘을 2번 보내는 방식을 계속 적용하였다.

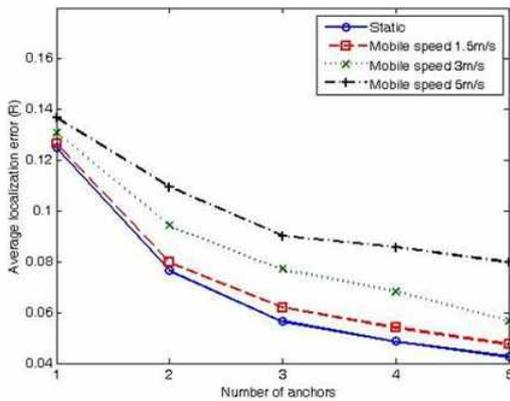


그림 9. 앵커 수에 따른 속도 별 평균위치오차  
Fig. 9. The average position error per speed according to number of anchors.

그림 9는 앵커 수에 따른 속도 별 평균 위치오차를 나타낸 것으로 앵커수가 증가할수록 위치 오차가 줄어드는 것을 보여준다. 이는 각 센서 노드들이 비콘 신호를 수신하는 앵커 노드와 거리가 상대적으로 감소될수록 거리에 의한 오차가 감소하여 평균오차가 감소함을 알 수 있다. 그리고 이동속도가 증가할수록 오차가 증가하는 것을 볼 수 있는데 이는 센서 노드가 앵커로부터 비콘을 수신하는 시점에서 계산한 위치와 이동 후의 위치가 속도가 증가할수록 차이가 증가하기 때문이다.

섹터안테나를 이용한 알고리즘은 앵커로부터 1~2개의 비콘으로 센서 노드의 위치를 추정하므로 비콘 간격이 줄어들면 속도에 따른 오차를 줄일 수 있다.

### 4.3 기존 알고리즘과의 비교

그림 10에서는 가로 세로 200×200 m<sup>2</sup>의 센서 필드에서 센서 노드 10개와 앵커 노드 3개씩 랜덤하게 분포시키고 모두가 3m/s의 속도로 움직일 때, 제안한 알고리즘을 기존 위치인식 알고리즘들과 비교하였다.

그림 10의 시간의 경과에 따른 위치 오차 값은 시간이 지날수록 제안한 알고리즘과 MCL 알고리즘이 조금씩 작아지는 것을 볼 수 있다.

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

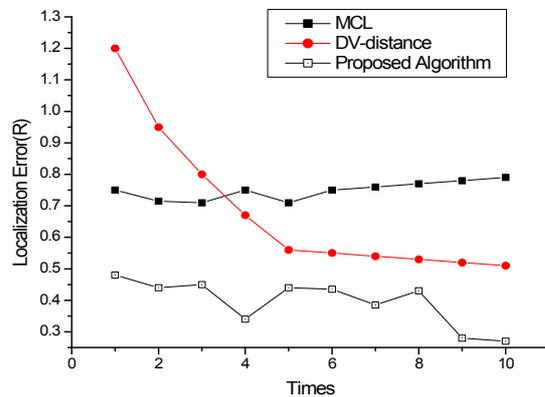


그림 10. 기존 알고리즘과 비교  
Fig. 10. Comparison with existing algorithm.

### 4.4 위치 인식 모듈 구현

제안한 위치 인식 기법의 실제 구현을 위해 구현한 센서 노드로 RSSI를 이용한 노드 간의 거리측정을 실험하였다.

구현 노드의 메인 모듈은 IEEE 802.15.4를 구현한 Chipcon사의 CC2420을 라디오 스택으로 사용하는 무선 센서 노드이다. MCU는 Atmega128을 사용하고 program memory는 128Kbyte, RAM은 4Kbyte를 지원한다. 인터페이스 모듈은 메인 모듈과 PC간의 인터페이스 포트 RS232C통신을 제공한다.

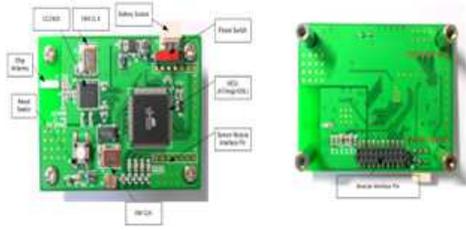


그림 11. 구현한 모듈  
Fig. 11. The implemented Module.

RSSI는 수신 신호의 세기가 거리에 따라 변하는 특징을 이용하여 두 노드간의 거리를 측정하는 방법이다. 이론적으로는 거리 손실 모델에 따라 신호의 세기가 변하는데 여기서는 실제 구현에 있어서 수신 신호 세기가 거리에 따라 어떠한 특징을 갖고 있는지 알아본다.

RSSI를 이용한 거리측정은 구현에 있어서 간단하여 실용성이 높다. 하지만 신호세기의 패턴이 주변의 지형적인 특성에 따라 많은 영향을 받는다. 이는 직접적으로 거리 측정에 대한 오차로 반영된다.

RSSI를 이용한 거리측정의 구현에 있어서 구현된 센서 노드를 기준으로 실험하였으며 실험결과는 그림 12와 같다. 구현 노드에서 무선 통신은 CC2420칩이 장착된 IEEE 802.15.4의 라디오 스택으로 구현하였다.

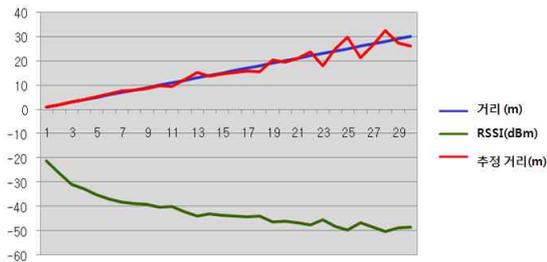


그림 12. RSSI 값에 대한 실험적 추정거리  
Fig. 12. The implementation value of distance measurement using RSSI.

### V. 결론

기존의 센서네트워크에서 위치인식 알고리즘은 대부분 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 움직이는 노드들의 위치를 앵커 노드를 부착한 게이트노드에 의해 이동 중인 노드들의 위치를 추정하는 위치인식 알고

리즘들을 제안하였다.

MCL은 움직이는 방향과 속도가 일정하다는 가정 하에 확률적 계산으로 추정하므로 위치인식을 위한 오차와 지연시간이 크다. 하지만 제안한 알고리즘은 움직이는 방향이 일정하지 않고 적은 수의 앵커만으로도 위치추정이 가능하다는 것을 성능분석에서 보였다.

제안한 알고리즘이 기존 알고리즘들보다 더욱 효율적임을 확인하였다.

또한 개발 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] I. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, "A survey on Sensor Networks," IEEE Communications Magazine, vol. 40, Issue: 8, pp. 102-114, Aug. 2002.
- [2] Andreas Savvides, Chih-Chieh Han, Mani B. Strivastava. "Dynamic fine-grained localization in Ad-Hoc networks of sensors," MobiCom 2001.
- [3] B. H. Wellenhoff, H. Lichtenegger and J. Collins. "Global Positioning System: Theory and Practice," Fourth Edition. Springer Verlag. 1997.
- [4] Dragos Niculescu and Badri Nath. "Ad Hoc Positioning System (APS) Using AoA," IEEE InfoCom 2003.
- [5] 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. Sept. 2003.
- [6] Nirupama Bulusu, John Heidemann and Deborah Estrin. "GPS-less Low Cost Outdoor Localization for Very Small Devices," IEEE Personal Communications Magazine. Oct. 2000.
- [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. 2004.

[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.

[12] Zhuhong Y, Max Q.-H.Meng, Yajin Zhou, “A Localization Algorithm in Wireless Sensor Networks Using a Mobile Beacon Node,” ICIA 2007, July 2007.

[13] Ahn, H.-S., Yu, W., “Environmental-Adaptive RSSI-Based Indoor Localization,” IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, Volume 6, Issue 4, Page(s):626 - 633, Oct. 2009.

[14] Graefenstein, J., Albert, A., Biber, P., Schilling, A., “Wireless node localization based on RSSI using a rotating antenna on a mobile robot,” 6th Workshop on WPNC 2009, Page(s):253 - 259, March 2009.

[15] Chen, J., Wu, X.J., Wen, P.Z., Ye, F., Liu, J.W., “A new distributed localization algorithm for ZigBee wireless networks,” Control and Decision Conference, 2009, Page(s):4451 - 4456 , June 2009.

## 저 자 소개



### 홍 성 화

1996 : 고려대학교  
전자계산학과 이학사.

2002 : 한국항공대학교  
정보통신공학과 공학석사.

2008 : 고려대학교  
전자컴퓨터공학과 공학박사

현 재 : 동양공업전문대학  
소프트웨어학과 전임강사

관심분야 : 유비쿼터스 네트워크, 홈  
네트워크, 무선네트워크,  
임베디드 시스템,



### 강 봉 직

1989 : 서울대학교  
전자공학과 공학사.

1991 : 한국과학기술원  
전자공학과 공학석사.

2004 : 아주대학교  
전자공학과 공학박사

현 재 : 동양공업전문대학  
소프트웨어학과 부교수

관심분야 : 객체지향시스템, 실시간  
시스템, 패킷분석처리