

# Ad Hoc 네트워크에서 신호세기를 이용한 전체 노드 위치 추정 방안

김영락\*, 우매리, 김동학, 황도삼, 김종근  
영남대학교 컴퓨터공학과

## A Location Mapping method Using node Signal Strength in Ad Hoc Network

Youngrag Kim, Mary Wu, Dongxue Jin, Dosam Hwang, Chonggun Kim  
Dept. of Computer Engineering, Yeunnam University

### 요 약

Ad Hoc 네트워크는 이동하는 노드들이 무선 환경에서 상호 연결되어 네트워크를 구성하는 기술이다. Ad Hoc 네트워크는 패킷 라우팅과 서비스 중에 노드들의 단절 현상이 발생한다. 각 노드들의 위치 정보를 파악하면 이러한 현상을 미리 예측하여 회피하거나 복구하기 쉽다. 일반적으로는 GPS를 이용하여 위치 정보를 파악하지만 본 논문에서는 GPS를 사용하지 않고 전체적인 노드들이 가지고 있는 상대적인 정보만을 이용하여 이동 노드들의 전체적인 위치 정보를 표현하는 방식을 제안한다. 제안하는 방법은 기존 시스템을 소프트웨어적으로 보완가능하므로 구축이 간단하고 구축비용을 절감할 수 있다.

### 1. 서론

Ad Hoc 망은 중앙 집중화된 관리나 표준화된 지원 서비스의 도움 없이 동적으로 망을 구성하는 무선 이동 호스트들의 집합이다. 이러한 이동 Ad Hoc 망은 백본 호스트나 다른 이동 호스트로의 연결을 제공하기 위한 고정된 제어 장치를 갖지 않으며, 이동 호스트만으로 구성되어 독자적으로 시스템이 작동되는 방식이다[1]. 이와 같은 특성으로 인하여 임시 구성용 망이나 재해, 재난 지역이나 전장 등의 네트워크 기반 시설이 갖추어져 있지 않은 환경에 적용하는 것이 적합하다. Ad Hoc 망의 특징으로는 신속하게 전개될 수 있고 통신망 노드의 이동성 유형이나 트래픽의 전달 상황에 잘 적용할 수 있는 스스로 조직 가능한(self organizing) 망 구조이며, 분산 계층 대응 모드(Distributed peer-to-peer mode), 다중 홉 라우팅(multi hop routing)을 하고 모든 노드들은 이동성을 가지고 있고 동적으로 서로 연결된다. 또한 각 노드는 목적지 노드에 대한 경로를 설정하고 유지하는 라우터로서의 기능을 수행한다[2].

Ad Hoc 망의 라우팅 프로토콜로는 위상 기반의 라우팅 프로토콜과 위치 기반으로 하는 라우팅 프로

토콜로 구분 된다. 위상 기반 라우팅 프로토콜로는 Table-driven routing 프로토콜과 On-demand routing 프로토콜이 있다[3,4]. 대표적인 Table-driven 방식은 DSDV(Destination-sequence distance-vector) 라우팅 프로토콜과 CGSR(Clusterhead gateway switch routing) 프로토콜 등이 있고 On-demand 방식은 AODV(Ad hoc on-demand distance vector) 라우팅 프로토콜과 DSR(Dynamic source routing) 프로토콜, ABR(Associativity-based routing) 프로토콜 등이 있다[5-9]. 위치 기반으로 하는 라우팅 프로토콜로는 LAR(Location-Aided Routing)와 DREAM(Distance Routing Effect Algorithm for Mobility) 프로토콜 등이 있다.

GPS 기반 즉, 위치기반의 라우팅 프로토콜로는 노드의 위치정보를 이용하여 경로 설정시 목적지 노드가 위치한 방향으로만 데이터를 플러딩함으로써 패킷의 양을 줄인 LAR(location-Aided Routing)가 있다. 그러나 GPS 기반 라우팅은 각 노드가 GPS 장비를 탑재해야하는 단점이 있다. 이러한 방식은 구축과 관리가 매우 복잡하고 고비용을 필요로 한다. 따라서 GPS 기능없이 이웃 노드들의 신호세기 정보를 이용하여 노드들간 위치를 알 수 있는 방식을 필요

로 한다.

본 논문에서는 전체 노드들이 가지고 있는 인접 노드들의 정보를 이용하여 이동 노드들의 전체적인 위치 정보를 나타내는 좌표 추정 방법을 제안한다.

## 2. 관련연구

GPS없이 Ad Hoc 네트워크에서 각 노드의 위치를 구하는 연구로써 Srdjan Capkun[10]은 각 노드가 가지고 있는 이웃노드의 신호세기 정보를 서로 교환하여 각도와 거리를 계산했다. 이 방식은 벡터방식으로 전체 네트워크의 위치를 추정하므로 다소 복잡하다.

본 논문에서는 부분적인 좌표 정보를 구하고 이 좌표를 통합시켜 하나의 전체 좌표를 만드는 보다 효과적인 방식을 제안한다.

## 3. 노드 위치 추정 방안

본 논문에서 제안하는 기법은 각각의 노드 정보를 이용하여 전체 노드 위치를 추정한다.

### 3.1 전체 노드 위치 추정 절차

노드들이 가지고 있는 이웃 노드들에 대한 신호세기 정보를 이용해서 전체노드들의 상대적인 위치를 구한다.

본 논문에서는 Friiss의 자유공간 손실 공식을 이용하여 신호세기는 두 노드 사이의 거리 제곱에 반비례한다는 성질의 식 (1)을 사용한다.

$$\text{신호세기} = \frac{k}{R^2} \quad (k: \text{상수}) \quad (1)$$

[그림 1]의 네트워크 모델에서 각 노드의 위치를 구한다. 인접 노드의 정보를 이용한 전체 노드 위치 추정 절차는 아래와 같다.

#### 3.1.1 제1좌표

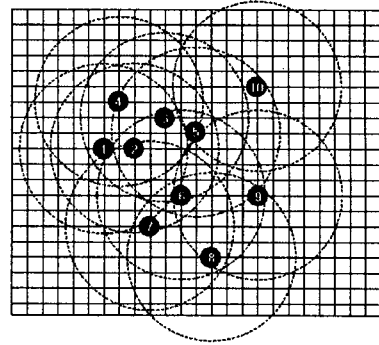
[그림 2]에서 노드①은 자신을 원점으로 하고 이웃 노드중 하나를 선택하여 x축 노드로 정한다. 그럼에서 노드②가 x축 노드이다.

② 원점 노드는 “위치 계산 메시지”를 방송한다. 이 메시지에에는 원점 노드와 x축 노드 ID를 포함한다.

③ x축 노드가 이 메시지를 받으면, 자신이 x축 노드임을 알리는 “x축 노드 메시지”를 방송한다.

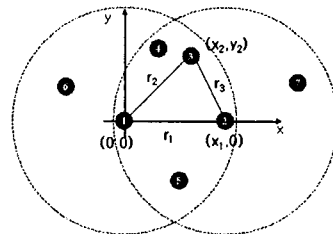
④ 두 메시지를 다 수신한 노드는 원점과 x축 노드의 전송범위 내에 존재하는 노드이다. [그림 2]에서 원점 노드와 x축 노드의 전송 범위 내에 존재하는 노드는 ③, ④, ⑤이다. 이 노드들은 자신과 원점 이웃노드들 사이의 신호세기 정보를 원점 노드에게 알린다.

⑤ 원점 노드는 이웃노드들에 대한 좌표계산을 수행한다.



[그림 1] 전체 network 모델 구성도

- i) x축 노드의 좌표를 구한다. x축 노드의 좌표: 원점 노드에서 x축 노드에 대한 거리 정보를 이용해서 구한다. [그림 2]에서 x축 노드 2의 좌표는  $(x_1, 0)$ 이다.

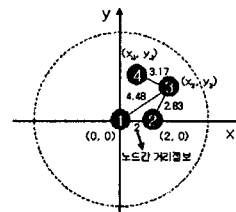


[그림 2] 1노드와 2노드의 통신범위 내의 노드정보

- ii) 원점과 x축 노드의 전송범위 내에 존재하는 노드의 좌표 : a. 3노드의 좌표구하기  
①노드는  $r_2$ (③노드의 ①노드에 대한 거리)와  $r_3$ (③노드의 ②노드에 대한 거리)를 이용하여 3노드에 대한 좌표계산을 수행한다. 아래의 식 (2)를 사용한다.

$$\begin{cases} x_2^2 + y_2^2 = r_2^2 \\ (x_2 - x_1)^2 + y_2^2 = r_3^2 \end{cases} \quad (2)$$

[그림 1]의 네트워크 전체 위치맵을 계산하기 위해서 n단계의 계산 과정을 거친다. 먼저, 계산 수행 노드의 가장 가까운 노드부터 위치계산을 수행한다.



[그림 3] ①노드 통신범위 내의 노드 정보

[그림 3]은 실제로 노드①이 자신의 이웃 노드들에 대해서 위치 계산을 수행한 예이다. 현재 좌표에서 ②노드의 좌표값은 (2, 0)이다. ③노드의 좌표값은 식 (2)을 이용하여 구하면 다음과 같다.

$$\begin{cases} x_3^2 + y_3^2 = 4.48^2 \\ (x_3 - 2)^2 + y_3^2 = 2.83^2 \end{cases}$$

$$x_3 = 4, \quad y_3 = \pm 2$$

y값이 2개가 나오므로 첫번째 노드의 부호는 +로 정한다.

④노드는 식(2)를 이용하여 구하면  $x_4=1, y_4=\pm 3$  값을 얻는 두 값의 부호 결정은 이웃노드 정보 즉, ③노드와의 거리 정보를 이용해서 정확한 y축의 부호를 결정한다.

[그림 3]에서 ①노드는 ④노드와 ③노드 사이의 거리가 3.17이라는 정보를 사용해서 y축 부호를 결정한다. 거리공식  $(x_4 - x_3)^2 + (y_4 - y_3)^2 = (1 - 4)^2 + (y_4 - 2)^2 = 3.17^2$  이다. 이 식에서  $y_4=+1$  또는  $+3$ 이 나오므로 최종 결정되는  $y_4$ 값은 3이된다. 따라서, ④노드의 좌표는 (1, 3)이다.

이런 방식으로 ①노드는 자신의 통신범위 내에 위치하고 있는 각 노드들의 좌표값을 구한다.

### 3.1.2 제2좌표

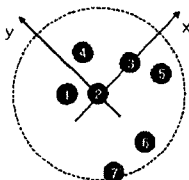
제1좌표 노드 위치 계산에서 구할 수 없었던 나머지 노드들의 계산을 수행한다. 다른 노드를 원점으로 하는 노드 좌표를 구한 후에 첫번째 위치 정보와 통합시킨다.

[그림 4]에서 제1좌표에서 x축노드였던 ②노드를 원점으로 하는 노드 위치를 계산한다. 노드 계산 방식은 [그림 3]에서 ①노드를 원점으로하여 각 노드의 좌표값을 구하는 것과 같다.

원점 노드 ②는 자신의 원호내에 존재하는 ③노드를 x축 노드로 하는 좌표를 구성하고 위의 계산방법으로 각 노드들에 대한 위치 계산을 수행한다.

②노드가 이웃노드들의 위치 계산을 완료하면 ①노드를 원점으로 하는 좌표와 일치시켜 두 좌표를 통합시킨다.

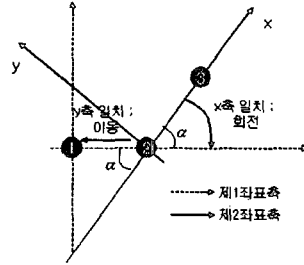
[그림 5]에서 제2좌표값을 제1좌표값으로 변환하기 위해서 x축, y축을 일치시킨다. 먼저 x축을 일치시



[그림 4] ②노드 통신범위 내의 노드 정보

키기 위해서 제2좌표를 제1좌표에 대해  $\alpha$ 만큼 회전

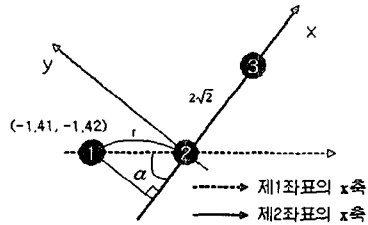
시키고, y축을 일치시키기 위해 y축을 x축 방향으로 노드 ①과의 거리만큼 이동시킨다.



[그림 5] 제2좌표축의 제1좌표축에 대한 회전과 이동 모델

#### A. 회전

회전 값을 구하기 위해서 [그림 6]의 제1좌표의 x축과 제2좌표의 x축과의 각도  $\alpha$ 에 대한 삼각함수 값을 구한다.



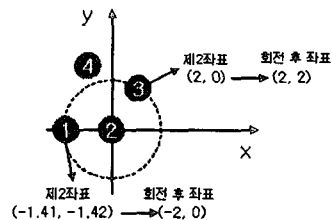
[그림 6]  $\alpha$  값을 나타내는 그림

$\alpha$ 는 삼각함수 공식에 의해 식 (3)과 같은 성질을 가진다.

$$\cos \alpha = \frac{|x|}{r}, \quad \sin \alpha = \frac{|y|}{r} \quad (3)$$

제2좌표의 노드들에 대해 좌표축을  $\alpha$ 만큼 회전시킨 좌표는 식(4)을 이용하여 구한다.

$$\begin{aligned} X' &= X \cdot \cos \alpha - Y \cdot \sin \alpha \\ Y' &= X \cdot \sin \alpha + Y \cdot \cos \alpha \end{aligned} \quad (4)$$



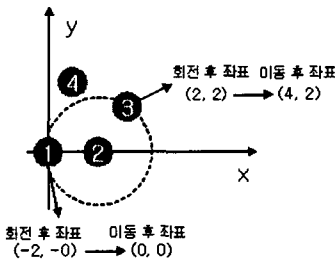
[그림 7] 제2좌표의 회전 후의 결과

[그림 7]은 제2좌표를 회전한 결과이다. ③노드는 (2,

0)에서 회전 후 (2, 2)가 된다. ①노드는 (-1.41, -1.42)에서 회전 후 (-2, 0)이 된다.

**B. 이동**

회전 후 제1좌표의 좌표값으로 변환하기 위해서 y좌표축을 현재의 원점에서 ①노드와의 거리만큼 x축 방향으로 이동시킨다. 제1좌표의 좌표값과 일치하도록 제2좌표를 y축을 x축 방향으로 이동한다. [그림 8]은 y좌표축을 이동한 결과이다. ③노드의 회전 후 좌표 (2, 2)에서 제1좌표에서 제2좌표로 이동한 거리 2만큼 더하면 최종 ③노드의 좌표 (4, 2)를 얻는다. 제2좌표의 나머지 노드들도 위의 방식을 이용하면 제1좌표에서 본 좌표값을 구할 수 있다.

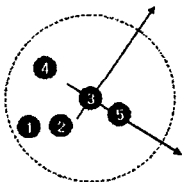


[그림 8] 제2좌표의 이동 후의 결과

제1좌표, 제2좌표에서 구하지 못한 노드들의 좌표를 제3좌표, 제4좌표, ..., 제n좌표를 이용하여 점차적으로 구한다.

**3.1.3 제n좌표**

[그림 9]은 ③노드의 통신범위 내의 이웃 노드 정보를 나타낸다. [그림 9]에서 원점인 ③노드의 좌표값은 (0, 0)이고 x축인 ⑤노드는 (2, 0)이다. 이 ⑤노드를 x축으로 회전하고 y축으로 이동하여 제2좌표의 좌표값으로 변환한다. 변환한 좌표값은 (4, 2)이다. 제2좌표는 제1좌표에서 본 ⑤노드 좌표값은 앞에서 구한 결과값으로 x축 방향으로 2만큼 이동해야하므로 최종 ⑤노드의 좌표 (6, 2)를 얻는다.



[그림 9] ③노드 통신범위 내의 노드 정보

제4좌표와 제5좌표, 제n좌표까지 계산하여 전체 네트워크의 노드 좌표를 좌표값을 추정한다.

본 논문에서 제안한 기법을 사용하여 GPS를 사

용하지 않고도 Ad Hoc 네트워크에서 각 노드들의 위치를 구할 수 있다.

**4. 결론 및 향후 연구 계획**

본 논문에서는 GPS를 사용하지 않고 전체 노드들의 정보만을 이용하여 Mobile Ad Hoc Network의 전체적인 위치 정보를 나타내는 좌표를 추정하는 방법을 제안하였다. 그러나 실제적인 상황에서는 장애물 등의 전파방해로 정확한 위치 추정에 오차가 있을 수 있다.

향후 연구계획으로는 전체 노드 좌표를 추정한 정보를 이용하여 각 노드들의 이동방향 즉, 미래의 좌표값을 예측하고 그 예측한 정보를 토대로 라우팅 프로토콜에 적용하는 방안을 연구 중이다.

**[참고문헌]**

- [1] R. Pandya, and et al., "IMT-2000 standars : Network aspects," IEEE Pers. Commun., PP. 20-29, Aug 1997.
- [2] E. M. Royer and C. -K Toh, "A Review of Current Routing Protocols for Ad-Hoc Mobile Wireless Networks." IEEE Personal Communications, pp. 46-55, April 1999.
- [3] J.J. Garcia-Luna-Aceves, M. Mosko, and C. Perkins, "A New Approach to On-Demand Loop-Free Routing in Ad Hoc Networks," Proc. Twenty-Second ACM Symposium on Principles of Distributed Computing (PODC 2003), Boston, Massachusetts, July 13--16, 2003.
- [4] S. Roy and J.J. Garcia-Luna-Aceves, "An Efficient Path Selection Algorithm for On-Demand Link-State Hop-by-Hop Routing", Proc. IEEE International Conference on Computer Communications and Networks (ICCCN), Miami, FLorida, October 14-16, 2002.
- [5] J. Li, H. Kameda, and Y. Pan, "Study on Dynamic Source Routing Protocols for Mobile Ad-Hoc Networks," Proceedings of Workshop on Modeling and Optimization in Mobile, Ad Hoc and Wireless Networks 2003 (WiOpt 03), pp. 337-338, INRIA, Sophia-Antipolis, France, March 3-5, 2003.
- [6] Charles E. Perkins and Bhagwat, "Highly dynamic destination sequenced distance-vector routing(DSDV)for Mobile Computers," ACM SIGCOMM, Oct., 1994
- [7] Charles E. Perkins, Elizabeth Royer and Samir R. Das, "Ad hoc on demand vector (AODV) routing," Internet draft, IETF, June, 1999.
- [8] C. K. Toh, "Long-lived ad hoc routing based on the concept of associativity," Internet draft, IETF, Mar., 1999.
- [9] Josh Broch, David B. Johnson and David A. Maltz, "The dynamic source routing in ad hoc wireless networks," In Mobile Computing, edited by Tomasz Imielinski and Hank Korth, Chapter 5, Kluwer Academic Publishers, pp.153-181, 1996.
- [10] Y. B. Ko & Nitin H. Baidya "Location-Aided Routing(LAR) in Mobile Ad Hoc Networks" ACM/IEEE MOBICOM Nov. 1998.