

## Ad Hoc 네트워크에서 이웃노드 정보를 이용한 전체 노드 맵 구현

장우석\*

### A Composition of all Node Map Using Neighborhood Information in ad hoc Networks.

Chang Woo Suck\*

#### 요약

Ad Hoc 네트워크는 유선 네트워크와는 달리 이동성이 존재하는 노드들이 무선환경에서 상호 연결되어 네트워크를 구성한다. 이러한 형태는 라우팅과 서비스 운영환경에서 노드들의 단절 현상이 발생한다. 각 노드들의 위치 정보를 파악하면 이러한 현상을 회피하거나 복구할 수 있고, 일반적으로 GPS를 이용하여 위치 정보를 파악하지만 구축과 관리가 복잡하고 고비용을 필요로 한다. 본 논문에서는 GPS를 사용하지 않고 전체 노드들이 가지고 있는 정보만을 이용하여, 이동 노드들의 전체적인 위치 정보를 나타내는 맵을 구성하는 방식을 제안하고 구현한다. 제안한 방식은 기존 시스템을 소프트웨어적으로 보완하므로 구축과 운영이 간단하고 구축비용을 절감할 수 있다.

#### Abstract

An Ad hoc network, differently from wired networks, is a self organized network of mobile nodes in wireless environments. In this kind of routing and operation environments, link breaks occur frequently. Knowing positions of nodes may prevent or recover this type of phenomenon. Typically, GPS is used to detect position of nodes but high cost and complexity of construction limit applications. In this paper, we propose and design a method of construction nodes' position map using only information of all nodes without GPS. The proposed method complements and overcomes previous system with software solutions. Hence, construction and operation are simple, and can decrease cost of construction expenses.

▶ Keyword : Ad hoc, 이동노드(mobile nodes), GPS, 노드맵(node map)

---

• 제1저자 : 장우석  
• 접수일 : 2006.12.11, 심사일 : 2006.12.19, 심사완료일 : 2006. 12.26.  
\* 구미1대학 정보통신계열 교수

## I. 서론

Ad Hoc 네트워크는 중앙 집중화된 관리나 표준화된 지원 서비스의 도움 없이 임시 네트워크를 구성하는 무선 이동 호스트들의 집합이다. 이러한 이동 Ad Hoc 네트워크는 백본 호스트나 다른 이동 호스트로의 연결을 제공하기 위한 고정된 제어 장치를 갖지 않으며, 이동 호스트만으로 구성된 독자적이고 부분적인 시스템을 가능하게 하는 방식이다 [1]. 이와 같은 특성으로 인하여 임시 구성용 망이나 재해, 재난 지역, 전장 등의 기반 시설이 갖추어져 있지 않은 환경에 적합하다.

Ad Hoc 네트워크의 특징으로는 신속하게 전개될 수 있고, 통신망 노드의 이동성 유형이나 트래픽의 전달 상황에 잘 적용할 수 있는 스스로 조직 가능한(self organizing) 네트워크 구조이며, 분산 계층 대응 모드(Distributed peer-to-peer mode), 다중 홉 라우팅(multi hop routing)을 지원한다. 모든 노드들은 이동성을 가지고 있고 동적으로 서로 연결되어지며, 각 노드는 목적지 노드에 대한 경로를 설정하고 유지하는 라우터의 기능을 수행한다[2].

Ad Hoc 네트워크에서 사용되는 라우팅 프로토콜은 Table-driven routing 프로토콜과 On-demand routing 프로토콜이 있다. 대표적인 Table-driven 방식은 DSDV(Destination-sequence distance-vector) 라우팅 프로토콜과 CGSR(Clusterhead gateway switch routing) 프로토콜 등이 있고[3,4], On-demand 방식은 AODV(Ad hoc on-demand distance vector) 라우팅 프로토콜과 DSR(Dynamic source routing) 프로토콜, ABR(Associativity-based routing) 프로토콜 등이 있다[5-7].

Table-driven routing 프로토콜은 각각의 이동 노드가 무선네트워크내의 모든 경로 정보를 유지하고 있기 때문에, 경로 요구시 최적의 경로를 설정 할 수 있다. 그러나 최신의 정보를 유지하기 위해, 제어 패킷을 통해 주기적으로 정보를 갱신해야 하므로, 실제 전달하는 데이터 외에 많은 네트워크 트래픽을 유발하는 단점이 있다.

On-demand routing 프로토콜은 특정 목적지에 대한 경로가 요구되었을때 경로 설정 단계가 수행된다. 경로 설정 단계가 완료되어 새로운 경로를 획득한 후 패킷 전송이 이루어진다. On-demand routing 방식은 Table-driven routing 방식과는 달리 각 노드가 네트워크 전체 정보를 알 필요가 없으므로 제어 패킷의 오버헤드가 줄고, 전체 네트

워크의 라우팅 테이블을 저장할 필요가 없다. 그러나 초기 패킷 전송시까지 지연이 발생하는 단점이 있다.

Ad Hoc 네트워크에서는 각 노드가 이동성을 가지므로 경로를 구성하는 이동 노드가 다른 곳으로 이동하면 해당 경로를 무효화 시킬 수 있다. 이때, 재경로 설정이 일어나며, 재경로 설정시 지연이 발생하게 된다. 패킷 전송 중 지연은 QoS에 좋지 않는 영향을 미친다. 따라서 노드간 연결성을 감지하고, 노드 이동에 대한 유지관리가 필요하다. 이러한 점을 고려하여 노드간 연결성을 메트릭으로 하는 라우팅 기법으로 ABR(Associativity-based routing)이 존재한다. 이 방식은 이웃 노드간 주고받는 Hello 패킷을 계속적으로 카운트하여, 이 수가 높은 노드를 경로에 포함하는 기법으로서 오랫동안 연결성을 가지는 링크를 선택하는 라우팅 기법이다. 이 라우팅 기법은 과거 노드간 연결성 정보만으로 노드를 설정하고, 경로가 손실 할 경우를 고려하지 않았다.

본 논문에서는 GPS를 사용하지 않고, 전체 노드들이 가지고 있는 이웃 노드들의 정보를 이용하여 이동 노드들의 전체적인 위치 정보를 나타내는 노드맵(node map)을 구성하는 방법을 제안한다.

## II. 관련 연구

### 2.1 Ad Hoc 네트워크

Ad Hoc 네트워크는 고정된 게이트웨이가 없는 네트워크로 모든 노드들이 이동 가능하고 동적으로 연결된다. 또한 네트워크내의 각 노드들은 다른 노드들과의 연결 경로를 설정하고 유지하는 라우터의 기능을 수행하며 무선 노드로 구성된다.

Ad Hoc 네트워크의 통신 환경을 만들기 위해서 가장 중요한 것은 임의의 두 노드들이 서로 통신하기 원할 때 두 노드들 사이의 최적 경로를 찾기 위한 동적인 경로 설정 프로토콜이다[8,9].

기존의 라우팅 프로토콜로는 DSR(Dynamic Source Routing)방식과 AODV(Adhoc On-demand Distance vector)방식이 있다.

DSR방식은 노드의 데이터 전송요구가 있을 때에만 경로 검색을 시작한다. 경로 검색시 검색 패킷을 전송하여 목적지까지의 경로를 패킷에 순차적으로 기록한다. 그리고 설정된 경로를 이용하여 데이터를 전송하며 기본적으로 양방향 링크를 지원하지만 단방향 링크에도 사용 가능하다.

AODV방식도 DSR방식과 같이 노드의 데이터 전송요구

가 있을 때에만 경로 검색을 시작한다. 경로 검색 패킷은 목적지까지의 경로를 찾아가며 경로 정보는 중간 노드들의 테이블에 저장되고 양방향 링크만 지원한다. DSR방식에서는 경로 발견 후, 그 정보를 각 노드들의 캐쉬에 저장한다. 캐쉬는 무한정 커질 수가 없기 때문에 경로 연산에 부하를 일으킨다. 한편 AODV방식은 기본적으로 각 노드에서 간단한 라우팅 테이블을 사용하여 경로를 유지한다.

라우팅 테이블을 유지하기 위해서 노드들간 주기적인 메시지 교환이 이루어지고, 이런 현상은 Ad hoc 네트워크내 트래픽을 유발시켜 대역폭을 감소시키는 단점을 가지고 있다. DSR이나 AODV와 같은 기존의 경로 설정 프로토콜들은 경로 설정 과정 동안 최소 홉 수를 갖는 경로를 선택하기 위해 노력하지만, 최소 홉 수를 갖는 경로가 최적의 경로라고는 말할 수 없다. 비록 최소의 홉 수를 갖는 경로가 다른 경로들에 비해 데이터 전송은 빠를 것이나, 최소의 홉 수를 갖는 경로를 구성하고 있는 두 노드들의 공간적인 거리는 다른 경로에 비해 상대적으로 멀다고 볼 수 있다.

인접한 두 노드 사이의 거리가 멀수록 그만큼 경로 유지 기간이 짧아지는 것으로 예측할 수 있다.

패킷을 목적지 노드 방향에 있는 중간 노드에게 받은 패킷을 전송한다.

[그림 1]은 Greedy Routing을 보여주는 그림이다. F가 소스 노드이고 D가 목적지 노드이다. 소스 노드에서 반지름이 r인 통신 범위 안에 있는 A,B,C 노드들을 각각 경로로 선택하는 경우를 예를 들면, A노드를 선택하는 경우는 소스 노드에서 가장 멀리 떨어져 있으면서 목적지 노드에 가장 가까운 노드를 선택하는 경우이고, B노드를 선택하는 경우는 소스 노드에서 가장 가까운 노드를 선택하는 경우, C노드는 소스 노드와 목적지 노드 사이에서 가장 직선에 가까운 노드를 선택하는 경우이다.

2.1절과 2.2절의 라우팅 프로토콜을 비교 하였을 때 GPS 기반으로 노드들의 위치를 파악하고 경로 설정을 하였을 때 더 좋은 결과를 얻을 수 있을 것이다. GPS 기반 라우팅 방식이 더 좋은 결과를 얻을 수 있겠지만 이러한 방식은 구축과 관리가 매우 복잡하고 고비용을 필요로 한다. 따라서 GPS를 사용하지 않고 이미 알고 있는 노드들의 정보만으로 전체노드들의 위치를 알 수 있는 방식이 필요하다.

## 2.2 GPS 기반 이동 노드들의 라우팅

GPS(Global Positioning System)는 현재까지 개발된 전파에 기반을 둔 항법 체계 중 가장 정확한 정보를 제공하고 있다. GPS 기반 경로 설정은 경로의 설정 또는 유지 보수를 필요로 하지 않는다. 위치 기반을 두고 있기 때문에 노드는 경로 테이블을 저장할 필요가 없고 최신의 경로 테이블을 위해 메시지를 전송하지 않아도 된다[10].

위치 기반 라우팅 프로토콜에서 적용되는 패킷 전송방법은 홉 단위로 목적지 노드까지 점진적으로 경로를 찾아서 패킷을 전송하는 greedy 알고리즘과 패킷을 복제하여 브로드캐스트하는 flooding 알고리즘으로 구분된다[11].

## III. 노드맵 구성 방식

본 논문에서 제안하는 방식은 GPS를 이용하지 않고 각 노드 정보를 이용해서 전체 노드맵 구성도를 만드는 것이다.

### 3.1 노드맵 구성 알고리즘

각 노드들이 가지고 있는 정보를 이용해 본 논문에서 제안하는 노드맵 구성 알고리즘을 적용하여 Ad Hoc 네트워크의 전체 노드맵 구성도를 얻을 수 있다.

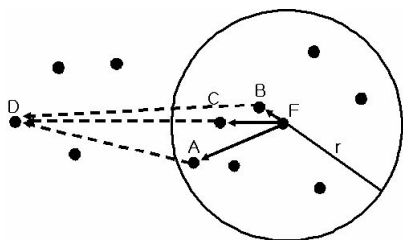
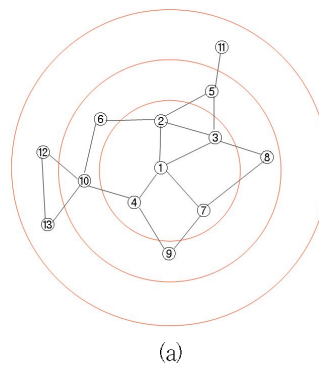


그림 1. 그리디 라우팅  
Fig 1. Greedy Routing

Greedy Routing 설정을 이용하면, 중간 노드는 받은



(a)

노드 정보	
①:	{②, ③, ④, ⑦}
②:	{①, ③, ⑤, ⑥}
③:	{①, ②, ⑤, ⑧}
④:	{①, ⑨, ⑩}
⑤:	{②, ③, ⑪}
⑥:	{②, ⑩}
⑦:	{⑧, ⑨}
⑧:	{③, ⑦}
⑨:	{④, ⑦}
⑩:	{④, ⑥, ⑫, ⑬}
⑪:	{⑤}
⑫:	{⑩, ⑬}
⑬:	{⑩, ⑫}

(b)

그림 2. (a)전체 노드맵 구성도  
(b) 각 노드 정보  
Fig 2. (a) Composition of all node Map  
(b) Information of each node

[그림 2]에서 보는 것과 같이, (a)의 노드 전체 맵 구성도는 실제 노드들의 위치를 보여주는 맵이다. (b)의 노드 정보는 각 노드들이 통신을 시작하면서 서로 One hop 거리에 있는 이웃 노드들의 정보이다. 이 테이블의 노드 정보를 이용하여 전체 노드맵을 구성할 수 있다.

[그림 2]에서 (b)의 노드 정보 테이블을 이용하여 노드맵 구성 알고리즘 1)에 적용하면 [그림 3]의 (a)~(m)까지의 이웃 노드맵을 그릴 수 있다.

노드맵 구성 알고리즘은 다음과 같다.  
조건: 인접 노드의 수가 적은 노드부터 처리  
1) 각 노드들을 이웃 노드들의 정보를 이용하여 각각의 Map Graph 구성  
2) 각 노드의 Map Graph 구성을 비교하여 중복되는 ID를 가진 노드를 기준으로 Graph통합  
3) 중복된 ID가 없는 노드는 신호세기만큼 임의 배치

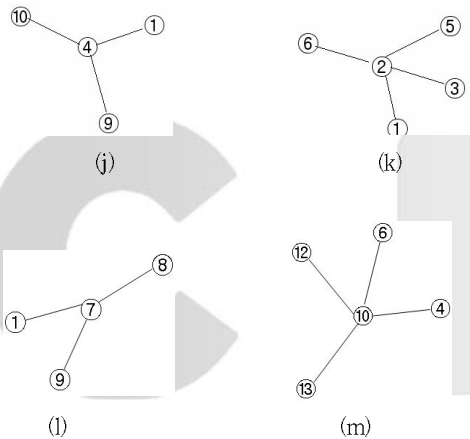
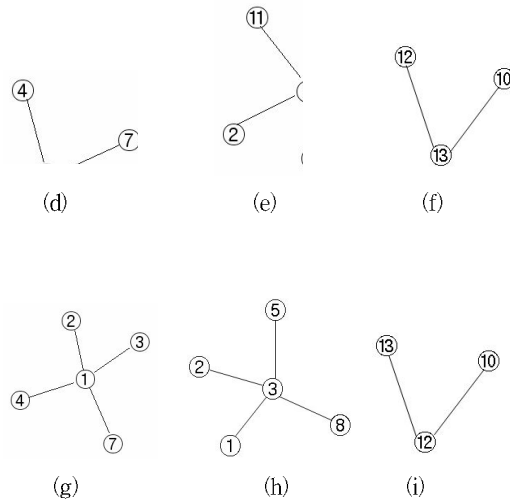
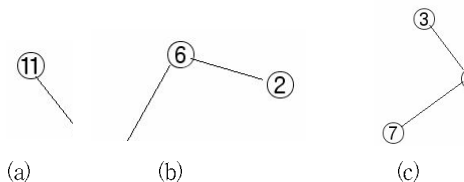


그림 3. (a)~(m)은 각 노드의 이웃 노드맵  
Fig 3. (a)~(m) Neighbor node Map of each node

각각의 이웃 노드맵을 이용하여 중복된 노드끼리 통합시킴으로써 전체 노드맵을 구할 수 있으며, 전체 노드맵이 완성됨으로써 전체 라우팅 테이블 정보도 얻을 수 있다.

### 3.2 구현 절차

3.1절에서 언급한 노드맵 구성 알고리즘을 기반으로 구현 절차를 의사 코드(pseudo code)로 정리하면 [그림 4]와 같다.



```

1) k를 1로 초기화 (k = hop count)

2) 전체 노드 중 시작 노드 선택 (가장 낮은 ID를 가진 노드 선택)

3) 선택된 노드의 이웃 노드가 가지고 있는 정보 비교
  ① if 이웃 노드의 정보 중 중복된 ID를 가진 노드가 있으면 중복된
  노드를 가지고 있는 노드들을 서로 이웃하게 배치
  else {
    k hop 거리 내 신호세기만큼 임의 배치
  }

4) k hop 거리 내에 있는 노드 중 가장 낮은 ID를 가진 노드 선택
  ① 3) 과정 수행
  ② k hop 거리 내에 있는 노드 중 선택된 노드를 제외한 나머지
  노드 중 가장 낮은 ID를 가진 노드 선택
  ③ if (선택된 노드가 있으면)
  ④ ① 과정 수행

5) k = k + 1
   if ( k hop 거리 내에 노드가 없으면)
   종료
   else {
     k hop 거리 내에 있는 노드들 중 선택되지 않은 가장 낮은
     ID를 가진 노드 선택
     ④ ① 과정 수행
   }
    
```

그림 4. 노드맵 구성 알고리즘  
Fig 4. node map composition algorithm

### IV. 성능 평가

#### 4.1 시뮬레이션 환경

본 논문의 성능 평가를 위한 시뮬레이션 환경은 MS-Windows XP/MS-Visual C++ 6.0 환경에서 이루어 졌다. 시뮬레이션 영역은 1000 x 1000으로 설정하였으며, 노드의 통신 반경은 250m로 하였다. 노드맵을 구성하기 위하여 13개의 노드를 이용하였으며, 각 노드들은 1 홉(hop) 거리에 있는 이웃 노드들의 정보를 가지고 있다. 1 홉의 이웃 노드들의 정보를 이용하여 본 논문에서 제안한 방식을 성능 평가 하였다.

#### 4.2 시뮬레이션 결과

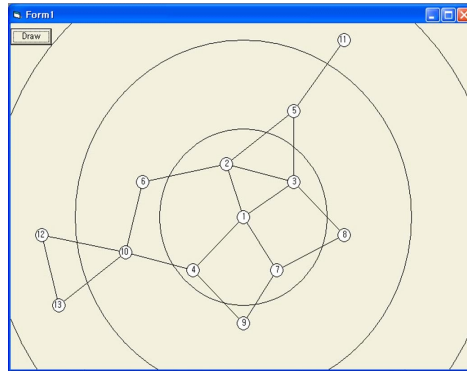


그림 5. 노드맵 구성도  
Fig 5. Node Map Composition

[그림 5]는 본 논문에서 제안한 이웃노드의 정보를 이용하여 노드맵 구성 알고리즘을 적용하여 시뮬레이션한 결과이다. 시뮬레이션 결과를 살펴보면, 본 논문에서 제안한 노드맵 구성 알고리즘을 사용하여 구성된 노드맵이 실제 노드들의 위치를 나타내는 맵인 [그림 2(a)]와 유사함을 볼 수가 있다. 고가의 GPS장비를 사용하여 노드들의 위치를 파악하여 노드맵을 추출하더라도, 실제 노드들의 위치를 나타내는 [그림 2(a)]와 유사할 것이다. 본 논문에서 제안한 방식은 구축과 관리가 복잡하고 고 비용이 필요한 GPS장비를 사용하지 않고, 간단하게 Ad hoc 네트워크의 전체 노드들의 위치를 알 수 있는 노드맵을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

### V. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 GPS를 사용하지 않고, 전체 노드들의 정보만을 이용하여 Mobile Ad hoc 네트워크의 전체적인 위치 정보를 나타내는 노드맵을 구성하는 방법을 제안하고 구현하였다. GPS를 사용한 노드맵보다는 위치 정보의 정확성은 떨어지지만 전체 노드들의 연결 구성은 유사하게 구현된 것을 볼 수 있었다.

그리고, 이웃 노드의 정보와 각 노드들 간의 신호세기 값을 함께 이용함으로써 현실에 가까운 노드맵을 구현할 수 있었다.

제안한 방식은 고가의 GPS장비를 사용하지 않고도 간단

하게 GPS장비를 사용한 효과를 볼 수 있음을 확인하였다.

향후 과제로는 각 노드들의 이웃정보와 신호세기 뿐만 아니라, 각 노드들의 정확한 이동방향을 적용시킴으로써 현재 구현된 노드맵보다 더 정확한 노드맵을 구성하는 것이다. 그리고 구성된 노드맵을 관찰함으로써 미래 연결성을 예측할 수 있는 기법에 대한 연구도 필요하다.

## 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] Charles E. Perkins and Bhagwat, "Highly dynamic destination sequenced distance-vector routing(DSDV)for Mobile Computers," ACM SIGCOMM, Oct., 1994.
- [4] S. Murthy and J. J. Garcia-Luna-Accves, "An Efficient Routing Protocol for Wireless Networks," ACM Mobile Networks and App. J., Special Issue on Routing in Mobile Communication Networks, pp. 183-197, Oct. 1996.
- [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] C. E. Perkins and E. M. Royer, "Ad-hoc On-Demand Distance Vector Routing," in Proceedings of the 2nd IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, New Orleans, LA, pp. 90-100, Feb. 1999.
- [7] C. Perkins, E. Belding-Royer, S. Das, "RFC 3561-Ad hoc On-Demand Distance Vector(AODV) Routing," 2003.
- [8] Charles Perkins, Elizabeth M. Royer, "Ad Hoc On Demand Distance Vector (AODV) Routing," Internet draft, IETF, Aug. 1998.
- [9] Josh Broch, David B. Johnson, David A. Maltz, "The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks," Internet draft, IETF, March, 1998.
- [10] Widmer, J., Mauve, M., Hartenstein, H., FuBler, H. "Position-Based Routing in Ad-Hoc Wireless Networks." In: The Handbook of ad Hoc Wireless Networks. Hrsg., Ilyas, Mohammad. Band, Auflage Boca Raton, FL. CRC Press, 2002, S. 12-1 - 12-14
- [11] P. Bose et al., "Routing with Guaranteed Delivery in Ad hoc Wireless Networks," Proc. 3rd ACM, Int'l Wksp, Discrete Algorithms and Methods for Mobile Comp, and Commun., pp. 48-55. 1999.



## 저자 소개



### 장우석

2000년 8월 : 영남대학교 컴퓨터공학박사수료

2001년 ~ 현재 : 구미1대학 교수

관심분야 : 컴퓨터네트워크, 이동컴퓨팅, 네트워크성능평가