

애드혹 네트워크에서의 효율적인 경로 탐색 에 관한 연구

김경자, 홍성옥, 장태무
동국대학교 컴퓨터공학과
e-mail : sunaunt@hanmail.net

A Study for Efficient Route Discovery in Ad-Hoc Networks

Kyoung-Ja Kim, Sung-Ock Hong, Tae-Mu Chang
Dept. of Computer Engineering Dongguk University

요 약

애드혹 네트워크는 고정된 기반 구조 없이 이동 호스트들만으로 구성된 네트워크이다. 이러한 네트워크는 노드의 이동으로 인한 토폴로지의 잦은 변화로 관리면에서 많은 어려움을 가진다. 이에 잦은 네트워크 변화에 빠르게 대응될 수 있는 방안이 모색되어지고 있다.

본 논문에서는 기존의 ZRP(Zone Routing Protocol)를 기반으로 라우팅 경로의 전체적인 홉(hop) 수를 줄이고, 경로상의 노드들끼리의 인증을 통하여 라우팅 경로의 신뢰성을 향상시키는 경로 탐색 방안을 제안하였다. 또한 토폴로지의 잦은 변화로 인한 라우팅 경로 유지의 어려움을 질의 제어 메커니즘을 통하여 해결하고자 시도하였다. 라우팅 경로의 길이가 짧아지고 라우팅 경로 메시지의 전이 범위를 줄임으로써 네트워크에 빠르게 대응될 수 있도록 하였다.

본 논문의 방안은 시뮬레이션을 통하여 그 효율성을 입증할 수 있었다.

1 서 론

애드혹 네트워크는 다음과 같은 몇 가지 특성을 가지며, 기존의 애드혹 네트워크를 위한 라우팅 프로토콜은 이와 같은 다양한 네트워크 특성들을 고려하여 연구되어지고 있다. 첫째, 노드의 이동에 따라 네트워크의 토폴로지가 동적으로 변환한다. 네트워크 토폴로지의 변화는 빈번한 루트 정보의 갱신을 야기시켜 루트 정보의 관리를 복잡하게 하며, 이를 위한 라우팅 제어 메시지는 네트워크의 오버헤드로서 작용한다. 이에 라우팅 제어 메시지에 의한 오버헤드 감소를 위한 방안과 루트 정보의 효율적인 관리를 위한 연구들이 진행되어지고 있다. 둘째, 이동 노드들은 무선 인터페이스를 사용하여 서로 통신한다. 무선 인터페이스는 기본적으로 전송 대역폭 및 전송 거리 상의 제약이 있다. 따라서, 원거리 노드들간의 통신을 위해서는 멀티 홉 통신이 필수적이다. 멀티 홉 통신을 위해 각 노드는 호스트 기능 외에 라우팅 기능도 포함되어야

한다. 셋째, 이동 노드들은 제한된 용량의 배터리를 사용하기 때문에 에너지 사용에 있어 제약이 크다. 그럼에도 불구하고 일반적으로 기존 네트워크에서 적용되는 연결 접속 및 트래픽 요구 사항, QoS 등이 애드혹 네트워크에서도 동일하게 요구된다. 이는 애드혹 네트워크 기술의 다양성과 난이도를 어렵게 하는 요인이 된다. 따라서, 배터리 상태를 고려한 통신이 필요하다.

마지막으로 이동 노드들은 무선 인터페이스를 사용하여 서로 통신하고 있으며, 모든 노드들이 라우팅의 기능을 가지고 있기 때문에 보안 상으로 매우 취약한 단점을 가지고 있다. 특히, 브로드캐스팅되는 라우팅 제어 메시지는 해킹의 위험이 크다. 현재의 애드혹 네트워크의 연구들은 위의 특성들을 고려한 신뢰성 있는 라우팅 경로의 유지 방안과 라우팅 프로토콜들이 연구되어지고 있다.

본 논문에서는 애드혹 네트워크에서 토폴로지의 잦은 변화에 빠르게 대응될 수 있는 방안을 제시한다.

즉, 라우팅 경로상의 노드간 인증을 통하여 라우팅 경로의 신뢰성을 향상시키고, 존 헤드(Zone Head) 선출 알고리즘에 의해 선출된 존 헤드 노드를 통해 라우팅 경로상의 전체적인 홉 수를 줄이고자 한다.

2 관련 연구

기존의 네트워크에서 사용이 되는 RIP(Routing Information Protocol) 또는 OSPF(Open Shortest Path First)와 같은 라우팅 프로토콜들은 유동성이 적은 안정된 네트워크 환경에서 주기적인 라우팅 테이블 관리로 동작하므로, 주기적인 메시지의 교환이 요구되어 대역폭의 낭비가 심하고 네트워크의 동적인 변화에 빠르게 대응하지 못하므로 이를 그대로 이동 애드혹 네트워크에 적용하기에는 많은 오버헤드가 따른다. 따라서 애드혹 라우팅 프로토콜에 대한 연구로는 기존의 라우팅 프로토콜을 변형하거나 새로운 방식의 라우팅 프로토콜이 주된 연구 대상이 되고 있다[1].

현재 애드혹 네트워크의 라우팅 프로토콜은 크게 테이블 관리 방식(Table-driven 또는 Proactive)과 요구 기반 방식(On-Demand 또는 Reactive)으로 분류되어진다[2].

테이블 관리 방식의 라우팅 프로토콜은 주기적으로 또는 네트워크 토폴로지가 변화할 때 라우팅 정보를 브로드캐스팅함으로써 모든 노드가 항상 최신의 라우팅 정보 테이블을 유지한다. 이러한 라우팅 정보 테이블은 항상 최신의 경로 정보를 유지하기 때문에 경로 탐색을 요구하는 즉시 라우팅 경로의 사용이 가능하게 된다는 장점을 가진다. 반면에, 주기적으로 라우팅 메시지의 교환이 이루어져야 하므로 제어 오버헤드가 높다는 단점이 있다. 따라서 테이블 관리 방식의 라우팅 프로토콜에서는 제어 메시지의 양을 최소화하는 방향으로 연구가 진행되고 있다. 이에 해당되는 라우팅 프로토콜에는 DSDV(Destination Sequenced Distance Vector Routing)와 DSDV가 변형된 CGSR(Clusterhead Gateway Switch Routing) 그리고 WRP(Wireless Routing Protocol)등이 있다.

애드혹 네트워크의 다른 분류의 라우팅 프로토콜인 요구 기반 방식은 라우팅 경로 요구가 있을 때 라우팅 메시지를 교환하여 라우팅 경로를 설정하게 된다. 요구가 있을 때 경로가 설정되기 때문에 테이블 관리 방식이 가지는 제어 메시지 오버헤드의 문제를 해결한다. 반면에, 첫번째 패킷을 전송하기 전에 경로 탐색으로 인해 전송의 지연 시간을 가진다는 단점이 있다. 이러한 문제점으로 인하여 요구 기반 방식의 라우팅 프로토콜들은 최적의 경로 탐색과 더불어 경로 탐색 지연 시간을 최소화하는 데 초점을 맞추고 있다. 요구 기반 방식의 프로토콜로는 AODV(Ad Hoc On Demand Distance Routing), DSR(Dynamic Source Routing), TORA(Temporally-Ordered Routing Algorithm)이 대표적이다.

기존의 라우팅 프로토콜들은 경로 설정에 있어서 더욱 빠르고 효율적인 측면만을 고려해 왔으나, 기반 구조를 가지지 않는 애드혹 네트워크에서는 각 노드들의 이동성으로 인한 문제점들을 보완하기 위한 방

안들을 제안하고 있다.

또한 신뢰성 측면에서는, 고정된 기반 구조를 기반으로 이루어진 네트워크와 같이 애드혹 네트워크의 보안 요구 조건은 동일하나, 일반 네트워크 보다는 더욱 보안면에서 취약한 점을 가지고 있다. 애드혹 네트워크에서의 각 노드에 대한 신분 검증은 할 수가 없고, 멀티 홉 방식에 의해 라우팅을 할 경우 악의적인 중간 노드에 의해 발생할 수 있는 데이터의 무결성 및 기밀성 문제가 제기된다. 반면에, 각 노드들 사이의 신뢰성 문제를 해결하기 위한 방안으로 서로간의 인증 절차를 따르다 보면 노드와 네트워크 전체에 심각한 부하를 주게 된다. 이에 애드혹 네트워크에 적합한 알고리즘이나 키 분배 및 인증 프로토콜 개발이 현실적으로 필요하다.

따라서, 본 논문에서는 테이블 기반 방식과 요구 기반 방식을 혼합하여 만들어진 ZRP[3]를 바탕으로 하여 라우팅 경로의 전체적인 홉 수를 줄이고, 각 노드들 사이의 상호 인증 절차를 두어 신뢰성을 높일 수 있는 방안을 제안하고자 한다.

3 제안한 경로 탐색 기법

3.1 라우팅 경로 설정

본 장은 ZRP를 바탕으로 제안하는 경로 탐색 기법을 보인다. ZRP에서의 라우팅 경로 탐색 기법으로는 RREQ를 목적 노드에게 전달될 때까지 거쳐간 노드를 기록해 나가는 방식으로 해당 노드를 찾은 경우에 RREP를 전송하게 된다. RREQ에는 목적 노드, 소스 노드, 요청 ID를 통해 식별하게 된다.

RREQ를 받은 노드의 동작으로는 복제된 RREQ인 경우나 자신의 주소가 패킷에 기록된 경로상에 있으면 해당 요청을 무시하게 된다. 그리고 RREQ의 목적 노드가 자신이면 RREP를 전송하게 되고, 자신이 목적노드가 아닌 경우에는 RREQ를 다른 노드에게 전이 시키게 된다.

본 논문에서는 ZRP를 기반으로 하여 ZH 선출 방식을 적용하여 소스 노드에서 목적노드까지의 라우팅 경로의 전체적인 홉 수를 줄이고, 경로상의 노드들끼리의 인증을 통하여 라우팅 경로의 신뢰성을 향상시키는 경로 탐색 방안을 제안한다.

3.1.1 Zone Head 선출 및 기능

ZRP에서의 존의 범위는 각 노드를 중심으로 정해진 홉 수까지의 노드를 해당 노드의 존이라 한다. 또한 본 논문에서는 ZH 선출 방식에 의해 선출된 ZH가 존재한다. 선출된 ZH는 라우팅 경로 설정 시, 라우팅 경로를 줄일 수 있는 역할뿐만 아니라, ZH간의 인증을 통해 라우팅 경로의 신뢰성을 높일 수 있다.

ZH 선출 방식은 CGSR(Clusterhead Gateway Switch Routing Protocol)[4]의 클러스터 헤드 선출 방식을 응용하였다. CGSR에서의 클러스터헤드 선출 방식과 동일한 Voting 알고리즘을 적용하여 선출하게 된다. 하나 이상의 Voting 패킷을 받은 노드에 대해서는 ZH의 역할을 부여하며, 다른 일반 노드와 같이 "HELLO" qp

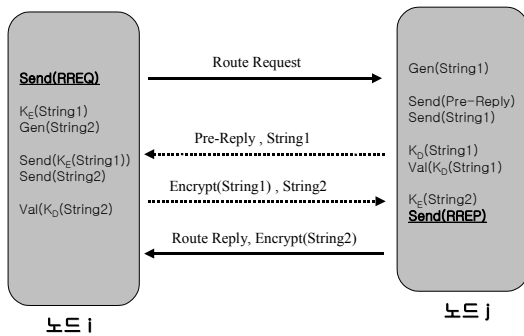
컨을 전송하여 라우팅 정보 테이블에 필요한 정보를 유지하게 된다.

[5]의 Clustered Network-Monitoring Node Selection Algorithm 에서 전체 노드 수에 비례하여 네트워크 모니터로서의 선출된 노드의 수를 비교한 결과를 보면, 전체 노드 수가 일정 수준까지 증가해도 전체 ZH 의 수는 대략 전체 노드의 10%정도가 된다. 따라서, 알고리즘 적용 첫 단계에서 결정되는 홉 수에 따라 ZH 로의 선출 노드 개수가 달라지게 되므로, 홉 수의 결정은 전체적인 네트워크에서의 ZH 의 노드 수에 영향을 줄 뿐만 아니라, 전체적인 ZH 의 수가 달라지면 그 만큼의 메시지 전송이 필요하게 된다.

3.1.2 노드 간 인증 방식

일반적으로 라우팅 경로의 설정 과정을 보면, RREQ 를 근접한 노드들에게 보내고, 그에 해당되는 RREP 를 받음으로 해서 라우팅 경로가 설정되게 된다. 이러한 라우팅 경로 설정 과정에서 RREP 를 받는 동안 노드끼리의 인증을 통하여 라우팅 경로의 신뢰성을 향상시키고자 한다.

신뢰성 향상을 위한 제안 방법으로는 일반적인 상호인증 방식을 따른다. RREP 를 보내는 과정에서 3 중 통신 프로토콜(Three Way Communication Protocol)[6]을 적용하여 노드간 상호 인증을 하게 된다.



[그림 1] 두 노드간 3 중 통신 프로토콜

[그림 1]은 RREP 를 보낼 때의 3 중 통신 프로토콜을 이용한 상호 인증 과정을 보여준다. 일반적인 설정 과정은 노드 i 는 노드 j 에게 RREQ 를 보내고, 노드 j 는 RREQ 에 해당되는 RREP 를 보낸다. 그러나 3 중 통신 프로토콜에서는 RREP 를 보내기 전에 Pre-Reply 와 무작위로 선정된 문자열 1(String1)을 같이 보낸다. 노드 i 는 암호화 된 문자열 1 과 노드 i 에서 생성한 문자열 2(String2)를 같이 전송하게 된다. 노드 j 는 암호화되어 전송되어진 문자열 1(String1)을 복호화하여 자신이 생성된 문자열 1(String1)과 일치하는지 검증하게 된다. 또한 노드 j 는 노드 i 에서 보낸 문자열 2(String2)를 암호화하여 RREP 와 함께 전송한다. 노드 i 에서 문자열 2(String2)의 검증 단계도 입증되면, 두 노드 i 와 j 는 상호 인증이 이루어지게 된다.

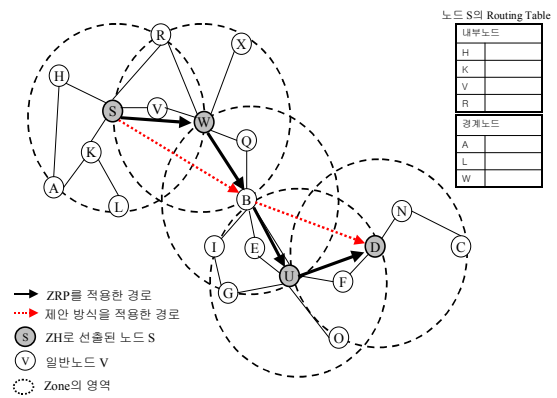
이러한 인증 단계를 진행하는 동안에 검증이 이루

어지지 않는 경우에는 해당 패킷(RREQ)은 삭제된다. 라우팅 경로 설정 과정에서의 모든 노드들은 노드간 인증 절차인 3 중 통신 프로토콜을 적용하여 라우팅 경로상의 모든 노드들은 인증을 받게 된다.

3.1.3 라우팅 경로 설정 과정

본 절에서는 제안한 경로 설정 방식을 적용하여 노드 S 에서 노드 D 까지의 라우팅 경로를 설정하는 과정을 보여준다.

다음의 [그림 2]에서 노드 S, W, U, D 는 각각의 존을 형성하면서 ZH 선출 방식에 의해 선출된 ZH 노드로 가정한다. 기존의 ZRP 에 의해 설정된 라우팅 경로는 S, W, B, U, D 이고, 제안한 경로 탐색 기법을 적용하여 S, B, D 로 새로운 경로가 설정됨을 보인다.



[그림 2] 제안한 경로 탐색 기법에 의한 라우팅 경로 설정 과정

본 논문에서는 기존의 ZRP 와 같은 형식으로 모든 노드들이 정기적으로 “HELLO” 베컨을 보내어 일정 시간(Time-To-Live) 안에 응답이 오는 노드들에 대한 라우팅 테이블을 유지하게 된다.

[그림 2]은 중간 경로를 알고 있는 노드가 없이 목적 노드까지 RREQ 가 전이된 상태로 본다. RREQ 를 받은 목적노드 D 는 RREQ 의 전이 경로의 역으로 노드 U 에게 3 중 통신 프로토콜의 과정을 거쳐 인증을 한 후 RREP 를 보낸다.

RREQ 를 전이 시켜나가는 과정은 내부노드와 경계노드로 구분하여 내부노드를 우선으로 RREQ 를 보내어 해당 되는 RREP 를 기다린다. 해당 RREP 가 없는 경우에는 경계노드로 RREQ 를 전이 시킨다. RREQ 를 전이 받은 경계노드는 개별적으로 위의 과정을 반복하여 목적 노드를 찾을 때까지 RREQ 를 전이 시켜나간다.

본 제안 방식에서는 RREP 를 전이 시켜나가는 경로 상에 노드 D, B 가 노드 U 의 같은 존에 존재하는 것과 같은 경우에는 ZH 노드 U 는 노드 B 와 D 의 새로운 설정을 형성하게 된다. 이러한 과정을 통해서 본 제안 방식은 ZRP 를 바탕으로 하는 라우팅 경로 S, W, B, U, D 보다 두 홉이 줄어든 S, B, D 의 경로로 설정되게 된다.

4 실험 및 성능 평가

본 논문에서는 기존의 ZRP 와 제안한 경로 탐색 기법을 시뮬레이션을 통하여 경로 탐색 시간과 평균 데이터 수신율을 비교 분석하였다. 실험은 버클리(Berkley)대학의 Network Simulator 2.26(NS-2.26)[7]을 사용하였다.

실험 환경으로는 [표 1]와 같은 환경에서 각 노드의 속도를 1m/s, 10m/s, 20m/s 로 변화를 주었고, 50 개의 노드 중 10 개의 노드가 소스 노드로서 RREQ 를 요청하게 되고, 나머지 노드들은 중간 노드 또는 목적 노드의 역할을 하게 된다. 실험에 사용된 MAC layer 는 NS-2.26 에 포함되어 있는 IEEE 802.11 을 사용하였다.

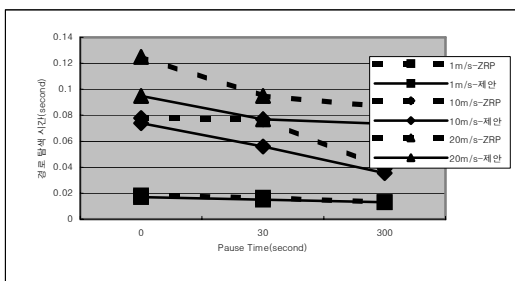
또한, 노드들의 이동성에 인한 대응 시간을 알아보기 위해 휴지 시간(Pause time)의 0, 30, 300 초로 변화를 주었다.

[표 1] 실험 환경 변수

환경 변수	변수 값
실험 크기	1500m*300m
실험 시간	900 초
노드 수	50 개
데이터 패킷 크기	512Kbyte
트래픽 형태	4 CBR

본 실험에서의 평균 경로 탐색 시간은 소스 노드에서 경로 탐색을 위해 RREQ 를 보낸 후, RREP 를 받을 때까지의 시간으로 측정되었고, 평균 데이터 수신율은 소스 노드에서 전송된 데이터에 비례하여 목적 노드에서 수신된 데이터의 비율을 계산하였다.

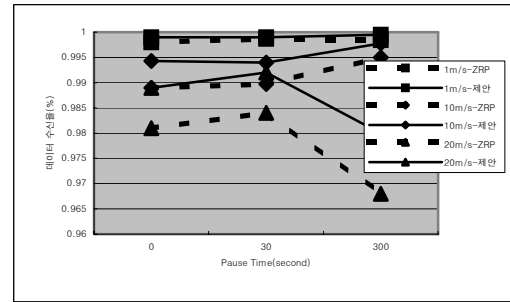
[그림 3]은 ZRP 와 제안 방식의 평균 경로 탐색 시간을 나타낸다. 노드의 이동 속도를 변화시킨 모든 경우에 기존의 ZRP 방식보다 제안 방식의 경로 탐색 시간이 짧음을 볼 수 있다. [그림 4]는 목적 노드에서의 평균 데이터 수신율을 나타낸다. 제안 방식은 기존의 ZRP 보다 더 나은 데이터 수신율을 보인다.



[그림 3] ZRP 와 제안 방식의 경로 탐색 시간

실험의 결과를 보면, 평균 경로 탐색 시간은 ZRP 방식보다 제안 방식이 대부분의 상황에서 매우 안정적이며 빠른 탐색 시간을 보여주었고, 평균 데이터 수신율의 경우에는 두 방식 모두 높은 노드 이동 속도에 대해서는 대응 시간이 충분하지 않음을 보였으나, ZRP

방식보다는 제안 방식의 데이터 수신 감소율이 적음을 보였다.



[그림 4] ZRP 와 제안 방식의 데이터 수신율

5 결론 및 향후 연구 과제

본 논문은 애드혹 네트워크의 테이블 기반 방식과 요구 기반 방식을 혼합한 ZRP 를 바탕으로 하여 좀더 효율적이고 잦은 토폴로지의 변화에 빠르게 대응할 수 있는 라우팅 경로 탐색 기법을 제안하였다.

제안한 기법은 실험을 통하여 기존의 ZRP 방식보다 더 빠른 라우팅 경로 탐색 시간을 보임으로써 노드의 이동에 있어서 더 빠른 대응 능력을 보임을 입증하였다. 또한 데이터 수신율에 있어서도 적은 데이터 손실을 보임으로써 라우팅 경로 유지면에서 더 좋은 성능을 보이고 있다.

애드혹 네트워크에서는 보안측면에서 외부로부터의 침입을 전체적인 네트워크측면에서 탐지하고 막을 수 있는 방법이 부족하기 때문에, 네트워크의 신뢰성을 향상시킬 수 있는 방안과 침입 감내 방안을 모색하고자 한다.

참고문헌

- [1] M. R. Elizabeth, "A Review of Current Routing Protocols for Ad Hoc Mobile Wireless Networks", IEEE Personal Communication, pp46-55, 1999.
- [2] J. Broch, D. A. Maltz, D. B. Johnson, Y. C. Hu, and J. Jetcheva. "A Performance Comparison of Multi-Hop Wireless Ad Hoc Network Routing Protocols", In Proc. of the ACM/IEEE MobiCom, October 1998.
- [3] Z. J. Haas and M. R. Realman, "The Zone Routing Protocol for Ad Hoc Networks", Internet Draft draft-zone-routing-protocol-01.txt, Aug, 1998.
- [4] C. Chinang, "Routing in Clustered Multihop, Mobile Wireless Networks with Fading Channel", Proceeding of IEEE SICON, April 1997.
- [5] Kachirski and R. Guha, "Intrusion Detection Using Mobile Agents in Wireless Ad Hoc Networks", Proceedings of the IEEE Workshop on Knowledge Media Networking(KMN'02), PP:153-158, 2002.
- [6] L. Venkatraman and D.P. Agrawal, "A novel authentication in ad hoc networks", Proceedings of the second IEEE Wireless Communications and Networking Conference, Chicago, September 2000.
- [7] F. Kevin and V. Kannan, The Network Simulator-NS2, The VINT Project, UC Berkeley, LBL, USC/ISI, and Xerox PARC, November 1997. Available from <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.