

이동 노드의 다중 속성을 고려한 효율적인 요구 라우팅 프로토콜

이중호*, 윤희용*, 민수영**, 고재진**

*성균관대학교 정보통신공학부, **전자부품연구원 정보시스템연구센터
{glizid, youn}@ece.skku.ac.kr*, {minsy, jaejini}@keti.re.kr**

Efficient On-Demand Routing using Variability of Mobile Nodes

Jong Ho Lee*, Hee Yong Youn*, Soo Young Min**, Jaejin Ko**

*School of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University,
**IT System Research Center, Korea Electronics Technology

요 약

Ad Hoc 네트워크는 유선 기반망을 배제한 완전한 모바일 네트워크이다. 이동성이 큰 Ad Hoc 네트워크 안에서는 주기적으로 라우팅 패킷을 전송함으로써 네트워크의 성능을 저하시킬 수 있다. 네트워크의 오버헤드를 줄이고 노드 에너지 보존을 위해서 주로 소스 기반의 요구 기반 라우팅 기법이 사용되는데, 기존의 기법은 모든 노드의 자원과 능력을 동일시하여 경로 설정이 이루어진다. 본 논문에서는 모바일 노드들의 에너지와 전파 전송 범위가 서로 다른 점에 착안하여 요구 기반 라우팅에서 서로 다른 데이터 전송 범위를 갖는 노드를 설정하였다. 노드의 정지 시간과 전파 전송 범위를 달리하여 시뮬레이션한 결과 기존의 요구 기반 라우팅 방법에 비해 현저히 라우팅 패킷의 수를 줄여 데이터 패킷 전송률을 높이고 네트워크의 오버헤드를 줄일 수 있었다.

1. 서론

Ad Hoc 네트워크는 고정된 기반망의 도움 없이 무선 인터페이스를 가진 이동 노드들 간에 구성되는 동적 네트워크이다. Ad Hoc 네트워크는 망 형태의 비예측성, 제한된 대역폭, 에너지 그리고 메모리 등의 성격을 가진다. 이러한 무선 동적 네트워크는 매 순간마다 망의 형태가 변화하고 높은 이동성을 가지므로, 각 무선 노드 간의 데이터 교환을 위한 라우팅 기법이 매우 중요하다.

Ad Hoc 네트워크에서 제안된 라우팅 기법은 크게 테이블 기반(Table driven)방식과 요구 기반(On-demand driven)방식으로 분류된다. 테이블 기반 방식은 모든 노드들의 라우팅 정보를 라우팅 테이블에서 상시 유지함으로써 전송 필요 시 별도의 경로 설정없이 라우팅 테이블의 정보를 이용 전송함으로써 경로 구성의 지연이 짧다. 그러나 주기적인 라우팅 플러딩을 통해서 무선 대역을 낭비하고, Ad Hoc 네트워크의 높은 이동성에 기인한 라우팅 패킷이 증가해 네트워크의 성능이 떨어질 수 있다. 반면, 요구 기반 방식은 데이터 전송 필요시에만 경로 설정을 수행한다. 이는 주기적인

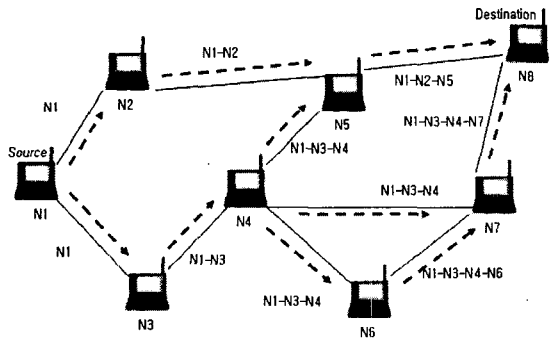
라우팅 패킷 전송이 필요 없어 경로 설정의 오버헤드는 줄일 수 있으나, 데이터 전송시 경로 설정 후 데이터를 전송하기 때문에 즉각적인 실시간 통신이 가능하지 않다는 단점이 있다. 두 방법 모두 장단점을 가지고 있지만, 현재로서는 노드의 이동성과 Ad Hoc 네트워크의 갖가지 제한을 해결하기 위해서 요구 기반 방식이 많이 사용된다.

기존의 요구 기반 라우팅 프로토콜은 각각의 노드를 동일한 전파반경과 임의의 이동 속도와 좌표 네트워크 위치를 기준으로 설계 되었다. Ad Hoc 네트워크 라우팅 설계에서 중요한 부분이 송수신을 위한 경로 설정과 노드의 이동 후 바뀌는 경로 관리이다. 본 논문에서는 기존의 요구 기반 라우팅 시에 발생하는 경로 설정 오버헤드를 줄이기 위해 실제 노드들이 가지는 전파반경 차이를 다르게 설계하여 라우팅 시에 노드의 자원이 충분한 노드들 간에 경로 설정을 하게 함으로써 라우팅 오버헤드를 줄이는 방법을 제안한다. 제안된 방식은 NS2 시뮬레이터를 사용하여 데이터 패킷 전송율과 라우팅 오버헤드에 대해 평가하는데, 기존 방식에 비교하여 두가지다 현저한 향상을 보인다.

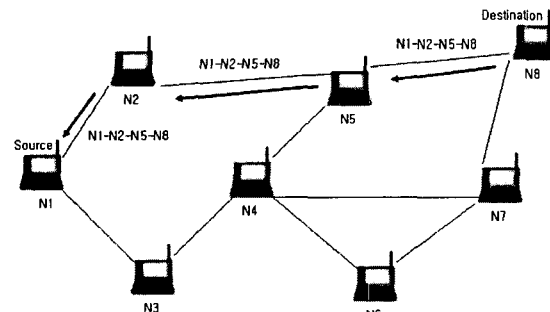
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존 요구 기반 라우팅 기법에 대해서 알아보고, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 무선 전송 거리에 따른 노드의 분류와 라우팅 기법에 대해서 알아보고, 제안된 방식을 시뮬레이션을 통해서 라우팅 성능과 오버헤드를 평가한다. 마지막으로 4장에서는 결론 및 향후 연구과제를 제시한다.

2. 관련 연구

Ad Hoc 네트워크에서는 각 노드 간의 높은 이동성 때문에 노드간의 통신을 위해서 적절한 라우팅이 필수적이다. 각 노드는 기본적으로 작은 자원을 가지고 있는 반면에 이동성은 높아, 유선망에 비해 에너지 소모가 많다. 또한 라우팅 시에 불필요한 플러딩 패킷의 발생으로 네트워크 오버헤드가 증가한다. 경로 설정을 위해서 주기적으로 발생하는 패킷 오버헤드를 감소시키기 위해서 최근들어 테이블 기반 방식 보다는 요구 기반 방식의 라우팅 기법이 많이 사용된다. 요구 기반 방식의 라우팅 기법에는 DSR(Dynamic Source Routing)[2], TORA(Temporally Ordered Routing Algorithm)[7], AODV(Ad Hoc On-Demand Distance Vector Routing) [6] 등이 있다.



(a) 경로 탐색에 의한 경로 레코드 생성



(b) 경로 레코드 반환
그림 1. DSR 경로 탐색.

DSR은 요구 기반 방식의 대표적인 라우팅 기법으로 Carnegie Mellon University에서 고안되었다. 모바일 노드들은 소스 노드부터 목적지 노드까지의

경로를 포함하는 경로 캐쉬(route cache)를 유지한다. DSR은 크게 경로 발견(route discovery)과 경로 유지(route maintenance) 과정으로 나누어진다.

경로 발견은 소스 노드가 통신이 필요할 때 수행한다. 소스 노드는 경로 캐쉬에 목적지 노드의 정보가 없으면 소스 노드 주소, 목적지 주소, 패킷 ID를 포함한 경로 요구 패킷(route request packet)을 브로드캐스팅한다. 경로 요구 패킷을 수신한 노드는 패킷의 목적지 주소를 확인하고 자신의 경로 캐쉬에 패킷 정보가 없으면, 경로 캐쉬에 패킷을 기록하고 패킷의 경로 레코드에 자신의 주소를 추가하여 포워딩하게 된다. 경로 요구 패킷을 수신한 노드의 경로 캐쉬에 같은 패킷의 정보가 있으면, 경로 요구 패킷은 폐기된다. 그림 1(a)에서 경로 레코드 N1-N2를 가진 경로 요구 패킷과 N1-N3-N4를 가진 패킷이 모두 N5에 수신되면 나중에 들어온 N1-N3-N4 패킷은 폐기되면서, 중복 패킷의 전송을 방지한다. 목적지 노드에 도착한 경로 요구 패킷은 패킷의 목적지 주소가 자신임을 확인하고 경로 레코드에 자신의 주소를 추가하여 그림 1(b)처럼 경로 레코드를 역으로 소스 노드에게 유니캐스트 경로 응답 패킷(route reply packet)을 보낸다.

경로 유지는 경로 오류 패킷(route error packet)과 응답(acknowledgment)으로 유지된다. 각 노드는 전송 오류가 발생하면 경로 오류 패킷을 발생하여 소스 노드에게 보내게 된다. 경로 오류 패킷을 수신한 소스 노드는 경로 캐쉬에서 에러가 생긴 노드의 기록을 삭제한다. 응답은 패킷을 다음 노드로 전송하기 전에 링크의 안정성을 확인하기 위해서 요구 패킷을 송신하면 수신 노드는 응답신호를 보내주어 링크의 사용가능을 확인한다 [1].

3. 제안되는 노드 특성에 따른 라우팅

기존의 요구 기반 라우팅 방법은 네트워크에 참여하는 노드들이 동등한 자원과 라우팅 능력을 가지고 있다고 가정하고 있다. 송수신 노드간의 통신을 위해서는 데이터 패킷의 전송 전에 데이터 경로설정을 위해서 경로 설정 패킷의 전송으로 네트워크 전체의 성능이 떨어질 수 있다. 테이블 기반 라우팅에 비해서 경로 설정을 위한 불필요한 패킷의 증가는 작지만, 송수신이나 패킷 포워딩에 참여하는 노드들은 다른 노드들에 비해 빨리 자원을 소모한다. 현실적으로 모든 노드들은 서로 다른 에너지와 메모리 전파 범위를 가지고 있다. 노드의 무선 전송 거리는 각 노드가 가지는 전파 출력에 따라 달라진다. 모바일 노드는 전력 제약 때문에 무선 전송거리를 원거리 보다는 근거리로 제한하고, 멀티-홉의 라우팅으로 원거리 통신을 해결한다. 따라서 무선 전송 범위에 따라 소스 노드에서 목적지 노드까지의 경로 설정을 위한 패킷을 줄임으로써 네트워크 전체 성능을 높일 수 있다.

3.1 경로 설정과 유지

노드들은 무선 전송 거리에 따라서 파워 노드(power node, PN)과 일반 노드(normal node, NN)로

나누게 된다. 각 노드는 자원의 차이에 의해서 자신을 PN과 NN으로 정하게 된다. 본 논문에서는 전파 전송 거리가 250M 이내이면 NN으로, 이상이면 PN으로 가정하였다. 각각의 노드들은 데이터 전송을 위해서 경로 캐쉬를 가진다. PN은 인접 노드의 라우팅을 위해 등록 요구 패킷(register request packet) 을 자신의 1-홉 이내로 브로드캐스팅한다. 등록 요구 패킷을 수신한 노드들은 자신의 경로 테이블에 송신한 노드의 주소와 홉수를 기록하고 송신 노드에게 자신의 노드 타입 플래그를 설정한 응답 패킷을 보낸다. PN은 자신의 인접 노드에서 보내온 응답 패킷으로 경로 캐쉬를 구성한다.

그림 2와 같이 NN노드가 소스 노드가 되어서 데이터 전송이 필요하게 되면 다음 단계로 경로 설정을 한다.

- 1-홉 이내에서 경로 요구 패킷을 브로드캐스팅 한다.
- 경로 요구 패킷을 수신한 NN이 목적지 노드가 아니면 패킷은 폐기한다
- 수신한 NN이 목적지 노드이면, 소스 노드에게 응답 패킷을 보내서 경로 설정을 한다. 경로 요구 패킷을 수신한 노드가 PN이면 자신의 패킷 캐쉬(packet cache)에 소스 주소와 패킷 식별자를 비교하여 이미 수신된 경로 요구 패킷이면 폐기하고, 아니면 패킷 캐쉬에 소스주소와 패킷 식별자를 등록하고, 경로 캐쉬에 등록된 인접 PN으로 자신의 주소를 패킷 경로 레코드(route record)에 기록하여 전송한다.
- 경로 요구 패킷이 목적지 노드인 PN이나 NN에 도착하면 패킷의 경로 레코드에 자신의 주소를 추가하여, 경로 레코드의 역으로 소스 노드까지 응답 패킷을 전송하여 경로 설정을 한다.

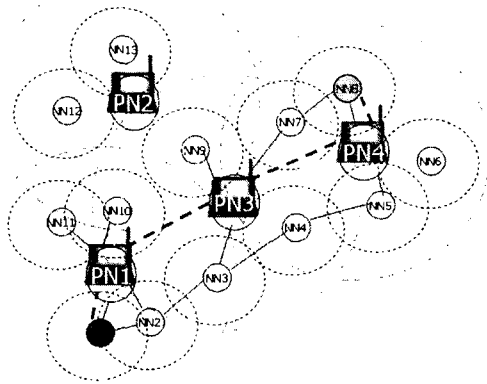


그림 2. 무선 전송 거리에 따른 경로 설정.

PN이 소스 노드인 경우는 다음 단계로 경로 설정을 한다.

- 자신의 경로 캐쉬에 목적지 노드의 정보가

있으면 목적지 노드로 데이터 패킷을 전송한다.

- 경로 캐쉬에 목적지 노드의 정보가 존재하지 않으면 경로 요구 패킷을 캐쉬에 있는 인접 PN으로 전송하게 된다. 경로 요구 패킷을 수신한 인접 PN은 수신된 패킷의 목적지 주소가 자신의 주소이면 자신의 주소를 응답 패킷의 경로 레코드에 추가하여 소스 노드로 전송한다.
- 또 자신의 경로 캐쉬에 목적지 주소가 존재하면 목적지 주소의 NN에게 경로 요구 패킷을 전송하게 된다.
- 경로 요구 패킷의 목적지 주소가 자신이나 경로 캐쉬에 존재하지 않으면 패킷을 경로 캐쉬의 인접 PN으로 포워딩한다.

경로 설정 후 소스 노드는 수신된 응답 메시지의 경로 레코드로 목적지 노드까지의 경로 테이블을 작성한다. 그러나 경로 유지를 위해서 데이터 패킷을 전송할 때에는 DSR과 같이 패킷을 전송한 노드가 다음 노드로부터 응답 패킷이 도착하면 자신과 다음 노드 사이의 경로에는 문제가 없음을 인식한다[4]. 만약 응답 패킷을 확인하지 못하면 송신 노드는 경로 오류 패킷을 소스 노드에게 보내고 소스 노드는 다시 경로 설정을 하게 된다.

4. 성능평가

성능 평가를 위한 시뮬레이터는 U. C. Berkeley에서 개발된 NS2를 사용하였다. 그리고 Ad Hoc 네트워크 라우팅은 Carnegie Mellon University에서 개발한 NS2 Extension을 사용하였다. NS2는 이벤트 구동 네트워크 시뮬레이터로 다양한 네트워크 메커니즘과 알고리즘을 제공한다 [5].

Ad Hoc 네트워크는 노드간의 높은 이동으로 데이터 전송을 위한 경로 설정을 위해서 많은 라우팅 패킷이 사용된다. 수시로 연결과 단절을 반복하면서 불필요한 패킷의 증가가 네트워크의 성능을 저하한다. 이는 경로 설정 시에 사용되는 라우팅 패킷의 수로써 네트워크 오버헤드를 평가할 수 있다. 또 경로 설정이 이루어진 다음에도 얼마나 안정적 데이터 교환이 가능한지를 송수신 노드간의 패킷 전달률로 네트워크의 안정성을 평가할 수 있다.

기존의 요구 기반 라우팅인 DSR과 본 논문에서 제시한 무선 전송 범위에 따른 노드를 분류하여 라우팅한 DSR+Power를 시뮬레이션 하였다. DSR+Power는 네트워크를 구성할 때, 본 시뮬레이션에서 사용된 50개의 모바일 노드 중 10개는 무선 전송 거리를 500m 로 하는 PN을 선정하고 나머지 노드는 NN으로 무선 전송 거리는 250m로 가정하였다. 네트워크 크기는 1500m x 300m로 50개의 노드를 임의의 위치로 초기화하여 전체 900초의 시뮬레이션 시간 동안 20개의 송수신 연결을 가정하여 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션에서 사용된 소스 노드는 14개이다. 표 1은 시뮬레이션에서 사용된 파라미터를 정리한 것이다. 전체 시뮬레이션 시간 동안 노드 정지 시간을 다르게 설정하여 실제 모바일 노드가

사용되는 환경과 유사하게 하였다. 노드 정지 시간이 0인 것은 전체 노드가 시뮬레이션 시간동안 정지하지 않고 계속 움직이는 것이다. 또 정지 시간이 900인 것은 시뮬레이션 시간 동안 모든 노드들이 정지해 있음을 의미한다. 정지 시간이 작을 수록 노드의 이동성이 높아져 안정된 연결 유지가 어려워 많은 수의 라우팅 패킷이 필요하다. 이는 바로 네트워크 상의 불필요한 패킷 증가에 따른 효율저하와 데이터 전송을 저하로 이어진다.

네트워크 크기	1500m x 300m
노드 수	50 nodes
노드 최고 속도	20m/s
시뮬레이션 시간	900 secs
연결 수	20 connections
노드 정지 시간	0, 30, 60, 120, 300, 600, 900 secs
노드 위치 선정	Uniform distribution

표 1. 시뮬레이션 모델

시뮬레이션에서 네트워크 노드의 정지 시간에 따라 연결 후 데이터 패킷의 전송율과 경로 설정을 위한 라우팅 패킷의 수를 측정하였다. 정지 시간이 0인 경우, 모바일 노드의 이동이 빈번하여 그림 4와 같이 경로 설정에 따른 라우팅 패킷이 증가하였다. DSR과 같은 요구 기반 라우팅의 경우 데이터 전송이 요구될 때만 경로를 설정함으로써, 실제 데이터 패킷이 전송되면 경로의 이상 없이 그림 3과 같이 평균적으로 95% 이상의 데이터 전송율을 보인다. 무선 전송 거리의 범위를 넓게한 노드를 포함한 제안된 DSR+Power의 경우 데이터 패킷 전달 시 일반 노드의 역할을 배제함으로써 전송에 필요한 노드 수를 줄이고 경로 설정의 안정성을 높여 전송율이 일반 DSR보다 항상 높게 나타났다.

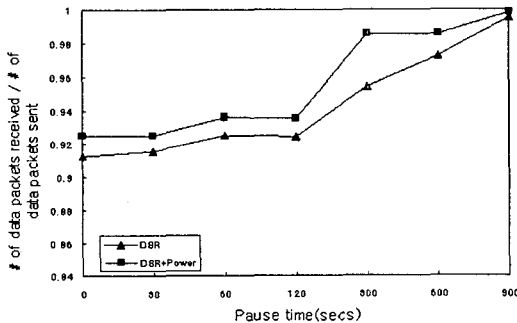


그림 3. 데이터 패킷 전송율

네트워크 전체의 성능은 데이터의 전송을 뿐만 아니라 실제 데이터 전송을 위한 경로 설정의 라우팅 패킷의 수에도 많은 영향을 받는다. 불필요한 라우팅 패킷의 증가는 경로 설정에 참여하는 노드에 불필요한 연산 작업을 초래하여 노드의 성능과 네트워크 전반의 성능을 떨어뜨린다. 그림 4와 같이 노드의 정지 시간이 길어질수록 경로 설정에 따른

라우팅 패킷의 수가 감소하였고, DSR보다 라우팅에 전송 거리가 큰 노드를 포함한 DSR+Power 알고리즘이 전체적으로 적은 라우팅 패킷 수를 가지는 것으로 나타났다.

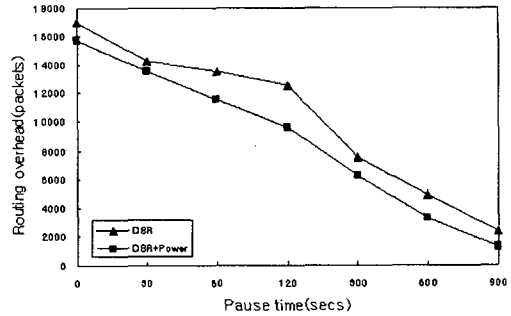


그림 4. 라우팅 오버헤드

5. 결론 및 향후과제

본 논문은 Ad Hoc 네트워크에서 데이터 전송을 위한 경로 설정 과정에서 노드 간에 서로 다른 자원을 활용하여 경로 설정의 안정성을 높이고 라우팅 오버헤드를 줄이는 방법에 대해서 설명하였다.

노드의 자원 중 데이터 전송에 가장 많은 영향을 미치는 무선 전송 거리를 서로 다르게 하여 네트워크 성능을 향상시킬 수 있었다. 향후 연구 과제로 모바일 노드가 가지는 메모리나 전력 등의 자원 정보를 바탕으로 노드별 라우팅 역할을 다르게 부여함으로써 좀 더 나은 네트워크 성능을 보일 것으로 예상된다. 또한, 경로 설정 부분에서도 데이터를 인접 노드로 플러딩할 때 노드간의 경로 테이블 정보를 공유하는 방법을 고려하여 라우팅의 성능을 높이는 연구를 진행할 예정이다.

참고문헌

- [1] C-K Toh, "Ad Hoc Mobile Wireless Networks", Prentice Hall PTR 2002.
- [2] David B. Johnson, David A. Maltz, "Dynamic Source Routing in Ad Hoc Wireless Networks", Mobile Computing 1996.
- [3] G. Park, "In Mobile Ad-hoc Network for Reliable Data Transmission based Active Network Approach", 2001
- [4] Jochen H. Schiller, "Mobile Communications", Addison-Wesley 2000.
- [5] Josh Broch, David A. Maltz, David B. Johnson, Yih-Chun Hu, Jorjeta Jetcheva, "A performance Comparison of Multi-Hop Wireless Ad Hoc Network Routing Protocols", MobiCom 1998.
- [6] C. Perkins, E. Royer, "Ad-Hoc On-Demand Distance Vector Routing", Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, 1996.
- [7] V. Park, M. Scott Corson, "A Highly Adaptive Distributed Routing Algorithm for Mobile Wireless Networks", INFOCOM 1997.
- [8] Z. Haas, M. Pearlman, "The Zone Routing Protocol for Ad Hoc Network", MobiCom 1998.