

Mobile Ad Hoc Networks에서 mark-up 노드와 부분적 Source Routing을 이용한 경로 재설정 기법

류정필^o, 이정석^{**}, 한기준^{**}

^o경북대학교 정보통신학과 ^{**}경북대학교 컴퓨터공학과
nicegoldmunt@orgio.net, {longlong, kjhan}@netopia.knu.ac.kr

A Novel Route Reconstruction Scheme using mark-up node and partial Source Routing for Mobile Ad Hoc Networks

Jung-Pil Ryu^o, Jung-Seok Lee^{**}, Ki-Jun Han^{**}

^oDept. of Information and Communication, Kyungpook National University

^{**}Dept. of Computer Engineering, Kyungpook National University

요약

Mobile ad hoc network은 중앙 집중화된 관리나 표준화된 지원 서비스 없이 무선 이동 노드들만으로 구성되는 임시적인 망이다. Mobile ad hoc network에서는 노드들의 이동성으로 인해 각각의 노드들이 경로를 결정하고, 경로가 무효화되었을 때 빠르고 효과적으로 복구하는 것이 중요하다. 본 논문에서는 On-Demand 방식의 대표적인 프로토콜인 AODV에서 경로 설정 과정과 경로 파손이 발생했을 때 경로 재설정 과정을 알아보고, 액티브 경로의 길이가 망의 직경에 가깝게 확장되어 있을 경우 경로 설정 과정에서 휴 수를 이용해 mark-up 한 노드들과 RREP 전송과정에서 mark-up한 노드에 의한 부분적인 다중 경로를 설정함으로써 보다 효과적이고 신뢰성 있는 새로운 경로 재설정 기법을 제안한다.

1. 서론

MANET(Mobile ad hoc network)은 고정된 라우터나 호스트, 무선 기지국이 존재하지 않는 순수한 무선 인프라 구조이다. 무선 매체를 통한 통신과 기존 인프라 없이 자체적인 망의 구성이 이루어지기 때문에 각 노드는 자신의 전송 범위 밖의 목적지 노드와 통신을 하기 위해서는 다른 노드가 이를 중계해야만 한다. 따라서, 각 노드들은 호스트의 기능과 더불어 라우터의 기능도 함께 수행하여야 한다. MANET에서는 노드의 자유로운 이동으로 인한 동적인 토폴로지 변화를 가지며, 이에 따른 토폴로지 정보를 유지하는 것이 보다 효율적인 라우팅 방법이 된다. 이에 따라, MANET에서 보다 효율적인 라우팅 알고리즘을 구현하기 위해 많은 프로토콜들이 제안되어 있다[1,2,3,4].

이러한 라우팅 프로토콜에서는 보다 신뢰성 있고 정확한 망의 수립이 요구되어지고 있으며, 경로 파손이 발생할 경우 빠른 경로 재설정과 제어 메시지에 대한 트래픽 오버헤드를 줄이는 방안이 제시되고 있다.

2. 관련 연구

MANET의 노드들은 자유로운 이동성을 가지므로 망의 토폴로지가 동적으로 변한다. 기존 유선 망에서 사용되던 라우팅 프로토콜들은 이런 동적인 변화에 대한 적응력이 떨어진다. 따라서, 현재 IETF MANET Working Group에서 Ad Hoc Network 라우팅 프로토콜 표준을 제시하기 위한 연구가 진행 중이다.

현재까지 MANET을 위한 많은 라우팅 프로토콜들이 개발되어 왔으며, 대표적인 프로토콜로는 AODV(Ad Hoc On-Demand Distance Vector)[2]와 DSR(Dynamic Source Routing)[5]이 있다. 지금까지 제시되고 있는 프로토콜들은 크게 두 가지의 범주로 나뉘어 질 수 있다. 망을 구성하는 각 노드가 망 전체에 대한 라우팅 정보를 유지하는 Table-driven 방식과 노드가 특정 노드로 보낼 데이터가 있는 경우 그 노드까지의 경로를 설정해서 통신을 하는 On-Demand 방식이 있다. Table-driven 방식의 경우 라우팅 정보 교환에서 발생하는 트래픽의 오버헤드가 큰 단점이 있고, On-Demand 방식은 경로설정 단계까지의 지연이 크다는 단점이 있다.

본 논문에서는 On-Demand 방식의 대표적인 프로토콜인 AODV에서 토폴로지의 변화로 생긴 액티브 경로의 파손에 대해 경로 재설정 과정에서 휴 수와 액티브 경로에 인접한 부분적인 다중 경로를 설정함으로써 지연, 제어 트래픽 오버헤드와 망의 신뢰성을 향상시킬 수 있는 새로운 경로 재설정 기법을 제안한다.

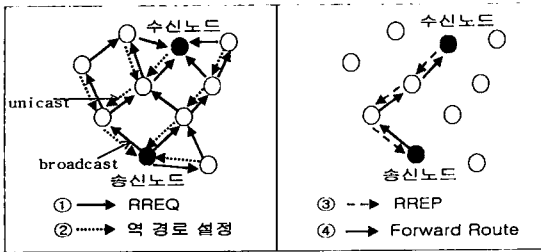
3. 경로 설정 방법

3.1 AODV의 경로 설정 방법

AODV의 경로 설정 방법은 Route Discovery 절차를 통해서 경로가 설정되어진다. <그림 1>에서 송신노드의 라우팅 테이블에 수신노드의 경로가 없을 경우 송신노드는 RREQ(Route Request) 패킷을 방송한다(①). RREQ를 수신한 노드들은 RREQ를 보낸 이전 노드로 역경로(Reverse Route)를 설정한다(②). 만약 중간 노드가 그

송신노드로의 경로를 가지고 있는 경우 RREP(Route Reply)패킷을 송신 노드로 전송한다. 수신노드가 RREQ를 수신하게 되면 역경로를 따라 RREP를 전송한다(③). 이 과정에서 데이터 패킷을 보내기 위한 Forward Route를 설정하게 된다(④).

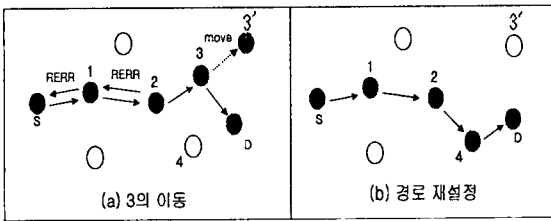
위의 경로설정 과정에서 액티브 경로 상의 노드들은 RREQ 전송 과정에서 송신노드로부터 홉 수를 알게 되고, RREP 전송 과정에서 수신노드까지 홉 수를 알게 된다.



<그림 1> AODV의 경로 설정의 예

3.2 AODV의 경로 재설정 방법

AODV의 경우 액티브 경로에 경로 파손이 발생했을 때, 경로 재설정 과정을 수행하게 된다. <그림 2>는 노드 3의 이동으로 경로 파손이 발생한 상황이다. 노드 3의 업스트림 노드 2가 경로 파손을 감지하게 되고, 경로 재설정을 위해 RREQ를 방송한다. 노드 2가 discovery period 동안 RREP를 수신하게 되면 새로운 경로를 업데이트하고(그림에서는 찾지 못한 경우), 만약 그 기간 동안 RREP를 수신하지 못한다면 RREP(Route Error) 패킷을 송신노드로 전송한다. 그 RREP을 수신한 송신노드가 다시 경로 설정 과정을 수행하게 된다.



<그림 2> AODV의 경로 재설정 예

3.3 경로 재설정 과정의 문제점

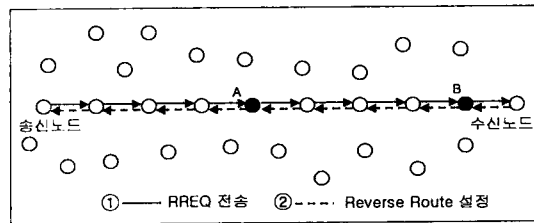
AODV에서 경로 재설정 과정은 일차적으로 경로 설정 과정과 같이 RREQ와 RREP 전송 절차를 이용하고, 실패할 경우 송신노드까지 다시 경로 설정 과정을 수행하므로, 경로 복구에 소요되는 시간과 그 절차에 필요한 제어 트래픽의 오버헤드가 크다는데 문제가 있다. 만약 액티브 경로 길이가 망의 직경에 가까워진다면, 경로 파손 발생 확률과 복구의 오버헤드가 상대적으로 증가할 것이다. 이러한 문제는 망의 부하와 성능 면에서 상당한 영향을 미칠 것이다.

4. 홉 수를 이용한 경로 재설정 방법

4.1 mark-up 노드를 지정한 경로 설정

본 논문에서는 On-Demand 방식의 프로토콜에서 범위가 커진 액티브 경로의 재설정 과정을 가정한다.

<그림 3>은 본 논문에서 제안하는 기법의 경로 설정 과정이다. 송신노드에서의 RREQ 전송 과정은 AODV와 동일하다. 송신노드가 수신노드로 전송할 데이터가 있을 경우 경로 설정을 위해 RREQ를 방송하게 된다. 이 RREQ 전송 과정에서 송신노드로부터 4번째 홉인 노드 A는 자신이 mark-up 노드임을 기록하고 RREQ에 자신의 IP주소를 첨가하여 RREQ를 방송한다. mark-up된 노드는 RREP 전송 과정에서 다중 경로 설정을 위한 구간의 수신노드가 된다. 이를 받은 각 노드들은 자신의 라우팅 테이블에 노드 A를 mark-up한다. 노드 A로부터 4번째 홉인 노드 B가 mark-up 노드가 첨가된 RREQ를 받으면 자신이 mark-up 노드임을 기록하고 RREQ에 자신의 IP주소를 첨가하여 방송한다. 이를 받은 각 노드들은 자신의 라우팅 테이블에 역시 노드 B를 mark-up한다(①). 이 RREQ 전송 과정에서 각 노드들은 송신노드로부터 자신까지의 홉 수를 알 수 있다. RREQ를 받은 중간노드들은 AODV와 같이 역경로를 설정하게 된다(②). mark-up 노드가 첨가된 RREQ를 받은 중간노드들은 mark-up 노드가 RREP 전송 과정에서 Source Routing의 목적지가 됨을 인지하게 되고, RREQ에 mark-up된 노드가 여러 개일 경우 Source Routing 수신노드는 기록된 순서의 역순이 된다. <그림 3>은 액티브 경로를 이루지 않는 노드의 RREQ 방송은 생략하였다.

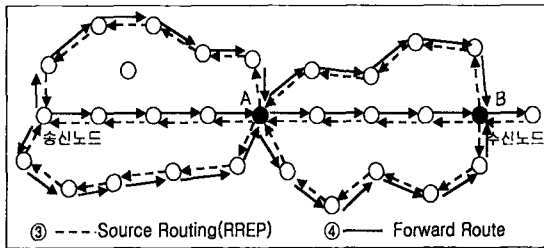


<그림 3> 지정된 홉의 mark-up 노드를 설정한 RREQ

4.2 부분적 다중 경로 설정

AODV에서는 수신노드가 RREQ를 받으면 RREQ 전송 과정에서 설정된 역경로를 따라 RREP를 전송하게 된다. RREQ 전송 과정의 결과로 수신노드는 액티브 경로가 송신노드~노드 A, 노드 A~B와 노드 B~수신노드의 세 구간으로 나뉘어 짐을 알 수 있다. 각 구간에 속한 중간 노드들은 RREQ 내의 mark-up된 노드의 IP주소의 개수와 순서로 각 구간 수신노드를 감지하게 된다. <그림 4>에서 수신노드는 RREQ를 받으면 mark-up된 노드가 2개임을 감지하고 라우팅 테이블에 기록한다. 수신한 RREQ를 통해 첫 번째 Source Routing의 수신노드가 노드 B임을 감지한 후, 노드 B까지 RREP를 방송하게 되고 송신노드와 노드 B사이에 위치한 노드들은 자신의 라

우팅 테이블에 기록된 mark-up 노드 B까지 Source Routing을 하게 된다. 노드 B도 역시 노드 A까지 RREP를 발송하게 되는데 이 구간에 속한 노드들은 mark-up 노드가 A 하나 임을 RREQ 전송 과정에서 감지하게 된다. 그래서 노드 A와 B사이에 위치한 노드들은 노드 A까지 Source Routing을 하게 된다. 노드 A와 송신노드 사이에 위치한 중간노드들은 노드 A가 그 구간의 송신노드임을 감지하고 송신노드까지 Source Routing을 하게 된다(③). 액티브 경로상의 노드들은 RREP를 받은 노드로 Forward Route를 설정한다(④).



<그림 4> mark-up 노드를 이용한 다중 경로 설정 방법

위의 절차로 액티브 경로상의 mark-up 노드를 수신노드로 하는 부분적인 다중 경로가 설정됨을 알 수 있다. 이렇게 초기화 된 액티브 경로 상에서 특정 노드의 이동으로 인한 경로 파손이 발생한 경우 이동한 노드의 업스트림 노드가 경로 파손을 감지하게 되고, 만약 그 노드가 mark-up 노드가 된다면 라우팅 테이블 검색 후 경로 재설정 과정없이 즉각적으로 데이터를 다른 경로를 통해서 전송하게 된다. mark-up 노드가 다수개의 다중 경로를 가지는 경우에는 최소의 홉 수를 가지는 경로를 선택한다. 업스트림 노드가 mark-up 노드가 아니라면 자신으로부터 가장 가까이 있는 mark-up 노드에게 RREP를 전송해서 mark-up 노드가 경로 재설정을 실행하게 한다.

본 논문에서 제시한 기법의 구현을 위해 제어 패킷 포맷(RREQ, RREP 그리고 RRER)의 수정이 필요하고, 망을 구성하는 각 노드들은 최적의 홉 수에 의한 mark-up 노드 결정 정책을 포함하고 있어야 한다.

4.3 문제점 및 해결 방안

본 논문에서 제시한 경로 재설정 방법에서 각 구간의 부분적인 Source Routing으로 인한 몇 가지 문제점들이 발생할 수 있는데 그 문제점들은 아래와 같다.

- 1) 부분적인 라우팅 루프가 발생할 수 있다.
- 2) 액티브 경로의 노드가 다중 경로에 포함될 수 있다.
- 3) 다중 경로의 길이가 커질 수 있다.

위 문제점들의 해결 방안은 각 구간(송신노드~노드 A, 노드 A~B, 노드 B~수신노드)에서 생길 수 있는 라우팅 루프 방지의 방지를 위해서는 DSR의 경로 설정과 같이 자신의 주소를 이미 포함하고 있는 경로가 자신에게 전

송되어 지면 그 경로를 폐기함으로써 문제1)을 해결한다. 각 구간에서 액티브 경로상의 노드는 역경로 설정이 되어 있으므로 Source-Routing 되어 오는 패킷을 구분하여 폐기함으로써 문제2)를 해결하고, mark-up 노드에서 Source Routing을 시작할 때 각 구간의 중간 노드들은 RREQ 전송 과정에서 mark-up 노드까지의 홉 수를 알 수 있기 때문에 홉 수를 정해서 전송함으로써 문제3)을 해결할 수 있다. 그리고 액티브 경로상의 노드들간에 Source Routing을 수행하지 않아야 하는데, 이는 RREQ 전송 과정에서 역경로 설정이 <그림 3. ②>되어 있으므로 그 문제를 해결 할 수 있다.

본 논문에서 제안하는 기법은 AODV의 경로 재설정 시 필요한 RREQ, RREP 전송 절차를 생략하고 다중 경로를 미리 설정함으로써 경로 재설정 절차 시 발생하는 제어 트래픽 오버헤드와 재설정 지연시간이 감소될 것이다.

5. 결론 및 향후과제

본 논문에서는 RREQ 전송 과정에서 최적 홉 결정 정책에 의한 홉 수만큼 떨어진 mark-up 노드에 의해 나눠지는 각 구간에서 RREP 전송 과정 중 source routing 과정을 거쳐 부분적인 다중 경로를 설정함으로써 빠른 경로 재설정과 제어 메시지 오버헤드를 줄이는 기법을 제안했다. 현재 최적의 mark-up 노드 결정 정책과 다중 경로의 범위를 줄이기 위한 연구가 진행중이며, 만약 mark-up 노드와 다중 경로의 홉 수가 최적화가 되지 않는다면 망의 지연에 영향을 미칠 수 있다. 본 논문에서는 망의 metric을 홉 수를 사용하고 있지만 동적으로 변하는 망의 토폴로지를 홉 수만으로 유지하는 것은 한계가 있다. 이를 위해 보다 효과적이고 신뢰성 있는 라우팅을 위해 다른 metric을 적용시키는 연구가 진행 중에 있다.

참고문헌

- [1] E. M. Royer, C. K. Toh, "A review of current routing protocols for ad hoc mobile wireless networks," *IEEE Personal Communication*, vol.6, issue.2, pp.46-55, Apr. 1999
- [2] C. Perkins, E. M. Royer, "Ad-Hoc On-Demand Distance Vector(AODV) Routing," draft-ietf-manet-aodv-10.txt, Jan. 2002
- [3] T. Miyagi, M. Iizuka, M. Morikura, "A novel route reconstruction practically for P-MP Communication over Wireless Ad-Hoc Network", *IEEE VTC*, vol.2, pp.1522-1526, 2000
- [4] Ming-Hong Jiang, Rong-Hong Jan, "An efficient-multiple paths routing protocol for ad hoc networks," *IEEE ICOIN*, pp. 544-549, 2001
- [5] D.B Jonhson, D.A Maltz, Y.C. Hu, and J.G. Jetcheva, "The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Routing Networks", draft-ietf-manet-dsr-07.txt, Feb. 2002