

이동 Ad hoc 망에서 비대칭 라우팅 프로토콜을 위한 링크 설정 알고리즘

이종훈⁰ 이정석 서주환 한기준
경북대학교 컴퓨터공학과
abyss@ce.knu.ac.kr

Link Establishment Algorithm to Support Asymmetric Routing Protocol in Mobile Ad hoc networks

Jong-Hoon Lee⁰, Jung-Seok Lee, Joo-Hwan Seo, Ki-Jun Han
Dept. of Computer Engineering, Kyungpook National University

요 약

현재 ad hoc 라우팅 프로토콜들은 두 노드사이의 동일한 전파 전송 영역을 가정한 대칭 링크만을 지원하는데 반해 이동 ad hoc 망에서는 각각의 노드들의 전파 전송 영역의 차이로 인해 잦은 비대칭 링크가 발생한다. 본 논문에서는 라우팅 프로토콜의 성능을 향상 시키고 비대칭 라우팅 프로토콜을 구현하기 위한 링크 설정 알고리즘을 제시한다. 이를 기존 AODV 라우팅 프로토콜에 적용한 경우를 GlomoSim을 이용한 시뮬레이션을 통해 성능 평가하였다.

1. Introduction

현재 이동 ad hoc network을 위해 많은 라우팅 프로토콜이 연구되어 왔다. 지금까지 연구되어온 라우팅 프로토콜은 Table-Driven 방식과 Source-initiated (demand-driven) 방식으로 나뉘어진다[1]. Table-Driven 라우팅 프로토콜은 한 노드에서 모든 다른 노드로의 라우팅 정보를 테이블에 유지하는 방식으로 대표적인 프로토콜로 DSDV, WRP 가 있다[2]. Source-initiated 라우팅 프로토콜은 On-demand 방식으로 소스 노드에 의한 요구가 있을 때만 route가 확립되는 것으로 대표적인 프로토콜로 AODV, DSR, TORA, ABR 이 있다[3,4]. 그중 Ad Hoc On-Demand Distance Vector(AODV) 라우팅 프로토콜은 DSDV algorithm에 기초한 것으로 ad hoc 네트워크상에서 통신하려는 두 노드 사이의 빠르고 효율적인 연결 설정 메커니즘을 제공한다. 동시에 DSDV의 완전한 route 리스트를 유지하는 것과 달리 요구에 의해 route를 생성함으로써 브로드캐스트 되는 패킷의 수를 줄여 최소의 컨트롤 패킷 오버헤드와 route 설정 지연을 위해 설계되어졌다[7].

일반적으로 현재까지의 라우팅 프로토콜은 모든 노드들이 동일한 전파 전송 범위를 가지는 대칭링크를 가정하고 있다[5]. 그러나 공교롭게도 실제의 무선 링크들은 이러한 가정을 따르지 않는다[6]. 시간이 경과함에 따라 배터리 파워의 감소로 인해 각 노드의 전파 전송 범위가 감소하게 된다. 이와 같이 노드들 사이에는 서로 다른 전파 범위로 인해 비대칭링크가 생기게 된다. 특히 군사망과 같이 노드간의 이동성이 매우 동적이고 배터리 소모가 심한 망의 경우 잦은 비대칭 링크의 발생이 일어난다

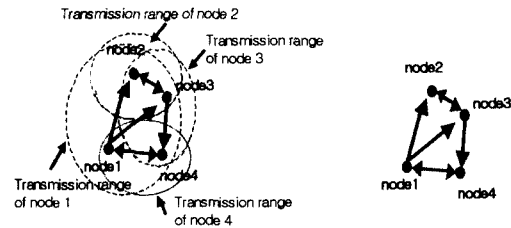


그림 1. 전송 영역의 차이로 인한 비대칭 링크들

본 논문에서는 이와 같은 비대칭 링크를 지원하는 AODV 라우팅 프로토콜을 위한 링크 설정 알고리즘을 제안한다. AODV 라우팅 프로토콜은 기본적으로 대칭링크만을 지원하는 프로토콜로써 만일 이웃노드와의 링크가 비대칭링크로 인지되는 경우 더 이상 패킷을 전송하지 않음으로써 그 링크 자체를 인정하지 않는다. 제안하는 비대칭 링크 AODV 프로토콜은 이런 경우에도 메시지를 전송하기 위한 메커니즘을 제공함으로써 전체 네트워크의 연결성을 높이고 타임아웃으로 발생하는 RREQ 메시지의 오버헤드를 줄일 수 있다.

본 논문의 2장에서는 비대칭 링크를 지원하기 위해 제안하는 메커니즘을 살펴보겠다. 그리고 3장에서는 UCLA 에서 만든 무선 네트워크를 위한 시뮬레이터인 GlomoSim 을 통한 시뮬레이션의 결과를 분석하고 4장에서 결론을 맺도록 하겠다.

2. Proposed protocol Schme

2.1. Basic Concept and Assumptions

AODV 라우팅 프로토콜에서 RREQ 메시지에 대한 RREP를 유니캐스트할 때 다음노드까지 전파 전송 범위가 이르지 못하는 비대칭 링크가 발생하는 경우 그림2 와 같이 RREP 를 다른 노드들을 통해 우회시켜 전송한다. 이 경우 지원가능한 비대칭 링크의 제한을 송신 노드가 3홉 내에서 수신노드에게 패킷을 전송할 수 있는 경우로 한정짓는다. 왜냐하면 실제계에서 4홉 이상의 비대칭 링크의 경우는 발생빈도도 낮고 비대칭링크에 대한 처리로 인한 오버헤드로 인해 전체망의 성능을 저하시키게 때문이다. 이를 위해 본 논문에서는 기존 AODV의 local connectivity 메커니즘을 이용하여 각 노드들은 Neighbor Information Table(NIT)과 Link Establishment Table(LET) 테이블을 생성한다. 그리고 IP 기반의 애드 혹 라우팅 프로토콜인 AODV가 비대칭 링크 지원으로 인해 ARP의 동작을 깨지 않게 하기위해 link establishment 과정을 추가한다.

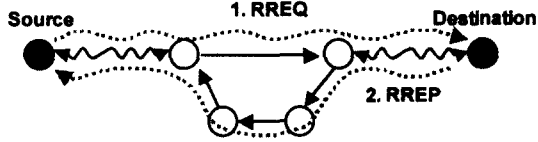


그림2. 비대칭링크상에서의 route discovery.

2.2 Link Establishment and Maintenance.

Link Establishment은 비대칭 링크를 가진 노드가 상향 링크를 설정하는 것이다. 다시말해서 단방향 링크상의 하위노드가 상위노드와의 링크를 다른 노드를 통해 우회시켜 링크를 설정하는 것으로 그림3 은 이 과정을 보여주고 있다. Link establishment 과정의 결과로 그림3의 B는 LET 테이블을 생성하는데 LET에는 자신의 비대칭 링크중 상향 노드로 가는 경로와 MAC 주소가 기록된다. 이후에는 비대칭 링크인 경우 LET를 참조하여 자신의 상향 노드로 패킷을 Asymmetric Link Message에 터널링해서 보낸다. 만약 Link Establishment 시에 우회해서 보낼 수 있는 노드가 존재하지 않아 LCM-reply를 받지 못하거나 중간 노드들이 이동하여 더 이상 메시지를 보낼 수 없는 경우 그 링크는 Fail 된(깨어진) 링크로 인지하고 더 이상 패킷 전송을 하지 않는다.

2.3 The Resolution of ARP Problem

ARP 문제는 비대칭 링크를 위한 ad hoc 라우팅 프로토콜이 IP 를 기반하고 있을 때 가장 문제가 되는 것이다. 이는 상대노드와의 링크가 단방향이어서 대칭 링크를 가정하는 ARP 메커니즘이 정상적으로 작동하지 않아서 생기는 문제로 ARP Request에 대한 ARP Reply를 수신하지 못해 상대노드의 MAC주소를 알지 못하는 문제이다 [7].

이 경우 두 노드간의 유니캐스트가 불가능하게 되어 라우팅 프로토콜의 모순 어법적인 결과를 맺게 된다. 본 논문에서 제안하는 프로토콜은 이런 ARP 문제를 해결하기 위해 Link Establishment 과정의 메시지와 RREQ 메시지에 각 노드의 MAC 주소를 포함시켜 수신 노드가 ARP cache에 삽입함으로써 해결할 수 있다.

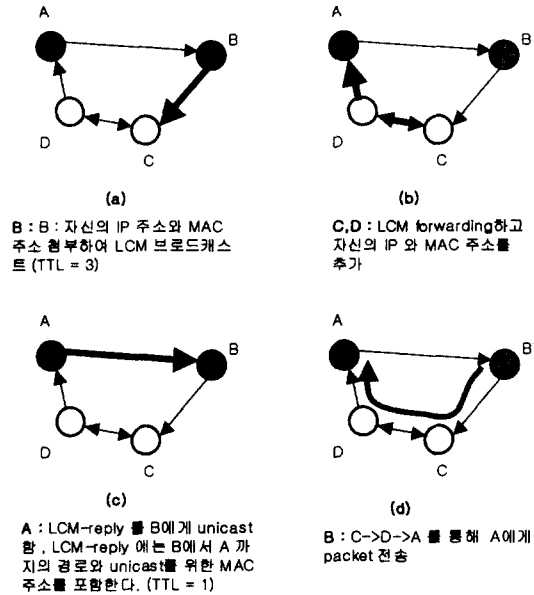


그림3. Link establishment 과정

3. Simulation and Result

본 논문에서 제안하는 방법을 검증하기 위해 UCLA에서 만든 무선 네트워크를 위한 시뮬레이터인 GlomoSim 을 이용한다 [8].

3.1. Simulation Environment

본 논문의 시뮬레이션은 1000 meter X 1000 meter 크기의 지역에 60개의 노드를 임의로 위치시킨 모델이다. 각 노드의 최대 전파 전송 범위는 반경 250 m , 채널 능력(capacity)는 2Mbps 이고 전체 시뮬레이션 시간은 500초이다. 시뮬레이션 내에서 “Free space propagation model” 이 사용된다. 이 모델은 전파 반경이 d 일때 신호의 세기가 1/d² 만큼 감소한다. MAC 프로토콜로는 IEEE 802.11 DCF 를 사용하였다.

상위 트래픽은 FTP 트래픽으로 2개의 세션에 데이터 페이로드 (payload) 크기는 512 bytes 이다. 또 이동성을 위해서 “random waypoint mobility model” 이 사용된다 [8]. 이 모델은 각 노드가 임의적으로 한 위치를 선택해서 그 위치를 향해 이동하게 된다.

이동 속도는 최대 속도와 최소 속도내에서 속도가 변화하게 되는데 본 시뮬레이션에서의 최대와 최소 속도는 20m/s, 0m/s 이다. 각 이동 노드가 목표점에 도달하게 되면 "pause time" 만큼 기다린 후 다시 이동하게 되는데 이 변수의 값을 변화시켜 시뮬레이션을 하였다. 즉, 노드들은 "pause time" 이 클수록 더 큰 이동성을 가진다.

우리의 알고리즘을 적용시키기 위해 비대칭 링크 설정을 위한 값으로 전파 전송 변화율(Radio Transmission Variance Rate)을 두었는데 이 값은 각 노드의 전파 영역이 이 값과 1 사이에서 결정된다. 예를 들어 전파 전송 변화율이 0.7 인 경우는 전파 영역이 가장 작은 것과 큰 것 사이의 값의 차이가 30 %가 되는 것이고 이 값이 작을수록 비대칭 링크의 수가 늘어나게 된다.

3.2 Result and Analysis

그림4와 그림 5는 전파 전송 변화율(Radio Transmission Variance Rate)이 0.7 일 때의 Data Delivery Ratio와 Throughput 을 보여주고 있다. Data Delivery Ratio 의 경우 기존의 AODV 와 거의 유사한 반면 throughput 에서는 현저한 차이가 나는 것을 볼 수 있다. 이는 노드들 사이의 비대칭 링크가 존재했을 때 기존의 AODV의 경우 더 이상 패킷을 전달 못하는 경우가 되어 route 설정을 할 수가 없는 반면 우리가 제안하는

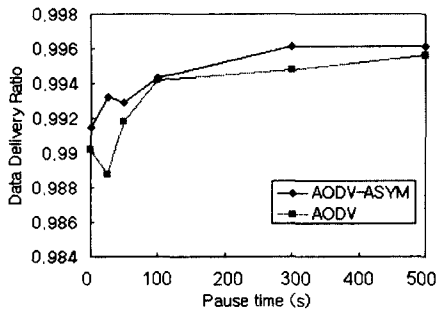


그림 4. Data Delivery Ratio

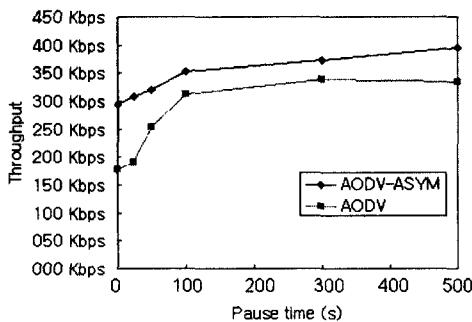


그림 5. Throughput

AODV-ASYM 의 경우엔 route 설정이 가능하므로 throughput이 높아짐을 볼 수가 있다.

4. Conclusion

기존의 ad hoc 라우팅 프로토콜은 비대칭 링크를 가진 ad hoc 망에서 비효율적이었다. 본 논문에서 제안한 Link Establishment 과정은 ad hoc 망에서 비대칭 링크를 위한 라우팅 프로토콜을 지원할 수 있게 한다. 특히 기존의 AODV 라우팅 프로토콜의 throughput과 Data Delivery Ratio를 현저히 향상시킬 수 있음을 시뮬레이션을 통해 살펴보았다. 이는 군사망과 같이 동적으로 망의 토폴로지가 변화하고 전력 손실이 높은 망에서 전체 망의 연결성(reachability)과 망의 생존성(survivability)를 향상시킬 수 있다.

5. References

- [1] E.M.Royer and C.-K.Toh " A review of current Routing Protocols for Ad Hoc Mobile Wireless Networks" , IEEE Personal Communications, April 1999, pp 46-55
- [2] C.E.Perkins and P.Bhagwat, " Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing (DSDV) for Mobile Computers" Comp.Commun.Rev.,Oct. 1994, pp.234-244
- [3] C.E.Perkins and E.M.Royer, " Ad-hoc In-Demand Distance Vector Routing" Proc.2nd IEEE Wksp. Mobile Comp.Sys. and Apps.,Feb.1999, pp. 90-100.
- [4] J.Broch, D.B. Johnson, and D.A.Maltz, " The Dynamic Source Routing Protocol for mobile Ad Hoc Networks," IETF Internet draft, draft-irtf-manet-dsr-01.txt, Dec. 1998(work in process)
- [5] Donkyun Kim; Toh, C.-K.; Yanghee Choi " RODA: a new dynamic routing protocol using dual paths to support asymmetric links in mobile ad hoc networks" Computer Communications and Networks, 2000. Proceedings. Ninth International Conference on , 2000
- [6] R.Prakash. " Unidirectional Links Prove Costly in Wireless Ad Hoc Networks," In Proceedings of third International Workshop on DIALM, Aug. 1999, 15-22
- [7] C.E.Perkins " Ad Hoc Networkings" ,Addison Wesley,2001
- [8] X.Zeng, R.Bagrodia, and M.Gerla, " GlomoSim : A library for the parallel simulation of large-scale wireless networks," in Proc. 12 th Workshop Parallel and Distributed Simulations-PADS' 98,pp.154-161.