

Mobile Ad Hoc 네트워크에서 로드분산기법

송찬호*, 유혁**

*고려대학교 컴퓨터과학기술대학원

**고려대학교 컴퓨터학과

*notdel@korea.ac.kr, **hxy@os.korea.ac.kr

Load Balancing Method in Mobile Ad-Hoc Network

Chan-Ho Song*, Hyuck Yoo**

*Graduate School of Computer Science and Technology, Korea University

**Department of Computer Science and Engineering, Korea University

요 약

AODV와 같은 요구 기반 라우팅 방식은 트래픽이 발생하는 시점에서 경로를 탐색하는 방법으로서 최적 메시지 전송 경로가 유효하다면 트래픽의 증가와 과도한 에너지 소비를 고려하지 않고 지속적인 동일 전송 경로의 사용으로 인해 특정 노드에 대하여 에너지 소모가 심화될 뿐만 아니라 전송 지연이 발생된다. 본 논문에서는 과중한 트래픽 상태를 분산 시켜 전체 네트워크의 균형적인 에너지 소비를 위하여 AODV 프로토콜에 로드 분산 기법의 적용을 제안한다.

1. 서론

Ad Hoc 네트워크는 기지국 혹은 액세스포인트와 같은 중재자가 없이 이동 노드들 간에 자체적으로 연결 설정이 이루어지며 이동 노드는 호스트이자 라우터로서 작동한다. On-demand 라우팅 방식은 전송 요구가 발생할 때마다 경로 선정이 이루어지는 방식으로서 네트워크 변화에 따른 라우팅 테이블 변경 오버헤드를 줄일 수 있다는 장점이 있지만 경로를 선정할 경우 지연시간이 발생하는 단점을 지닌다. 또한 On-demand 라우팅은 소스 노드에서 목적 노드까지의 최적 경로 설정 후 메시지 전송이 발생하지만 네트워크 구조의 변화가 적은 안정된 상태라면 경로 상의 특정 노드를 라우터로 하여 지속적인 메시지 전송이 발생한다. 그 결과 발생한 과도한 트래픽으로 인해 전송지연을 유발하고 라우터로 이용되는 노드의 에너지 소모를 증가시킴으로써 라우터로서의 기능에 대부분의 에너지를 낭비한다. 본 논문에서는 경로 선정에서 과도한 트래픽 상태에 있는 노드를 제외시키고 또 다른 경로를 통하여 트래픽을 우회시키는 AODV 프로토콜에 로드 분산 기법의 적용을 제안한다.

2. AODV 분석

2.1 AODV를 이용한 Ad-Hoc 네트워크 실행

AODV(Ad hoc On-demand Distance Vector)[1]는 목적 노드까지 최단 경로를 라우팅 경로 탐색 과정을 통해 찾아내는 대표적인 요구기반 라우팅 프로토콜이다. AODV는 라우팅 정보를 유지하기 위해 라우팅 테이블을 사용하며 목적지 마다 하나의 엔트리를 유지한다. 그리고 라우팅 정보를 갱신하고 라우팅 루프를 방지하기 위해 모든 라우팅 패킷에 의존반되는 시퀀스 번호를 사용한다. AODV의 중요한 특징은 개별적인 라우팅 테이블 엔트리의 사용과 관련하여 각 노드에서 타이머 상태를 관리한다. 만약 라우팅 테이블의 엔트리가 일정 기간 사용되지 않았다면 제거된다. 데이터 패킷들을 전달하기 위해 라우팅 엔트리를 사용하는 인접한 선행 노드들의 집합은 각 라우팅 테이블의 엔트리를 위해 유지된다. 이웃 노드들은 노드 사이의 연결이 끊어 졌을 경우 RERR(Route ERRor) 패킷의 수신을 통해서 연결의 단절을 알게 된다. RERR을 수신한 노드는 자신의 선행노드로 또한 RERR을 전달하기 때문에 끊어진 연결을 사용하는 모든 경로를 효과적으로 삭제한다.

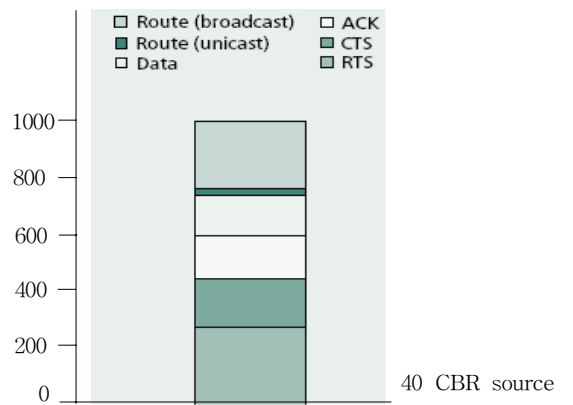
노드가 데이터를 전송하고자 하는 경우 자신의 라우팅 테이블에서 원하는 목적 노드까지의 경로가 존재하는지 확인한다. 만약 원하는 경로가 라우팅 테이블에서 찾을 수 없다면 노드는 RREQ(Route REQuest) 메시지를 생성하여 이웃 노드로 브로드캐스팅하고, RREQ 메시지를 수신한 중간 노드가 목적 노드로의 경로 정보를 가지고 있지 않을 경우 소스 노드까지의 역 경로를 라우팅 테이블에 저장한 후 RREQ 메시지를 이웃 노드로 다시 브로드캐스팅한다. 그러나 RREQ 메시지를 수신한 노드가 자신의 라우팅 테이블에서 목적 노드까지의 경로를 포함하고 있다면 RREQ 메시지의 소스 시퀀스 번호와 라우팅 엔트리의 목적 시퀀스 번호를 비교하여 목적 시퀀스 번호가 소스 시퀀스 번호 보다 크거나 같으면 RREP(Route REPLY) 메시지를 생성하여 응답함으로써 역 방향 경로가 설정되고 RREP 메시지를 수신한 소스 노드는 순방향 경로로 데이터를 전달할 수 있게 된다. 반대로 시퀀스 번호가 작을 경우 새로운 경로를 탐색하기 위하여 역 경로 저장 후 이웃노드로 RREQ를 다시 브로드캐스팅한다. 또한 다수의 RREQ가 목적 노드에 도착할 경우 목적 노드는 처음 도착한 RREQ에 한번만 응답하고 그 이후에 도착한 RREQ는 무시한다. 소스노드와 목적노드 사이에서 단절이 발생할 경우 경로 단절을 감지한 노드는 RERR 메시지를 생성하여 소스 노드에게 통보하고 RERR 메시지를 수신한 소스 노드가 아직 목적 노드까지의 경로를 필요로 한다면 경로 재설정을 위해 시퀀스 번호를 증가시켜 RREQ 메시지를 브로드캐스트한다.

2.2 라우팅 로드와 MAC 오버헤드

802.11 DCF(Distributed Coordination Function)는 MAC 계층 프로토콜로 사용된다. 802.11 DCF는 이웃노드로 unicast 데이터 전송을 위해 RTS(Request-to-Send)와 CTS(Clear-to-Send)를 사용한다. 데이터 전송에 앞서 짧은 RTS제어 패킷을 브로드캐스트하고 RTS를 수신한 노드는 CTS로 응답한다. RTS와 CTS를 수신한 다른 이웃노드들은 충돌을 회피하기 위해 자신의 NAV(Network Allocation Vector)를 갱신하여 패킷전송을 미룬다. NAV는 채널이 사용 중인 것을 나타내어 virtual channel sensing을 수행하는데 사용된다. 만약 두 개의 노드가 동일한 노드로 RTS 패킷을 동시에 전송할 경우 RTS 전송 충돌이 발생하고 전송에 실패한 노드들

은 다음 전송 시도를 위해 binary exponential backoff 알고리즘을 이용하여 랜덤한 시간동안 대기한다. RTS/CTS는 well-known terminal problem 영향을 감소시키기 위해 virtual carrier sensing 방식과 채널 보존을 실행하고 virtual carrier sensing 방식은 RTS/CTS 제어 패킷의 사용을 통해서 이루어진다. 데이터 전송이후 ACK가 전송되지만 만약 데이터 패킷 전송 후 ACK가 수신되지 않거나 RTS 전송 후 CTS가 수신되지 않는다면 출발노드는 7회까지 패킷을 재전송할 것이다. 재시도 이후 CTS 혹은 ACK가 수신되지 않는다면 오류가 발생된다. 라우팅계층에 의해 전송된 모든 패킷들은(데이터, 라우팅) MAC 계층이 그것들을 전송할 수 있을 때까지 Interface queue에 저장되지만 끝없는 패킷 버퍼링을 방지하기 위해 30초 이상 전송 버퍼에서 대기 중인 패킷들은 버려진다. 이런 RTS/CTS/Data/ACK 절차가 DCF로 불리며 충돌회피(CSMA/CA)와 CSMA(Carrier Sense Multiple Access) 기술은 위에서 언급된 패킷들을 전송하기 위해 사용된다.

AODV에서 다수의 RREQ는 브로드캐스트이기 때문에 매우 높은 라우팅 로드를 발생시키지만 어떤 추가적인 제어패킷을 발생시키지 않기 때문에 매우 낮은 MAC 오버헤드를 가진다. 결과적으로 라우팅 로드와 MAC 오버헤드를 합한 전체 네트워크 로드는 다른 요구기반 라우팅 프로토콜에 비해 매우 낮다. RERR 역시 브로드캐스트이기 때문에 전체 네트워크 로드엔 큰 영향을 주지 않는다.

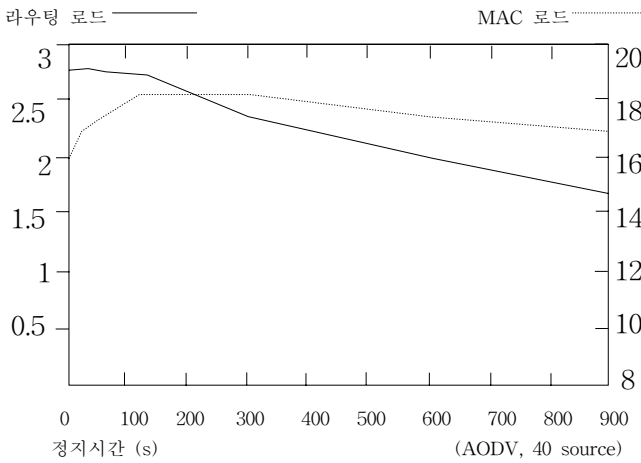


(그림 1) 이동하는 노드(100개)의 MAC 통계 값

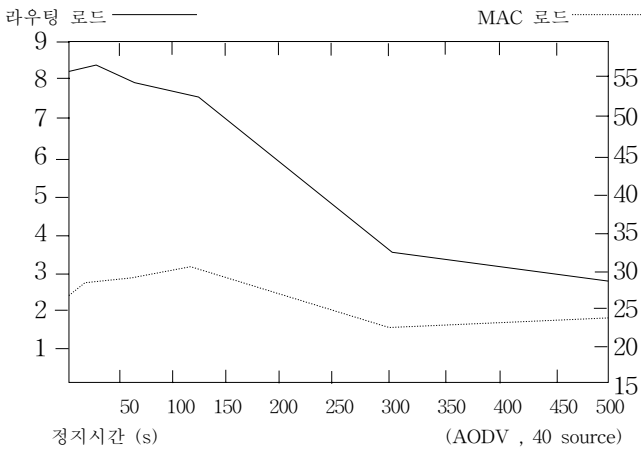
(그림 1)에서 브로드캐스트의 비율은 매우 크지만 AODV의 RTS패킷과 CTS 패킷의 비율은 매우 우수하며 ACK의 수는 데이터와 unicast 라우팅 패킷의 수를 합한 것과 거의 일치한다.

2.3 이동성과 트래픽 소스의 영향

50노드와 100 노드 실험의 경우 우리는 40 트래픽 소스와 3 packet/s(100노드에서는 2packet/s)를 사용하였다. AODV의 라우팅로드는 정지 시간이 증가할(이동성의 감소) 수록 감소하고 발생하는 트래픽 소스가 증가할 경우 다른 요구기반 프로토콜보다 현저하게 효율성이 감소된다. 그리고 100 노드 실험에서 일정한 정지시간까지 AODV의 MAC 로드는 감소하지만 매우 높은 정지 시간에서 MAC로드의 효율성은 다른 요구기반 프로토콜보다 감소된다.



(그림 2) 50노드에서 라우팅 로드와 MAC 로드



(그림 3) 100노드에서 라우팅 로드와 MAC 로드

3. AODV에서 Load-Balancing의 적용

과부하 상태에 있는 특정 노드를 경로 선정에서 제외하여 노드의 과부하 상태를 해제시키고 새로이 발견된 경로를 통해 패킷을 전송함으로써 전체 네트워크 로드를 분산시키는 로드 분산 기법을 AODV에 적용한다.

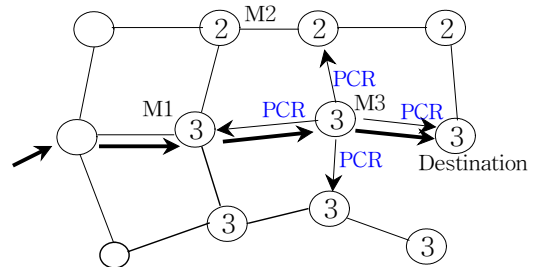
기본적인 알고리즘 개념은 다음과 같이 설명된다. 경로가 선정되어 패킷을 전송 중인 노드의 로드가

매우 높기 때문에 새로운 우회경로를 선정하여 패킷을 전송하는 경우 추가적인 트래픽 및 에너지 소모가 발생하기 때문에 최초 경로 선정에서 과부하 상태의 노드를 제외하는 로드 분산을 AODV에 적용한다. 각 노드마다 데이터 전송 경로에 포함되거나 데이터를 전송하기 위해 새로운 전송 경로를 생성한 경우 현재 자신의 LS를 1 증가시켜 인접노드로 PCR 메시지를 브로드캐스트한다. PCR 메시지를 수신한 이웃노드들은 이후 발생하는 패킷 전송에 대한 새로운 경로 선정에서 과부하 상태의 노드를 제외하기 위한 판단 기준으로 PCR 메시지의 LS값을 기록해 둔다. 그리고 현재 패킷을 전송 중인 경로 상의 인접 노드들은 계속해서 패킷을 전송하고 전송 경로 상에 포함되지 않은 인접노드들은 자신의 LS 값보다 낮은 인접노드만을 통해서 새로운 경로가 생성되도록 한다. 만약 인접노드들이 모두 자신보다 높은 LS 값을 가질 경우 인접노드 중에서 낮은 LS 값을 갖는 노드가 경로에 포함되도록 한다. 그리고 노드의 배터리 소모가 심하여 에너지가 현저하게 낮아진 경우 PCR메시지를 인접노드로 발송하여 자신이 경로에 포함된다면 연결이 불안정할 수 있음을 통보하여 로드가 분산되는 효과와 더불어 안정적인 전송 경로를 선정할 수 있도록 한다.

송신노드 주소	LS	Power state	TTL=1
---------	----	-------------	-------

(그림 4) PCR(Path Change Request)메시지 구조

반대로 일정 시간이 지난 뒤 노드의 로드 상태가 감소하는 경우 노드는 LS값을 감소시켜 인접 노드들에게 PCR 메시지를 브로드캐스트하여 다음 새로운 경로 선정에 반영되도록 한다.

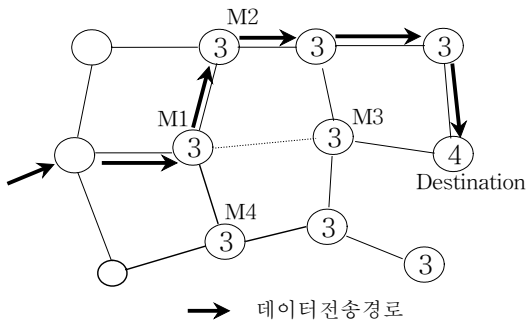


PCR(Path Change Request) → 데이터전송경로

(그림 5) PCR 메시지 전송

(그림 5)에서처럼 M3가 전송경로에 포함되기 이전

M2와 M3의 LS 값이 모두 2이지만 가장 짧은 경로를 선택을 위해 M2 대신에 M3가 새로운 경로에 포함된다면 M3의 값은 3이 될 것이다. 경로에 포함된 M3가 1 증가된 LS 값을 갖고 있는 PCR 메시지를 인접노드로 브로캐스트한다면 다음 경로선정시에 M3의 LS값이 M2의 LS 값보다 크기 때문에 M2가 새로운 전송 경로에 포함될 것이다. 경로 선정 기준인 LS값에 추가적으로 인접 노드의 파워를 경로 선정에서 고려한다. 인접노드 중에서 배터리가 현저히 낮은 노드의 경우 LS의 값이 낮다 할지라도 안정적인 전송 경로 선택을 위해 해당 노드는 경로선정에서 제외될 것이다.



(그림 6) 새로운 경로를 통한 데이터 전송

```

define NNode Neighbour_Node

if LS modified then
{
  A Node broadcast PCR to NNode;
  NNode lists LS;
}

At new path discovery

Previous_node chooses node with low LS among NNodes;
AND
Previous_node chooses node with safety power level;
    
```

(그림 7) 로드분산 알고리즘

4. 결론

AODV와 같은 On-demand 라우팅 프로토콜은 노드마다의 이동성이 낮아 네트워크 토폴로지의 변화가 동적이지 않고 안정된 상태의 Ad-Hoc 네트워크 일 경우 발견된 최단거리의 전송 경로가 트래픽이 집중되어 전송 지연 등의 문제점이 있을 지라도 새로운 전송 경로를 검색하여 우회하기보다 문제의 전송 경로에 패킷을 전송하여 트래픽을 가중시키는 결과를 발생시킨다. 이를 해결하기 위한 방안으로

AODV에서 로드 분산 기법의 적용을 제안하였다.

최단 경로만을 선택하는 것은 특정 노드에게만 트래픽이 집중되는 불합리한 점이 있기 때문에 인접노드와 자신의 로드 값을 비교하여 새로운 경로 선정시에 반영함으로써 네트워크 전체의 트래픽 분산을 발생시키고 노드들이 균형적으로 에너지를 소모함으로써 네트워크에 포함된 노드들의 안정된 연결을 유지하는 장점이 있다.

참고문헌

- [1] C. E. Perkins, "Ad Hoc On-Demand Distance Vector(AODV) Routing", Internet Draft, IETF MANET Working group, draft-ietf-manet-aodv-12.txt, November 2002.
- [2] M. S. Corson and J.P. Macker, "Mobile Ad Hoc Networking(Manet) Routing Protocol Performance Issue and Evaluation Considerations," IETF RFC 2501, Jan. 1999.
- [3] D. B. Johson, D. A. Maltz, Yih-Chun Hu and J. G. Jetcheva "The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks(DSR)", Internet Draft, IEF T MANET Working group, draft-ietf-manet-dsr- 07.txt, Feb. 2002.
- [4] Vincent D. Park and M. Scott Corson, "A Highly Adaptive Distributed Routing Algorithm for Mobile Wireless Networks," Proc. of IEEE INFOCOM'97, pp.1405-1413, Arp. 1997.
- [5] Audrey Zhou and Hossam Hassanein, "Load-Balanced Wireless Ad Hoc Routing", Proc. Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, vol. 2, pp1157-1161, 2001.
- [6] Pai-Hsiang Hsiao, Load-Balancing Routing for Wireless Access Networks,
- [7] Chiu, S., and Jain, R., "Analysis of the increase and decrease algorithm for congestion avoidance in computer networks," Journal of Computer Networks and ISDN, 17(1), June 1989, p. 1-14.
- [8] C. E. Perkins, "Ad Hoc On-Demand Distance Vector(AODV) Routing", Internet Draft, IETF MANET Working group, draft-ietf-manet-aodv-12.txt, November 2002.
- [9] Pai-Hsiang Hsiao, "Load-Balancing Routing for Wireless Access Networks", Infocom2001.