A study on the Load-Balancing Algorithm for Improved AODV Protocol

개선된 AODV 부하분산 알고리즘에 관한 연구

孫錫鎭* 李興宰* 崔眞圭*
Seok-Jin Son*, Hung-Jae Lee*, Jin-Kyu Choi*

Abstract

An Ad-hoc network which is composed of mobile nodes only should be able to distribute the traffic load evenly to the network so that the network could utilize its resources effectively. However, most of researches have been concentrated in channel establishment level, not in channel reestablishment level.

In this paper, the existing AODV routing protocol has been modified and upgraded to disperse the traffic load more quickly. A node which uses the modified AODV routing protocol proposed in this paper broadcasts a control message to adjacent nodes, which announces congestion around the node.

In order to verify the performance improvement of the proposed protocol, simulation study has been carried out by using ns2 simulator.

요 약

인프라가 없는 Ad-hoc 네트워크에서 트래픽 집중은 시스템 성능에 영향을 준다. 이에 트래픽을 고르게 분배하여 자원을 효율적으로 소비하는 것이 필요하다. Ad-hoc 네트워크는 경로가 설정되고 통신이 시작되면 링크의 단절이 생기지 않는 한, 경로의 재설정이 이루어지지 않는다.

본 논문에서는 부하증가에 따른 처리능력이 우수한 AODV 라우팅 프로토콜을 수정 개선하여 네트워크의 트래픽 변화에 능동적으로 부하분산을 할 수 있도록 하였다. 수정된 AODV 라우팅 프로토콜은 트래픽이 집중된 노드가 자신의 트래픽 집중을 메시지로 알리고, 이 메시지를 받은 노드들은 대체 노드가 존재하면 경로 변경 후 데이터를 전송한다. 수정한 프로토콜의 동작과 성능은 ns2 시뮬레이터를 이용하여 실험 평가하였다

Key words : Ad-hoc, AODV, Load-Balancing

Ⅰ. INTRODUCTION

Ad-hoc 네트워크는 AP나 기지국과 같이 표준화된 기반시설의 지원 없이 단말들에 의해 구성된 망으로서 그 특성상 인프라 구축이 어려운 재해, 재난지역이나 전쟁터와 같은 곳에서 적용되는 것으로 생각하고 연구되어 왔다. 그러나 최근에는 근거리 통신망으로의 적용을 위해 IETF의 MANET WG(Mobile Ad-hoc NETwork Working Group)을 중심으로 Ad-hoc 라우팅 프로토콜에 대한 연구가 진행되고 있으며, RFC와 인터넷 드래프트를 제출하며 표준화에 힘쓰고 있다[1,2].

AODV 라우팅 프로토콜은 부하증가에 따른 처리능력이 우수함에도 불구하고, 특정 노드에 트래픽이 집중되는 경우에는 여러 가지 문제가 생긴다. 만약 트래픽이 집중된 노드가 동작불능의 상태가 되면 그 노드에 연결되어 있던 모든 노드들은 일시적인 통신불능 상태가 되며, 비록 동작불능의 상태가 생기지 않더라도 트래픽이 집중된 노드는 다른 노드들보다 전력손실이 많아진다[3].

그러나 AODV 라우팅 프로토콜은 주변 노드들이 이동하여 트래픽 분산이 가능한 형태로 노드들이 분포가 되어도 링크가 단절 되지 않으면 경로를 바꾸지 않는다.

*한남대학교 전자공학과
(Dept. of Electronics, Hannam University)
接受日:2006年 7月 20日, 修正完了日: 2006年 12月 12日

따라서 본 논문에서는 경로 설정이 끝나고 통신을 시작한 노드들의 부하분산을 위해 망 변화에 능동적으로 대처 할 수 있는 라우팅 알고리즘을 AODV 라우팅 프로토콜을 개선하여 구현 한다. 구현된 라우팅 프로토콜은 집중된 트래픽을 인접 노드에게 분산시켜 자원을 효율적으로 소비 할 수 있다.

II. DESCRIPTION

1. 개선된 AODV 라우팅 프로토콜

가. AODV 라우팅 프로토콜

AODV 라우팅 프로토콜은 루프방지를 위해 DSDV (Destination Sequence Distance Vector)의 시퀀스 번호(sequence number)를 On demand 방식에 적용하기 위하여 제안된 방법으로 경로 획득 절차에 의해 얻어진 경로만을 일정시간 동안 유지한다는 점에서 DSDV를 개선하였다. 또한 AODV 프로토콜의 동작은 DSR과 유사하게 동작하며 라우팅을 위해서 사용하는 패킷도 RREQ(Route Request), RREP(Route Reply), RERR(Route Error) 패킷이 사용된다. AODV 프로토콜은 패킷 헤더에 전체경로를 포함하지 않으므로 소스 라우팅의 자원 낭비 문제점을 보완 개선하였으며 단지 통신할 필요가 있는 노드간의 경로만 라우팅 테이블에 관리함으로써 DSR 라우팅 프로토콜을 개선하였다[4,5]. 그러나 AODV 라우팅 프로토콜은 RREP 패킷이 RREQ 패킷으로부터 설정된 경로만을 사용하기 때문에 대칭 링크만을 지원한다[6]. 또한 경로가 변화하지 않더라고 일정시간 경과 후에는 경로를 삭제하고 목적지까지 하나의 경로만 유지하므로 발생하는 라우팅 패킷 수는 DSR보다 훨씬 많으나 대역폭 측면에서는 AODV가 우수한 성능을 보인다[7].

(1) 경로 획득

최초 노드로 부터 목적지 노드까지의 데이터 전송이 필요할 때 시작되며 이를 위해 RREQ메시지를 사용한다. RREQ 메시지에는 목적지 노드의 IP 주소와 목적지 시퀀스 번호, 그리고 최초 노드의 IP 주소와 최초 시퀀스 번호가 들어있다. 최초 노드는 RREQ 메시지를 브로드캐스트하고 응답을 기다리는데 필요한 시간을 정한다.

이웃노드들은 RREQ 메시지를 수신하면, 자신의 라우트 테이블에 최초 노드에 대한 리버스 라우트 엔트리를 생성한다. 그런 다음 목적지 노드까지 기한이 지나지 않은 경로가 존재하는지 확인한다.

자신이 목적지 노드이거나 또는 목적지 노드까지의 경로를 알고 있을 경우에는 RREP 메시지를 생성하며, RREP 메시지에는 목적지 시퀀스 번호와 목적지 노드까지의 홉 수가 포함되어 있다. 생성된 RREP 메시지는 최초 노드까지 유니캐스트 방법으로 되돌려 보낸다. 이 때 미리 생성해 둔 리버스 라우트 엔트리가 사용된다. 자신이 목적지 노드도 아니고 목적지 노드까지의 경로도 알지 못하는 경우에는 다시 RREQ 메시지를 브로드캐스트 한다.

(2) 경로 유지

사용 중인 경로에서 링크가 끊어지면 노드는 목적지까지 도달하기 위해 다른 어떤 이웃 노드를 사용해야 할지를 결정해야 한다. 이 때 사용되어 지는 것이 RERR 메시지이다. RERR 메시지에는 링크의 끊어짐으로 인해 현재는 도달할 수 없는 소스 노드의 IP 주소가 포함된다. 이 노드로부터 전해진 RERR 메시지는 최초 노드까지 되돌아간다. RERR 매시지를 받은 최초 노드는 목적지 노드까지 새로운 경로를 재설정한다.

나. 제안한 라우팅 알고리즘

AODV 라우팅 프로토콜은 링크가 끊어져야만 경로를 재설정한다. 그러나 본 논문에서 개선한 AODV 라우팅 프로토콜은 링크가 유지되어 있는 상태에서도 경고 메시지, 라우팅 메시지, 최적화 메시지를 이용하여 경로를 재설정하고, 부하분산을 가능 하게 하였다. 그림 1은 본 논문에서 사용한 메시지의 형식을 나타내고 있다. 개선된 라우팅 알고리즘은 부하가 많아지면 경고 메시지[그림1-(a)]를 브로드캐스트 한다[그림 2-(a)]. 경고 메시지를 수신한 이웃노드들은 다시 라우팅 메시지[그림1-(b)]를 브로드캐스트 한다[그림 2-(b)].

라우팅 메시지를 수신한 노드들은 라우팅 메시지를 보낸 노드가 부하가 있는지를 확인한 후 부하가 없고 홉 수가 같거나 작으면 경로를 변경하고 자신의 최신 라우트 정보를 포함하여 최적화 메시지[그림 1-(c)]를 브로드캐스트 한다[그림 2-(c)]. 최적화 메시지를 수신한 노드들은 라우팅 메시지를 수신한 노드와 같이 부하와 홉 수를 비교한 후 경로를 변경한다[그림 2-(d)]. 그림 2는 개선된 알고리즘의 동작을 흐름도로 나타내었다.

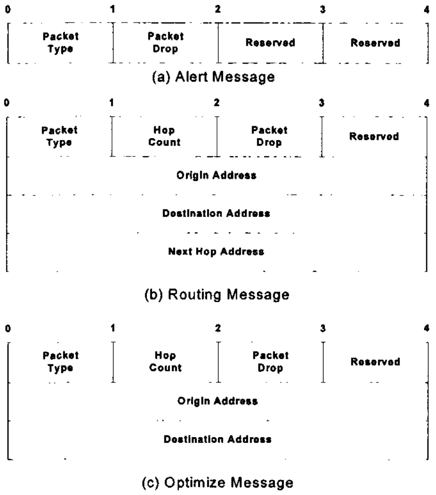


그림 1. 개선된 라우팅 알고리즘 메시지 형식

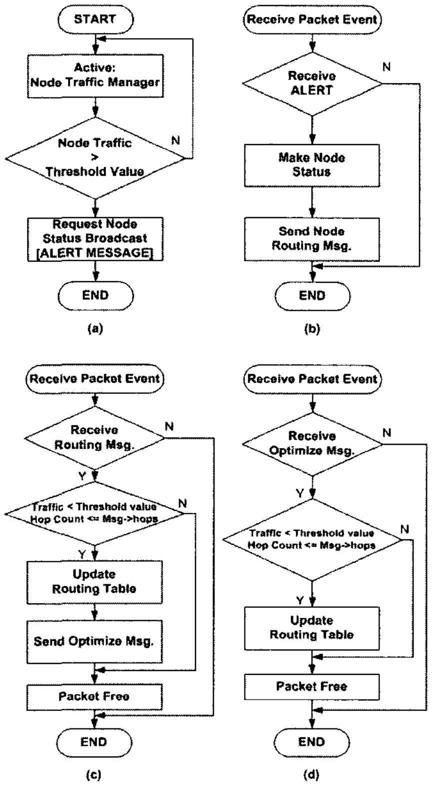


그림 2. 개선된 라우팅 알고리즘 흐름도

2. 시뮬레이션 모델링

가. 시뮬레이션 환경

본 논문에서는 ns2 시뮬레이터의 AODV라우팅 프로토콜을 수정하여 제안된 라우팅 알고리즘을 구현하였다. 무선 프로토콜로는 802.11b를 사용하였고, 0~600초 동안 시뮬레이션을 실시하였다. 그림 3의 시뮬레이션 시나리오 1은 송신 노드 0, 1, 2, 3의 데이터가 노드 4에 의하여 포워드 되어 목적지 노드 6, 7, 8, 9로 전달되어지고 있는 상황에서 통신에 참여하지 않았던 노드 5가 송신 노드의 데이터를 목적지 노드로 포워드 시켜 줄 수 있는 위치로 이동하는 시나리오이다. AODV 프로토콜의 경우 경로의 단절과 같은 특수한 상황이 발생하지 않으면 노드 4를 통해서만 데이터 전송이 이루어진다.

그림 4의 시뮬레이션 시나리오 2는 통신에 참여 중이던 송신 노드 0이 송신 노드의 데이터를 목적지 노드로 포워드 시켜 줄 수 있는 위치로 이동하는 시나리오이다. 이 시나리오에서 AODV 프로토콜은 경로의 변동 없이 노드 4에 트래픽을 집중시킨다. 또한 노드 0은 노드 6으로 직접 데이터를 전송 할 수 있는 위치까지 이동 하였으나 노드 4와의 경로가 유지 되고 있기 때문에 노드 4를 경유하여 패킷을 전송한다.

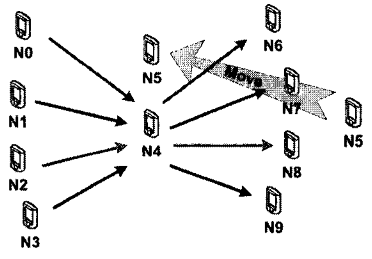


그림 3. 시뮬레이션 시나리오 1

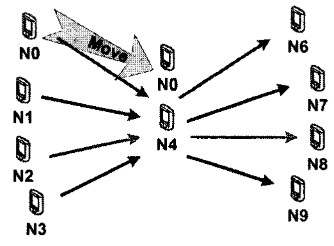


그림 4. 시뮬레이션 시나리오 2

나. 시뮬레이션 결과 분석

그림 5와 6은 시나리오 1의 시뮬레이션 결과로 그림 5는 드롭 패킷 수를 보여주고, 그림 6은 패킷의 전송 효율을 나타내고 있다. 제안한 알고리즘은 AODV보다 드롭 패킷의 수가 줄어들었고, 드롭 패킷 수의 감소로 패킷의 재전송 횟수도 줄어 패킷 전송 효율이 99.24%에서 99.83%로 상승하였다.

그림 7과 8은 시나리오 2에서의 드롭 패킷 수와 패킷 전송 효율을 나타내고 있다. 패킷 전송 효율이 99.28%에서 99.85%로 향상되어 시나리오 1과 유사한 그래프 패턴을 보여준다.

그림 9는 시나리오 1에서 중간 노드인 노드 4와 노드 5의 포워드 데이터 량을 나타낸 결과이다. 시나리오 1의 경우 노드 4와 노드 5가 45%~55%의 범위 안에서 부하분산이 이루어지고 있다. 그림 10는 시나리오 2의 중간 노드인 노드 4와 노드 0의 포워드 데이터 량을 나타낸 결과이다. 시나리오 2의 경우 노드 0은 데이터 포워딩과 자신의 데이터를 송신하도록 설정된 노드이기 때문에 처음에는 노드 0보다 노드6의 포워드양이 많으나 조금씩 그 차이가 감소하고 있다.

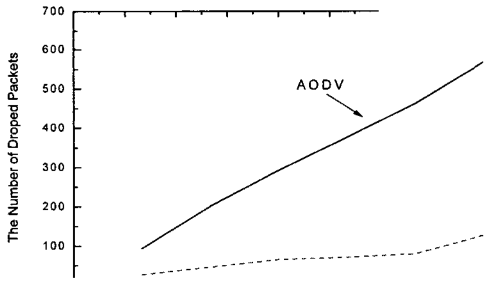


그림 5. 시나리오 1의 드롭패킷 변화량

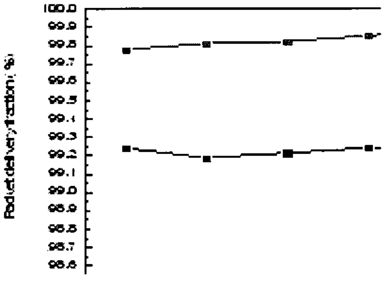


그림 6. 시나리오 1의 전송효율

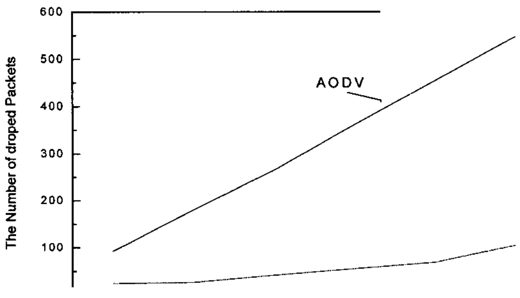


그림 7. 시나리오 2의 드롭패킷 변화량

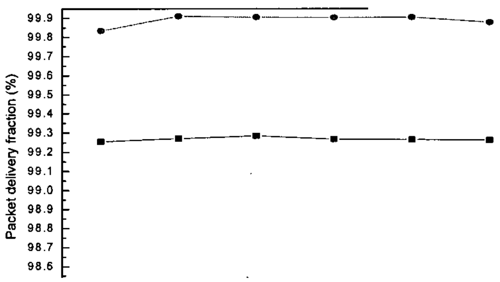


그림 8. 시나리오 2의 전송효율

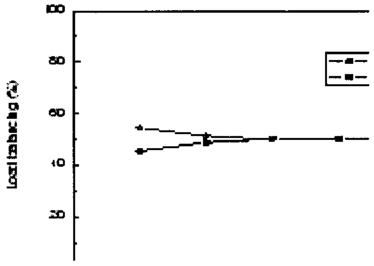


그림 9. 시나리오 1의 부하분산

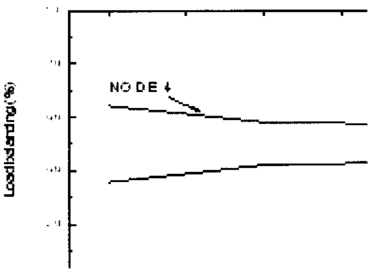


그림 10. 시나리오 2의 부하분산

III. CONCLUSIONS

본 논문에서는 Ad-hoc 네트워크에서 개선된 AODV 라우팅 프로토콜을 사용함으로써 Ad-hoc 네트워크의 부하분산에 미치는 성능변화를 분석하였다.

제안된 라우팅 프로토콜은 추가된 제어 메시지를 사용하여 트래픽이 집중된 노드를 파악하고 트래픽이 집중된 노드의 부하를 주위의 노드들에게 분산시켜 처리하게 한다. 제안된 라우팅 알고리즘은 ns2 시뮬레이터를 분석하여 제안된 프로토콜을 수행하도록 모델링하였다. 시뮬레이션 결과, 개선된 알고리즘의 효과적인 경로 재설정으로 패킷 충돌에 의해 폐기된 패킷 수는 19.7% 감소하였다. 폐기된 패킷의 수가 적어짐에 따라 패킷의 재전송 횟수도 감소하였으며 그 결과 패킷 전송 효율이 각각 99.24%에서 99.83% 99.28%에서 99.85%로 개선되었다. 또한 부하분산 시, 데이터를 전달하지 않고 패킷만을 포워드 하는 시나리오의 경우 45%에서 55%로 사이의 부하분산이 이루어졌다. 패킷을 포워드 하면서 자신의 데이터를 전달하는 시나리오의 경우는 35.7%에서 64.3%의 부하분산이 이루어졌다.

본 논문에서 제안한 라우팅 프로토콜은 네트워크 토폴로지 변화에 능동적으로 경로를 재설정함으로써 트래픽 집중에 의한 노드의 전력 손실과 기능 정지에 의한 일시적인 통신 두절 현상을 예방할 수 있다.

앞으로 복잡한 Ad-hoc 네트워크에서 성능향상을 위하여 라우팅 프로토콜의 부하분산에 대한 보다 많은 연구로 다중경로 라우팅 프로토콜의 성능에 영향을 미칠 수 있는 요소들을 분석할 필요가 있다. 본 논문의 결과는 차세대 Ad-hoc 네트워크 성능향상 연구에 유용하게 이용될 수 있다.

References

[1] C.K. Toh, Ad Hoc Mobile Wireless Networks - protocols and systems, Prentice hall PTR, 2002.

[2] http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html

[3] S. J. Lee and M. Gerla., "Split Multipath Routing with Maximally Disjoint Paths in Ad Hoc Networks," Proceedings of the ICC, pp. 3201-3205, 2001.

[4] M. K. Marina and S. R. Das, "Ad hoc On-demand Multipath Distance Vector Routing, Technical Report," Computer Science Department, Stony Brook University, April 2003,

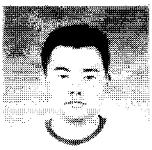
[5] A. Valeram, "Cooperative Packet Caching and Shortest Multipath Routing in Mobile Ad hoc Networks," IEEE INFOCOM 2003, April 2003.

[6] S. R. Das, C. E. Perkins, E. M. Royer and M. K. Marina, "Performance Comparison of Two On-demand Routing Protocols for Ad hoc Networks," IEEE Personal Communications Magazine special issue on Ad hoc Networking, pp. 16-28, February 2001.

[7] K. Wu and J. Harms., "Performance Study of a Multipath Routing Method for Wireless Mobile Ad Hoc Networks," Proceedings of the IEEE Int'l Symposium on Modeling, Analysis and Simulation of Computer and Telecommunication Systems (MASCOTS), pp. 99-107, 2001.

저 자 소 개

孫錫鎭(學生會員)



한남 대학교 대학원 전자공학과 석사과정 재학중

<주관심분야>

Ad-hoc , Embedded System

李興宰(學生會員)

한남 대학교 대학원 전자공학과 박사과정 재학중

<주관심분야>

네트워크 시뮬레이션, Embedded System 설계

崔眞圭(正會員)

한남대학교 정보통신멀티미디어공학부 교수

<주관심분야>

통신망 성능평가, 디지털시스템설계, Embedded System