

MANET 환경에서 노드 상태 제어 알고리즘

이수진*, 최대인^o

A Node Status Control Algorithm in Mobile Ad-Hoc Networks

Su-Jin Lee*, Dae-In Choi^o

요 약

MANET(Mobile Ad-hoc Networks)에서 참여 노드가 증가할수록 경로탐색을 위해 브로드캐스팅되는 제어메시지가 폭발적으로 증가하게 되어 네트워크 성능을 감소시킨다. 본 논문에서는 이런 브로드캐스트 스톰 문제(broadcast storm problem)의 발생 확률을 낮춰 네트워크 성능을 높일 수 있는 노드 상태 제어 알고리즘을 제안한다.

Key Words : broadcast storm problem, node status control, probabilistic scheme, MANET, multi-hop routing

ABSTRACT

In mobile ad hoc networks(MANETs), each node rebroadcast received route request packets for route discovery. Flooding from large number of nodes induces the broadcast storm problem which causes severe degradation in network performance due to redundant retransmission, collision and contention. This paper presents a node status algorithm based on probabilistic scheme to alleviate the broadcast storm problem for wireless ad hoc networks.

I. 서 론

무선 통신 단말기 기술이 진보하고 있지만 한정된 배터리, 연산능력, 무게 등 하드웨어 제약으로 제한된

자원을 얼마나 효율적으로 사용하는지가 중요한 이슈가 되고 있다. MANET에서는 라우팅 경로 설정을 위해 제어메시지가 브로드캐스팅된다. 참여 노드의 수가 증가할수록 경로설정을 위해 브로드캐스팅되는 패킷은 기하급수적으로 증가하며, 이런 라우팅 오버헤드 증가로 브로드캐스트 스톰이 발생한다. 브로드캐스트 스톰은 패킷의 충돌과 채널 경쟁 증가 등으로 이어져 네트워크 성능을 감소시키는 원인이 되기 때문에 이 문제를 해결하고자 3P기법¹⁾ 등 다양한 알고리즘이 제안되고 있다. 그러나 제안되고 있는 알고리즘들 또한 노드의 밀도가 높아질 경우 동일한 문제가 발생되고 있다. 따라서 본 논문에서는 노드의 밀도가 높아질 경우 브로드캐스트 스톰을 피할 수는 없지만 이런 문제 발생 확률을 낮춰 기존 알고리즘들 보다 네트워크 성능을 높일 수 있는 확률적 기법 기반 알고리즘을 제안한다.

II. 관련 연구

경로탐색을 위해 제어메시지를 브로드캐스팅하는 경우, 이웃 노드간 중복된 패킷 재전송으로 인해 채널 경쟁, 패킷 충돌 등의 문제가 발생한다. 이런 문제를 해결하기 위해 다양한 방법들이 제안되고 있으며 기존의 연구들은 크게 확률적 기법, 카운터기반 기법, 거리기반 기법, 위치기반 기법, 클러스터기반 기법으로 분류할 수 있다¹⁾.

확률적 기법은 수신한 브로드캐스팅 패킷의 재전송 여부를 확률적으로 결정하는 방법으로 제어메시지의 오버헤드 발생을 줄인다. 카운터기반 기법은 노드가 수신한 패킷을 브로드캐스팅하기 전에 이웃노드로부터 중복 패킷이 전송되는지 기다리고 중복 수신한 브로드캐스팅 패킷의 수를 이용하여 수신 패킷의 브로드캐스팅 여부를 결정하는 방법이다. 거리기반 기법은 신호 세기 또는 GPS 장치 등을 이용하여 패킷을 브로드캐스팅한 송신자의 거리를 알고 있다고 가정하고 패킷의 브로드캐스팅 여부를 송신자와의 거리를 기준으로 결정하는 방법이다. 위치기반 기법은 노드의 위치정보를 이용하여 수신한 브로드캐스팅 패킷이 도달하지 못하는 범위 중 현재 노드가 커버할 수 있는 범위를 계산하여 이 범위가 임계값보다 클 경우 재전송을 하는 방법이다. 클러스터기반 기법은 클러스터 내에서 클러스터 외부로 재전송할 수 있는 게이트웨이

* First Author : 한국과학기술정보연구원, sujin2010@kisti.re.kr, 정회원

^o Corresponding Author : 삼성전자, nbear@korea.ac.kr, 정회원

논문번호 : KICS2014-02-034, Received February 4, 2014; Reviewed February 18, 2014; Accepted March 7, 2014

멤버, 클러스터 내에서 재전송할 수 있는 클러스터 헤더, 재전송을 하지 않는 멤버로 노드의 기능을 한정하여 브로드캐스팅 패킷 수를 감소시키는 방법이다.

본 논문에서 비교분석한 확률적 기법인 3P 기법^[2]은 제어메시지의 브로드캐스팅 여부를 결정짓는 확률을 이웃 노드의 수에 따라 2-3단계(sparse, medium, dense)로 나누어 브로드캐스팅을 확률로 조절한다. 그러나 2~3단계별로 고정된 확률로 제어패킷의 재전송 여부가 결정되기 때문에 노드 수가 너무 적은 경우에도 제어패킷을 전송하지 않거나 노드 밀도가 너무 높은 경우에는 브로드캐스트 스톱이 발생하는 문제점이 있다.

III. 노드 상태 제어 알고리즘 제안

브로드캐스트 스톱 문제 해결을 위해 제안되었던 확률 기반 알고리즘들 중 3P기법의 문제점을 개선한 노드 상태제어 알고리즘을 제안한다. 제안 알고리즘은 AODV와 같은 리액티브 라우팅 프로토콜에 적용되며, 경로탐색 제어 메시지를 수신한 노드의 상태에 따라 패킷의 재전송 여부를 결정하여 제어 메시지를 재전송하는 노드의 수를 제한한다. 제어 메시지 재전송 여부는 패킷을 수신한 노드의 이웃노드 수(임계값)로 결정한다. 임계값은 MANET 확장성과 관련하여 적절한 재전송 노드 수를 결정하는 임계값에 대해 연구한 결과를 사용하여 6~8로 설정하였다^[3]. 즉, 제어 메시지를 수신한 노드는 패킷을 재전송하는 액티브 노드으로써 동작하는 이웃노드수가 임계값보다 작은 경우 액티브 노드로 동작하고, 임계값보다 큰 경우 패킷을 재전송하지 않는 패시브 노드로 동작한다. 또한, 이웃 노드 수가 많은 경우에는 이웃노드의 수에 따라 유동적으로 전송확률이 정해지기 때문에 노드의 상태에 따른 제어패킷 전송 제어로 라우팅 오버헤드의 폭발적인 증가를 방지할 수 있다. 경로설정을 위한 경로탐색 요청메시지(RREQ)를 수신한 경우, 패킷 재전송 여부를 결정하는 노드의 상태 다이어그램은 그림 1과 같다; 액티브 이웃 노드의 수가 임계값보다 작은 경우에는 액티브 상태가 유지되며, 액티브 이웃 노드의 수가 임계 값 보다 크거나 같고 생성된 랜덤 넘버가 임계 값 보다 작은 경우에도 액티브 상태가 유지된다. 또한 경로탐색에 대한 응답이 필요한 경우에도 액티브 상태가 유지 된다. 반면에 액티브 이웃 노드의 수가 임계 값 보다 크고 생성된 랜덤 넘버의 값이 임계 값 보다 크게 되면 패시브 노드가 된다. 패시브 상태에서 브로드캐스팅 패킷을 수신하면 조건에 따라

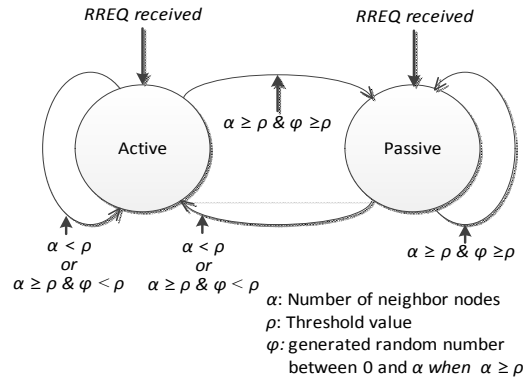


그림 1. 노드 상태 다이어그램
Fig. 1. A Diagram of Node Status

액티브 상태가 되거나 패시브 상태가 유지 된다. 즉, 액티브 이웃 노드의 수가 임계 값 보다 작은 경우에는 액티브 상태가 되며, 액티브 이웃 노드의 수가 임계 값 보다 크거나 같고 생성된 랜덤 넘버가 임계 값 보다 작은 경우도 액티브 상태가 된다. 또한, 수신한 패킷에 대한 응답으로 경로 응답이 필요한 경우에도 액티브 상태가 된다.

IV. 성능 분석

제안 알고리즘의 성능은 QualNet^[4] 시뮬레이터를 이용하여 3P기법과 AODV^[5]와 비교분석하였다. 각 노드는 802.11b 무선인터페이스와 무지향성(Omnidirectional) 안테나를 가지고 2Mbps 무선속도, 250m의 전송 범위, 10m/s의 최대이동 속도를 갖는 랜덤 웨이포인트 모델을 사용하였다. UDP기반 CBR을 사용하여 1000mx1000m에 25개~500개의 노드를 랜덤하게 배치시키고 다양한 크기의 트래픽을 발생시켜 300초 동안 시뮬레이션을 수행하였다.

그림 2~5는 MANET의 참여 노드 수에 따라 정상적으로 수신한 패킷 수, 종단간 지연, 라우팅 오버헤드, 평균 충돌 횟수에 대한 시뮬레이션 결과이다. AODV의 경우 노드 수 증가에 따른 라우팅 오버헤드 증가로 인해 패킷 충돌이 빈번히 발생하여 네트워크 성능이 대체로 낮으며, 3P의 경우 노드의 밀도가 아주 높은 경우에는 브로드캐스트 스톱이 발생한다. 반면 제안알고리즘은 노드의 밀도가 높은 경우에도 전체적으로 브로드캐스팅 패킷 수가 일정하게 유지되기 때문에 우수한 성능을 보인다. 3P 기법은 노드 수가 200 이상일 경우 AODV보다 좋은 성능을 보이지만 150개 이하인 경우 AODV보다 낮은 성능을 보이는데 이는

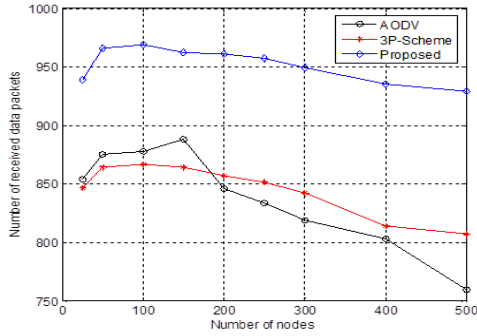


그림 2. 노드 수에 따른 수신 패킷 수
Fig. 2. Number of received data packets

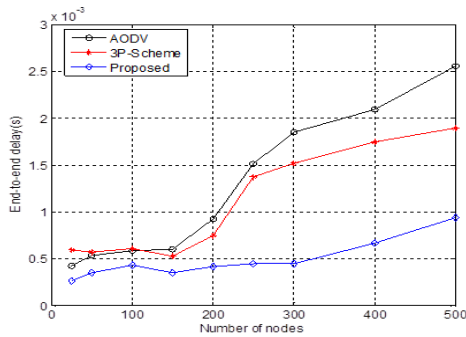


그림 3. 노드 수에 따른 종단간 지연
Fig. 3. End-to-end delay

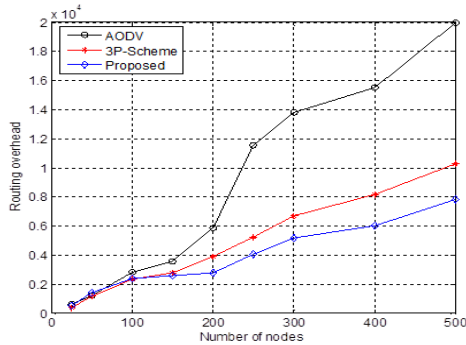


그림 4. 노드 수에 따른 라우팅 오버헤드
Fig. 4. Routing overhead

노드 밀집도가 낮은 경우에도 수신한 경로탐색 메시지를 브로드캐스팅하지 않을 확률로 인해 경로설정에서 어려움이 발생하기 때문이다. 제안 알고리즘은 노드의 밀도가 낮은 경우에는 반드시 패킷 재전송을 하고, 밀도가 높은 경우에는 동적으로 패킷 재전송 여부를 결정하여 패킷 전달율을 높였고, 노드의 밀도가 낮은 경우에는 비슷하거나 높은 라우팅 오버헤드를 보였지만 노드의 밀도가 높을수록 라우팅 오버헤드 증가율이

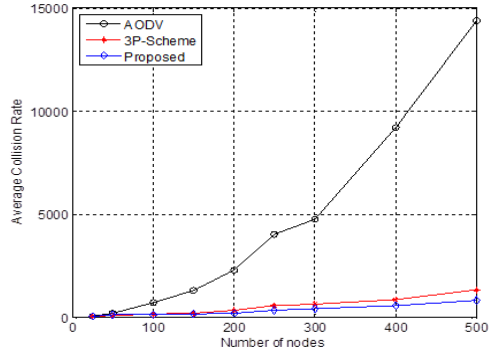


그림 5. 노드 수에 따른 평균 충돌 횟수
Fig. 5. Number of Average Collision

낮아짐을 볼 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 노드의 밀도에 따라 노드의 상태를 동적으로 전환해 경로탐색 메시지의 재전송을 제한함으로써 멀티홉 라우팅에서의 브로드캐스트 스톱 문제를 개선할 수 있는 알고리즘에 대해 제안하였다. 기존 확률적 기법을 기반으로 브로드캐스트 스톱 문제를 해결하는 경우 노드의 밀도가 낮거나 높을때 발생하는 문제를 개선시켰다. 특히, 한정된 자원을 사용하는 이동노드가 일정 지역에 밀집한 경우 폭발적으로 트래픽이 늘어나는 환경에서 제안 알고리즘을 사용할 경우 네트워크 혼잡을 줄여 성능 향상을 기대할 수 있다.

References

- [1] Y.-C. Tseng and S.-Y. Ni, "The broadcast storm problem in a mobile ad hoc network," *Wirel. Netw.*, vol. 8, pp. 153-167, 2002.
- [2] J. D. Abdulai and M. Ould-Khaoua, "Adjusted probabilistic route discovery in mobile ad hoc networks," *Comput. & Elect. Eng.*, vol. 35, pp. 168-182, 2009.
- [3] S.-J. Lee, E. M. Belding-Royer, and C. E. Perkins, "Scalability study of the ad hoc on-demand distance vector routing protocol," *Int. J. Netw. Manag.*, vol. 13, no. 2, pp. 97-114, 2003.
- [4] <http://www.scalable-networks.com>
- [5] C. Perkins and E. Belding-Royer, and S. Das, "Ad hoc on demand distance vector (AODV) routing (RFC3561)," IETF MANET WG, Aug. 2003.