

# 대규모 Ad-hoc 네트워크에서 AODV 프로토콜의 효율적인 경로 탐색 기법

김 승호\*, 이 준호

\* 서울산업대학교 전자공학과

e-mail: [kmjht41@hanmail.net](mailto:kmjht41@hanmail.net), [ljh@snut.ac.kr](mailto:ljh@snut.ac.kr)

## An Effective Route Discovery Scheme of the AODV Protocol in the Heavy Loaded Ad-hoc Network

Seung-Hyo Kim\*, Jun-Ho Lee

Dept of Electronics Engineering, Seoul National University of  
Technology

### 요 약

Ad-hoc 네트워크에서 AODV 라우팅 프로토콜의 경로 설정에 대한 성능 분석과 개선 방식은 이미 많은 논문에서 다루고 있다. 하지만 기존 방식들은 대부분 네트워크 부하가 적은 경우만을 고려하고 있다. 본 논문에서는 그와 같은 상황 제약에 따른 단편적인 성능 검증을 극복하기 위해 많은 노드가 참여하고 트래픽 양이 많은 Ad-hoc 네트워크에서 트래픽양의 변화에 따른 성능을 시뮬레이션을 통해 분석하였다. 트래픽 양이 많을 경우, 기존의 AODV 라우팅 프로토콜의 성능이 훨씬 떨어지는 것을 알 수 있었다. 본 논문에서는 분석결과를 토대로 노드의 라우팅 테이블 Entry 수를 확인하여 혼잡도를 고려한 후 경로 탐색 여부를 결정하는 기법을 제안하고 성능을 분석하였다. 분석 결과 제안된 방식이 기존의 AODV specification[5]을 크게 수정하지 않으면서도 패킷 수신율 및 Drop을 등의 성능을 개선하는 효과가 있었으나 패킷 전달 속도에서는 경로가 분산 또는 우회되어 약간 길어진다는 것을 확인하였다.

### 1. 서론

Ad-hoc 네트워크에서 사용되는 여러 프로토콜 중 [1][2][3][4][5][6][7][8] AODV는 대표적인 요구 기반 라우팅 프로토콜로써 소스 노드가 데이터 전송이 필요할 때 목적지 노드까지의 라우팅 경로를 찾게 되는데 이 과정을 라우팅 경로 탐색 (route discovery)이라 한다. 일단 경로를 찾은 뒤에는 데이터 전송이 일어나게 되는데, 노드의 빈번한 이동이 있는 경우에는 경로가 중간에 자주 끊기게 된다. 이때에는 경로 단절을 발견한 해당 경로에 있는 중간 노드가 목적지 노드까지의 경로 탐색을 하고 단절된 경로를 복구하게 되는데, 이를 지역 경로 복구(local repair)라 한다.

이장에서는 먼저 본 논문의 주제가 되는 RREQ (Route Request)를 생성하는 AODV의 경로 생성과정 및 지역 경로 복구과정과 Expanding Ring Search Algorithm

을 간략히 설명하며 기존 제안 및 연구에 있어서의 문제점을 알아보고 새로운 경로 탐색 기술을 제안한다.

#### 1-1 AODV의 경로 생성과정

Ad-hoc 네트워크 내의 모든 노드들은 데이터 전달이 있는 라우팅 경로 정보만을 라우팅 테이블에 유지 및 관리하게 된다. 데이터 전달이 필요한 소스 노드는 요구 기반 방식으로 목적지 노드까지의 최단 경로를 라우팅 경로 설정 과정을 통하여 찾아낸다.

AODV가 경로 설정 및 유지 관리를 위하여 사용하는 메시지 타입은 RREQ(Route Request), RREP (Route Reply), RERR(Route Error)의 3가지 타입이다. RREQ는 소스 노드가 목적지 노드를 찾기 위해 사용하는 메시지 타입이다. RREQ를 발생시키는 노드는 데이터 전달을 처음에 요구한 소스 노드와 경로 단절이 생겼을 때 경로 복구를 위해 경로 복구 작업을 시작하는 중간 노드가 될

수 있다. 이들 노드들은 RREQ 메시지를 Ad-hoc 네트워크 내로 flooding하게 된다.

### 1-2. AODV의 경로복구 과정

경로 설정 과정을 통해 생성된 경로는 데이터 전송 중에는 유지되어야 한다. 만일 노드들의 이동과 같은 이유로 경로 중간에서 단절이 발생한 경우, 경로 단절을 발견한 단절 상위 노드(upstream node)는 두 가지 중 한 가지 방식으로 처리를 한다. 먼저 첫 번째로 단절 상위 노드에서 목적지 노드까지의 TTL 값이 MAX\_REPAIR\_TTL 보다 작은 경우에는 지역 경로 복구를 통해 경로를 복구한다.

두 번째 방식은 경로 단절이 MAX\_REPAIR\_TTL 보다 밖에서 발생하였을 때 사용 되는데, 단절 상위 노드는 REER 메시지를 이용하여 소스 노드에게 통보하고 소스 노드는 이에 대응하여 새롭게 경로 설정 과정을 시작하게 된다.

### 1-3. Expanding Ring search Algorithm

Expanding Ring Search 알고리즘은 유선 인터넷에서 처음 사용되었고 사용 목적은 불필요한 RREQ의 전송을 제한한다는 것이다. 그 방법은 패킷 IP헤더에 TTL을 이용하여 출발지 노드로부터 가까운 지역으로부터 점차로 넓은 지역으로 확대해가면서 RREQ를 전송하는 것이다.

### 1-4. 기존 제안들의 문제점 및 새로운 제안

AODV의 성능 향상을 위한 여러 제안 및 연구가 있었으나 주로 적은 수의 노드들의 연결을 통한 성능 분석을 바탕으로 이루어졌다. 그러나 그와 같은 성능 분석은 실제 상황인 대 규모의 Ad-hoc 네트워크에는 적합하지 않다. 이런 이유로 큰 규모의 Ad-hoc 네트워크에서 AODV 프로토콜의 성능 분석을 통하여 문제점을 알아내고 이문제점에 대한 성능 향상 방안을 본 논문에서 제시하고자 한다.

제안된 기법은 Ad-hoc ADOV 네트워크에서 경로 설정 요구인 RREQ를 받은 중간 노드는 라우팅 테이블 Entry 수를 확인하여 노드가 위치한 지역의 혼잡도를 예측, RREQ의 처리 여부를 결정하는 것이다. 혼잡한 지역에서 RREQ를 받은 노드는 RREQ를 처리를 제한함으로써 경로 탐색 시 다른 경로를 선택하여 경로를 우회 또는 분산시켜 목적지 노드를 찾는 방법이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장 본문에서는 기존 방법에 대한 시뮬레이션 결과를 기술하고 문제점을 분석, 새로운 경로 탐색 기술을 제안하였으며 그 실험결과를 그리고 3장에서 결론을 맺는다.

## 2. 본 론

AODV specification[5]에 따르면 경로를 설정하기 위해서 RREQ를 발생하는 경우는 초기 데이터 전송 요구 시와 데이터 전송 중 경로가 단절되어 지역 경로 복구를 실행하는 경우라 할 수 있다. 이런 경우에는 Expended Ring Search Algorithm을 적용하여 목적지 노드까지 혹은 목적지 노드까지의 경로를 가지고 있는 노드로 RREQ를 보내게 된다. 이 신호를 받은 목적지 노드 혹은 목적지 노드까지의 경로를 가지고 있는 중간노드는 RREP로 응답하여 소스 노드까지 유니캐스트 방법으로 응답을 한다. 그렇지 못한 노드는 이 신호를 전체 네트워크로 flooding하게 된다.

이러한 기존 방식의 성능을 분석하기 위해서 표1과 같은 조건에서 50 노드로 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이터는 NS-2[9][10] Version 2.26을 사용하였으며 속도는 1m/s, 3m/s, 5m/s, 7m/s, 10m/s, 15m/s, 20m/s로 변화시켰다. 시뮬레이션에서 사용하는 속도 및 데이터는 NS-2에서 제공하는 setdest 및 cbrgen.tcl을 이용하였다. 시뮬레이션은 동일한 조건으로 6회씩 실시하여 총 패킷 수신 및 Drop수 평균값, 수신된 패킷들의 출발시간과 도착시간 차의 평균값을 패킷 전달시간으로 하여 각각 비교하였다.

항목	값	
노드 수	50	50
CONNECTION수	42	8
SOURCE 수	26 nodes	7 nodes
Packet Size	512 byte	
Packet Interval	0.25 sec	
size	1200 x 600	
simulation time	200 sec	
IFQ	50	
Data Type	CBR	
MAC	802.11	

표 1. 시뮬레이션 파라메타

그림 5에서 7까지는 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 7소스는 8 connection이, 26소스는 42 connection이 가능토록 부하를 주었다.

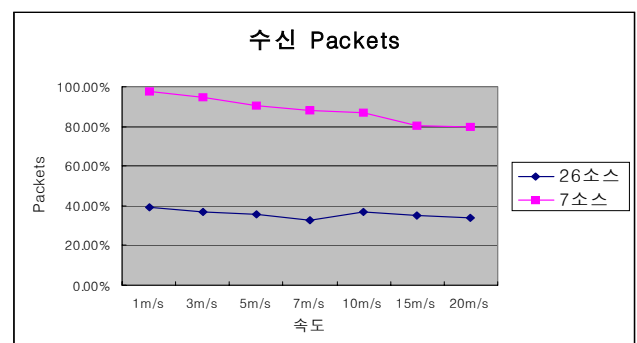


그림 5 평균 패킷 수신 수

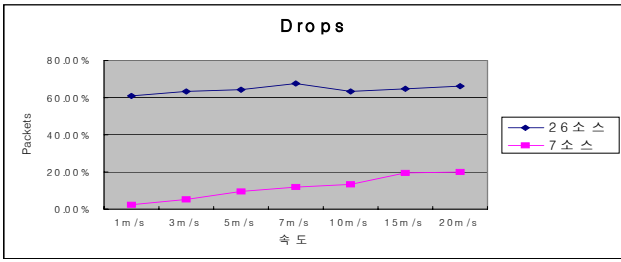


그림 6 평균 Drop 수

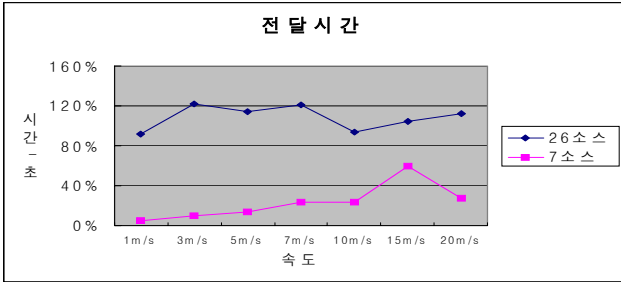


그림 7 평균 패킷 전달시간

실험 결과를 보면 큰 부하를 가진 AODV 네트워크에서는 부하가 큰 경우에는 전체적인 성능이 떨어진다는 것을 알 수 가 있다. 수신 Packet율은 53%, Drop Packet율은 52%, Packet당 전달속도는 85%정도 나빠진다. 이 나빠지는 원인을 생각해보면 다음과 같다.

그림 8 에서 경로 설정을 위하여 RREQ를 감지한 중간 노드인 Ir는 복수의 소스 노드로 구성되거나 단일 소스의 입력 경로를 가지며, 목적지로 바로 연결되거나 같은 목적지를 가진 경로, 혹은 서로 다른 목적지로 향하는 다양한 경로를 가진 중간 노드라 할 수 있다. 기존의 경로 설정 방법은 RREQ를 감지한 중간 노드인 Ir은 단순히 해당 목적지를 가진 경로 중 가장 가까이 있는 노드에서 RREQ를 먼저 수신하였거나 전체적으로 홉 수가 가장 짧은 경로만을 처리한다. 그렇지 못한 경우에는 Expanded Ring Search를 적용하여 RREQ 신호는 flooding하여 전체 네트워크로 보내지게 된다. 이렇게 대용량 AODV 네트워크에서 경로설정 요구가 자주 발생하는 경우, 임의의 한 노드로 RREQ신호가 집중하는 현상이 자주 발생할 수 있다. 이는 한 중간노드에 부하를 크게 할 수 있으며 flooding 되는 RREQ신호는 주변 connection들에게 악 영향을 주게 되어 성능이 떨어졌다고 추정된다.

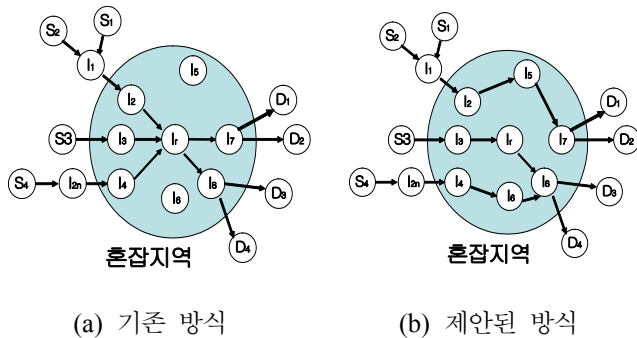


그림 8 중간 노드에서의 입력 및 출력신호

본 논문에서는 큰 부하를 가진 AODV 네트워크에서 혼잡 지역에서 경로 설정 요구를 받은 노드는 이 RREQ 신호를 제한하여 다른 경로를 탐색하는 방법을 제안한다.

경로 단절을 감지한 중간 노드는 주위 혼잡도의 상황을 라우팅 테이블 Entry 수로 판단할 수 있다. 혼잡할 경우에는 라우팅 테이블 Entry 수가 많을 것이다. 기준이 되는 라우팅 테이블 Entry의 수는 노드나 네트워크 성능에 따라서 달라질 수 있을 것이다.

제안된 방식의 성능을 분석하기 위해서 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 시, 라우팅 테이블 Entry 수를 10개에서 3개까지 변화 시키면서 수신되는 RREQ 신호의 flooding을 제한하여 다른 경로를 탐색하게 하여 각각 성능을 분석하였다. 시뮬레이션 시 이동속도는 1m/s, 3m/s, 5m/s, 7m/s, 10m/s, 15m/s, 20m/s 으로, 노드 수는 30, 50, 70, 100으로 변화시키면서 각각 6회씩 실행하여서 그 평균값 결과를 얻었다. 이 때 사용된 주요 파라미터는 표2와 같다.

표2 시뮬레이션 파라메타

항목	값
노드 수	100,70,50,30
CONNECTION수	74, 50, 42, 26
SOURCE 수	46, 31, 26, 17
Packet Size	512 byte
Packet Interval	0.25 sec
size	1200 x 1000(100nodes) 1200 x 800(70nodes) 1200 x 600(50nodes) 800 x 600 (30nodes)
simulation time	200 sec
IFQ	50
Data Type	CBR
MAC	802.11

시뮬레이션 결과는 그림 9 에서 11과 같다. req-2는 해당 노드에서 라우팅 테이블 entry수가 2개 이상이고, RREQ신호를 수신하였을 경우 flooding을 제한하는 것을 의미하며 req-3, req-4, req-6, req-8, req-10 은 해당노드에서 각각 3, 4, 6, 8, 10개의 라우팅 테이블 entry수가 있고 RREQ를 수신하였을 경우 이 신호 처리를 제한하여 네트워크로 flooding하는 것을 막는 것을 의미한다.

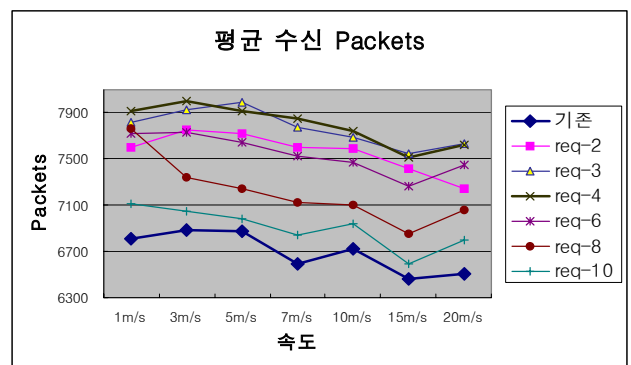


그림 9 평균 패킷 수신 수

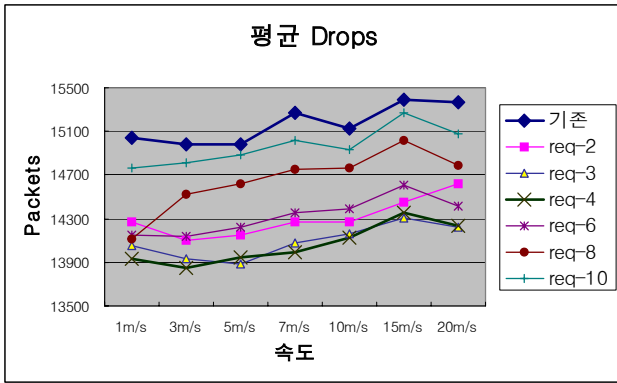


그림 10 평균 패킷 Drop 수

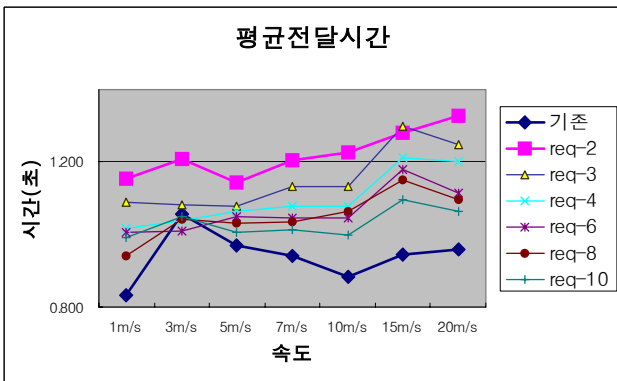


그림 11 평균 패킷 전달시간

실험 결과를 보면 라우팅 테이블 entry 수를 4개로 제한하였을 경우 패킷 수신율과 Drop율이 가장 좋은 결과를 얻을 수 있었으며 결과는 평균 패킷 수신율은 16.44%, 평균 Drop율은 7.27%의 개선 효과가 있었으나 16.66%의 전달시간 지연이 있다는 것을 알 수 있다. 이와 같은 전달시간은 계산할 때 Drop된 패킷 시간은 고려되지 않았다. Drop된 패킷들이 재 전송되는 경우를 고려한다면 제안된 방식의 Drop율이 작기 때문에 전달 시간 측면에서도 제안된 방식이 기존의 방식보다 크게 성능이 떨어진다고 할 수는 없을 것이다.

### 3. 결론

본 논문에서는 대용량의 AODV 네트워크에서 경로 설정과정에서 효율적으로 경로를 설정하는 방법을 제안하였다. 기존의 방법은 혼잡도를 고려치 않고 경로 설정 여부를 결정하지만 본 논문에서는 경로 설정 요구를 감지한 중간 노드에서 라우팅 테이블 Entry 수로써 혼잡도를 파악한 후 경로 설정 신호 처리 여부를 결정하여 경로들의 집중화를 막고, 경로 분산 또는 우회시킴으로써 기존의 specification[5]을 크게 수정하지 않고 작은 부분을 추가하여서 대용량의 AODV Ad-hoc 네트워크에서 패킷 수신율 및 Drop율을 개선시킬 수 있었다. 그러나 Packet 전달 속도는 경로의 분산 또는 우회되는 까닭으로 약간의 지연이 있다는 것을 알 수 있었다.

앞으로 향후 연구 과제로는 기준이 되는 라우팅 테이블 Entry 개수를 합리적으로 설정할 수 있는 방안

에 대한 연구가 필요하다. 또한, 라우팅 테이블 Entry 개수 이외의 정보를 통해서 경로 설정을 수행할 노드 주변의 혼잡도를 비교적 정확히 파악할 수 있는 방안

### 4. 참고 문헌

- [1] C. E. Perkins and P. Bhagwat, "Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing (DSDV) for Mobile Computers", Computer Communication, October 1994,
- [2] T. Clausen, P. Jacquet, A. Laouiti, P. Minet, P. Muhlethaler, A. Qayyum and Laurent Viennot, "Optimized Link State Routing Protocol", Internet Draft, IETF MANET Working Group, draft-ietf-manet-olsr-07.txt, December 2002.
- [3] R. G. Ogier, M. G. Lewis and F. L. Templin, "Topology Broadcast Based on Reverse-Path Forwarding", Internet Draft, IETF MANET Working Group, draft-ietfmanet-tbrpf-06.txt, November 2002.
- [4] D. B. Johnson, D. A. Maltz, Yih-Chun Hu and J. G. Jetcheva, "The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks (DSR)", Internet Draft, IETF MANET Working Group, draft-ietf-manet-dsr-07.txt, February 2002.
- [5] C. E. Perkins, "Ad Hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing", Internet Draft, IETF MANET Working Group, draft Experimental RFC 3561 July 2003
- [6] C. E. Perkins and E. M. Royer, "Ad-hoc On-Demand Distance Vector Routing", proceedings of the 2nd IEEE workshop on Mobile Computing Systems and Applications, New Orleans, LA, February 1999.
- [7] V. Park and M. Corson, "Temporally Ordered Routing Algorithm (TORA) Version 1-Functional Specification", Internet Draft, IETF MANET Working Group, draft-ietfmanet-tora-spec-02.txt, October 1999.
- [8] Z. J. Haas and M. R. Perlman, "The Zone Routing Protocol (ZRP) for Ad Hoc Networks", Internet Draft, IETF MANET Working Group, draft-ietf-manet-zone-03.txt, March 2000.
- [9] The Network Simulator-NS2, <http://www.isi.edu/nsnam/ns>
- [10] K. Fall and K. Varadhan, Eds., "ns notes and documentation," 1999; available from <http://www.isi.edu/nsnam/ns>.