

# 이동 애드혹 네트워크에서 AODV 라우팅 프로토콜의 성능 평가

강경인\*, 박경배\*\*, 정찬혁\*\*\*

오세덕\*\*\*\*, 배진승\*\*\*\*, 이광배\*\*\*\*, 김현욱\*\*\*\*, 김영준\*\*\*\*\*

\*여주대학 정보통신과, \*\*여주 대학 컴퓨터사이언스과

\*\*\* 명지대학교 전자공학과, \*\*\*\*서울 대원 외국어 고등학교

e-mail:supei@mju.ac.kr

## A Study on AODV Routing protocol's Performance evaluation in Mobile Ad Hoc Network

Kyeong-In Kang\*, Kyong-Bae Park\*\*, Chan-Hyeok Jung\*\*\*,

Se-Duck Oh\*\*\*\*, Jin-Seung Bae\*\*\*\*, Kwang-Bae Lee\*\*\*\*\*

Hyun Wook Kim\*\*\*\*\*, Young-Jun Kim\*\*\*\*\*

\*Dept of Information Communication, Yeojoo-Institute

\*\*Dept of Computer Science, Yeojoo-Institute

\*\*\*Dept of Electron Engineering, Myongji-University

\*\*\*\*Seoul Dae won foreign language high school

### 요 약

Ad-hoc 무선망은 각각의 이동 노드에 대한 제약이 없고, 유선망이나 기지국과 같은 기반구조를 필요로 하지 않기 때문에 병원, 전시장, 생산 현장과 같은 곳에서 사용되는 자치분산 네트워크이다. 최근 들어 이동 Ad-hoc 네트워크에서 사용되는 AODV, DSR, TORA, ZRP 등의 라우팅 프로토콜 연구가 활발히 이루어지고 있는 실정이다. 따라서 본 논문에서는 AODV 라우팅 프로토콜을 사용하여 다양한 네트워크 환경에서 성능평가와 라우팅 프로토콜의 문제점을 수정, 개선하였다.

### 1. 서론

최근 들어 컴퓨터나 PDA와 같은 소형 컴퓨터의 메모리 저장용량이나 디스크 저장 용량, 배터리 등이 계속 발전하여 노트북이나, 소형 컴퓨터, PDA와 같은 사용자들은 이동 중에도 통신을 할 수 있게 되었다. 이동 애드혹 네트워크 (Mobile Ad Hoc Network)에서는 이러한 기지국이나 고정된 유선 망 등의 기반구조를 필요로 하지 않는 라우팅 기능을 가진 이동 단말기로 구성되었기 때문에 전쟁지역이나 생산현장 그리고, 재난지역에서 사용 할 수 있다. 하지만 이러한 이동 Ad-Hoc 망은 무선의 특성상 노드들의 이동이 자유롭다는 장점 이외에 노드의 이동으로 인한 토폴로지 변화, 그리고 패킷의 손실이 발생한다는 단점이 있다[1].

본 논문에서는 Ad-Hoc 네트워크에서 사용되는 AODV 라우팅 프로토콜을 이용하여 다양한 네트워크 환경에서 AODV 라우팅 프로토콜의 성능평가와 함께 Table-Driven 방식의 단점인 불필요한 네트워크 부하를 감소시킬 수 있는 방법을 제안하였다.

### 2. AODV(Ad-Hoc On-Demand Distance Vector) 라우팅 프로토콜

DSDV 라우팅 프로토콜은 벨만-포드 알고리즘에 기반한 Table-Driven 방식으로 네트워크 내의 모든 이동노드는 다른 모든 노드에 대한 경로정보를 갖는다. 각 항목은 목적지노드에 의해 표시된 순서번호(sequence number)를 이용하여 라우팅 루프를 방지한다. 또한 테이블의 내용을 계속해서 갱신하기 위

해 주기적인 신호를 방송한다. 이러한 주기적인 갱신 메시지의 방송은 전체 망의 부하를 증가시키지만 비교적 소규모의 Ad Hoc 망에서는 효율적으로 동작한다. 그러나 망의 규모가 확대되면 제어 메시지에 의한 부하가 증가되기 때문에 망 부하를 감소시킬 수 있는 새로운 알고리즘이 요구된다.

AODV는 DSDV의 이러한 단점을 향상시키기 위해 고안된 것으로 루프를 제거하기 위해 DSDV에서 사용한 순서번호를 사용하며, 주기적인 방송에 의한 부하를 줄이기 위해 오직 요구가 있을 경우만 경로 설정을 수행한다. 또한 국부적인 Hello 메시지를 이용하여 이웃노드의 정보를 유지하기 때문에 연결 관리와 전체 망 토폴로지 관리간의 구별이 요구되며, 또한 이웃하는 두 노드간의 연결은 양방향이라고 가정한다[2,3].

## 2-1. 경로 발견(Route Discovery)

### (1) 경로 발견

경로발견은 소스노드가 다른 노드와 통신하고자 할 때, 노드의 라우팅 테이블에 목적지주소가 없을 경우에 초기화된다. 이때, 경로발견은 각 노드의 순서번호(Destination Sequence)와 방송식별자(broadcast id)라는 독립된 두 개의 카운터를 저장하고 있는 RREQ를 이웃 노드에게 전송한다.

방송식별자(Broadcast ID)는 새로운 RREQ가 생성될 때마다 증가한다. 각 이웃노드는 자신이 목적지노드이거나 중간 경로로 목적지노드를 알고 있을 경우, RREP를 소스노드로 보낸다. 만약 목적지노드에 대한 어떠한 정보도 갖고 있지 않다면 홉 수를 하나 증가시키고 다시 RREQ를 이웃노드로 방송한다. 그러나 이러한 방송에 의해서 각 노드는 동일한 RREQ를 수신할 수 있다. 따라서 RREQ 내에 설정된 방송식별자와 소스주소를 이용해 임의의 노드에 늦게 도착한 중복된 패킷을 제거한다. 또한 역방향 및 순방향 경로 설정을 위해 타임아웃(time-out) 기법을 사용한다.

#### ① 역방향 경로 설정

RREQ가 소스노드에서 목적지노드를 찾는 동안에 자동적으로 모든 노드는 소스노드를 역방향 경로로 설정한다. 모든 노드는 이 정보를 이용해 수신할 수 있는 이웃노드를 기록하는데, 보다 최신의 정보를 유지하기 위해 두 개의 순서번호(목적지, 소스)를 사용한다.

#### ② 순방향 경로 설정

RREQ를 수신한 노드는 먼저 양방향 링크의 여부를 판단한 후, 중간노드인 경우는 자신이 갖고 있는 정보와 RREQ 목적지에 대한 순서번호의 크기를 비교하여 경로설정 여부를 결정한다. 즉, 현재 수신한 RREQ의 순서번호가 더 작은 경우는 이미 수신한 것으로 판단되어 버려지며, 크거나 같을 경우는 정보를 기록하고 다시 방송한다. 이때, 중간노드에서 목적지노드까지의 경로를 발견한 경우, RREP를 생성해 소스노드로 유니캐스트한다. RREP는 소스주소, 목적지주소, 목적지 순서번호, 홉 수, 생존시간(lifetime)의 정보를 포함한다. 최종적으로 목적지노드에 도착한 경우, RREP를 생성하여 소스노드로 전송한다.

순방향 경로는 RREQ에 의해 성립된 경로의 역방향 경로에 따라 RREP가 전송되면서 설정된다. 이때, 각 노드의 정보는 갱신되며, timeout 방식을 이용하여 목적지노드를 찾지 못한 경로는 제거한다. RREP는 RREQ와 마찬가지로 최신의 정보를 유지하기 위하여 목적지 순서번호를 비교하며, 추가적으로 홉 수를 이용해 최단경로를 설정한다.

### (2) 라우팅 테이블 관리

소스와 목적지 순서번호와 함께 추가적인 정보를 라우팅 테이블 내에 관리한다. 관리를 위한 방식은 소위 soft-state로 불려지는 역방향 경로설정을 위한 경로요청 만료 타이머로 목적지 노드까지의 경로를 확보하지 못한 노드의 정보를 삭제하는데 사용된다. 이때, 만료시간은 Ad Hoc 망의 크기에 의존한다. 또한 캐쉬 타임아웃 기법을 이용하여 유효하지 않은 경로를 제거한다. 목적지노드까지의 경로연결이 파손된 것을 감지하기 위하여 각 노드는 가장 최신의 활성 타임아웃 주기 내에 목적지노드를 향해 적어도 하나의 패킷을 발생하거나 중계하고 있다면 활성 이웃노드로 간주해 그 주소를 유지한다. 소스노드부터 목적지노드까지의 이러한 경로를 활성경로라고 한다. 각 노드의 라우팅 테이블은 목적지, 다음 홉, 홉 수, 목적지에 대한 순서번호, 활성 이웃노드, 만료시간에 대한 정보를 포함한다.

## 2-2. 경로 유지(Route maintenance)

AODV 라우팅 프로토콜에서의 생성된 경로의 유지와 노드의 테이블 관리는 일정시간 마다 전송되는 헬로우 메시지를 통해 이루어진다. 네트워크 상에 노드는 일정시간 마다 전송되는 헬로우 메시지의 수신을 통해 현재 자신의 이웃노드에 있는 노드를 자

신의 라우팅 테이블에 있는 이웃노드 리스트로 기록한다. 한편 기록된 이웃노드리스트는 역시 일정시간마다 수신되어지는 헬로우 메시지에 의해 유효여부를 결정하게 된다. 한편 일정 시간 안에 헬로우 메시지를 경로상의 이웃노드로부터 전송받지 못한 노드는 경로 에러메시지인 RERR을 소스노드로 유니캐스트 하여 에러발생상황을 알려게된다.

### 3. 제안한 AODV 라우팅 프로토콜

제안한 라우팅 프로토콜은 기존의 라우팅 프로토콜의 문제점을 다음과 같이 크게 3가지로 분류하여 개선하였다.

첫째, 기존의 AODV 라우팅 프로토콜의 특징은 Table-Driven 방식기반이었기 때문에 라우팅 정보의 변화를 알리기 위해 노드와 노드사이에 주기적으로 헬로우 메시지를 전송함으로써 불필요한 네트워크 부하의 증가를 불러 일으켰다. 이러한 주기적으로 전송되어지는 헬로우 메시지는 일반 데이터 패킷보다 IFQ에서 전송되어지는 순서가 높기 때문에 데이터 패킷을 송수신하는데 있어 헬로우 패킷의 증가는 그만큼 데이터 패킷의 지연을 가져다 주게되었다.

둘째, 경로 설정 시 중간노드에서는 목적지 노드에 대한 정보가 자신의 라우팅 테이블에 저장되어져 있다면 곧바로 소스노드에게 RREP 메시지를 전송하게 되는데 이러한 특징으로 인해 전체 노드로 전송되어지는 RREP 패킷의 부하가 증가되어 전체 네트워크의 성능에 영향을 미치게된다. 실제로 그림 2에서처럼 중간 노드에서 경로상의 소스노드로 RREP 메시지를 전송하는 도중에 노드의 이동으로 인해 에러가 발생한 경우에 이러한 중간노드에서의 Route Reply는 오히려 부하증가만 증가시키게된다.

셋째, 일정한 시간 안에 헬로우 메시지를 수신하지 못한 노드는 경로 상에 에러를 알리는 RERR 메시지를 생성하여 소스노드에게 역방향 경로를 이용하여 유니캐스트로 전송한다. 하지만 노드의 이동이 빈번한 이동 Ad-Hoc 네트워크에서는 에러를 판단한 노드에서 소스노드로 가게되는 역방향경로 조차 경로에 에러가 발생할 수 있기 때문에 에러메시지가 소스노드로 제대로 전송되지 않은 상황이 발생하게 되어 재 경로 설정까지에는 많은 양의 데이터 패킷의 손실이 발생하게 된다. 제안한 라우팅 프로토콜은 에러가 발생하였을 때 이동 Ad-Hoc 네트워크의 전체 노드로 브로드캐스트하여 소스노드가 보다 빨리 경로상의 변화정보를 반영하여 경로를 재 설정하

게 하였다. 또한 헬로우 패킷의 우선순위를 고려하여 RREP 부하로 생성되는 네트워크 부하를 줄임과 동시에 보다 정확하고 신속한 경로설정을 함으로써 전체 네트워크의 성능 향상을 이룰 수 있는 개선된 AODV 라우팅 프로토콜을 제시하였다.

### 3. 실험 및 결과

본 논문에서는 버클리 대학에서 개발한 분산 객체 네트워크 시뮬레이터인 NS-2를 사용하여 제안한 알고리즘을 코드로 구현하여 시뮬레이션하였다. 하드웨어로는 700MHz 펜티엄 III, 128MB RAM, 20GB 하드디스크를 갖춘 PC를 사용하였다.

#### 3.1 구성 및 평가방식

제안된 알고리즘에 대한 평가방식은 크게 2가지로 이루어져 있다.

1) 중간 노드에서 RREP 메시지를 전송하지 않고 곧바로 목적지까지 전송하는 경우

그림 1과 2에서 M\_R\_R 은(Middle node Route Reply)의 약자로서 중간노드에서 경로 응답메시지를 전송한 경우이며, M\_R\_N 은(Middle node Route Reply NO)의 약자로서 중간노드에서 경로 응답메시지를 전송하지 않은 경우를 의미한다.

그림 1은 노드 정지 시간에 따른 데이터 수신율을 나타내고 있다. 전체적으로 제안한 알고리즘과 기존 알고리즘을 비교해볼 때 데이터 수신율에서는 거의 차이가 없다고 볼 수 있다. 노드 정지시간이 30, 300, 600 인 경우에는 중간노드에서 경로 응답메시지를 생성하지 않았을 경우의 데이터 수신율을 메시지를 생성하였을 때 보다 약간 높게 얻을 수 있었다. 노드 정지시간 900을 비교해볼 때 기존의 알고리즘과 제안한 알고리즘에서의 데이터 수신율의 차이가 없는 것으로 보아 노드의 이동이 적은 환경인 경우에 불필요하게 중간 노드에서 RREP 메시지를 생성하여 소스노드에게 전송하면 경로 설정시간은 단축될 수는 있지만 그림 2와 3에서 보듯이 이에 따른 부하패킷(RREQ, RREP) 증가되어 네트워크의 성능에 영향을 미치게 된다. 그림 3에서 살펴보면 중간 노드에서 RREP 패킷을 생성하지 않았을 때 감소되는 패킷의 양을 살펴볼 때 실제로 이동 애드혹 네트워크에서 RREP 패킷이 네트워크 부하에 많은 영향을 줄 수 있으며 제안한 알고리즘으로 이

에 대한 부하를 어느 정도 줄일 수 있다는 것을 보여주고 있다.

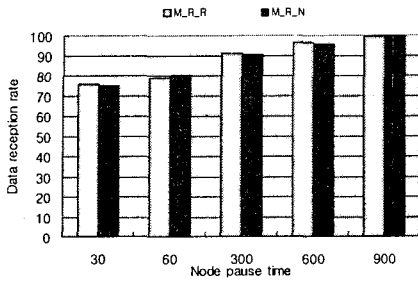


그림 1. 데이터 수신율-1  
Fig 1. Data reception rate-1

적용한 결과 수신율에서 약간의 상승을 얻을 수 있었다. 이는 에러패킷을 브로드캐스트 함으로써 경로상의 정보를 소스노드가 빠르게 수신한 뒤 데이터 패킷의 손실을 줄였기 때문이다.

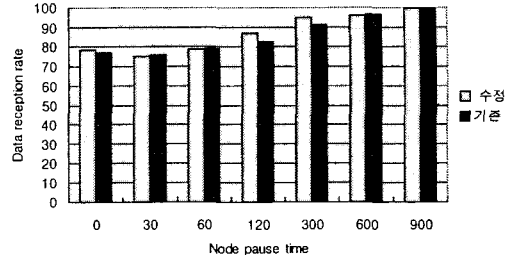


그림 4. 데이터 수신율-2  
Fig 4. Data reception rate-2

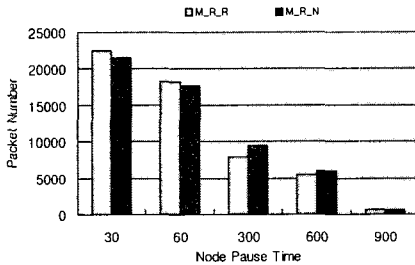


그림 2. RREQ 패킷 수  
Fig 2. RREQ packet number

### 3. 결론

AODV 라우팅 프로토콜의 문제점을 개선, 제안한 라우팅 프로토콜은 Table-Driven 방식의 단점인 경로상의 정보 변화를 이웃노드에게 알려주기 위해 주기적으로 전송함으로써 발생되는 부하패킷을 고려하여 네트워크 부하를 줄임과 동시에 경로 에러가 발견되었을 때 보다 정확하고 빠르게 경로 에러를 전달함으로써 데이터 패킷의 손실을 줄일 수 있었다. 노드의 이동이 빈번한 이동 Ad-Hoc 네트워크에서 제안한 알고리즘은 실제적인 무선환경에서 동작하는 MANET 통신 시스템을 구현하기 위한 라우팅 프로토콜로 적용될 수 있음을 검증하였다.

### 참고문헌

[1] S. Corson and J. Macker, "Mobile Ad-hoc Network-working (MANET)", Internet Draft, IETF, Oct. 1998.  
 [2] Charles E. Perkins, Elizabeth M. Royer and Samir Das, "Ad-Hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing," Oct, 99 IETF Draft, pp, 33~38.  
 [3] J. Broch, D. A. Maltz, D. B. Johnson, Y. -C. Hu, and J. Jetcheva, "A performance Comparison of Multi-hop wireless Ad-Hoc Network Routing Protocols", In proceeding of the Fourth Annual ACM/IEEE international Conference on Mobile Computing and Networking, Oct. 1998.

2) 에러 발견시 브로드캐스트로 이웃 노드에게 에러 발생을 알리는 경우

그림 4는 노드에서 에러 발견 시 네트워크 환경 내에 있는 노드에게 브로드캐스트 하였을때의 데이터 수신율을 보여주고 있다. 전체적으로 노드 정지 시간 120초, 300초를 제외하고 제안한 알고리즘을