

# 이동 애드혹 네트워크에서 이웃노드 정보를 이용한 AODV 라우팅 프로토콜의 설계 및 평가

김 철 중<sup>†</sup> · 박 석 천<sup>††</sup>

## 요 약

이동성을 가진 다수의 노드들로 구성된 MANET에서는 네트워크 토폴로지의 빈번한 변화에 효과적으로 대응할 수 있는 온디맨드 방식의 라우팅 프로토콜이 주로 사용된다. 기존의 AODV 라우팅 기법에서 목적지 노드가 local repair 지역을 벗어나서 이동하고 있을 때, local repair 방법은 불필요한 시간지연을 가져다 줄 뿐이며, 이러한 local repair 방법으로 인한 시간지연은 전체적인 라우팅 경로의 설정시간을 오래 걸리게 할 뿐 아니라, 생성된 데이터 패킷의 손실을 증가시키는 문제를 가져온다. 따라서 본 논문에서는 목적지 노드까지의 경로 단절시 출발지 노드로 가서 경로 재탐색을 하지 않고 이웃 노드의 순서번호를 이용하여 직접 경로설정을 위한 동작을 할 경우 보다 신속하게 경로를 설정할 수 있으며, 데이터의 패킷 손실도 줄여 줄 수 있는 AODV 기반 효율적인 라우팅 프로토콜인 NAODV 프로토콜을 제안하였다. NS-2를 이용한 시뮬레이션 결과는 제안한 기법이 기존의 AODV 보다 패킷 전달비율, 지연시간 측면에서 향상된 성능을 제공함을 보여준다. 또한 노드의 이동 속도가 빠르고 대형망으로 갈수록 더욱 효과적인 방법임을 확인하였다.

키워드 : 이동 애드혹 네트워크, 온디맨드 라우팅, AODV, 경로복구

## Design and Evaluation of Neighbor-aware AODV Routing Protocol in Mobile Ad-hoc Network

CheolJoong Kim<sup>†</sup> · SeokCheon Park<sup>††</sup>

## ABSTRACT

A MANET is an autonomous, infrastructureless system that consists of mobile nodes. In MANET, on-demand routing protocols are usually used because network topology changes frequently. The current approach in case of broken routes is to flag an error and re-initiate route discovery either at the source or at the intermediate node. Repairing these broken links is a costly affair in terms of routing overhead and delay involved. Therefore, this paper propose a NAODV(Neighbor-aware AODV) protocol that stands on the basis of an AODV. It sets up the route rapidly if it operates for setting the route directly by using sequence number of neighbor nodes without re-research the route when the route to destination node is broken. Also, it reduces loss of packets. We use NS-2 for the computer simulation and validate that the proposed scheme is better than general AODV in terms of packet delivery ratio and average end-to-end delay. Also, when the proposed protocol is applied to the large ad-hoc network with multiple nodes, the performance is more efficient.

Key Words : Mobile Ad-hoc Network, On-demand routing, AODV, Route repair

## 1. 서 론

이동 애드혹 네트워크(MANET) 기술은 특정 네트워크 기반구조나 중앙 관리 없이 동적으로 임시적인 네트워크를 형성하는 이동 노드들의 집합으로서 다양한 응용분야에 적용되고 있다. 또한 차세대 네트워크로서 부각되고 있으며,

이동 무선 컴퓨팅에 대한 응용 범위와 빈도가 급격히 증가하고 있다. 애드혹 네트워크의 특징은 고정된 하부 구조가 없기 때문에 이동 노드들끼리 데이터를 전달할 수 있어야 하며, 이를 위해 각 이동노드들은 유선망의 라우터 기능을 수행해야 한다. 또한 모든 노드들은 이동성을 가지고 있기 때문에 시간에 따라 네트워크 위상이 동적으로 변하고 배터리 유지에 따른 데이터 전송 환경이 제한되며 낮은 대역폭과 높은 에러율을 가지고 있다. 이러한 제약 조건에도 불구하고 애드혹 네트워크는 재난 구조, 전장 및 전시장 등과 같은 특수 목적뿐만 아니라 하부구조가 없는 일반적인 장소

※ 이 연구는 2005년도 경원대학교 지원에 의한 결과임  
† 정 회 원 : 경원대학교 전자계산학과 박사과정  
†† 중신회원 : 경원대학교 소프트웨어학부 정교수 (교신저자)  
논문접수 : 2008년 3월 18일  
수정일 : 1차 2008년 4월 16일, 2차 2008년 5월 8일  
심사완료 : 2008년 5월 16일

에서 효과적으로 사용될 수 있다[1,2]. 애드혹 네트워크를 구성하고 있는 노드들은 잦은 링크의 변화에 따라 망의 형태를 새로이 구성하고 망의 경로를 유지하는데 어려움이 있다. 따라서 애드혹 네트워크의 이동 노드들 사이에서 높은 효율의 통신을 제공하기 위해서는 잘 정의된 라우팅 기법이 요구된다[3,4].

현재로서는 온디맨드 방식의 라우팅 알고리즘이 애드혹 네트워크에서 가장 적합한 라우팅 프로토콜로 알려져 있다. 그러나 온디맨드 방식도 결국 필요시에 라우팅을 얻는 절차를 수행한 후에 데이터를 전송해야 하므로 라우트 획득시간이 길어져서 실시간 통신의 응용에 부적합한 문제점을 가지고 있으며 이러한 문제점을 해결하기 위한 라우팅 프로토콜에 관한 연구가 활발히 진행 중이다.

본 논문에서는 AODV(Ad-hoc On-demand Distance Vector)기반에서 역경로 생성과 경로 단절시 효율적으로 라우팅 경로 탐색과 경로를 복구하기 위해 기존의 AODV 라우팅 메시지에서 이웃노드 순서번호(neighbor node sequence number)를 정의하여 순서번호가 변경되면 최신 네트워크 라우팅 정보임을 알 수 있도록 메시지 순서번호 및 라우팅 테이블을 제안하고 NRREQ와 NNREP 메시지를 활용한 NAODV 프로토콜을 설계하고 분석하였다.

## 2. 관련연구

본 장에서는 경로 생성과 단절시 효율적으로 라우팅 경로를 찾고 단절시 복구하는 기법을 설계하고 평가하기 위하여 애드혹 라우팅 프로토콜들을 살펴보고 AODV 프로토콜의 문제점을 분석한다.

### 2.1 애드혹 라우팅 프로토콜

MDAODV(Maximally Disjoint Multipath Routing Protocol Based on AODV)는 기존의 AODV 프로토콜이 노드 비중첩은 제공하지 않고 링크 비중첩만을 제공하는 단점을 개선하기 위해 제안된 프로토콜로서, 최대 노드 비중첩과 링크 비중첩을 제공하는 핵심 아이디어는 RREQ(Route Request)에 소스 라우팅 주소 정보를 추가시켜 확장하는 것과 수신노드가 미리 정해진 일정시간 동안 도착한 다수의 RREQ들 중에서 2개의 경로를 선택하는 것이다. 노드 고장이나 링크의 손상과 같은 예상치 못한 장애 때문에 이용할 수 없게 되면, 대체 경로를 통해 즉시 데이터 패킷 전송이 이루어진다. 만약 주경로와 대체 경로 둘 다 이용할 수 없게 되면 새로운 경로를 다시 설정하기 위하여 경로 탐색 절차를 수행한다[5,6].

DSR(Dynamic Source Routing)은 소스 라우팅 방법에 기초하고 있으며 모든 노드는 경로 정보를 라우팅 캐쉬에 유지하고 있다. DSR 라우팅 프로토콜에서 경로 상의 링크 장애 발생시 RERR 메시지를 생성하여 발신지 노드로 전달한다. RERR 메시지를 수신한 발신지 노드는 새로운 경로 탐

색을 위한 절차를 수행한다[7].

PATCH(Proximity Approach To Connection Healing Algorithm)는 DSR 프로토콜을 개선하기 위하여 local repair 알고리즘을 적용한 프로토콜로서, 전송경로 설정 절차는 DSR과 동일한 방법으로 이루어지며, 설정된 경로를 통하여 데이터 패킷을 전송할 수 없는 상황이 발생하면, 장애를 감지한 노드는 local repair 알고리즘을 적용하여 경로 복구 절차를 수행한다[8].

AODV에서의 경로 복구 절차는 설정된 경로를 통하여 데이터 패킷 전송을 수행하는 도중 경로 상에 장애가 발생하여 더 이상 데이터 패킷을 전송할 수 없는 상황이 발생하면, 장애 발생 지점에 따라 local repair를 수행하거나, 또는 발신지 노드에서 새로운 경로 설정 절차를 수행한다.

### 2.2 AODV 라우팅 프로토콜

본 절에서는 AODV 경로 설정 방법에 대하여 알아보고 문제점을 분석한다[9].

#### 2.2.1 Local repair 방법

설정된 라우트상의 링크가 손실된 경우, 손실된 링크의 바로 위에 위치한 노드(upstream node)는 목적지 노드까지의 링크에 대해서 local repair 방법을 수행한다. 손실된 링크를 복구하기 위해서 상위 노드는 목적지노드까지의 순서 번호를 증가시킨 후 RREQ 메시지를 전송하게 되며, TTL 값을 설정하여 제한된 구간 내에서만 동작이 수행되도록 한다.

$$\text{TTL 값} = \max(\text{MIN\_REPAIR\_TTL}, 0.5 \times \#hops) + \text{LOCAL\_ADD\_TTL}$$

위에서 #hops는 현재 전송될 수 없는 패킷의 출발지 노드까지의 홉수이며, local repair는 출발지 노드가 인지하지 못한 상태에서 상위 노드에 의해서 수행된다. 상위 노드는 local repair 방법을 위한 RREQ를 전송한 뒤 RREP를 받을 때까지 발견 기간(discovery period) 동안 기다리게 되며 이 과정이 수행되는 동안 수신된 데이터 패킷은 버퍼에 저장된다. 만약 일정시간이 경과한 후에도 RREP를 받지 못하면, RERR 메시지를 출발지 노드로 전송하여 경로 재설정 절차가 수행되게 한다.

반면에 상위 노드가 하나 또는 그 이상의 RREP를 받게 되면, 새로운 경로와 기존 경로의 홉 카운트를 비교하여 새로운 경로의 홉 카운트가 더 큰 경우, RERR 메시지의 N비트를 설정하고 출발지 노드로 전송하여, 출발지 노드가 목적지 노드까지 보다 짧은 경로를 찾기 위한 경로 재설정 과정을 수행하게 한다. 이는 local repair 방법으로 복구된 경로가 목적지까지의 불필요한 경로 길이를 가질 수 있기 때문에 이로 인한 최적의 경로를 다시 찾기 위함이다.

#### 2.2.2 출발지 노드로부터의 경로 재설정

이 방법은 출발지 노드가 RREQ 메시지를 전송하여, 이

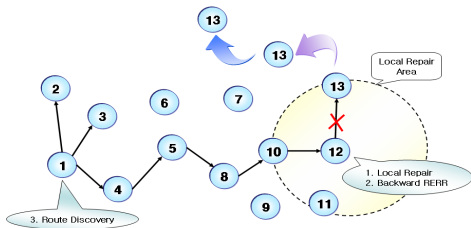
에 대한 RREP 메시지를 받음으로써 경로를 설정하는 경로 설정(route discovery) 절차를 다시 수행하게 된다.

2.2.3 기존 경로 재설정 절차의 문제점

앞서 살펴본 바와 같이 데이터 전송 중 경로 재설정이 필요한 경우 local repair 방법을 사용하면 네트워크의 규모가 적고, 노드의 이동이 활발하지 않을 때에는 신속한 경로설정을 위한 하나의 방법으로 적용할 수 있으나, 노드의 이동성이 활발하여 local repair의 범위를 벗어난 경우에는 이 절차 자체가 경로 설정에 불필요한 지연을 증가시키고 경로설정 지연이 증가하는 만큼 데이터 패킷 손실은 가중되므로 상시 적용에는 무리가 따른다.

(그림 1)은 출발지 노드인 1번 노드에서 목적지 노드인 13번 노드까지 초기 경로가 설정되었다가 목적지 노드로의 경로가 단절되었을 경우 상위 노드인 12번 노드로부터 local repair 방법이 수행되고, local repair 지역 내에서 목적지 노드를 찾지 못한 경우, 출발지 노드로 RERR이 전송되어, 출발지 노드가 경로를 재설정하는 절차를 나타낸 것이다. 이 경우에는 목적지 노드가 local repair 지역을 벗어나서 이동하는 중이므로, local repair 방법은 불필요한 시간지연을 가져다 줄 뿐이며, 이러한 local repair 방법으로 인한 시간지연은 전체적인 라우팅 경로의 설정시간을 오래 걸리게 할 뿐 아니라, 생성된 데이터 패킷의 손실을 증가시키는 문제를 가져온다.

따라서 위의 문제를 해결하기 위해 목적지 노드까지의 경로 단절시 출발지 노드로 가서 경로 설정을 하지 않고 직접 경로설정을 위한 동작을 할 경우 보다 신속하게 경로를 설정할 수 있으며, 데이터의 패킷 손실도 줄여 줄 수 있을 것으로 판단된다.



(그림 1) 경로 재설정의 절차

3. NAODV 프로토콜의 설계

본 장에서는 애드혹 네트워크 환경에서 기존의 라우팅 프로토콜보다 좀 더 효율적인 라우팅 프로토콜을 지원하기 위하여 새로운 라우팅 프로토콜인 NAODV(Neighbor-aware AODV) 프로토콜을 제안한다. 2장의 관련 연구를 통해 분석된 자료를 토대로 기존 AODV 라우팅 프로토콜의 문제점을 개선한 NAODV 프로토콜을 설계하였다. 이를 위해 제안 라우팅 프로토콜의 메시지를 정의하고 알고리즘 및 동작 절차를 설계하였다.

3.1 라우팅 프로토콜 설계시 고려사항

애드혹 네트워크 라우팅 프로토콜에서 현재 연구의 중심이 되고 있는 현황은 노드의 자유로운 이동에 따른 위상의 변화에 적응 가능한 라우팅 프로토콜에 관한 내용이다. 애드혹 네트워크 환경에서 동작하는 라우팅 프로토콜을 위해 애드혹 네트워크 라우팅 프로토콜 설계시 고려 사항은 다음과 같다[10~13].

- ① 순환 구조 방지
- ② 요구 기반 동작
- ③ 송수신 기능 단절시 복구 방법
- ④ 분산된 동작 체계를 통한 구현

AODV는 통신할 필요가 있는 노드간의 경로만 라우팅 테이블에 관리함으로써 동작하는 프로토콜이므로 ①, ②의 요구사항을 만족하지만 경로 생성과 단절시 지연 시간과 패킷 손실을 초래하게 되어 ③, ④의 요구사항을 완벽하게 만족시키지 못하는 단점이 있다.

따라서, 본 논문에서는 위에서 제시된 라우팅 프로토콜 설계시 고려되어야 할 요구사항을 모두 수용할 수 있는 프로토콜을 설계하였다. NAODV 프로토콜은 AODV 기반에서 설계하였으므로 기본적으로 ①, ②의 요구사항을 만족하며 여기에 ③, ④의 요구사항을 수용하기 위하여 인접 노드 순서 번호(neighbor node sequence number)를 이용한 경로 생성과 복구 기법을 적용하였다. 결론적으로 본 논문에서 설계한 NAODV 프로토콜은 애드혹 네트워크 라우팅 프로토콜 설계시 요구사항인 ①, ②, ③, ④를 모두 만족하도록 설계하였다.

3.2 NAODV 라우팅 메시지 및 테이블 설계

제안하는 NAODV 프로토콜은 온디맨드 방식에 기반하며 경로 획득을 위해 AODV 라우팅 프로토콜과 같이 RREQ, RREP, RERR 3개의 메시지를 사용하며 추가로 NRREQ, NRREP 메시지를 사용한다. RREQ, RREP, RERR 메시지 필드와 라우팅 테이블 필드 형식은 기본적으로 AODV와 동일하나 인접 노드 순서 번호를 정의하여 순서 번호가 변경되면 최신 네트워크 라우팅 정보임을 알 수 있도록 메시지 순서 번호를 설정하였다. 라우팅 테이블 구성 또한 재설정된 메시지 기법 적용이 가능하도록 설계하였으며 인접 노드 순서 번호를 정의하여 (그림 2, 3)과 같이 RREQ 메시지와 RREP 메시지를 설계하였다.

Type	J	R	G	D	U	Reserved	Hop Count
RREQ ID							
Destination IP Address							
Neighbor Node Sequence Number							
Originator IP Address							
Originator Sequence Number							

(그림 2) RREQ 메시지

Type	R	A	Reserved	Prefix Sz	Hop Count
Destination IP Address					
Neighbor Node Sequence Number					
Originator IP Address					
LifeTime					

(그림 3) RREP 메시지

Type	J	R	G	D	U	N	Reserved	Hop Count
RREQ ID								
Destination IP Address								
Neighbor Node Sequence Number								
Originator IP Address								
Originator Sequence Number								

(그림 4) NRREQ 메시지

Type	R	A	N	Reserved	Prefix Sz	Hop Count
Destination IP Address						
Neighbor Node Sequence Number						
Originator IP Address						
LifeTime						

(그림 5) NRREP 메시지

경로 단절시 최적의 경로를 탐색하기 위하여 (그림 4, 5)와 같이 NRREQ와 NRREP 메시지를 설계하였다. NRREQ와 NRREP는 RREQ와 RREP와 사용 용도가 다르므로 N 플래그를 두어 NRREQ와 NRREP 메시지로 해석한다.

또한 제안하는 기법의 적용이 가능하도록 <표 1>과 같이 라우팅 테이블을 설계하였다,

<표 1> 라우팅 테이블

구분	내용
Destination Address	목적지 주소
Neighbor Node Sequence Number	인접 노드 시퀀스 번호
Interface	해당 경로의 존재 유무
Hop Count	목적지까지 도착 가능한 홉수
Last Hop Count	최종 홉 카운트
Next Hop	목적지를 위한 다음 홉
List of Precursors	목적지 주소를 위하여 패킷을 전달해야 할 노드
Life Time	경로의 유효한 시간
Routing Flag	Flag 표시를 위한 공간

### 3.3 NAODV 프로토콜의 설계

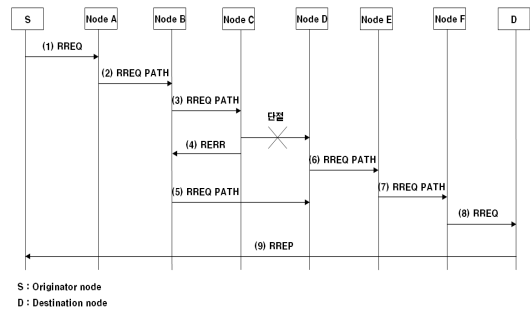
본 논문에서는 기존 AODV의 경로 설정 및 복구 동작 절차 중에 인접 노드 순서 번호를 사용하여 경로 설정 및 복구 시간을 줄일 수 있는 NAODV 프로토콜을 다음과 같이 설계하였다.

- ① 출발지 노드는 RREQ를 플래딩 하기 전에 출발지 노드 순서 번호(OSN)를 1 만큼 증가시켜서 플래딩한다.
- ② RREQ를 수신한 인접 노드는 두 가지 작업을 한다.

- 출발지 순서 번호는 역경로를 셋업 하는데 사용한다.
- 인접 노드 순서 번호는 RREQ PATH 메시지를 생성하기 위해 사용한다.

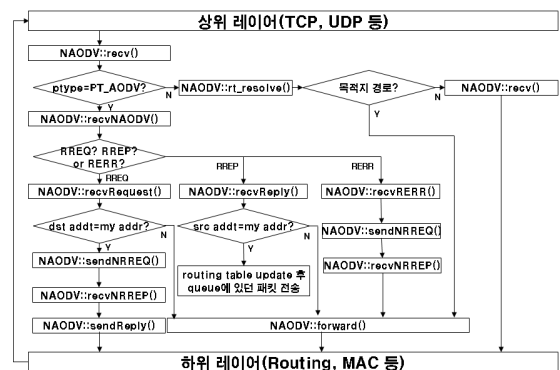
- ③ RREQ 메시지를 수신한 인접 노드는 자신이 목적지 노드가 아니고, 자신의 라우팅 테이블 내에 목적지 노드에 대한 라우팅 엔트리가 있을 경우
  - RREQ PATH 메시지에서 자신의 인접 노드 순서 번호를 1씩 증가시켜 해당 라우팅 엔트리 인접 노드에게 RREQ PATH 메시지를 전송한다.
  - 인접 노드가 자신이 가지고 있는 RREQ 정보보다 더 최신 정보일 때만 RREQ PATH 메시지를 전송한다.
- ④ 경로 단절시 RERR 메시지를 상위 노드로 보낸다.
  - 상위 노드에서는 인접 노드의 정보를 가지고 경로를 재설정한다.

설계한 NAODV 프로토콜의 동작절차는 (그림 6)과 같다.



(그림 6) NAODV 프로토콜 동작 절차

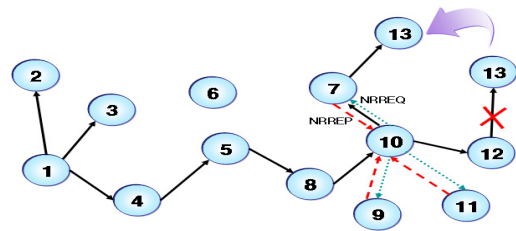
패킷 손실과 빠른 경로 복구를 위하여 설계한 NAODV 프로토콜의 함수 호출 알고리즘은 (그림 7)과 같다.



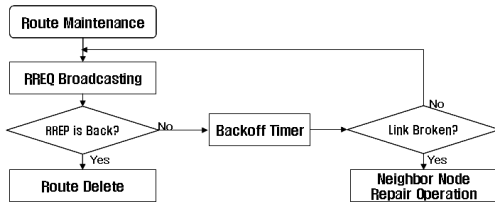
(그림 7) NAODV 프로토콜 함수 호출 순서

RREQ를 받은 노드는 받은 RREQ가 먼저 자신이 생성한 RREQ인지 검사한다. 만약 자신이 생성한 RREQ이면 이를 폐기해 버리고 자신이 생성한 RREQ가 아니면 먼저 자신의 라우팅 테이블을 검색하여 목적지에 대한 항목이 있는지 검

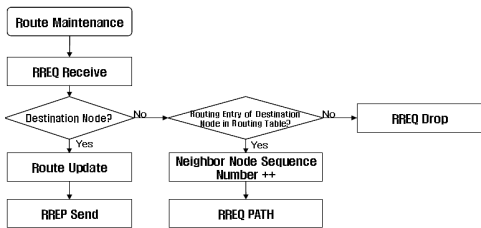
색한다. 만약 없으면 인접 노드 순서번호를 1 증가하여 이웃노드에게 전달한다. 자신의 라우팅 테이블에 목적지가 있고 상태가 정상(valid)이고, 라우팅 테이블의 인접 노드 순서번호가 RREQ의 인접 노드 순서 번호보다 크거나 같고, 또한 목적지 노드에 대한 홉 수가 RREQ에 저장된 홉 수보다 작으면 RREP를 생성하여 단절된 상위 노드에게 답한다. 이에 따른 상위 노드의 RREQ 생성 알고리즘과 RREQ 수신 노드의 알고리즘은 (그림 8, 9)와 같다.



(그림 11) NAODV에서 경로 복구 예



(그림 8) 상위노드의 RREQ 생성 알고리즘

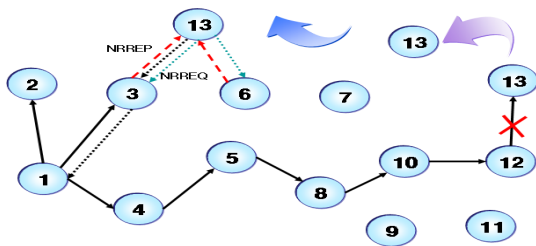


(그림 9) RREQ 수신노드의 알고리즘

### 3.4 NAODV 프로토콜의 동작

(그림 10)은 설계한 NAODV 프로토콜의 목적지 노드로부터의 신속한 경로 설정 방법을 나타낸 것이다.

목적지 노드에서 역경로를 설정하기 전에 NRREQ 메시지를 인접 노드에 브로드캐스트 한다. 목적지 노드가 인접 노드의 정보를 NRREP 메시지를 통하여 받게 되면 홉 수와 인접 노드 순서 번호를 비교하여 최적의 경로를 설정하는 동작 절차를 보여준다. 본 논문에서 제안한 프로토콜은 목적지 노드가 이동하여 local repair 방법을 통한 경로 재설정 이 안 되는 local repair area 밖으로 벗어나는 경우에 발생하는 가장 큰 문제점인 경로설정 시간의 증가와 데이터 패킷 손실에 대해 경로설정 시간 단축 및 데이터 패킷의 손실을 방지할 수 있는 효과를 갖게 된다.



(그림 10) 목적지에서의 경로 재설정 방식

(그림 11)은 NAODV 프로토콜에서 경로 복구 예를 나타낸 것으로 경로가 단절되기 전에 사용하던 연결 경로 정보를 이용하여 복구한다. 경로 단절 시 경로 단절을 발견한 단절 상위 노드는 인접 노드들에게 NRREQ 메시지를 브로드캐스트 한다. 인접 노드들의 정보를 NRREP 메시지를 통하여 받음으로써 홉 수와 인접 노드들의 순서 번호를 비교하여 단절되기 전에 연결이 있었던 기존 경로의 단절 하위 노드들과 연결되도록 노력한다.

## 4. NAODV 프로토콜의 성능 평가 및 분석

본 연구에서는 NS-2[14]를 이용한 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 제안된 프로토콜의 성능을 평가 하였다. 시뮬레이션은 동일한 시나리오를 제안한 NAODV와 일반적인 AODV에 적용하여 객관성 있는 비교 평가를 수행할 수 있도록 하였다.

### 4.1 시뮬레이션 환경

제안한 프로토콜의 성능 평가를 위하여 NS2를 사용하여 시뮬레이션을 실시하였다.

시뮬레이션 네트워크 모델은 정방형의 영역 안에 25, 50, 75, 100개의 노드를 랜덤하게 위치하게 하였다. 시뮬레이션 영역 크기에 따르는 노드 수는 표 2와 같다.

각각의 시뮬레이션 영역 크기는 각기 다른 크기의 망에서 노드의 밀도를 같은 수준으로 맞출 수 있도록 정하였다. NAODV 프로토콜은 노드의 밀도가 높은 망에서의 성능 향상을 위한 것이 아니라 전체 영역이 큰 망에서의 성능 향상을 위한 것이므로 시뮬레이션 영역의 크기를 변경하여 노드의 밀도를 유지하였다.

이동 모델(mobility model)은 정방형 영역 안에서 최대 30m/sec의 속도로 임의의 위치로 랜덤하게 이동한 후 10초 동안 정지하고 다시 임의의 위치로 이동하는 동작을 시뮬레이션이 끝날 때까지 반복하는 random way-point 모델을 적용하였다. 각각의 시뮬레이션에서는 10개의 출발지 노드가 존재하며, 각 출발지 노드는 CBR 트래픽으로 512byte를 초당 4개씩 패킷을 전송한다. 각 시뮬레이션은 500초 동안 실시하였고 각 시뮬레이션 당 3번의 시뮬레이션 평균값을 데이터로 하였다. 각 시뮬레이션에 사용된 파라미터 값은 <표 3>과 같다.

〈표 2〉 노드수에 따른 실험 영역 크기

노드 수	전체 영역 크기(m <sup>2</sup> )	노드 한 개가 차지하는 영역 크기(m <sup>2</sup> )
25	500X500	10,000
50	700X700	9,800
75	850X850	9,633
100	1,000X1,000	10,000

〈표 3〉 모의 실험 파라미터

구 분	파라미터 값
Network range	500X500, 700X700, 850X850, 1,000X1,000
Number of Node	25개, 50개, 75개, 100개
Simulation Time	500 sec
Maximum Speed	30 m/s
Bandwidth	11Mb/s(IEEE 802.11)
Traffic Type	CBR Traffic
Packet Rate	512byte(4packet/sec)
Maximum Connection	30

4.2 시뮬레이션 결과 및 분석

본 연구에서 사용된 성능 평가 인자는 다음과 같다.

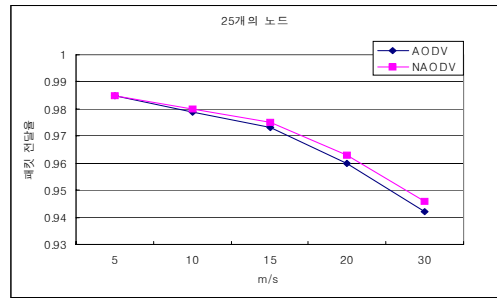
- 패킷 전달비율(Packet Delivery Ratio)
  - : 출발지 노드에서 목적지 노드에 정상적으로 전달되는 비율
- 평균 지연시간(Average End-to-End delay)
  - : 데이터 패킷이 목적지 노드까지 도달하는데 걸리는 평균 시간

4.2.1 패킷 전달율 측정

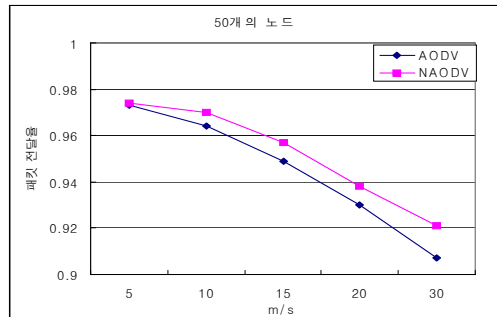
(그림 12-15)는 25, 50, 75, 100개 노드에서의 속도 변화에 따르는 출발지 노드에서 목적지 노드로의 패킷 전달율을 나타낸 것이다.

그림들을 비교해 보면 노드수가 많은 대형 망으로 갈수록 전반적으로 패킷 전달율이 낮아짐을 알 수 있고, 같은 노드 수 일지라도 노드의 이동속도가 빨라지면 패킷 전달율이 낮아지는 현상을 볼 수 있다. 이것은 노드의 밀도를 비슷하게 하더라도 망이 커지고 그 속의 노드수가 증가하면 당연히 출발지 노드에서 목적지 노드까지의 패킷 전달 길이가 길어지고 패킷 전달 길이가 길어지면 패킷을 전달하기 위해 설정된 경로는 패킷 전달길이가 짧을 때 보다 더욱 더 끊어지기 쉽기 때문이다.

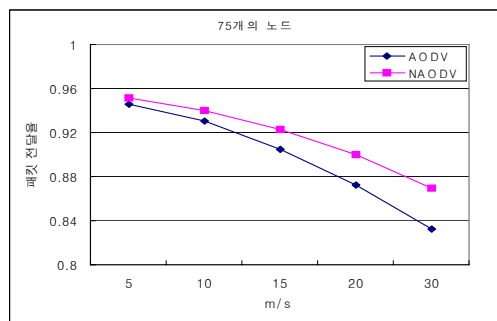
(그림 12)에서 보면 노드수가 25개로 구성되어 있을 때는 기존의 AODV와 NAODV의 패킷 전달율이 크게 차이 나지 않음을 볼 수 있다. 하지만 점점 노드수가 많아지고 속도가 증가할수록 NAODV의 패킷 전달율이 향상됨을 볼 수 있다. 즉 망에서 설정된 경로가 자주 끊어지고 노드의 이동이 많은 환경일 때, 끊어진 상위 노드에서 경로를 재설정하고 목적지 노드에서 경로를 다시 검색하여 역경로를 설정하는 것이 패킷의 손실을 줄일 수 있음을 알 수 있다. 노드 수와 노드의 이동 속도에 따라 최대 7.34% 정도의 패킷 전달율 향상을 보여준다.



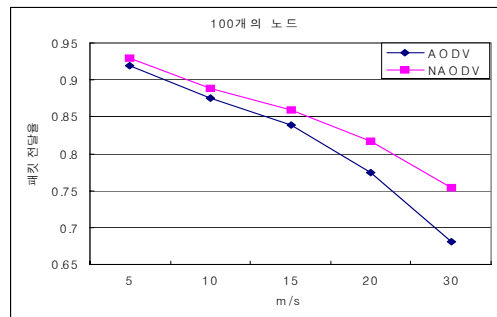
(그림 12) 속도에 따른 패킷 전달율(a)



(그림 13) 속도에 따른 패킷 전달율(b)



(그림 14) 속도에 따른 패킷 전달율(c)

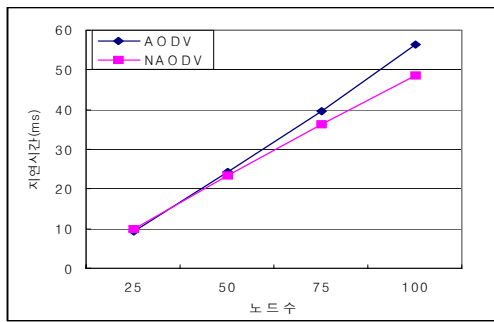


(그림 15) 속도에 따른 패킷 전달율(d)

4.2.2 지연 시간 측정

(그림 16)은 시뮬레이션을 통하여 측정된 종단간 지연 시간(end-to-end delay)을 나타낸 것이다.





(그림 16) 노드수에 따른 패킷 처리 지연시간

기존의 AODV 방식보다 NAODV 프로토콜을 적용하였을 때 종단간 지연 시간이 줄어드는 것을 볼 수 있다. 특히 노드수가 많아질수록 그 차이가 커지는데, 그 이유는 노드수가 많을 경우 출발지 노드까지 돌아가서 경로를 복구하는데 걸리는 시간이 길어지게 된다. 따라서 경로 단절 시 상위 노드에서 경로를 복구하고 목적지 노드에서 경로를 검색한 후 역경로를 설정하는 NAODV 프로토콜이 더 짧은 종단간 지연 시간을 보여준다. NAODV 프로토콜을 적용하여 최대 17%까지 지연시간을 줄일 수 있음을 확인하였다. 즉 기존의 AODV 방식보다 제안한 NAODV 방식이 더 빨리 경로는 재설정함으로써 데이터 패킷을 신속하게 보낼 수 있음을 확인할 수 있다.

### 5. 결 론

본 논문에서 고려한 애드혹 네트워크에서 라우팅 기법은 차세대 이동통신 환경에서 매우 중요한 요소라고 할 수 있다. 성능이 우수하여 가장 널리 사용되고 있는 온디맨드 방식의 AODV 라우팅 프로토콜도 많은 노드들로 이루어진 대형 망에서는 엄청나게 늘어나는 메시지에 의해 대역폭을 너무 많이 소비하게 되어 효율이 급격하게 낮아지는 문제점이 있다. 또한 기존 AODV 프로토콜에서 경로 설정을 위해서 사용 중인 local repair 및 소스로부터 목적지노드를 재탐색하는 과정은 경로 설정시간을 과도하게 소모하는 문제점을 갖고 있으므로, 활발한 이동 특성을 갖는 환경에 적용할 때에는 경로설정 지연으로 인한 패킷 전송지연이 길어지며 손실이 발생된다.

따라서 본 논문에서는 상기 문제점을 해결하기 위하여 패킷 전달율을 향상시키고 지연 시간을 줄일 수 있는 효율적인 NAODV 프로토콜을 설계하고 평가하였다. 노드 수를 증가 시키면서 속도에 따른 패킷 전달율은 NAODV 프로토콜이 최대 7.34%가 향상된 것을 확인하였고, 노드 수에 따른 패킷 처리 지연 시간은 최대 17%까지 지연 시간을 줄일 수 있었다. 또한 노드의 이동 속도가 빠르고 대형망으로 갈수록 더욱 효과적인 방법임을 확인하였다.

본 연구는 향후 애드혹 이동 노드 사이에서의 높은 효율

의 통신을 제공하기 위한 라우팅 기법 연구에 기초 연구 자료로 활용될 수 있을 것이며, 향후 연구로는 전송 파워 및 배터리의 양의 상태 등을 고려한 효율적인 경로 설정 기능을 제공하는 연구가 필요할 것으로 사료된다.

### 참 고 문 헌

- [1] E. M. Royer and C. K. Toh, "A review of current routing protocols for ad-hoc mobile wireless networks," IEEE Personal Communications, pp.46-55, April 1998.
- [2] C. K. Toh, "Ad hoc mobile wireless networks protocols and systems," Prentice Hall PTR, pp.13-25, 2002.
- [3] M. S. Corson and J. P. Macker, "Mobile ad-hoc networking(Manet) : routing protocol performance issues and evaluation considerations," IETF RFC 2501, January 1999.
- [4] IEEE MANET Working Group, <http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html>.
- [5] 김종태, 모상만, 정일웅, "모바일 애드혹 네트워크에서의 AODV 기반 최대 비중첩 다중경로라우팅 프로토콜," 한국정보처리학회논문지, 제21-C권 제3호, pp. 429-436, 2005
- [6] M. K. Marina and S. R. Das, "Ad Hoc On-demand Multipath Distance Vector Routing," <http://www.ececs.uc.edu/~sdas>, Technical Report, Computer Science Department, Stony Brook University, Apr, 2003.
- [7] D. B. Johnson and D. A. Maltz, "Dynamic Source Routing in Ad Hoc Wireless Networks," in Mobile computing, T. Imielinski and H. Korth, Eds. Kluwer Academic Publishers, pp. 153-181, 1996.
- [8] Genping Liu, Kai-Juan Wong, Bu-Sung Lee, Boon-Chong Seet, Chuan-Heng Foh, Lijuan Zhu, "PATCH: A Novel Local Recovery Mechanism for Mobile Ad-hoc Networks," IEEE vehicular technology conference, pp. 2995-2999, 2003.
- [9] C. E. Perkins, E. M. Belding-Royer and S. R. Das, "Ad hoc on-demand distance vector (AODV) routing," IETF RFC 3561, July 2003.
- [10] M. S. Corson and A. Ephremides, "A distributed routing algorithm for mobile wireless networks," Wireless Networks 1, 1995.
- [11] E. Gafni and D. Bertsekas, "Distributed algorithms for generating loop-free routes in networks with frequently changing topology," IEEE Trans. Commun, January 1981.
- [12] M. S. Corson, and A. Rphremides, "A distributed routing algorithm for mobile wireless networks," ACM/ Baltzer journal on Wireless Networks, January 1995.
- [13] Z. J. Haas, "A new routing protocol for the reconfigurable wireless networks," ICUPC'97, San Diego, CA, Oct. 12, 1997.
- [14] "The Network Simulator, ns-2," <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>



**김철중**

e-mail : huntcjk@empal.com  
1992년 경원대학교 전자계산학과(학사)  
1995년 경원대학교 전자계산학과(석사)  
2007년~현 재 경원대학교 전자계산학과  
(박사과정)  
관심분야 : Mobile 컴퓨팅, MANET



**박석천**

e-mail : scpark@kyungwon.ac.kr  
1977년 고려대학교 전자공학과(학사)  
1982년 고려대학교 컴퓨터공학(석사)  
1989년 고려대학교 컴퓨터공학(박사)  
1979년~1985년 금성통신연구소  
1991년~1992년 UC, Irvine Post Doc.  
1988년~현 재 경원대학교 프트웨어학부 정교수  
관심분야 : 차세대 인터넷, 멀티미디어 통신, IMT-2000