

# AODV기반의 지역경로탐색을 이용한 노드 비중첩 다중 경로 검색 기법

김 동 학<sup>†</sup> · 김 영 락<sup>†</sup> · 김 종 근<sup>\*\*</sup>

## 요 약

모바일 Ad hoc 네트워크에서 AODV와 DSR을 포함한 대표적인 표준 라우팅 프로토콜들은 대부분 단일 최단 경로를 구축하고 사용한다. 이러한 단일 경로 라우팅은 경로가 단절 되었을 때 경로를 처음부터 다시 재구축해야 하는 번거로움과 이에 따른 부하 발생이 불가피하다. 이런 문제점들을 해결하기 위한 방법으로 빠른 대체 경로 이용이 가능한 다중 경로 라우팅 프로토콜에 관한 연구들이 활발하게 진행되고 있다. 본 논문에서는 AODV 기반의 지역 경로 탐색에 의한 노드 비중첩 다중 경로 검색 기법을 제안한다. 이는 송신지로부터 수신지로의 완전 분리된 노드 비중첩 다중 경로들을 최대한 많이 찾아 구축함으로써 경로의 강건함을 확보하고 보다 안정적인 라우팅을 제공한다.

키워드 : 에드혹, 다중경로, 노드비중첩, 지역경로탐색

## A Node-disjoint Multipath Discovery Method by Local Route Discovery based on AODV

Dongxue Jin<sup>†</sup> · Youngrag Kim<sup>\*\*</sup> · Chonggun Kim<sup>\*\*\*</sup>

## ABSTRACT

In mobile ad hoc networks the most popular on demand routing protocols are the Dynamic Source Routing (DSR) protocol and the Ad hoc On demand Distance Vector (AODV) routing protocol. These and other representative standard routing protocols are designed to find and maintain only a single path. Whenever there is a link break on the active route, source node has to invoke a route discovery process from the beginning and it causes a lot of overhead. Multipath routing protocols, which can alleviate these problems by establishing multiple alternative paths between a source and a destination, are widely studied. In this paper we propose a node disjoint multipath discovery technique based on AODV local route discovery. This technique can find and build completely separated node disjoint multipaths from a source to a destination as many as possible. It will make routing more robust and stable.

Key Words : Ad hoc, Multipath, Node-Disjoint, Local Route Discovery

## 1. 서 론

모바일 Ad hoc 네트워크는 기지국이나 액세스 포인트 등의 고정된 인프라의 도움 없이 이동 단말 노드들만으로 자율적으로 구성되는 망이다[1,2,3]. Ad hoc 네트워크를 구성하는 노드들은 전파 도달 거리의 통신제한과 빈번한 이동성이 있기 때문에 통신 단절이 자주 발생함으로 경로의 설정과 유지가 힘들다. 따라서 Ad hoc 네트워크에서 통신 노드 간에 효과적이고 안정적인 라우팅 경로를 구성하고 유지하

는 것이 매우 중요한 과제이다. Ad hoc 네트워크에서는 크게 세가지 방식의 라우팅 프로토콜이 널리 알려져 있다. 미리 라우팅 정보를 수집해 두어 사용하는 Table-driven (혹은 Proactive) 방식, 라우팅 정보를 필요한 시기에 수집하는 On-demand (혹은 Reactive) 방식, 그리고 Table-driven 방식과 On-demand 방식을 혼합시킨 Hybrid 방식이 있다[4,5].

현재 많은 라우팅 프로토콜들이 연구되고 개발되고 있으며, IETF내의 MANET 워킹그룹에서는 현존하는 많은 라우팅 프로토콜에 대해 표준화 작업을 수행하고 있다[6-10]. 그러나, AODV와 DSR을 포함한 표준화중인 대부분의 라우팅 프로토콜은 모두 단일 경로를 사용하고 있기 때문에 경로가 단절 되었을 때 경로를 다시 재구축해야 하는 번거로움과 이에 따른 시간 지연이 불가피하다. 이를 보완하기 위한 방

<sup>†</sup> 준 회원 : 영남대학교 컴퓨터공학과 박사수료

<sup>\*\*</sup> 정 회원 : 영남대학교 컴퓨터공학과 교수(교신저자)

논문접수 : 2006년 10월 2일, 심사완료 : 2007년 1월 24일

법으로 빠른 대체 경로 이용이 가능한 다중 경로 라우팅 프로토콜에 관한 연구들이 활발하게 진행되어 오고 있다. 본 논문에서는 AODV기반의 노드 비중첩 다중 경로 검색 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 수신지에서 중복 RREQ 메시지 수신을 허용하고 다중 역경로를 통해 RREP 메시지를 전송하게 되는데, 중간 노드들이 RREP 메시지의 중복 수신으로 인한 일부 다중 경로의 구축이 실패되는 현상을 회피하기 위해 RREP-NAK 메시지를 이용한 지역적인 경로 탐색을 이용해 노드 비중첩 다중 경로를 최대한 많이 구축함으로써 경로의 강건함을 확보하고 보다 안정적인 라우팅을 제공한다.

## 2. 단일 및 다중 경로

이번 절에는 모바일 Ad hoc 네트워크에서의 대표적인 라우팅 프로토콜들을 소개한다. 단일 경로 라우팅 프로토콜과 다중 경로 라우팅 프로토콜들을 유형별로 설명하며 각 라우팅 프로토콜의 장단점을 비교한다.

### 2.1 단일 경로 라우팅 프로토콜

모바일 Ad hoc 네트워크에서 대표적인 표준 라우팅 프로토콜로 AODV와 DSR을 들 수 있다. AODV와 DSR 모두 라우팅 정보를 필요한 시기에 수집하는 On-demand 방식을 채택하고 있다.

AODV(Ad hoc On-demand Distance Vector)[6]는 IETF에 RFC3750 표준화 문서로 등록되어 있는 프로토콜로서, 전 세계적으로 가장 활발하게 연구 및 구현되고 있다. AODV의 경로 요청은 송신지에서 수신지로 RREQ(Route Request) 메시지를 플루딩하면서 시작된다. RREQ를 수신하는 중간 노드들은 송신지로의 역경로를 만들고, 다시 RREQ를 수신지나 수신지까지의 경로를 아는 노드에 도달할 때까지 브로드캐스트한다. RREQ 메시지가 결국 수신지에 도착하게 되면 수신지에서는 맨 먼저 도착한 RREQ 메시지에 대해 RREP(Route Reply) 응답 메시지를 송신지로 전송하며, 중복으로 들어오는 RREQ 메시지에 대해서는 모두 폐기하게 된다. RREP 응답메시지의 전달은 RREQ 메시지가 전달되면서 만들어진 단일 역경로를 통해 송신지로 전달된다. 그리고, RREP가 전달되면서 경과하는 중간 노드들에서는 수신지로 향하는 라우팅테이블을 작성한다. 결국 RREP가 송신지에 도착하게 되면 경로 설정이 완료되고 데이터 패킷의 전송이 시작된다.

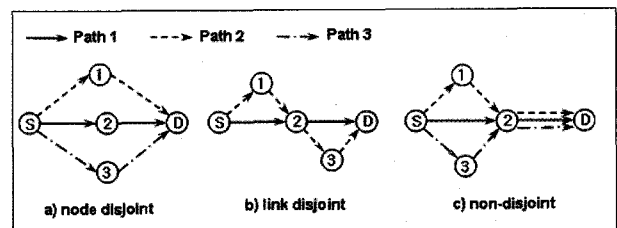
DSR(Dynamic Source Routing)[7]은 AODV와 같이 모바일 Ad hoc 네트워크에서 또 다른 대표적인 라우팅 프로토콜이다. AODV가 경로상 노드들의 라우팅 테이블을 통해 데이터를 전달하는 반면, DSR은 수신지까지의 전체 경로정보를 데이터 패킷 헤더속에 넣고 데이터를 전송한다. 경로 검색은 AODV와 마찬가지로 RREQ 메시지를 망 전체에 플

루딩하는 것으로 시작을 한다. 이때 RREQ 메시지는 노드들을 통과할 때마다 통과하는 노드 정보를 수집한다. 결국 수신지 노드까지 전달된 RREQ 메시지속에는 경과된 노드 정보들이 들어있기에 경로 정보를 쉽게 알수 있다. 수신지는 처음 도착한 RREQ 메시지에 실려온 경로 정보들을 RREP 메시지에 실어서 송신지로 전송한다. 송신지에서 RREP 메시지를 받게 되면 전체 경로 정보를 알게 되고 그 경로 정보를 데이터 패킷 헤더속에 넣고 데이터를 전송한다. DSR은 전체 경로정보가 패킷 헤더 속에 있기 때문에 각 중간 노드들에서는 복잡한 라우팅 테이블을 관리할 필요가 없게 된다. 반면, 데이터 패킷마다 경로정보를 실어 보내기 때문에 패킷 사이즈가 커지는 단점이 있다.

### 2.2 다중 경로 라우팅 유형

다중 경로 라우팅란 송,수신지 사이 통신이 단절되는 경우를 대비해 통신경로를 다중으로 구축해 보다 강건하고 안정적인 통신을 제공하고자 하는 라우팅 기법이다. 모바일 Ad hoc 네트워크환경에서 노드의 빈번한 이동과 한정된 리소스 때문에 노드가 다운되거나 노드의 이동으로 인해 경로가 자주 단절된다. 기존의 단일 경로 라우팅 프로토콜들은 하나의 경로만 사용하기 때문에 경로의 유지가 힘들고 단절되었을 경우에 경로 재설정과정을 수행해야 하기 때문에 데이터 전달 효율성이 떨어진다. 이를 보완하기 위하여 기존의 단일 경로를 구축하는 대신 다중 경로를 구축해서 보다 안정적인 라우팅을 제공하려는 연구가 많이 이루어지고 있다[11-18].

다중 경로의 구축은 노드 수, 밀집도, 이동성, 여유 에너지 양, 네트워크 보안 등 여러 요소들을 고려해 그 기법과 종류도 다양하다.



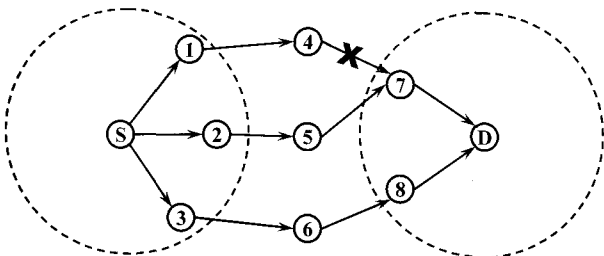
(그림 1) 다중 경로 유형

그림 1은 다중 경로 라우팅의 유형을 보여주고 있다. a)와 같은 노드 비중첩(Node disjoint)은 다중 경로들 사이에 공유되는 노드나 링크가 없이 완전 분리된 다중 경로들을 말하고, b)와 같은 링크 비중첩(Link disjoint)은 다중 경로들 사이에서 노드 공유는 허용하나 링크들은 서로 분리되는 다중 경로들을 말한다. 그리고, c)와 같은 중첩형(Non-disjoint)은 노드 공유와 링크 공유를 모두 허용하며 다중 경로들 사이 일부만이 분리되는 다중 경로를 만든다.

3가지 유형의 다중 경로들은 모두 각자 장단점이 있다. 노드 비중첩형은 경로들이 완전 분리됨으로써 부하분산이나 보안측면에 매우 우수하다. 하지만, 완전 분리되는 경로들을 찾기가 그리 쉽지가 않고 찾아지는 다중 경로의 수도 매우 적다. 링크 비중첩형은 노드 비중첩형에 비해 찾아지는 경로 수가 보다 많아서 활용도가 많아진다는 장점이 있다. 반면 경로들이 서로 공유하는 노드에 부하가 집중되어 성능이 떨어지거나 이동하면서 단번에 여러 경로가 동시에 끊어지는 위험이 있다. 마지막으로 중첩형은 다중 경로 검색이 가장 쉽고 가장 많이 찾을 수 있다는 장점이 있지만 경로들 사이에 공유된 노드와 공유된 링크들이 훨씬 많이 존재하기 때문에 구축된 경로들이 안정적이지 못하며 불필요한 관리상의 오버헤드가 증가한다. 다중 경로 라우팅의 3가지 유형들을 여러 측면으로 비교해보았을 때, 노드 비중첩형이 완전 분리된 다중 경로들의 검색과 구축만 잘 이루어진다면 상대적으로 안정적이고 우수한 성능을 발휘할 수 있다.

2.3 최대 구축 가능한 노드 비중첩 다중 경로 수

송수신지 사이 최대 구축 가능한 노드 비중첩 다중 경로 수는 송신지의 이웃 노드 수와 수신지의 이웃 노드 수에 의해 결정된다. 그림 2와 같이 만약 송신지 S의 이웃 노드 수가 1,2,3 즉 3개이고 수신지 D의 이웃 노드가 7,8 즉 2개라면 최대 구축 가능한 노드 비중첩 다중 경로 수는 송신지 이웃 노드 수와 수신지 이웃 노드 수 중 작은 숫자인 2가 된다.



(그림 2) 구축 가능한 최대 노드 비중첩 다중 경로 수

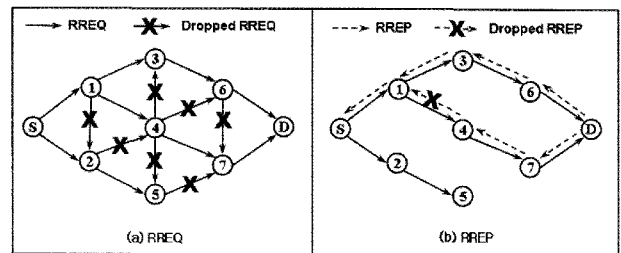
그 이유는 노드 비중첩형 다중 경로인 경우 서로 공유되는 중간 노드가 없기 때문에 그림 2와 같이 송신지와 연결 가능한 최대 경로 수는 3개이지만 수신지로 연결 가능한 노드는 2개밖에 없기 때문에 2개만 연결이 이루어지고 하나는 구축 실패가 될 것이다. 즉, 송수신지 사이 구축 가능한 노드 비중첩형 다중 경로는 2개를 초과하지 못한다.

3. 다중 경로 검색 기법 제안

이번 절에서는 노드 비중첩의 단점인 다중 경로 검색이 어렵다는 점을 보완해 보다 쉽고 많은 안정된 경로들을 검색 가능한 다중 경로 검색 기법을 제안한다.

3.1 경로 요청 단계

제안하는 다중 경로 검색 기법의 경로 요청단계는 AODV와 동일하게 시작한다. 송신지 노드로부터 수신지 노드로 RREQ 요청 메시지를 플루딩하면서 RREQ 메시지를 받은 중간 노드는 송신지로의 역 경로를 만든다. 그리고, 중간 노드에서의 중복 RREQ 메시지는 단순히 폐기한다. 그림 3 (a)와 같이 결국 RREQ 메시지는 서로 분산된 경로를 따라 수신지에 도착하게 된다. RREQ가 플루딩되면서 만들어진 송신지로의 역경로는 D-6-3-1-S, D-7-4-1-S, 그리고 5-2-S 가 된다.



(그림 3) 경로 요청과 응답 과정

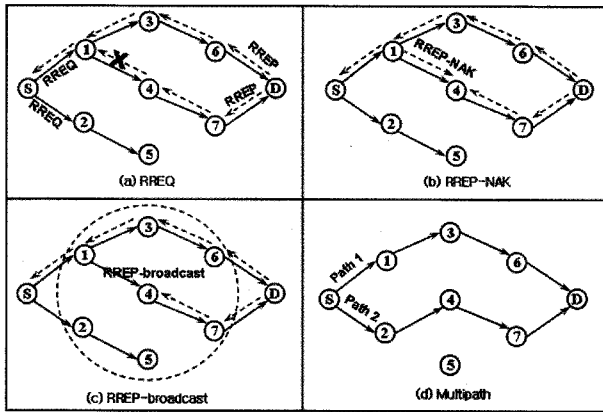
3.2 경로 구축 단계

다중 경로의 구축은 RREQ를 받은 수신지로부터 시작된다. 기존의 AODV에서 수신지는 처음 도착하는 RREQ 메시지만 받고 나머지 중복 수신하는 RREQ 메시지는 전부 폐기한다. AODV 기반 다중 경로를 구축하기 위해서는 RREQ 메시지의 중복 수신을 허용해야 한다. 단, 모든 노드에서 RREQ의 중복수신을 허용할 필요는 없다. 중간 노드에서 RREQ 중복수신을 허용 할 경우 이에 따른 부하가 기하급수적으로 발생할 뿐만 아니라 RREQ 전송도중 만들어지는 송신지로의 역경로들이 분리되는 게 아니라 서로 얽혀서 완전 분리형의 경로를 찾기가 오히려 더 어려워진다[18,19]. 본 연구에서 제안하는 다중 경로 검색기법은 수신지일 경우 서로 다른 이웃 노드로부터 수신되는 중복 RREQ 메시지에 한해서 한번씩 중복허용을 하며, 그 역경로를 통해 RREP 메시지를 전송한다.

그림 3 (b)는 수신지 D에서 받은 RREQ에 대해 응답 메시지인 RREP의 전송과정을 보여준다. 결국, 두 개의 RREP가 역경로 D-6-3-1-S와 D-7-4-1-S의 유니패스를 통해 송신지 S로 전송되어 진다. 이때, 1번 노드에서 중복 RREP를 받게 되는데 허용할 경우 노드 비중첩형이 아닌 중첩형 다중경로가 형성되기 때문에, 완전 분리된 노드 비중첩형 다중경로를 얻기 위해서는 두번째 RREP 메시지를 폐기해야만 한다. 그러나, 전반적으로 볼 때 S-2-4-7-D의 또 다른 다중 경로가 생성될 수 있음에도 불구하고, 중복 RREP가 폐기되면서 결국 S-1-3-6-D의 하나의 경로만 구축된다.

구축 가능한 경로를 최대한 많이 찾아내기 위해 제안하는

다중 경로 검색기법에서는 기존의 RREP 중복 시 단순하게 폐기하는 대신 폐기되었다는 정보를 RREP-NAK 메시지를 통해 하위 노드로 알려줌으로써 다른 역경로를 찾아가도록 하는 지역경로탐색기법을 적용한다.



(그림 4) RREP NAK 메시지를 이용한 지역 경로 탐색 과정

그림 4 (a)에서와 같이 중간 노드에서 RREP 중복 메시지를 받게 되면 그림 4 (b)와 같이 중복 메시지를 폐기하는 동시에 폐기되었다는 정보를 RREP NAK 메시지를 통해 RREP를 포워드한 노드 4번으로 알린다. RREP-NAK를 받게 된 노드 4번에서는 보낸 RREP가 폐기되었다는 내용을 알게 되고 그림 4 (c)와 같이 다른 역경로를 찾기 위해 RREP 메시지를 원홉 (TTL=1) 거리로 브로드캐스트한다. 이 브로드캐스트 메시지를 받은 원홉거리 노드들은 송신지로의 역경로가 있는지 우선 검색한다. 역경로가 없다면 폐기하고, 있다면 수신지로의 경로가 설정되어 있는지 확인한다. 수신지로의 경로가 설정되어 있다면 RREP를 중복 수신한 경우이기 때문에 폐기한다. 이렇게 송신지로의 역경로가 있고 수신지로의 경로가 수립되지 않은 상태라면 수신지로 향하는 라우팅 테이블을 작성하고 다음 홉을 노드 4번으로 지정한다. 결국 그림 4 (c)에서 브로드캐스트된 RREP-NAK를 받은 1,2,3,5,6,7 번 노드 중에서 1,3,6,7 번 노드는 수신지로의 경로가 이미 구축되어 있기 때문에 폐기를 하고 2번과 5번 노드만 받아들여지게 된다. 그리고 2번 노드와 5번 노드는 동일한 역경로를 가지기 때문에 홉수가 적은 2번 노드를 통해 또 하나의 노드 비중첩 경로 S-2-4-7-D 가 구축된다. 이렇게 RREP가 중복됨으로 인해 손실되는 다중 경로를 지역경로탐색을 통해 다른 역경로와 연결시켜줌으로써 보다 많은 완전 분리된 다중 경로들을 찾아준다.

그림 5는 RREP-NAK 메시지 포맷을 보여준다. RREP-NAK 메시지 포맷의 각 필드들은 기존의 RREP 메시지 포맷의 필드들을 그대로 적용해서 사용한다. 여기서 Type 필드는 패킷의 종류를 나타내고 있는데, 중간 노드가 중복 RREP 메시지를 받게 되면 받은 RREP 메시지의 Type 필

Type	R	A	Reserved	Prefix Sz	Hop count
Destination IP address					
Destination Sequence Number					
Originator IP address					
Lifetime					

(그림 5) RREP NAK 메시지 포맷

드를 RREP-NAK 타입으로 바꾸고 중복 RREP를 보낸 노드로 되돌려 보내면 된다. 그리고, Hop count 필드도 매우 중요한 요소 중에 하나인데 수신지까지의 홉 수를 나타낸다. 정확한 홉 수를 얻어내기 위해서는 중복 RREP 받았을 때나 RREP-NAK 를 보낼 때, 그리고 RREP-NAK 메시지를 받았을 때 모두 홉수를 증가시켜서는 안 된다. 만약, 불가피하게 증가시켰다면 RREP-NAK를 받은 노드에서 증가된 홉수 만큼 빼주면 된다.

### 3.3 경로 관리와 유지

검색된 다중 경로들의 관리와 유지는 부하 분산, 네트워크 보안, 노드 에너지 관리 등 여러 요소들을 고려해 다양하게 활용될 수 있다. 본 연구에서는 모바일 Ad hoc 네트워크에서 노드의 빈번한 이동성으로 인해 경로가 단절되는 상황을 고려한 모델을 설계하고 그 성능을 평가한다.

데이터 전송은 송신지에서 처음 RREP를 받고 첫 경로가 생성되는 순간부터 이루어진다. 그리고, 중복 RREP를 받고 다중 경로가 생성되면 데이터 복사본을 모든 다중 경로를 통해 동시에 전송하게 된다. 다중 경로를 통해 수신지에 도착한 데이터는 한번만 받아지고 중복된 데이터는 폐기가 된다. 경로 단절 발견 및 여러 메시지 전송과정은 AODV와 유사하다. 중간 노드에서 경로 단절을 발견하면 상위노드로 RERR(Route Error) 메시지를 보내게 되며, RERR 메시지를 받은 상위 노드는 라우팅 테이블에서 해당 수신지로 가는 경로를 지우고 RERR 을 다시 상위 노드로 포워드한다. 결국 송신지까지 전달된 RERR은 송신지에서 관리하고 있던 다중 경로 중 해당 경로를 삭제한다. 수신지로 향하는 다중 경로가 전부 단절 되었다면, 다시 경로 요청 단계로 돌아가 경로 재구축을 시도한다.

## 4. 성능 평가

본 절에서는 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 제안한 AODV 기반 비중첩 노드 다중 경로 검색기법의 성능을 평가하고 비교 분석한다. 시뮬레이션 도구로서 NS2[20,21]를 사용했으며, 버전은 ns-allinone-2.28 이다.

본 시뮬레이션은 1000 × 1000m<sup>2</sup>의 정방형 영역 상에서 움직이는 모바일 노드들을 대상으로 수행된다. 250m의 신호 전송 범위와 자유공간 전파 채널을 가정하며, 2Mbps의 데이터 전송률을 가지도록 설계했다. 각 시뮬레이션은 100초 동안 수행된다.

시뮬레이션 결과로서 구축된 다중 경로의 수를 비교 평가하고, 모바일 Ad hoc 네트워크에서 라우팅 프로토콜을 측정하는데 광범위하게 사용되고 있는 패킷 전송율과 라우팅 오버헤드를 성능 척도로 비교 평가했다.

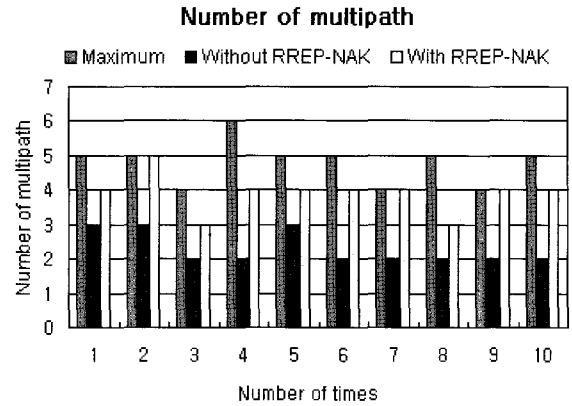
4.1 검색된 다중 경로 수

제안 하는 검색 기법에 의해 구축되는 다중 경로 수를 분석하기 위해 1000 × 1000 m<sup>2</sup>의 토폴로지환경에 50개 노드를 랜덤으로 배치했다. 그림 6은 제안하는 RREP-NAK 메시지를 활용한 지역경로탐색 다중 경로 검색기법을 통해 구축되는 경로 수와 지역경로탐색을 사용하지 않은 경우에 구축되는 경로 수, 그리고 최대 구축 가능한 다중 경로 수와 서로 비교 분석한 결과이다. 10번의 시뮬레이션 결과 지역경로탐색을 사용한 경우가 사용하지 않은 경우보다 훨씬 많은 완전 분리된 노드 비중첩 다중 경로들이 검색된 것을 확인할 수 있다.

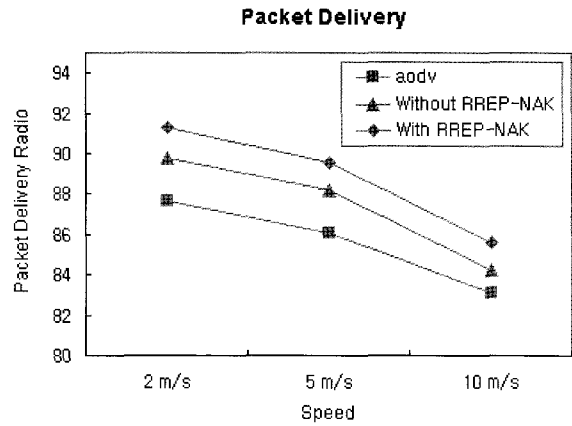
4.2 패킷 전송율

패킷 전송율은 경로 유지 시간과 직접적인 연관 관계를 가진다. 경로 유지시간이 길어질수록 데이터 전송이 원활하게 이루어지며 손실되는 패킷이 적기 때문에 패킷 전송율도 높아진다. 제안하는 지역경로탐색 다중 경로 라우팅 기법은 완전 분리된 다중 경로를 최대한 많이 구축하고 사용하기 때문에 수신지로의 경로를 AODV 보다 훨씬 오래 유지 할 수 있다. 그림 7은 통신 노드가 30 노드일 때, 노드들의 이동속도의 변화에 따른 패킷 전송율을 비교한 것이다. 전반적으로 AODV의 패킷 전송율이 가장 낮고, 지역경로탐색을 사용한 다중 경로 라우팅 기법의 패킷 전송율이 가장 높은 것을 확인할 수 있다.

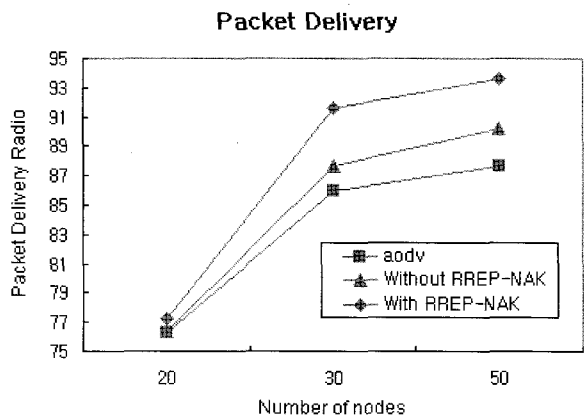
그림 8은 노드 이동속도가 2m/s 일 때 통신 참여 노드 수의 변화에 따른 패킷 전송율을 비교한 것이다. 통신 참여 노드가 많을 수록 구축 가능한 다중 경로 수도 많아지게 된다. 다중 경로가 많아진다는 얘기는 송수신지의 경로 유지 시간도 따라서 길어지게 된다. 이로 인해 노드가 많아질수록 패킷 전송율 측면에서 제안하는 지역경로탐색 다중 경로 라우팅이 AODV나 지역경로탐색을 사용하지 않은 다중 경



(그림 6) 다중 경로 수의 비교

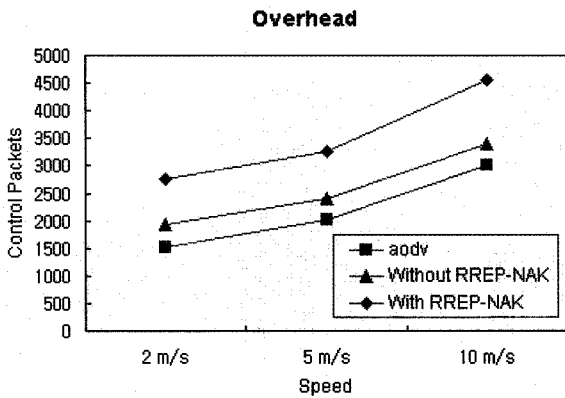


(그림 7) 노드 이동 속도에 따른 패킷 전송율 비교



(그림 8) 통신 노드 증가에 따른 패킷 전송율 비교

로 라우팅보다 훨씬 좋은 성능을 발휘하는 것을 알 수 있다.



(그림 9) 라우팅 오버헤드

### 4.3 라우팅 오버헤드

라우팅 오버헤드는 전체 라우팅 패킷의 수(즉, HELLO, RREQ, RREP, RERR 및 RREP-NAK의 수)로서 제안하는 다중 경로 라우팅 기법과 기존의 AODV와 비교 평가한다.

다중 경로 라우팅 프로토콜들은 여러 경로들을 관리하기 위한 RREP, RERR 메시지의 수가 증가함에 따라 라우팅 오버헤드가 증가하기 마련이다. 하지만, 다중 경로 라우팅의 성능평가에서 라우팅 오버헤드 비교는 라우팅 오버헤드의 증가나 감소나보다는 얼마나 많은 오버헤드가 증가했느냐가 더 중요하다. 제안하는 다중경로 검색기법은 RREP가 중복되는 경우 RREP-NAK 메시지를 추가로 발생시키며 다른 역경로를 찾아가기 때문에 기존의 여러 단일 라우팅 프로토콜보다 더 많은 오버헤드를 발생시킨다. 그림 9는 노드 수가 50일 때 AODV와 제안하는 다중 경로 라우팅 프로토콜과의 오버헤드를 비교한 것이다. 결과적으로 AODV가 가장 적은 오버헤드를 발생시키고 제안하는 지역경로탐색을 사용한 다중 경로 라우팅 기법이 지역경로탐색을 사용하지 않은 경우보다 더 많은 오버헤드를 발생시킨다. 하지만, 제안하는 지역경로탐색을 사용한 라우팅 기법에서 증가한 오버헤드가 기존보다 수배이상으로 급속 늘어나지는 않았다는 것을 알 수 있다.

## 5. 결 론

본 논문에서는 모바일 Ad hoc 네트워크에서 지역경로탐색을 이용한 노드 비중첩 다중 경로 검색 기법을 제안하였다. 핵심 아이디어는 수신지에서 서로 다른 노드로 들어오는 RREQ를 각각 한번씩 허용을 하며, 그 역 경로를 통해 RREP 응답 메시지를 전송하면서 서로 완전 분리된 경로들

을 찾는다. 그리고 RREP 응답메시지의 전송과정이 중복되면서 경로설정이 실패하는 것을 방지하기 위해, RREP 메시지가 중복될 시 RREP-NAK 메시지를 통해 경로들이 서로 겹쳐지지 않게 다른 역 경로를 찾아가도록 함으로써 가능한 모든 완전 분리된 다중 경로들을 검색하도록 한다.

컴퓨터 시뮬레이션을 통해 제안한 다중 경로 검색 기법이 존재 가능한 다중 경로들의 대부분을 찾아줄 수 있다는 것을 확인했다. 그리고, 노드의 이동성이 빈번히 발생하는 환경에서 통신 노드의 수가 많을수록 송,수신지의 데이터 연결을 더 오래 유지하면서 패킷전송율을 대폭 향상시키는 것을 확인하였다.

향후의 연구 과제는 비중첩 다중 경로 검색기법을 통해 검색된 다중 경로들을 부하 분산이나 네트워크 보안, 에너지 균등화 등에 활용될 수 있는 방안을 연구 할 예정이다.

## 참 고 문 헌

- [1] C. E.Perkins, Ad hoc Networking, Addison Wesley, 2000.
- [2] S. Corson, J. Macker. "Mobile Ad hoc Networking (MANET): Routing Protocol Performance", IETF RFC 2501, January 1999.
- [3] IETF MANET Working Group, <http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html>, 2004.
- [4] M.Abolhasan, T. Wysocki, and E. Dutkiewicz, "A review of Routing Protocols for Mobile Ad Hoc Networks", Ad hoc Networks, Vol.2, pp.1-22, 2002
- [5] Jyoti Raju and J.J. Garcia-Luna-Aceves, "A Comparison of On-demand and Table-driven Routing for Ad Hoc Wireless Networks," in Proceedings of IEEE ICC, June 2000.
- [6] S. Das, C. Perkins and E. Royer, "Ad Hoc On Demand Distance Vector (AODV) Routing", IETF RFC3561, July 2003.
- [7] D. Johnson, "The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks (DSR)", IETF Internet Draft, draft-ietf-manet-dsr-09.txt, April 2003.
- [8] P. Jacquet and T. Clausen, "Optimized Link State Routing Protocol", IETF Internet Draft, draft\_ietf\_manet\_olsr\_11.txt, July 2003.

- [9] M. Lewis, F. Templin and R. Ogier, "Topology Dissemination Based on Reverse Path Forwarding (TBRPF)", IETF Internet Draft, draft-ietf-manet-tbrpf-09.txt, June, 2003.
- [10] Z. Haas and M. Pearlman, "The zone routing protocol (ZRP) for Ad Hoc networks", IETF Internet Draft, draft-ietf-manet-zone-zrp-04.txt, July, 2002.
- [11] S. Lee and M. Gerla, "Split multipath routing with maximally disjoint paths in ad hoc networks", Proceedings of the IEEE ICC, pp.3201-3205, June, 2001.
- [12] M. Marina and S. Das, "On-demand Multipath Distance Vector Routing in Ad Hoc Networks", in Proceedings of the International Conference for Network Protocols (ICNP), Riverside, Nov. 2001.
- [13] R. Leung, J. Liu, E. Poon, A. Chan and B. Li, "MP DSR: A QoS-Aware Multi-Path Dynamic Source Routing Protocol for Wireless Ad-Hoc Networks", In Proc. of the 26th IEEE Annual Conference on Local Computer Networks (LCN 2001), pp.132-141, November, 2001.
- [14] L. Wang, Y. Shu, M. Dong, L. Zhang and O. Yang, "Adaptive Multipath Source Routing in Ad Hoc Networks", IEEE ICC 2001, Page(s): 867-871 Vol.3, June, 2001.
- [15] L. Wang, Y. Shu, Z. Zhao, L. Zhang and O. Yang, "Load Balancing of Multipath Source Routing in Ad Hoc Networks", Proceedings of IEEE ICC'02, April 2002.
- [16] J. Raju and J. Garcia-Luna-Aceves, "A New Approach to On demand Loop-Free Multipath Routing", In Proc. Of the 8th Annual IEEE International. Conf. Computer Communications and Networks (ICCCN), Boston, MA, Oct 1999, pp.522-527.
- [17] A. Valera, W. Seah, and S. Rao, "Cooperative Packet Caching and Shortest Multipath Routing in Mobile Ad hoc Networks", INFOCOM 2003, San Francisco, CA, USA, 2003.
- [18] Chonggun Kim, Elmurod Talipov, and Byoungchul Ahn, "A Reverse AODV Routing Protocol in Ad Hoc Mobile Networks", EUC Workshops 2006, LNCS 4097, pp.522-531
- [19] Elmurod Talipov, Donxue Jin, Jaeyoun Jung, Ilkhyu Ha, YoungJun Choi, and Chonggun Kim, "Path Hopping Based on Reverse AODV for Security", APNOMS 2006, LNCS 4238, pp.574-577
- [20] The Network Simulator ns-2, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>, 2006.
- [21] K. Fall and K. Varadhan, The ns Manual, The VINT Project, UC Berkeley, LBL, USC/ISI, and Xerox PARC, APR., 2002.



### 김 동 학

e-mail : donghak@yumail.ac.kr

2001년 (중국) 북화대학교 물리학과(학사)

2003년 영남대학교

컴퓨터공학과(공학석사)

현재 영남대학교 컴퓨터공학과 박사수료

관심분야: Network Management, Mobile Ad hoc Network,  
Ubiquitous Sensor Network



### 김 종 근

e-mail : cgkim@yu.ac.kr

1981년 영남대학교 전자공학과 학사

1987년 영남대학교 전자공학과 석사

1991년 (일본) 전기통신대학 박사

1997년 (미국) Virginia Tech. 연구교수

2003년 (미국) UCSC 연구교수

현재 영남대학교 컴퓨터공학전공 교수

관심분야: 컴퓨터 네트워크, 무선 모바일 네트워크, 분산처리,  
운영체제, 멀티미디어기반 가상강의 시스템



### 김 영 락

e-mail : yrkim@yumail.ac.kr

2002년 금오공과대학교 응용수학과

졸업(학사)

2004년 영남대학교

컴퓨터공학과(공학석사)

현재 영남대학교 컴퓨터공학과 박사수료

관심분야: 컴퓨터네트워크, Mobile Ad Hoc Network, Ubiquitous  
Sensor Network