

# 상태공간 측정을 통한 AD HOC 네트워크의 최적화 연구

## A Study of Optimization Using State Space Survey in Ad Hoc Network

김 현 창\*                      정 석 문\*  
Kim, Hyun-chang              Chung, Suk-moon

### ABSTRACT

In this paper, Ad-hoc network is a collection of mobile nodes without any wired infrastructure. Design of efficient routing protocols in ad-hoc network is a challenging issue. An AODV routing protocol for wireless ad hoc networks one that searches for and attempts to discover a route to some destination node. We propose a technique that reduce the number of Routing packet. Our technique use variable values reflecting the condition of network. This also contributes to improve throughput.

주요기술용어(주제어) : Ad Hoc 네트워크, AODV(Ad Hoc On-demand Distance Vector), Expanding Ring Search, Timestamp.

## 1. 서론

현재 무선 네트워크는 고정된 유선 기반구조로 연결된 Infrastructured 네트워크와 고정된 형태의 기반구조 없이 연결된 Infrastructureless 네트워크의 두 가지 형태가 존재한다. Infrastructureless 네트워크인 Ad Hoc 네트워크는 기지국 혹은 AP(Access Point)에 의한 중앙 집중화된 관리나 표준화된 지원 서비스 없이 임시 망을 구성하는 무선 이동단말 들의 집합으로, 1970년대부터 미 국방성의 DARPA(Defense Advanced Research Projects Agency)를 중심으로 주로 군사용이나 재해/재난 시 대체(Backup) 네트워크용으로 연구되어 왔다<sup>1,2)</sup>. 그러나 최근에는 무선 네트워크의 이동성의 편리함으로 인하여 상업적으로도

많은 연구가 진행되고, 그 중심에 있는 IETF(Internet Engineering Task Force)는 IP 기반 위에서 경로를 설정하는 MANET(Mobile Ad Hoc Networking) Working 그룹에서 많은 연구를 진행하고 있다.

Ad Hoc에 관한 많은 연구는 현재까지 Table-driven 방식과 On-demand 방식의 라우팅 프로토콜을 중심으로 진행되어 왔다.

본 논문에서는 Ad Hoc 네트워크의 AODV 프로토콜에서 불필요한 패킷의 확산을 제한하는 Expanding Ring Search 알고리즘에서 고정된 NODE-TRAVERSAL-TIME을 사용하는 대신에 네트워크 상태에 따라 가변적인 값을 사용하는 새로운 Expanding Ring Search 알고리즘을 제안한다.

## 2. Ad Hoc 네트워크를 위한 프로토콜<sup>(1,3)</sup>

AODV는 1999년에 노키아 리서치 센터에 C.

\* 2005년 8월 31일 접수~2005년 12월 15일 게재승인

\* 해군사관학교 정보통신공학과

주저자 이메일 : everhc@paran.com

Perkins에 의해서 제안되었으며, 기본적인 알고리즘은 Table-driven 방식의 DSDV(Destination Sequenced Distance Vector)와 On-demand 방식의 DSR(Dynamic Source Routing)의 라우팅 프로토콜의 문제점을 해결한 프로토콜이다.

가. Table-driven(proactive) 라우팅 프로토콜

이 방식은 Ad Hoc 네트워크를 위한 라우팅 알고리즘 중 초기에 사용된 방식으로, 유선환경의 인터넷에서 사용한 Bellman-Ford 방식을 Ad Hoc 네트워크에 적용한 것으로, 네트워크의 모든 이동단말은 자신을 중심으로 하여 다른 이동단말까지의 라우팅 정보를 라우팅 테이블의 계속 유지한다. 계속적으로 라우팅 정보를 유지함으로써 경로 획득 지연시간이 짧으나, 계속적이고 주기적으로 라우팅 정보를 교환해야 함으로 무선 주파수의 사용에 제약이 존재하는 Ad Hoc 네트워크에 라우팅 정보로 인하여 성능에 많은 제약을 가한다. Table-driven 방식으로 구현된 라우팅 프로토콜로는 DSDV, WRP(Wireless Routing Protocol), CGSR(Clusterhead Gateway Switch Routing)이 존재한다. 그러나 Table-driven 방식은 Ad Hoc 환경에 적용하기에는 많은 문제점이 존재하여 이 알고리즘 자체로서는 각광 받지 못하였고, 이를 개선한 On-demand 알고리즘으로 발전하게 되었다<sup>[1]</sup>.

나. On-demand(reactive) 라우팅 프로토콜<sup>[4]</sup>

이 방식은 앞절에 Table-driven 방식과 달리 모든 단말의 라우팅 정보를 계속적으로 유지하는 것이 아니라, 데이터 전송 필요시에만 경로를 획득하는 절차를 수행한다. On-demand 방식의 장점은 항상 라우팅 정보를 유지하는 것이 아니고, 필요시에만 라우팅을 획득하는 절차를 수행함으로 이동시에 변경된 라우팅 정보를 이동단말에 방송할 필요가 없음으로 무선 주파수의 사용에 제약이 존재하는 Ad Hoc 네트워크에 적합한 알고리즘이다. 그러나, 경로 필요시에 라우팅을 얻는 절차를 수행한 후에 데이터를 전송해야 함으로, 라우팅 획득시간이 길어져서 실시간(Real-time) 서비스를 필요로 하는 일부 서비스의 부적합한 문제점을 가지고 있다. 이 방식을 채택한 방식의 라

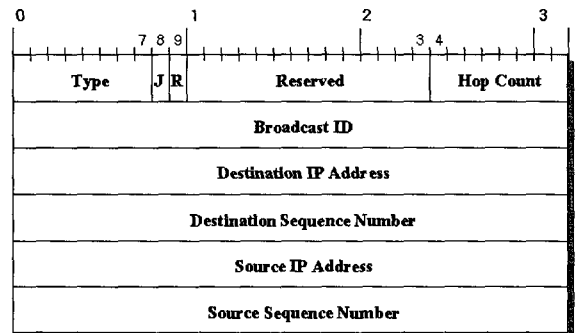
우팅 알고리즘은 DSR, AODV, ABR(Associativity-Based Routing), TORA(Temporally Ordered Routing Algorithm) 등이 있다.

3. AODV 라우팅 프로토콜<sup>[5]</sup>

AODV는 1999년에 노키아 리서치 센터에 C. Perkins에 의해서 제안되었으며, 기본적으로 Table-driven 방식의 DSDV와 On-demand 방식의 DSR의 장점을 채택하여 문제점을 해결한 라우팅 프로토콜이다.

가. RREQ(Route Request) 이용한 경로탐색

이동단말은 자신의 라우팅 테이블에 유효화 경로가 존재하지 않는 이동단말에게 데이터를 보내기를 원할 때마다 경로탐색의 절차를 수행해야 한다. 이동단말은 RREQ 패킷을 이웃한 단말에게 전달하여, 목적지 노드를 찾을 때 까지 그림 1에 나타난 RREQ 패킷을 인접한 노드에게 계속하여 전달(Broadcasting) 한다.

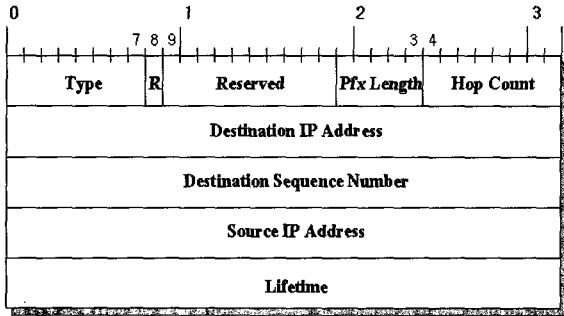


[그림 1] RREQ 패킷

나. RREP(Route Reply) 패킷을 통한 경로설정

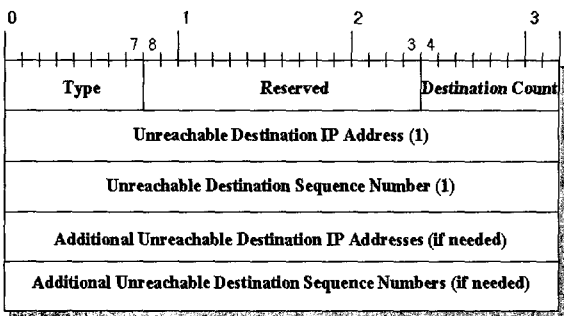
RREQ 패킷이 경로를 찾는 도중에 중간 노드의 라우팅 테이블에서 목적지 노드까지 유효한 경로가 발견된다면 이동단말은 RREQ 패킷을 이웃 노드에게 전달하지 않고 그림 2에 나타난 RREP 패킷을 생성하여 생성된 역 경로를 이용하여 출발지 노드에게 전달(unicasting)한다. 이때 RREP 패킷을 전달하는 역 경로의 노드들은 이 정보를 이용하여 자신의 라우

팅 테이블도 최신의 정보로 갱신한다. 이러한 절차를 통하여 출발지 노드와 목적지 노드간 경로가 생성되어 데이터 전달이 가능하다.



[그림 2] RREP 패킷

다. RERR(Route Error Reply)를 이용한 경로관리 RERR 패킷은 경로관리를 위해 사용되는 라우팅 정보 패킷으로, 어떤 노드간의 경로를 사용할 수 없게 되었을 때 혹은 이동단말의 이동/장비고장으로 통신이 불가능하게 되었을 때에 해당 경로를 사용하지 못하도록 관련 이동단말에게 그림 3에 나타난 RERR 패킷을 이용하여 경로정보를 알린다. 이러한 경로관리를 통해서 각각의 이동단말들은 최신의 경로정보를 유지한다.



[그림 3] RERR 패킷

라. 라우팅 테이블

AODV는 라우팅 테이블의 경로정보는 이전에 얻어진 경로정보에 관해서만 유지하고, 얻어진 경로정보도 Ad Hoc 네트워크의 특성인 이동성을 만족시키기 위해서 이전의 얻어진 각각의 라우팅 정보의 유효

한 시간을 표 1에 Lifetime 부분에 설정하여 유효화 여부를 결정한다. AODV에 사용되는 라우팅 테이블에 구성과 역할은 표 1에 나타내었다.

[표 1] 라우팅 테이블 구성과 역할

목 록	내 용
Distination IP address	도착지 IP 주소
Destination Sequence Number	도착지 노드의 일련번호
Interface	해당경로의 유/무선 존재여부
Hop Count	도착지노드까지 도달할 수 있는 Hop의 수
Next Hop	도착지 노드를 위한 다음 Hop
List of Precursors	Destination IP address를 위하여 패킷을 전달해야 할 노드
Lifetime	경로의 유효화 시간
Routing Flag	Falg 표시를 위한 공간

4. 개선된 Expanding Ring Search 제안

Expanding Ring Search 알고리즘은 유선 인터넷에서 사용되었던 방법으로, IP헤더에 TTL을 이용하여 출발지 노드로부터 근접한 지역의 노드로부터 점차로 넓은 지역으로 확대해가면서 RREQ를 전송하는 것이다. 이것을 통해서 중간노드에서 RREP 패킷을 통해 경로를 설정했을 때, 불필요한 RREQ 패킷의 전송을 제한하여 AODV의 최적화를 유도하는 방식이다.

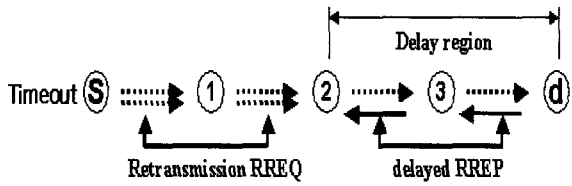
가. Expanding Ring Search의 동작

출발지 노드는 RREQ 패킷 IP 헤더에 TTL을  $TTL=TTL-START(=1)$ 로 처음에 사용하여 타임아웃시간을  $2 * TTL * NODE-TRAVERSAL-TIME(=2 * 1 * 40)ms$  설정하여 이 시간동안 RREP 패킷을 기다린다. 이 시간내에 RREP 패킷을 수신하지 못하였을

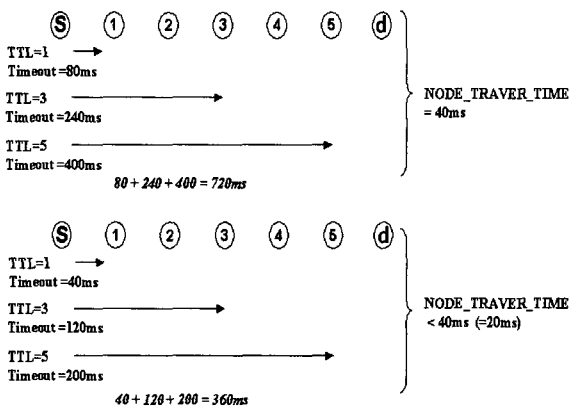
때 출발지 노드는 TTL-INCREMENT(=2)만큼 증가시킨 TTL을 이용하여 RREQ를 재방송한다. 이러한 절차는 RREQ에 TTL이 TTL-THRESHOLD(=8)까지 도달할 때 까지 계속된다. 이때에도 RREP 패킷을 수신하지 못하였다면, TTL을 TTL=NET-DIAMETER(=35)까지 2회 재방송 한다. 그래도 RREP를 수신하지 못하였다면 출발지 노드는 목적지 노드가 이 네트워크에 존재하지 않는다고 판단하여 더 이상의 경로탐색을 실시하지 않는다.

나. Expanding Ring Search의 문제점

이 알고리즘에서 사용하고 있는 NODE-TRAVERSAL-TIME은 Ad Hoc 네트워크에서 패킷을 전달하기 위한 노드간 한 홉의 평균 지연시간이다. 이 값에는 큐잉 지연, 노드 장비의 성능, 패킷 전달시간과 무선사용으로 인한 무선사용 시간 지연등의 여러 가지 가변적인 값이 포함되어 있다. Ad Hoc 네트워크는 많은 인자로 인하여 시간에 따라 노드간의 지연시간은 상당히 다양한 값을 가질 수 있으나, Expanding Ring Search에서는 고정된 값(=40ms)을



[그림 4] 불필요한 패킷 생성 경우(첫번째 문제점)



[그림 5] 지연 발생 경우(두번째 문제점)

사용함으로써 발생할 수 있는 문제는 다음과 같다.

첫 번째 문제점은 고정된 NODE-TRAVERSAL-TIME으로 인하여 불필요한 RREQ 패킷을 발생시킬 수 있다. 그림 4에서와 같이 네트워크 부분적인 부하로 인하여 NODE-TRAVERSAL-TIME이 40ms 보다 클 때, RREP 시간이 지연되서 정상적으로 오는 중이지만 타임아웃이 되어 많은 RREQ 패킷들을 만들어 내어 네트워크의 성능저하를 가져올 수 있다.

두 번째 문제점은 네트워크 단말의 고성능, 네트워크 상태 등으로 인하여 NODE-TRAVERSAL-TIME이 고정된 40ms보다 작을 때, 그림 5에서 보는바와 같이 불필요하게 기다릴 수 있다.

다. 새로운 Expanding Ring Search 알고리즘

4의 나절에서의 두가지 문제점을 해결하기 위하여 네트워크 상태에 영향을 줄 수 있는 추가적인 패킷의 발생 없이 RREQ의 Timestamp와 Hop Count를 이용하여 고정된 NODE-TRAVERSAL-TIME 값 대신에 현재의 네트워크의 상태를 측정된 가변적인 NODE-TRAVERSAL-TIME 값을 사용하는 새로운 방법을 제안한다.

1) NODE-TRAVERSAL-TIME의 측정

AODV에서는 라우팅 패킷마다 확장필드를 가지고 있으며, 특히 RREQ 패킷의 확장필드에는 불필요한 패킷의 확산을 막기위해 패킷의 발생시간을 알 수 있는 Timestamp를 위한 공간이 존재한다. RREQ를 수신한 노드는 자신이 갖고 있는 현재시간과 RREQ의 Timestamp의 값의 차이를 식 (1)과 같이 계산한다. 이 시간의 차이는 RREQ를 받은 노드와 출발지 노드간의 전달시간으로 결정 할 수 있다. 여기에 RREQ가 증계될 때 마다 계산되는 Hop Count 값을 이용한다. 그런데 Hop Count의 값은 RREQ를 수신할 때 증가되는 것이 아니라 노드를 떠날 때 마다 1씩 증가하기 때문에 실제 값은 식 (2)와 같이 수신된 RREQ의 Hop Count 값의 1을 더한 값이다. 이렇게 계산된 두 값을 사용하여, 식 (1)에 값에 식 (2)에 값을 식 (3)과 같이 나누어 준다면 노드간 평균 전달 시간인 NODE-TRAVERSAL-TIME을 계산할 수 있을 것이다.

$$T-t = \text{RREQ 전달시간} \quad (1)$$

$$H+1 = \text{RREQ가 전달된 Hop의 수} \quad (2)$$

$$\text{NODE-TRAVERSAL-TIME} = (T-t)/(H+1) \quad (3)$$

- \* T : RREQ의 Timestamp의 시간(패킷발생시간)
- t : RREQ를 받았을 때 현재 시간(패킷수신시간)
- H : RREQ의 Hop의 수

이렇게 측정된 NODE-TRAVERSAL-TIME 값은 큐잉 지연, 전파지연 등을 포함한 1홉 간의 평균 지연시간 될 것이고, 네트워크의 현재 상태를 반영한 가변적인 값이 될 것이다.

### 2) NODE-TRAVERSAL-TIME의 운용

측정된 NODE-TRAVERSAL-TIME 값의 사용하는 방법에는 최신의 값을 사용하는 것과 계속해서 누적된 NODE-TRAVERSAL-TIME 평균을 사용하거나 일정한 몇 개의 최근 값의 평균을 운용할 수 있다. 이러한 문제는 네트워크에 성능에 많은 영향을 미칠 수 있다. NODE-TRAVERSAL-TIME 값을 계산될 때마다 최신의 값 하나만 사용하는 것은 네트워크 상태에 따라 빠르게 대처 할 수 있는 장점은 있으나, 네트워크에 순간적이거나 국지적인 문제가 자주 발생하는 무선 네트워크인 Ad Hoc 네트워크 특성에는 적합하지 않다. 또한, 계속적으로 계산된 평균을 이용하는 것은 네트워크에 변화에 너무 느리게 대처 할 수 있기 때문에 장점이자 단점이 될 가능성이 크다. 본 논문에서는 NODE-TRAVERSAL-TIME 값 중 최근의 계산한 값 중 최근 일정한 값의 평균(실험에서는 5개)을 이용한다. 이것은 어느정도 네트워크의 상태에도 적용할 수 있고, 순간적이고 국지적인 문제가 자주 발생하는 Ad Hoc 네트워크의 특성에도 적합한 방법이다. 안정적인 값이 모이기 전(5개 이전)까지는 고정된 NODE-TRAVERSAL-TIME=40ms를 사용하고, 안정적인 값이 확보되면 계속적으로 최신의 측정된 값을 이용하여 Expanding Ring Search 운용한다.

## 5. 실험 및 결과분석

### 가. 실험 환경

제안된 알고리즘에 성능을 측정하기 위하여, 시뮬레이션은 프로토콜의 모델링과 성능분석을 통해 대규모의 통신망을 구현할 수 있는 Simus Technologies사의 OPNET 시뮬레이터를 사용하였고, AODV 프로토콜의 모델은 NIST Project에 의해 구현된 NIST AODV로 구현하였다. NIST AODV에 사용된 인자는 표 2와 같다.

[표 2] NIST AODV 인자

구분	값	기타
노드 수	18개	조정 가능
네트워크 크기	1000×500m	"
무선전송범위	200m	"
패킷크기	512bytes	"
패킷발생 pdf	Exponential	"
패킷발생 주기	0.2sec	"
시뮬레이션 시간	100sec	"

### 나. 실험 시나리오

실험은 보다 정확한 객관성을 유지하기 위하여, NIST AODV 모델을 변형 없이 사용함을 원칙으로 하였고, 다양한 네트워크 환경에서 적합성 여부를 판단 할 수 있도록 실험 시나리오를 표 3에서와 같이 네가지의 경우로 나누어 실험하였다.

시나리오 1은 제안한 알고리즘의 적합성 여부를 판단하기 위해서 NIST AODV에 그대로 적용하였고, 시나리오 2는 Ad Hoc 네트워크의 이동성을 보다 효과적으로 지원할 수 있나를 판단하기 위한 실험이다. 시나리오 3은 부하(load)가 많은 네트워크에서 적합성 실험으로, 패킷의 발생주기를 짧게 함으로써 패킷의 발생수를 증가하여 적합성을 판단한다. 시나리오 4는 네트워크 규모에 따른 적합성 실험으로, 중/대형 Ad Hoc 네트워크에서 성능을 측정하기 위한 실험이다.

[표 3] 시뮬레이션 시나리오

구분		1	2	3	4
구역크기		1000×500m		2000×1000m	
시뮬레이션 시간		100sec			
노드	정지 노드	4	0	0	0
	이동 노드	14	18	18	50
Packet	크기	512Bytes			
	pdf	Exponential			
	주기	0.2	0.1	0.2	

다. 실험 결과 및 분석

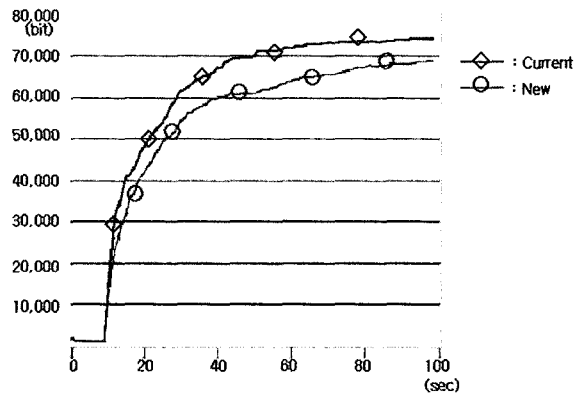
1) 기본적인 적합성 실험(시나리오 1)

시나리오 1은 제안한 알고리즘의 적합성 여부의 측정으로, 표 4는 시뮬레이션 동안 발생한 라우팅 패킷을 측정한 것이다. 제안한 알고리즘 적용시 라우팅 패킷의 수가 약 44%가 감소함을 보였다. 특히 AODV 라우팅 프로토콜에서 상당한 부분을 차지하는 RREQ 패킷이 55% 정도 감소하였다. 이것은 AODV의 문제점을 어느 정도 해결할 수 있다는 가능성을 보여주는 것이다.

그림 5에서 측정한 부하량은, 부하량이 네트워크에서 적게 나타난다는 것은 네트워크에 패킷으로 인한 가중이 적다는 것이다. 그림 5에서 볼 수 있듯이 기존에 방법에 비해서 우수하게 나타남을 보여준다. 그러나, 표 4에서 패킷이 44% 감소한 것에 비해서 부

[표 4] 패킷 발생 개수 비교(시나리오 1)

구분	기존방법	제안한 방법
RREQ	4796(90%)	2657(89%)
RREP	530(10%)	327(11%)
RERR	0	0
계	5326	2984
전송데이터당 발생 패킷수	1.3	0.7



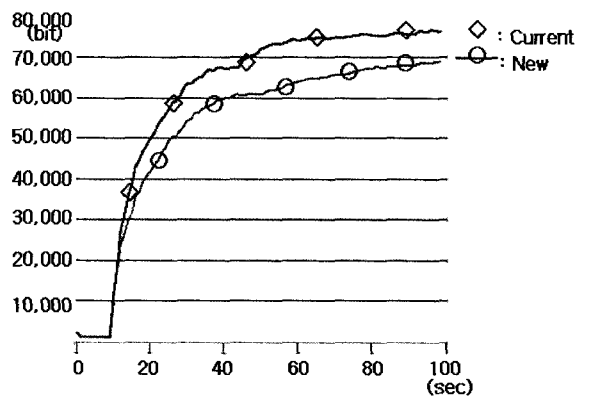
[그림 5] 부하량(시나리오 1)

하량 편차는 기대치보다 적게 나타났음을 알 수 있다. 이것은 그림 5에는 단지 라우팅 패킷만을 포함하는 것이 아니라, 라우팅 패킷과 데이터 패킷 등 여러 가지 제어패킷을 포함하기 때문이다.

2) 이동성 적합성 실험(시나리오 2)

시나리오 2는 Ad Hoc 네트워크에 특성인 이동성에 관한 적합성을 판단하기 위한 실험으로, 새로운 알고리즘 적용시 라우팅 패킷의 수가 약 50%가 감소함을 보여주어 제안한 알고리즘이 이동성에 보다 잘 적용할 수 있는 알고리즘이라는 것을 보여준다.

그림 6에서 부하량은 초기에 같이 급격히 증가하다가 시뮬레이션이 시작한지 40초 후부터 제안한 알고리즘이 기존의 알고리즘에 비해서 안정적으로 동작함을 볼 수 있다.



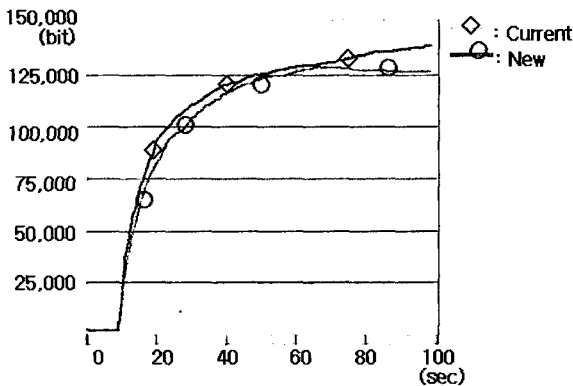
[그림 6] 부하량(시나리오 2)

[표 5] 패킷 발생 개수 비교(시나리오 2)

구 분	기존방법	제안한 방법
RREQ	5684(90.5%)	2799(88.5%)
RREP	562(9%)	338(10.6%)
RERR	35(0.5%)	27(0.9%)
계	6291	3164
전송데이터당 발생 패킷수	1.5	0.7

[표 6] 패킷 발생 개수 비교(시나리오 3)

구 분	기존방법	제안한 방법
RREQ	7592(90.6%)	5836(90.6%)
RREP	672(8%)	476(7.5%)
RERR	118(1.3%)	128(1.9%)
계	8376	6440
전송데이터당 발생 패킷수	1.04	0.8



[그림 7] 부하량(시나리오 3)

3) 데이터의 발생주기 적합성 실험(시나리오 3)

시나리오 3은 네트워크에서 데이터의 발생 주기에 따른 적합성을 판단하기 위한 실험이다. 제안한 알고리즘 적용시 라우팅 패킷의 수가 약 24%가 감소함을 보였다. 앞의 두가지 실험에 비해 편차가 급격히 줄

어 들었다. 전송데이터당 발생하는 라우팅 패킷 수의 비율도 기존 알고리즘은 1.5개에서 1.04개로 줄어주었으나, 제안한 알고리즘은 0.7개에서 0.8개로 오히려 늘어났다. 시나리오 3에 대해서는 추가적인 분석이 필요할 것으로 판단된다.

그림 6에서도 부하량의 편차는 앞에 실험에 비해서 급격히 줄어들었음을 알 수 있다. 두 알고리즘이 약간의 차이를 두고 진행되다가 시뮬레이션 시간이 80초가 되었을 때부터 제안한 알고리즘이 성능이 우수해 짐을 볼 수 있다.

4) 네트워크 규모 적합성 실험(시나리오 4)

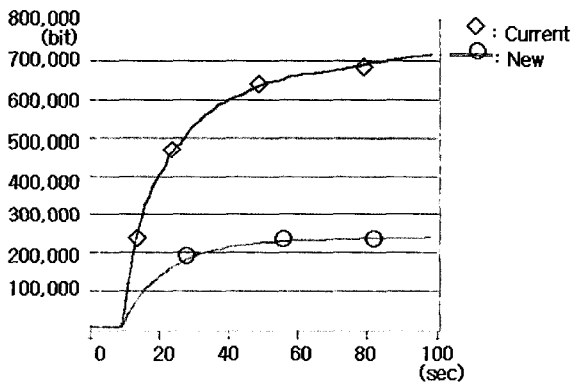
시나리오 4는 가장 중요한 실험으로서 중/대형 Ad Hoc 네트워크에서도 제안한 알고리즘의 성능을 평가하기 위한 실험이다. 과거의 군사용 Ad Hoc 네트워크는 규모는 소형 위주이나 현재는 Ad Hoc 네트워크의 민간분야에서 활용 및 정보체계의 발달에 따라 대형화로 가는 추세이다.

표 7에 기존 알고리즘과 제안한 알고리즘에 대한 패킷 발생 개수 비교결과를 나타내었다. 전송 데이터 하나당 라우팅 패킷의 발생 비율을 살펴보면, 기존 실험에 비해서 상당히 높은 결과를 볼 수 있다. 또한, RREQ 패킷의 발생 비율도 기존의 실험에서는 약 90% 정도를 유지하였으나, 시나리오 4에서는 거의 99% 수준에 도달했다. 이것은 기존 실험이 이동단말들의 위치가 상당히 안정된 구조를 가질 수 있도록 등간격으로 배치되었으나, 시나리오 4에서는 이동단말의 초기위치를 등간격인 아닌 불규칙적으로 배치하였기 때문이다. 이러한 시나리오의 변경은 네트워크의 규모가 대형화 될 수록 이동단말들의 위치는 밀집된 구역(특히, 대도시지역)과 밀집되지 않는 구역(이동단말이 적은 소도시 및 산골) 등 다양한 형태를 보일 것으로 예상되기 때문이다. 또한 네트워크의 구조가 소형에서 중/대형화되면서 출발지 노드와 목적지 노드간의 홉수가 단일 홉이 아닌 다중 홉으로 증가하기 때문에 경로획득을 위한 RREQ 패킷에 수가 급격한 증가를 보였을 것으로 판단된다.

시나리오 4에서 비록 Ad Hoc 네트워크 라우팅 알고리즘의 단점인 경로획득을 위한 RREQ 패킷의 발생 문제는 개선하지 못하였으나, 새로운 알고리즘 적

[표 7] 패킷 발생 개수 비교(시나리오 4)

구분	기존방법	제안한 방법
RREQ	515,287 (99.4%)	142,984 (98.7%)
RREP	1,243 (0.3%)	1,168 (0.8%)
RERR	1,694 (0.3%)	658 (0.5%)
계	518,224	144,810
전송데이터당 발생 패킷수	22.8	15.2



[그림 8] 부하량(시나리오 4)

용시 라우팅 패킷의 전체 개수가 약 73%의 급격한 감소함을 보였다. 이러한 패킷 수의 감소가 더욱 커짐을 통하여, 제안한 알고리즘이 중/대형 네트워크에서 보다 잘 적용할 수 있는 알고리즘이라는 것을 보여준다.

그림 7에서도 부하량의 편차는 초기부터 급격한 차이를 보이면서 편차가 크게 나타났다. 이것은 제안한 알고리즘이 기존의 알고리즘에 비해서 안정적으로 동작함을 볼 수 있다.

## 6. 결론

본 논문에서는 군사용으로 개발된 Ad Hoc 네트워

크를 위하여 연구 및 제안된 라우팅 프로토콜 알고리즘 문제점에 대해서 살펴보았다. 이 중 Ad Hoc 네트워크와 같은 무선환경에서 효과적으로 동작할 수 있는 On-demand 알고리즘을 사용한 AODV 라우팅 프로토콜에서 새로운 경로를 획득하기 위한 절차 중, 불필요한 라우팅 패킷의 전송으로 인한 네트워크 성능 저하를 방지하기 위한 Expanding Ring Search 알고리즘에서 네트워크의 상태에 따라서 가변적으로 Timeout을 동작하도록 하는 새로운 Expanding Ring Search 알고리즘을 제안하였다. 이를 위하여 네트워크의 상태를 측정하기 위해서 새로운 패킷을 만든다면 보다 정확한 지연 측정은 가능하나, 이 패킷으로 인하여 네트워크에 부하를 주어서는 안된다. 제안한 알고리즘은 네트워크의 상태를 측정하기 위하여 새로운 패킷을 만들지 않기 때문에 네트워크에 가중을 주지 않는다. 이 새로운 알고리즘으로 인하여 AODV의 문제점인 많은 RREQ 패킷의 생성이 어느 정도 제한된다. 이것은 Ad Hoc 네트워크를 위한 라우팅 프로토콜의 문제점을 간단한 방법으로 해결 할 수 있도록 도움을 줄 수 있을 것이다.

향후 실시간으로 네트워크 상태를 측정할 값을 사용할 수 있는 Expanding Ring Search 알고리즘에 대한 추가 연구가 필요하고, 네트워크의 전 공간을 균등하게 측정할 값을 이용할 수 있는 연구가 필요할 것이다.

## 참고 문헌

- [1] M. Royer and C-K. Toh : "A Review of Current Routing Protocols for Ad-Hoc Mobile Wireless Networks", IEE Personal Com Vol. 6, Issue. 2, pp.46~55, 1999.
- [2] J. Jubin and J. Tornow : "The DARPA packet Radio Network Protocols", IEE Proc, Vol. 75, No. 1, pp.21~32, Jan 1987.
- [3] Raju, J and Garcial-luna-Aceves : "A comparison of on-demand and table driven routing for ad-hoc wireless networks", ICC 2000, vol. 3, pp.1702~1706, 2000.



[4] Perkins. C. E and Royer, E. M : “Performance comparison of two on-demand routing protocols for ad hoc networks”, IEE Personal Communications, Vol. 8, pp.16~28, Feb 2001.

[5] Perkins. C. E and Royer, E. M : “Ad hoc On-demand Distance Vector(AODV) Routing” Proc. 2nd IEEE. Mobile Comp. Sys and Apps, pp.99~100, Feb 1999.