

논문 2007-44TC-10-10

# 이동성이 큰 MANET에서의 효율적인 라우팅을 위한 N-LAR 알고리즘

( A N-LAR Algorithm for Efficient Routing in MANET with High  
Mobility )

김민호\*, 박성한\*

(Minho Kim and Sunghan Park)

## 요약

노드들의 이동성을 보장하고, 별도의 인프라가 필요하지 않다는 점에서 최근에 MANET에 대한 관심이 커지고 연구가 활발히 진행되고 있다. 최근 들어 노드들이 이동한다는 개념이 단순히 걸어 다니는 것이 아니라 GPS를 기반으로 빠른 속도로 움직이는 자동차에 대한 Ad hoc 망의 이용에 많은 관심을 가지게 됨에 따라 MANET에서의 이동성이 과거에 비해 중요시되고 있다. 노드들이 빠르게 이동하는 경우 각 노드들이 목적지를 탐색하고 라우팅 하는 것은 많은 비용을 비롯하여 여러 문제가 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 No path-Location Aided Routing (N-LAR) 란 새로운 라우팅 프로토콜을 제안한다. 제안하는 방법은 이동성이 큰 MANET에서 좀 더 짧은 응답속도와 높은 전송성공률을 갖는다.

## Abstract

Recently, researches related MANET are progressing dynamically in points of view which MANET need no additional infra and guarantee node mobility. Node mobility in MANET is becoming more important, as people interest in using Ad hoc network under a concept of node mobility as fast automobile not walking. when nodes move fast, there are many problems headed by high cost for searching destination and routing. To deal with this problems We propose new routing protocol, No path-Location Aided Routing (N-LAR). Our algorithm has a better performance in terms of end-to-end delay ,packet delivery ratio in MANET with High mobility.

**Keywords :** MANET, mobility, latency

## I. 서론

MANET은 기반 네트워크 인프라가 없는 환경에서 단말들이 스스로 네트워크를 구성하고 유지해 나가는 무선 통신 네트워크이다. 초기에는 군사적인 목적으로 연구가 시작되었지만 단말들의 이동이 가능하다는 점과 별도의 인프라가 필요치 않다는 장점 때문에 여러 가지 분야로 연구가 진행되고 있다<sup>[1]</sup>. MANET에서는 각 단말들이 움직일 수 있다는 점 때문에 기존의 인프라를

이용하는 네트워크와는 다른 라우팅 프로토콜이 사용되어야만 한다. 유선 네트워크에서 라우팅이 목적지까지의 전달 경로의 선택에 초점을 맞추고 있다면 MANET에서의 라우팅은 목적지가 어떤 노드의 통신반경 안에 있는지 그리고 통신은 가능한 상태인지 등의 문제가 고려되어야 한다. 이러한 고려사항 때문에 MANET에서의 라우팅이 유선망의 라우팅에 비해 많은 비용을 야기하고 있다.

IETF MANET 워킹 그룹을 중심으로 다양한 라우팅 프로토콜이 제안되고 있다<sup>[2]</sup>. 제안된 라우팅 프로토콜은 크게 위상기반 라우팅 프로토콜과 위치기반 라우팅프로토콜로 구분할 수 있다<sup>[3]</sup>. 위상기반 라우팅 프로토콜의 AODV<sup>[4]</sup>나 DSR<sup>[5]</sup>는 목적지까지 적당한 경로를

\* 정회원, 한양대학교 컴퓨터공학부  
(Dept. Computer Science & Engineering,  
Hanyang University)

접수일자: 2007년8월27일, 수정완료일: 2007년10월18일

구성하여 멀티캐스팅(multicasting) 이나 유니캐스팅(unicasting) 으로 패킷을 전송 한다. 이때 패킷이 전송 될 경로에 속해 있는 어떤 노드가 기존의 이웃 노드와의 통신 반경을 벗어나 이동을 하거나 혹은 배터리 방전 등의 이유로 동작중단이 발생하게 되는 경우 반드시 그 노드를 거쳐서 전달되어야 하는 패킷은 정상적으로 전달되지 않는 문제가 발생한다. 더욱이 네트워크 내의 여러 노드가 빠른 이동 속도로 움직이게 되면 이러한 문제가 발생하는 빈도는 증가하게 되고 그에 따른 오버헤드가 커지게 된다.

위치기반 라우팅 프로토콜은 GPS의 기술을 이용하여, 위상기반 라우팅 프로토콜에 비해 더 많은 노드 정보를 바탕으로 향상된 라우팅 효율을 도모하기 위해 제안되었다<sup>[6-8]</sup>. 위치기반 라우팅 프로토콜 중 LAR은 목적지의 지리적 위치정보를 이용하여 초기에 출발지에서 목적지까지의 경로를 설정하는데 발생하는 오버헤드를 감소시킨다<sup>[7]</sup>. 그러나 LAR은 빠른 노드 이동성에 의한 잦은 경로 재설정이가 증가하게 되면 오버헤드가 급증하는 문제점을 가지고 있다.

본 논문에서는 노드들이 빠르게 이동하는 경우 잦은 패킷 전달 실패로 인한 네트워크의 성능이 저하되는 문제점들을 개선하기 위한 N-LAR(No-path Location-Aided Routing)을 제안한다. 노드들이 이동할 경우에 오버헤드와 지연이 생기는 근본적 원인은 패킷이 전달 되어야 할 경로 내의 노드가 이동할 경우 경로를 재설정 하여야 하기 때문이다. 따라서 제안하는 방법에서는 처음부터 경로를 설정하지 않고 노드의 지리적인 정보를 이용하여 패킷을 전달시킨다. N-LAR은 LAR의 EZ(expected zone)를 구성하는 방법과 EZ내에서 패킷 전달하는 LBM<sup>[9]</sup>의 지리적 플러딩 (geographical flooding)을 기반으로 하고 있다. 제안하는 방법은 각 노드가 빠른 속도로 이동을 할 때에도 패킷 전달 실패로 인한 오버헤드를 줄여 패킷 전송의 지연을 줄이고 네트워크의 응답속도에 대한 성능을 향상 시키는 것을 보여준다.

논문의 II장에서는 LAR의 scheme1에 대해서 소개하고 제안한 N-LAR 메커니즘을 기술한다. III장에서는 시뮬레이션을 통하여 빠르게 이동하는 노드로 구성된 MANET에서 패킷의 전송지연과 네트워크내의 오버헤드를 중심으로 기존의 AODV와 LAR 1과 제안하는 방법의 성능을 비교하고 결과를 분석한다. IV장에서는 본 논문의 결과에 대해 언급한다.

## II. 본 론

### 1. 기존의 방법

#### 가. LAR1( Location-Aided Routing scheme 1)

LAR1은 목적지의 위치 정보를 이용하여 경로 요청 메시지(Route REQuest message)를 전달하게 되는 노드들의 영역을 제한함으로써 불필요한 브로드캐스팅 메시지의 수를 줄이고자 하는 MANET의 라우팅 프로토콜이다. 목적 노드가 위치하는 것으로 예상되는 EZ(Expected Zone)을 목적노드의 위치정보와 평균속도를 이용하여 예측하고 이 영역과 출발 노드의 위치를 포함하는 사각형을 구성하여 RZ(Request Zone)으로 정한다. 출발지에서 목적지까지의 경로를 얻고자 할 때에는 경로 요청 메시지를 수신한 노드가 RZ내의 노드일 경우만 이웃 노드들에게 포워딩한다. 이러한 과정을 반복하여 목적지까지 경로요청메시지를 전달하고 경로가 설정되게 된다. 경로가 설정되어 패킷이 전송되고 있어도 경로에 포함된 노드가 이웃노드와의 통신반경을 벗어나 이동하게 되면 해당 경로는 붕괴되고 경로를 재설정해 주어야 하는 오버헤드가 발생한다. 노드가 빠르게 이동하는 경우에는 발생하는 오버헤드는 더욱 더 증가한다. 즉 노드의 이동성에 취약하다고 할 수 있다. 더욱이 LAR1은 RZ를 구성하는 것에 출발 노드와 목적 노드의 정보만 이용하기 때문에 경우에 따라서는 효율적이지 못한 RZ가 생성된다. 두 노드가 가진 지리적 위치가 수평적 위치에 놓이게 되면 매우 작은 크기의 RZ가 생성되고 따라서 출발 노드에서 목적노드까지 패킷을 전달 해줄 노드가 존재하지 않을 수도 있다.

### 2. 제안하는 방법

제안하는 N-LAR 방법은 크게 목적지의 위치정보를 얻고 효율적인 RZ를 구성하기 위한 RPPD(Rectangle Position Discovery Process)와 RPPD에서 얻은 목적지의 위치정보를 이용하여 데이터 패킷을 전달하는 지리적 플러딩 두 가지 방법으로 이루어진다.

#### 가. RPPD

LAR1에서의 RZ를 구성하는데 있어 비효율적인 형태로 생성되었던 이유는 출발지와 목적지의 지리적 위치 정보만으로 만들었기 때문이다. 따라서 출발지에서 목적지로의 포워딩에 이용될 노드들에 지리적 위치 정보를 수집하여 그로부터 생성된 RZ가 패킷을 포워딩해

줄 수 있는 노드를 포함하도록 한다. 제안하는 RPDp는 목적지의 위치정보 외에도 포워딩에 이용 될 노드들에 대한 위치 정보를 수집한다.

(1) RREQ

RREQ는 목적지 및 경유 노드의 위치 정보를 수집하기 위한 경로 요청 패킷이다. 그림 1은 RREQ 패킷의 구조를 보여주고 있다.

그림 2는 RREQ 패킷을 수신한 노드가 RREQ 패킷을 처리하는 알고리즘을 보여주고 있다.

그림 3은 RREQ 패킷에 경유 노드의 ID 및 위치정보가 삽입되는 과정을 예를 들어 보여주고 있다. ID가 2인 노드가 (125,92)의 값을 가지는 것은 노드1의 X좌표가 125, Y좌표가 92 임을 의미한다.

패킷 종류	순차번호	ID	ID	ID	ID	ID	.....	ID	RZ_X	RZ_Y	
		위치정보	위치정보	위치정보	위치정보	위치정보	.....	위치정보			
		출발지		목적지		경유 노드					

그림 1. RREQ 패킷 구조.  
Fig. 1. RREQ packet architecture.

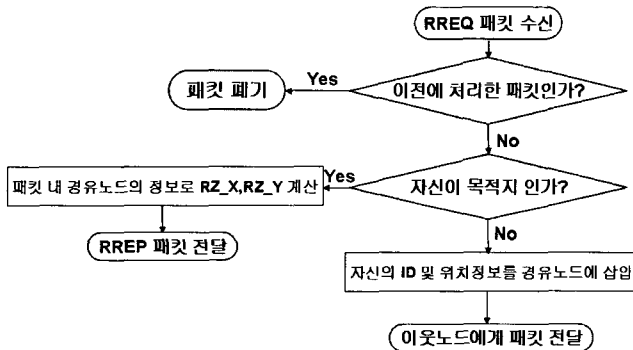


그림 2. RREQ 패킷 전달 알고리즘  
Fig. 2. algorithm for RREQ packet forwarding.

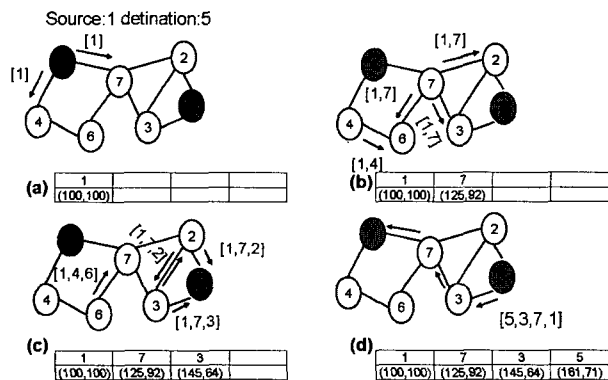


그림 3. RREQ 패킷내의 경유노드 정보의 삽입의 예  
Fig. 3. example of insertion of via-node's geographical information in RREQ packet.

(2) RREP

RREP는 RREQ 패킷을 수신한 목적노드가 효율적인 RZ형성을 위한 RZ사각형의 정보 담아 출발노드로 전송하는 패킷이다. 그림 4는 RREP 패킷의 구조를 보여주고 있다.

그림 5는 RREP 패킷을 수신한 노드가 RREP 패킷을 처리하는 알고리즘을 보여주고 있다.

패킷 종류	순차번호	ID	ID	ID	ID	ID	.....	ID	RZ_X	RZ_Y	
		위치정보	위치정보	위치정보	위치정보	위치정보	.....	위치정보			
		출발지		목적지		경유 노드				RZ의 X좌표범위	RZ의 Y좌표범위

그림 4. RREP 패킷 구조  
Fig. 4. RREP packet architecture.

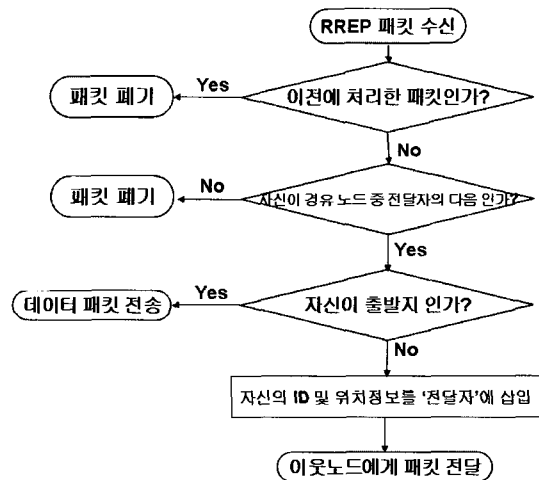


그림 5. RREP 패킷 전달 알고리즘  
Fig. 5. algorithm for RREP packet forwarding.

나. 지리적 플러딩

지리적 플러딩은 LBM<sup>[6]</sup>에서 소개된 LBMS2 (LBM scheme2)의 멀티캐스팅 방식을 수정한 알고리즘이다. RPDp과정을 거치고 난 후 데이터 패킷을 전달할 때 사용되는 포워딩 알고리즘이다. 지리적 플러딩의 기본 동작은 다음과 같다. 패킷을 전달하는 노드, 전달자의 위치 정보와 목적지의 위치 정보를 패킷에 기록하고 패킷을 수신한 노드는 자신의 위치 정보를 통해 패킷을 전달해준 전달자에 비해서 자신이 목적지에 더 가까운 지를 판단하게 된다. 자신이 목적지에 더 가까운 경우 포워딩을 계속 수행하고 그렇지 않은 경우엔 패킷을 버

패킷 종류	순차번호	ID	ID	ID	RZ_X	RZ_Y	데이터
		위치정보	위치정보	위치정보			
		출발지		목적지		전달자	

그림 6. 데이터 패킷의 구조  
Fig. 6. data packet architecture.

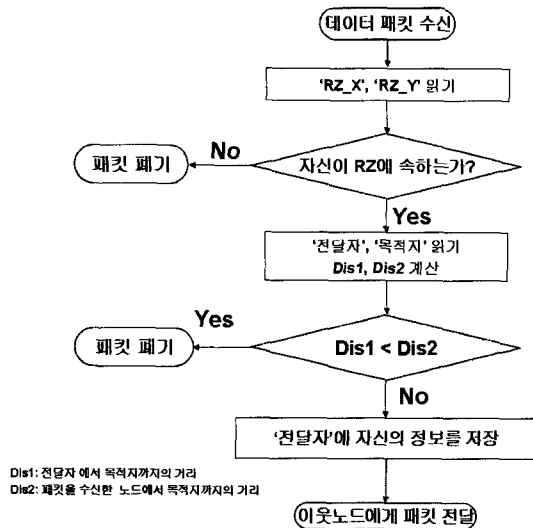


그림 7. 데이터 패킷의 전달 알고리즘  
Fig. 7. algorithm for data packet.

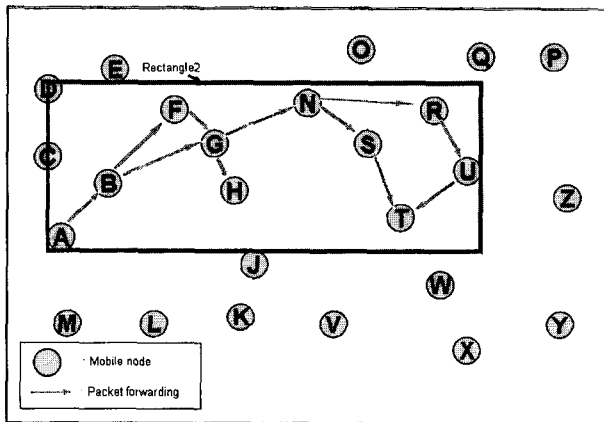


그림 8. 출발지 A에서 목적지T로 향하는 지리적플러딩의 예  
Fig. 8. example of geographical flooding from source A to destination T.

린다. 그림 6은 지리적 플러딩을 위한 N-LAR의 데이터 패킷 구조를 보여준다.

그림 7은 지리적 플러딩을 수행하는 노드들이 데이터 패킷을 수신한 후 포워딩하는 알고리즘을 보여준다.

지리적 플러딩을 수행하는 노드는 데이터 패킷을 수신후 가장 먼저 RZ\_X 와 RZ\_Y를 읽어 RZ가 위치한 평면 사각형을 구한다. 그 다음에 자신의 위치정보를 바탕으로 자신이 RZ에 포함된 노드인지 아닌지를 판단한다. 자신이 RZ에 포함되지 않았다면 패킷을 폐기하고 포워딩을 중단한다. 자신이 RZ에 속해 있다면 그 다음엔 자기에게 패킷을 전달해준 노드에 비해 자신이 목적지에 더 가까이 있는지를 판단한다. 이때 전달자와 목적지 사이의 거리보다 자신과 목적지 사이의 거리가 더 가깝다면 이웃 노드들에게 포워딩을 한다. 이 같은 과

정의 지리적 플러딩을 이웃 노드들에게 반복해서 수행하게 되면 자신보다 목적지에 더 가까이 있는 이웃 노드만이 포워딩을 계속 수행하므로 중복된 패킷에 대한 오버헤드를 줄이면서 목적지까지의 패킷 전달을 수행할 수 있다. 그림 8은 지리적 플러딩을 통한 데이터 패킷 포워딩의 예를 보여준다. 출발노드 A에서 목적노드 T로의 전송이다.

F 혹은 R이 주위 노드의 통신 반경을 벗어나 이동한다고 해도 각각 G, S가 패킷 포워딩을 수행하기 때문에 패킷은 목적지까지 전달된다. 반대로 G, S가 이동하는 경우도 마찬가지로 F나 R이 포워딩을 수행한다. 다른 노드가 이동하는 경우에도 포워딩 될 수 있는 노드만 주위에 있다면 포워딩을 계속 수행하여 목적지까지 패킷을 전달한다.

### III. 실험

표 1은 비교적 이동성이 큰 MANET 환경에서 제안한 라우팅 프로토콜 (N-LAR)의 성능을 확인하기 위한 실험에서 설정된 환경 변수 값들이다. 크게 노드의 수, 네트워크 mobility에 따른 전송 성공률 및 오버헤드와 지연에 대하여 실험하고 분석한다. 비교를 위해 사용한 라우팅 프로토콜은 Flooding, AODV, LAR1 이며 AODV는 캐시에 10개의 노드 정보를 가지고 있는 것으로 설정하고 LAR1은 목적노드를 알고 있는 것으로 가정하고 실험한다.

표 1. 실험에 사용된 파라미터  
Table 1. simulation parameter.

Parameter	Value
Area	1500m X 1500m
노드 수	10 ~ 80
노드의 이동속도	0~ 40m/s
MAC	IEEE 802.11
라우팅 프로토콜	Flooding, AODV, LAR1, N-LAR
전파 모델	Two-ray ground reflection
Moving pattern	Random waypoint model
안테나 타입	Omni-directional
Radio-frequency	2.4GHz
Data packet size	512Bytes

#### 1. 노드 수에 따른 성능 평가

그림 9는 노드의 수를 증가시키면서 각 프로토콜의 확장성을 확인해 보기위한 실험이다. 노드 수가 증가하

면서 대체적으로 성공률이 올라가는 것을 확인 할 수 있다. N-LAR은 플러딩과 비교하여 노드의 수가 40개를 넘어가면서 부터는 차이가 생기지만 그 전에는 비슷한 성공률을 보이고 있다. AODV가 40개 이상의 노드에서는 오히려 그 성공률이 떨어지는 이유는 캐시의 적중률(hit rate)이 감소하기 때문이다.

그림 10은 노드 수에 따른 네트워크 내의 과부하 정도를 확인하기 위한 실험이다. 플러딩의 경우 다른 세개의 프로토콜에 비해 패킷수가 많이 발생하는 것을 확인 할 수 있다.

물론 N-LAR 역시 많은 양의 패킷을 만들긴 하지만 그래도 플러딩에 비해서는 절반 정도의 패킷만을 발생시킨다. 그리고 LAR1의 경우 다른 프로토콜에 비해 상대적으로 적은 수의 패킷을 만들어 내는데, 이것은

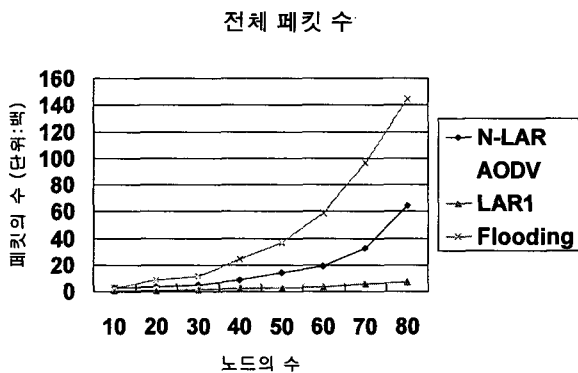


그림 9. 노드의 수에 따른 전체 패킷 수 (데이터 패킷:30개, 노드의 평균속도:0 m/s)

Fig. 9. number of total packets as function of number of nodes (number of data packets : 30 , average speed of node : 0 m/s).

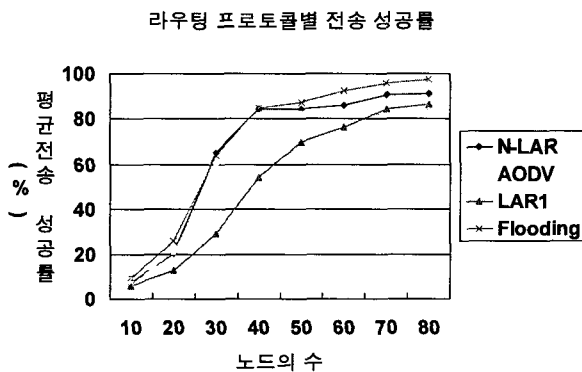


그림 10. 노드의 수에 따른 전송 성공률 (데이터 패킷:30개, 노드의 평균속도:0)

Fig. 10. average packet delivery ratio as function of number of nodes (number of data packets : 30 , average speed of node : 0 m/s).

LAR1이 목적지의 노드를 알고 있다는 가정을 하기 때문에 경로 생성하는데 많은 패킷이 사용되지 않기 때문이다.

## 2. 이동성에 따른 성능 평가

이동성은 노드의 개수 보다 전송 성공률이나, 네트워크 트래픽, 전송 지연에 많은 영향을 끼칠 수 있는 인자이다. 이동성은 경로를 생성하고 사용하는 프로토콜의 경우에 해당 경로를 쉽게 붕괴시킬 수 있고 그러다보면 경로 재설정에 따른 오버헤드 패킷이 많이 발생하게 된다. 따라서 자연스럽게 네트워크 트래픽이 증가하게 되고 그에 따라 전송 지연도 커질 수밖에 없다. 그림 11은 경로를 이용하여 패킷을 전달하는 프로토콜의 노드 이동성에 따른 성능저하를 보여준다. 그림 11에서 보여

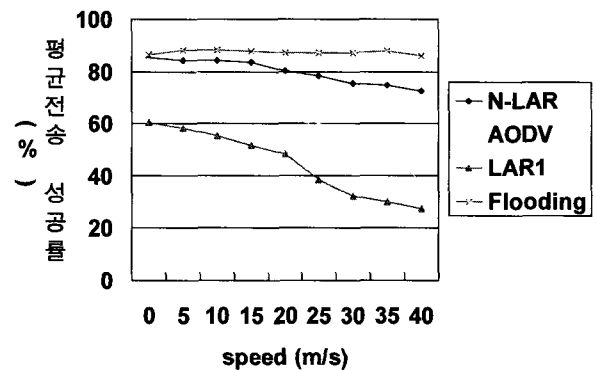


그림 11. 노드 평균 속도에 따른 평균 전송 성공률 (데이터 패킷:30개)

Fig. 11. average packet delivery ratio as function of average node speed (number of data packets : 30).

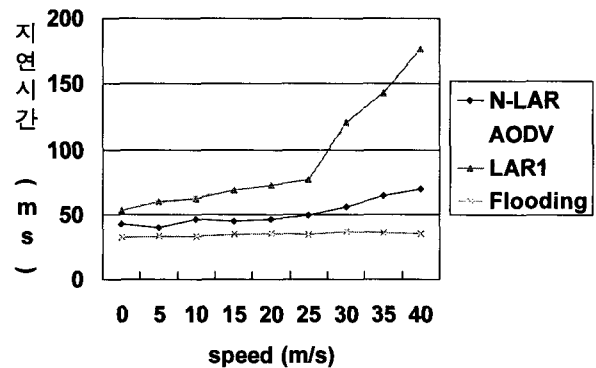


그림 12. 노드 평균 속도에 따른 패킷 전송 지연 (데이터 패킷:30개)

Fig. 12. end to end packet delivery delay as function of average node speed (number of data packets : 30).

진 것과 같이 노드들의 이동성이 증가하면 플러딩을 제외한 다른 프로토콜은 성능저하를 보인다. N-LAR은 다른 프로토콜과 마찬가지로 성공률이 떨어지지만 상대적으로 그 정도가 미비하여 플러딩과 같이 비교적 이동성에 강한 모습을 보여준다. LAR1과 AODV는 이동성이 증가함에 따라 전송 성공률이 감소한다는 것을 확인할 수 있다.

그림 12는 노드들의 이동 속도를 증가시키면서 패킷이 정상적으로 도착하는데 걸리는 시간을 측정한 것이다.

LAR1과 AODV는 노드 이동성에 따른 경로 재설정 빈번해지고 이에 따른 지연이 발생하여 급격하게 지연 시간이 커지는 것을 확인할 수 있다. 반면 N-LAR과 플러딩은 노드의 이동 속도가 커지더라도 지연시간이 급격히 증가 하지 않고 일정한 성능을 유지하는 것을 확인할 수 있다.

#### IV. 결 론

N-LAR과 플러딩은 LAR1이나 AODV처럼 출발지에서 목적지까지의 경로를 따로 구성하지 않고 패킷을 전달하는 공통점이 있다. 실험 결과에서 두 프로토콜은 노드의 이동으로 발생하는 경로의 붕괴가 LAR1이나 AODV에 비해 상대적으로 적고 또 그에 따른 오버헤드나 추가적인 지연도 상대적으로 미비하다는 것을 확인했다. 플러딩과 N-LAR이 큰 이동성이 있는 네트워크 환경에서 LAR1이나 AODV에 비해 상대적으로 적은 응답속도를 가지는 것도 확인할 수 있었다.

이동성이 크지 않은 MANET에서 경로를 구성하지 않고 패킷을 포워딩하는 N-LAR이나 플러딩과 같은 라우팅 알고리즘을 적용시킬 경우 불필요하게 중복된 패킷이 많아져 오버헤드가 발생 한다. 하지만 경로를 재설정해주는 경우가 없기 때문에 높은 이동성을 가진 환경에서는 오히려 전체 네트워크의 트래픽과 지연적인 면에서는 매우 유리하다는 것을 알 수 있다. 제안하는 N-LAR은 경로 재설정에서 발생하는 오버헤드와 패킷 지연을 제거함으로써 기존의 AODV와 LAR1이 이동성이 높은 환경에서 가지는 문제점을 해결한다. 뿐만 아니라 LAR1에서 패킷이 전달되지 못하는 RZ가 형성되었던 경우를 해결하여 전송 성공률을 높였다. 그리고 제안한 N-LAR의 경우는 플러딩에 비해 발생하는 중복된 패킷도 크게 줄었을 뿐만 아니라 지연의 관점에서는 큰 차이가 없다는 것을 확인할 수 있다. 제안한 알고리

즘은 이동성이 매우 크면서도 적은 지연이나 응답속도를 요구하는 네트워크 환경에서는 기존의 경로를 사용하는 AODV나 LAR1과 같은 프로토콜보다 좀 더 우수한 성능을 내는 것을 실전에서 보여주고 있다.

#### 참 고 문 헌

- [1] <http://www.ietf.org>, IETF MANET Working Group.
- [2] <http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html>, IETF MANET Working Group.
- [3] M. Mauve, J. Widmer, "A survey on Position Based Routing in Mobile Ad Hoc Networks", *IEEE Network*, vol. 15, issue. 6, pp. 30-39, Nov. 2001.
- [4] C. Perkins and E. Royer, "Ad-hoc on-demand distance vector routing", In Proc. of the 2nd IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, pp. 90-100, February 1999.
- [5] D. Johnson and D. Maltz, "Dynamic Source Routing", *Mobile Computing*, chapter 5 - pages 153-181. Kluwer Academic Publishers, 1996.
- [6] J. Hightower, G. Borriello, "Location Systems for Ubiquitous Computing", *Computer*, vol. 34, no. 8, pp. 57-66, Aug. 2001.
- [7] Y.-B. Ko and N. H. Vaidya, "Location-aided routing (LAR) in mobile ad hoc networks", *Wireless Networks*, Volume 6, Issue 4, In ACM/IEEE Int, pp. 307 - 321, July 2000.
- [8] B. Karp and H.T. Kung, "Greedy Perimeter Stateless Routing for Wireless Networks", Proc. 6th Annual ACM/IEEE Int'l Conf. Mobile Comp. Net. Boston, MA, pp. 243-254. Aug. 2000.
- [9] Young-Bae Ko and Nitin H. Vaidya, "Geocasting in mobile ad hoc networks: Location based multicast algorithms", In Proc. IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, February 1999.

저 자 소 개



김민호(정회원)  
 2006년 한양대학교 컴퓨터공학과  
 학사 졸업.  
 2007년 현재 한양대학교  
 컴퓨터공학과 석사 과정.  
 <주관심분야: 네트워크, 무선통신,  
 WPAN, IPsec>



박성한(정회원)  
 1970년 한양대학교 전자공학과  
 학사 졸업  
 1973년 서울대학교 전자공학과  
 석사 졸업  
 1984년 미국 텍사스 주립대 전기  
 및 컴퓨터공학과 박사 졸업  
 2003년 대한전자공학회 회장  
 1986년~현재 한양대학교 전자컴퓨터공학부 교수  
 <주관심분야: 네트워크, Bluetooth, WPAN, IPsec,  
 영상처리>