

동일한 네트워크 프리픽스를 갖는 다중 게이트웨이 기반의 connected MANET에서 주소 자동 설정 방법

(An Address Autoconfiguration Mechanism for Connected
MANET with Multiple Gateways having
a Same Network Prefix)

이 재 훈 [†] 이 범 재 ^{**} 정 우 영 ^{***}

(Jae-Hwoon Lee) (Beomjae Lee) (Woo-Young Jung)

요 약 이동 애드 hoc 망(MANET)은 유선 인프라스트럭처의 도움 없이 이동 노드들 간에 서로 협력하여 무선 다중-홉으로 통신을 할 수 있도록 해주는 네트워크이다. MANET에서는 서로의 전파 범위에 있지 않은 노드들 간에 통신할 수 있도록 해주는 경로 설정 방법뿐만 아니라 노드들이 스스로 주소를 설정할 수 있도록 해주는 주소 설정 기법이 필수적이다. MANET에서 주소 설정을 위한 여러 가지 기법들이 제안되었다. 특히 MANET이 게이트웨이를 이용하여 인터넷과 같은 외부 네트워크와 연결되는 형태의 connected MANET에서는 노드들이 인터넷 토폴로지에 적합한 전역 주소를 가지고 있어야 한다. 이 논문에서는 여러 개의 게이트웨이를 이용하여 MANET과 외부 네트워크가 연결되어 있는 환경에서 모든 게이트웨이가 동일한 네트워크 프리픽스를 MANET에 광고하는 경우에, 일단 노드가 하나의 주소를 설정하면 노드가 이동을 하더라도 이미 설정된 주소를 계속 이용할 수 있도록 하기 위한 메커니즘을 제안한다. 제안된 방법의 성능은 모의실험을 통하여 분석되었으며, 분석된 결과는 제안 기법이 기존에 방법에 비하여 향상된 성능을 제공한다는 것을 보여준다.

키워드 : MANET, 주소 자동 설정 기법, 다중 게이트웨이

Abstract Mobile ad hoc networks (MANETs) allow mobile nodes to communicate among themselves via wireless multiple hops without the help of the wired infrastructure. In the MANET, it is required not only a route setup mechanism that makes nodes not within each other's transmission range communicate but also mechanism in order for a node to auto-configure a unique address. In this paper, we propose an address auto-configuration mechanism when MANET is connected to the Internet via several Internet Gateways and all gateways advertise the same network prefix. By using the proposed mechanism, once a node configures an Internet topologically correct and globally unique IP address, then the node can utilize the configured address even though the node moves within the MANET. Through the simulations, we analyze the performance of our proposed mechanism and, from the simulation results, we show that our proposed mechanism outperforms the existing mechanism.

Key words : MANET, address auto-configuration mechanism, Multiple gateway

· 본 연구는 지식경제 프론티어기술개발사업의 일환으로 추진되고 있는 지식경제부의 유비쿼터스컴퓨팅 및 네트워크원천기술개발사업의 09C1-C1-30S 과제에 의하여 이루어졌음

[†] 종신회원 : 동국대학교 정보통신공학과 교수
jaehwoon@dongguk.edu
(Corresponding author)

^{**} 비회원 : 동국대학교 정보통신공학과
bjlee@dongguk.edu

^{***} 비회원 : 대구경북과학기술원 미래산업융합기술연구부 연구부장
wyjung@dgist.ac.kr

논문접수 : 2009년 1월 30일

심사완료 : 2009년 7월 30일

Copyright©2009 한국정보과학회: 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지: 정보통신 제36권 제5호(2009.10)

1. 서론

MANET(Mobile Ad-hoc Network)은 유선 인프라스트럭처의 도움 없이 노드들 간에 서로 협력하여 다중-홉(multi-hop)으로 정보를 전달할 수 있도록 해주는 네트워크이다[1]. MANET은 이전에는 군용통신에서 사용할 목적으로 고려되었지만 최근에는 센서 네트워크와 홈 네트워크와 같은 일반적인 상용 망에서도 적용되고 있다. MANET을 구성하는 노드들 중에서 두 개의 노드가 서로 통신을 하고자 하지만 둘이 서로의 전파 범위에 있지 않은 경우에는 다른 노드의 도움을 받아 다중-홉으로 통신을 해야 한다. 즉 종단간 경로를 결정하기 위한 경로 설정 기법이 필수적이라 할 수 있다. MANET에서의 경로 설정 기법은 크게 예방형(pro-active) 방식과 반응형(reactive) 방식으로 구분될 수 있다[1]. 예방형 방식은 노드들이 경로 관련 정보를 MANET 내의 다른 모든 노드들에게 주기적으로 전송함으로써 경로를 설정하는 방식이며 OLSR(Optimized Link State Routing)[2]과 TBRPF(Topology Dissemination based on reverse-Path Forwarding)[3] 프로토콜 등이 있다. 반면 반응형 방식은 상위 계층으로부터 트래픽을 전송하라는 요청을 수신했을 때 비로소 노드가 종단까지의 경로를 찾는 방식이며, AODV(Ad-hoc On-demand Distance Vector)[4]와 DYMO(Dynamic MANET On-demand)[5]와 같은 프로토콜들이 제안되었다. 이러한 경로 설정 방식은 MANET을 구성하는 노드들 각각에 IP 주소가 설정되어 있다고 가정하였다. 그런데 전쟁 상황이나 화재, 또는 임시 회의를 위한 모임과 같은 ad-hoc 환경에서는 DHCP 서버와 같은 주소 설정을 위한 망 장치가 기본적으로 제공되지 않기 때문에 노드들이 스스로 동적으로 주소를 설정할 수 있도록 하기 위한 메커니즘이 필수적이라 할 수 있다.

MANET은 standalone MANET과 connected MANET으로 구분할 수 있다[6]. Standalone MANET은 MANET이 인터넷에 접속되지 않고 독립적으로 망을 구성하는 형태를 나타낸다. 이 경우에는 트래픽의 소스 노드와 목적지 노드는 모두 동일한 MANET 내에 존재한다. Standalone MANET을 위한 여러 가지 주소 자동 설정 기법들이 제안되었으며, 망을 구성하고 있는 노드들에게 설정되는 주소는 꼭 전역 주소일 필요는 없다[7-9]. 반면 connected MANET은 MANET이 게이트웨이를 이용하여 인터넷과 연결되어 있는 형태를 나타낸다. Connected MANET에서 트래픽을 교환하는 한 쪽은 MANET 내의 하나의 노드이며, 또 다른 한 쪽은 MANET 내의 또 다른 노드 또는 외부 망에 접속되어 있는 임의의 호스트일 수 있다. Connected MANET을

구성하고 있는 노드들에게는 인터넷 토폴로지에 적합한 전역 IP 주소가 설정되어야 한다.

Wakikawa 등은 connected MANET에서의 인터넷 연결 기법을 제안하였다[10]. 이 기법에서 MANET을 구성하고 있는 노드는 네트워크 프리픽스를 얻기 위한 요구 메시지를 브로드캐스트하고, 게이트웨이는 요구에 대한 응답 메시지를 노드에게 전송하며, 노드는 응답 메시지 내에 있는 네트워크 프리픽스와 자신의 MAC 주소를 이용하여 IPv6 주소를 만들어 인터페이스에 설정한다. 그런 후에 노드는 게이트웨이를 거쳐 외부 네트워크에 있는 임의의 호스트로 IPv6 패킷이 전송될 수 있도록 게이트웨이 주소 정보를 포함한 라우팅 헤더를 패킷에 추가한 후에 해당 패킷을 전송한다. 이 방법은 MANET과 인터넷을 접속하는 게이트웨이가 하나만 있는 경우를 가정하였다. 그런데 게이트웨이가 하나만 있는 경우에는 인터넷과 MANET 간에 교환되는 모든 트래픽들이 하나의 게이트웨이를 거치게 되어 혼잡으로 인한 성능 저하가 발생할 수 있으며, 또한 게이트웨이에 장애가 발생하면 인터넷과 MANET 간의 통신이 두절되는 문제가 발생한다. 이러한 문제를 방지하고 신뢰성을 향상시키며 또한 트래픽 분산을 통한 망 전체 성능을 향상시키기 위하여 MANET이 여러 개의 게이트웨이를 이용하여 인터넷과 연결되는 다중 게이트웨이 기반의 connected MANET 환경이 필수적이라 할 수 있다.

다중 게이트웨이 기반의 connected MANET에서 주소 설정을 위한 여러 가지 기법들이 제안되었다[11-13]. 이 기법에서 각각의 게이트웨이는 서로 다른 프리픽스를 가지고 있으며 노드의 요청이 있거나 또는 주기적으로 네트워크 프리픽스를 포함하는 라우터 광고(RA: Router Advertisement) 메시지를 전송한다. 게이트웨이로부터 전송된 RA 메시지를 수신한 노드는 메시지 내에 있는 네트워크 프리픽스와 자신의 MAC 주소를 이용하여 하나의 IPv6 주소를 만든다. 이 기법에서는 노드가 서로 다른 게이트웨이로부터 전송되는 여러 개의 RA 메시지를 수신할 수 있으며 게이트웨이 선택 방법으로 (1) 최소 길이와 (2) 안정성의 두 가지 방법이 정의된다. 최소 길이 기반 게이트웨이 선택 방법은 노드로부터 홉 수가 가장 작은 게이트웨이를 기본 게이트웨이로 선택하는 것이다. 이 방법에서 노드가 이동하여 노드로부터 게이트웨이까지의 홉 수가 가장 작은 게이트웨이를 발견하면, 노드는 이러한 게이트웨이를 기본 게이트웨이로 설정하고 또한 변경된 기본 게이트웨이로부터 광고되는 메시지 내에 있는 네트워크 프리픽스를 이용하여 자신의 주소를 재설정한다. 그런데 주소가 재설정되면 목적지 노드의 IP 주소와 포트 번호로 이루어진 소켓 주소가 변경되기 때문에 이미 설정되어 있는 세션

은 종료되고 새로 개설되어야 하는 문제가 발생한다. 이를 방지하기 위한 안정성 기반 기본 게이트웨이 선택 방법은 MANET 외부(즉, 인터넷)에 있는 호스트와 연결되어 있는 세션이 있는 경우에는 가급적 현재의 주소를 유지하고 또한 현재 기본 게이트웨이로 설정되어 있는 게이트웨이를 통하여 인터넷에 있는 호스트와 통신하는 것이다. 이 방식에서는 노드로부터 전송되는 트래픽이 노드의 기본 게이트웨이를 거쳐 외부 네트워크로 전송되도록 하기 위하여 IP-in-IP 캡슐화를 이용하거나 또는 라우팅 헤더를 이용한다[11,12]. 또한 노드와 게이트웨이 사이에 있는 중간 노드들이 동일한 네트워크 프리픽스를 가질 수 있도록 하기 위한 prefix continuity 방법도 제안되었다[13]. 이 기법에서는 만일 노드가 여러 개의 게이트웨이로부터 광고되는 메시지를 수신하면, 노드는 자신의 기본 게이트웨이로 설정되는 게이트웨이로부터 광고되는 메시지만 다시 브로드캐스트하고 그 외의 게이트웨이로부터 광고되는 메시지는 버린다. 이 방식에서는 동일한 네트워크 프리픽스를 가지는 노드가 게이트웨이를 중심으로 하는 트리 형태로 구성되며 따라서 IP-in-IP 캡슐화나 라우팅 헤더를 이용할 필요가 없다는 장점이 있다. Wildman 등은 게이트웨이가 이동을 하는 경우에 prefix continuity 방법에 대한 성능을 분석하였다[14]. 그렇지만 안정성 기반 게이트웨이 선택 방법은 MANET 내에서 기존에 설정된 게이트웨이를 기본 게이트웨이로 선택하기 때문에 최적화된 경로를 선택하지 못한다는 단점이 있으며, 만일 노드의 이동으로 인하여 MANET이 분리되는 경우에는 통신이 두절되거나 또는 새로운 게이트웨이로부터 광고되는 프리픽스를 이용하여 주소를 재설정해야 하는 문제가 발생한다.

이 논문에서는 모든 게이트웨이가 동일한 네트워크 프리픽스를 광고하는 다중 게이트웨이 기반의 connected MANET을 위한 주소 자동 설정 기법을 제안한다. 제안된 기법에서는 모든 게이트웨이가 동일한 네트워크 프리픽스를 광고하기 때문에 노드가 이동을 하더라도 이미 설정된 주소를 계속 사용할 수 있다. 즉, 노드의 이동으로 인한 주소 재설정 과정이 없으므로 노드가 이동을 하더라도 기존에 설정되어 있는 세션을 계속 유지할 수 있다는 장점이 있다. 또한 노드가 이동을 하는 경우에도 노드는 주소의 변경 없이 최단 거리의 게이트웨이를 이용할 수 있기 때문에 최적화된 경로를 선택할 수 있다. 마지막으로 MANET이 분리되거나 병합되는 경우에도 노드는 기존에 설정되어 있는 주소를 계속 사용할 수 있다는 장점이 있다. MANET과 인터넷을 연결하는 여러 개의 게이트웨이가 동일한 네트워크 프리픽스를 광고하는 주소 설정 기법은 이 논문에서 제안된 기법이 처음이라 할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 본 논문에서 제안된 메커니즘의 동작에 대해서 자세히 설명한다. 그리고 제3장에서 제안 메커니즘의 성능을 모의실험을 통하여 분석하고 제4장에서 결론을 맺는다.

2. 동작 설명

이 논문에서 고려하는 망 구조는 그림 1에 나타나 있으며 IPv6 기반 망을 고려한다. 망은 인터넷, PMIPv6 (Proxy Mobile IPv6) 망, 그리고 MANET으로 구성된다. PMIPv6 프로토콜의 동작은 참고문헌 [15]에 정의되어 있다. PMIPv6 망에는 LMA(Local Mobility Anchor)가 있으며 PMIPv6 망 내에서 일종의 HA(home Agent)로 동작한다. MANET은 여러 개의 게이트웨이(Gateway: GW)를 이용하여 PMIPv6 망과 연결되며, 게이트웨이는 PMIPv6 망에서 MAG(Mobility Access Gateway)로 동작한다. MANET에는 하나의 네트워크 프리픽스가 할당되며, 게이트웨이는 라우터 광고 메시지를 이용하여 네트워크 프리픽스를 광고한다. 그런데 기존의 IPv6에서 정의된 라우터 광고 메시지는 1-홉 기반의 유선 망 환경에서 동작할 수 있도록 설계되었기 때문에 MANET과 같은 무선 기반의 다중-홉 환경에서는 하나의 노드가 전송한 라우터 광고 메시지를 이웃 노드가 다시 브로드캐스트하는 경우에는 노드는 자신이 전송한 라우터 광고 메시지를 중복하여 수신하는 문제가 발생한다[16]. 이러한 문제를 해결하기 위하여 이 논문에서는 패킷의 중복 수신 문제를 해결하고 다중-홉 환경에서 동작할 수 있는 새로운 SERA(Scope-Extended Router Advertisement) ICMP 메시지를 정의한다. 그림 2는 SERA 메시지의 형식을 보여준다. MANET 내의 게이트웨이는 SERA 메시지를 주기적으로 MANET을 통하여 광고한다. SERA 메시지에는 게이트웨이 주소와 프리픽스 길이가 포함된다. 서로 다른 게이트웨이로부터 전송되는 SERA 메시지에 포함되는 게이트웨이 주소 정보는 다르지만 게이트웨이 주소를 프리픽스 길이만큼 서브넷 마스크한 결과인 네트워크 프리픽스는 모두 동일하다. 다시 말하면 MANET과 인터넷을 연결하는 게이트웨이는 모두 동일한 네트워크 프리픽스를 광고한다. SERA 메시지에는 또한 거리 필드가 포함된다. 게이트웨이는 거리 필드를 0으로 설정한 후에 SERA 메시지를 브로드캐스트한다. 그림 1의 화살표 위에 있는 숫자는 노드로부터 전송되는 SERA 메시지 내에 포함되는 거리 값을 나타낸다. 노드는 SERA 메시지 내에 있는 순서 번호(Sequence number: SN) 값과 게이트웨이 주소 정보를 이용하여 자신이 이전에 동일한 메시지를 중복하여 수신했는지를 검사하며, 노드는 중복하여 수신한 메시지를 버린다.

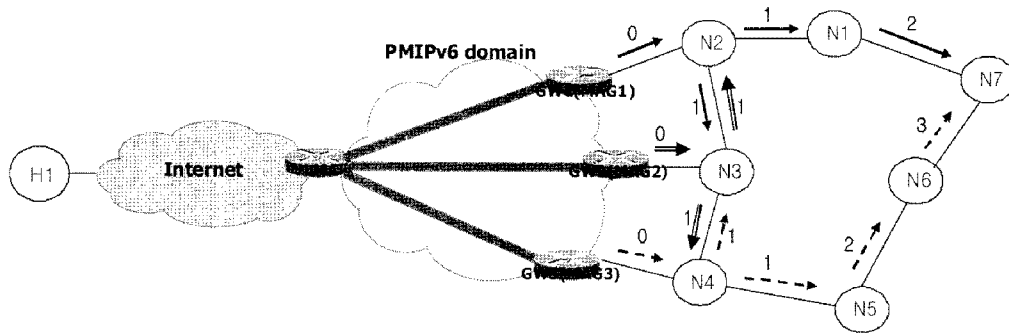


그림 1 이 논문에서 고려하는 망 구조

0										1										2										3									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Type					Code					Checksum					Reserved					Reserved																			
Sequence Number					Prefix Length					Reserved					Reserved					Reserved																			
Distance					M O Reserved					Router Lifetime					Reachable Time					Retrans Timer																			
Gateway Address																																							

그림 2 SERA 메시지 형식

제안된 메커니즘의 동작은 그림 1의 예를 이용하여 설명하고자 한다. MANET을 구성하고 있는 하나의 노드(즉, N1)가 처음 MANET에 접속하는 경우에는 N1은 게이트웨이로부터 전송되는 SERA 메시지의 수신을 기다린다. 이 논문에서는 GW1으로부터 광고된 SERA 메시지가 제일 먼저 N1에게 도착한다고 가정한다. N1은 수신한 SERA 메시지 내에 있는 게이트웨이 주소(즉, GW1)와 프리픽스 길이로부터 도출될 수 있는 네트워크 프리픽스와 자신의 MAC 주소를 이용하여 비상태 자동 주소 설정 방법을 이용하여 자신의 인터페이스에 IPv6 주소를 설정한다[17]. 그런 후에 N1은 기본 게이트웨이 주소를 GW1 주소로 설정하고 SERA 메시지 내에 있는 거리 필드의 값에 1을 더한 값을 GW1까지의 거리 값으로 설정한 후에 이 정보를 자신의 경로 테이블 엔트리에 추가한다. 또한 N1은 SERA 메시지를 브로드캐스트한 이웃 노드의 주소(즉, SERA 메시지를 포함하는 IP 패킷 헤더의 소스 IP 주소)를 기본 게이트웨이를 위한 다음-홉 주소로 설정한 후 이 정보도 자신의 경로 테이블 엔트리에 추가한다. 기본 게이트웨이 관련 경로 테이블 엔트리를 추가한 N1은 수정된 거리 값을 포함한 SERA 메시지를 다시 브로드캐스트한다. 또한 N1은 등록 요청(Registration Request: RR) 메시지를 GW1에게 전송한다. N1으로부터 전송된 RR 메시지를 수신한 GW1은 N1의 주소 정보를 포함하는 PBU (Proxy Binding Update) 메시지를 LMA에게 전송한다.

LMA는 N1과 GW1에 대한 바인딩 정보를 저장하고 GW1에게 PBAck(Proxy Binding Acknowledgement) 메시지를 전송한다. 이 이후부터 LMA와 GW1 간에는 N1을 위한 터널이 설정된다. LMA로부터 PBAck 메시지를 수신한 GW1은 등록 확인(Registration Confirmation: RC) 메시지를 N1에게 전송한다. 이 이후부터 N1은 인터넷에 접속되어 있는 임의의 호스트와 통신할 수 있다. 즉, N1으로부터 전송된 패킷을 수신한 GW1은 터널을 통하여 패킷을 LMA에 전송하며, LMA는 수신한 패킷을 인터넷 상의 호스트에게 전송한다.

SERA 메시지는 게이트웨이로부터 주기적으로 광고되기 때문에, N1은 비록 자신의 무선 인터페이스에 IPv6 주소를 설정했다 하더라도 서로 다른 게이트웨이로부터 광고되는 여러 개의 SERA 메시지를 수신할 수 있다. N1이 SERA 메시지를 수신하는 경우의 동작은 다음과 같다. 먼저 N1이 기본 게이트웨이를 위한 다음-홉으로 설정된 이웃 노드로부터 브로드캐스트된 SERA 메시지를 수신하면 N1은 자신의 경로 테이블 엔트리를 수정한다. 즉, N1은 SERA 메시지에 있는 거리 필드의 값에 1을 더한 값으로 기본 게이트웨이를 위한 거리 값을 수정한다. 또한 만일 SERA 메시지에 있는 게이트웨이 주소가 경로 테이블 엔트리에 있는 기본 게이트웨이 주소와 다른 경우에는, N1은 자신의 기본 게이트웨이의 주소를 SERA 메시지에 있는 것으로 수정하고 새로운 기본 게이트웨이에 RR 메시지를 전송한다. 그런 후에 N1은 거리 값이 수정된 SERA 메시지를 다시 브로드캐스트한다. 만일 N1이 기본 게이트웨이를 위한 다음-홉으로 설정된 것이 아닌 다른 이웃 노드로부터 SERA 메시지를 수신하면, N1은 SERA 메시지 내의 거리 값에 1을 더한 후에 이 값을 기본 게이트웨이를 위한 거리 값과 비교하여 만일 수신한 메시지의 거리 값이 크면 수신한 SERA 메시지를 버린다. 그렇지 않으면, N1은 수신한 SERA 메시지의 내용을 이용하여 자신의 경로 테이블 엔트리를 수정한다. 즉, N1은 수신한 SERA 메시지의 거리 값에 1을 더한 값을 기본 게이트웨이를

위한 거리 값으로 변경하고 또한 SERA 메시지를 전송한 이웃 노드를 기본 게이트웨이를 위한 다음-흡으로 변경한다. 그리고 만일 수신한 SERA 메시지에 있는 주소 정보가 N1의 기본 게이트웨이 주소와 다르면 N1의 기본 게이트웨이 주소 정보도 변경한 후에, 변경된 기본 게이트웨이에게 RR 메시지를 전송한다. 그런 후에 N1은 수정된 거리 값을 포함한 SERA 메시지를 다시 브로드캐스트한다. 이 경우에 비록 N1의 기본 게이트웨이 값이 변경되더라도 MANET을 위한 네트워크 프리픽스의 값은 동일하며, 따라서 N1은 자신의 무선 인터페이스에 설정된 IPv6 주소를 변경할 필요가 없이 계속 사용할 수 있어서 기존에 설정되어 있는 세션을 계속 유지할 수 있다. 또한 N1이 비록 기본 게이트웨이를 변경하더라도 자신에게 설정된 IPv6 주소는 동일하기 때문에 PMIPv6 도메인에 주소 등록이 완료되기 전에 인터넷 상의 호스트로부터 전송되는 패킷은 이전 게이트웨이를 통하여 N1으로 전송될 수 있으며 따라서 주소의 변경으로 인한 패킷 손실을 방지할 수 있다.

만일 N1이 기본 게이트웨이를 위한 다음-흡으로부터 일정 시간동안 SERA 메시지를 수신하지 못하거나 또는 다음-흡 노드가 더 이상 N1의 이웃이 아니라고 판단되면, N1은 다음-흡 노드로부터 전송된 SERA 메시지를 이용하여 설정된 경로 테이블의 기본 게이트웨이 관련 엔트리를 삭제한다.

3. 성능 분석

이 장에서는 ns-2 네트워크 시뮬레이터를 이용하여 이 논문에서 제안한 메커니즘의 성능을 분석하고자 한다[18]. 모의실험 환경은 Linux fedora core6에서 AODV-UU를 설치하여 수행하였다. 모의실험을 위한 망 구성도 및 파라미터는 각각 그림 3과 표 1에 나타나 있다. MANET은 1000m*1000m의 지역에 100 개의 노드들이 있으며, 각 노드의 전파 범위는 250m이다. 망에는 두 개의 게이트웨이가 있다. 하나의 게이트웨이(즉, GW1)은 (250,500)에 위치하며, 또 다른 게이트웨이(즉, GW2)는 (750,500)에 위치한다. 각 게이트웨이는 매 1초마다 SERA 메시지를 광고한다. 그리고 각 노드들은 RR 메시지의 손실로 인하여 주소 설정이 실패하는 현상을 방지하기 위하여 RR 메시지를 전송한 후 0.4초 이내에 RC 메시지를 수신하지 못하면 RR 메시지를 재전송한다. 또한 본 논문에서 제안된 기법과 참고문헌 [13]에서 제안된 기법의 성능을 비교 평가하였다.

그림 4는 노드들의 평균 이동 속도의 변화에 따른 평균 프리픽스 유지 시간을 보여준다. 이 그림에서는 모의 실험 시간을 총 100초로 하였다. 기존 방법에서는 노드가 이동하여 새로운 게이트웨이로부터 전송되는 RA 메

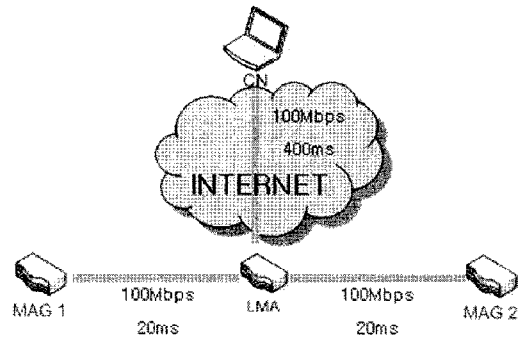


그림 3 시뮬레이션을 위한 인프라스트럭처 구조

표 1 모의실험 파라미터

파라미터	값
망 크기	1000m × 1000m
노드 수	100
UDP 연결 수	5
응용	CBR
MAC	IEEE 802.11b
전파(propagation) 모델	Two-ray ground model
이동성 모델	Random waypoint model
패킷 크기	1000 바이트

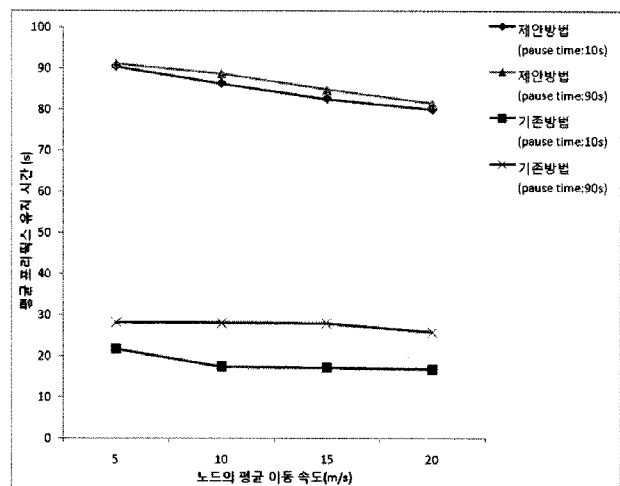


그림 4 노드의 이동 속도에 따른 평균 프리픽스 유지 시간

시지를 수신하게 되면 노드의 프리픽스가 변경되어 노드에게 설정되는 주소도 역시 변경되게 된다. 특히 기존 방법에서는 노드의 휴지 시간이 짧으면 짧을수록 노드가 이동하여 새로운 게이트웨이로부터 전송되는 RA 메시지를 수신할 확률이 높아지며 따라서 노드가 주소를 재설정할 확률이 증가하게 된다. 따라서 기존 방법에서는 노드의 휴지 시간이 짧으면 짧을수록 낮은 프리픽스 유지 시간을 갖게 된다. 반면 이 논문에서 제안된 기법을 이용하면 노드가 초기에 네트워크에 접속하여 게이트웨이로부터 광고되는 SERA 메시지에 있는 프리픽스

정보를 이용하여 주소를 설정하면, 노드가 이동을 하더라도 노드가 기존에 설정되어 있는 주소를 계속 유지할 수 있어서 높은 프리픽스 유지 시간을 제공할 수 있다. 제안된 기법에서는 노드가 이동하여 새로운 게이트웨이로부터 전송되는 SERA 메시지를 수신하면 RR 메시지를 새로운 게이트웨이에게 전송한다. 만일 노드가 RR 메시지를 전송한 후에 이동으로 인하여 RC 메시지를 수신하지 못하면 일정 횟수만큼 RR 메시지를 재전송하게 되며, 재전송된 RR 메시지의 응답 메시지를 수신하지 못하게 되면 노드는 자신에게 설정된 주소를 폐기하게 된다. 따라서 노드의 평균 이동 속도가 증가하게 되면 노드의 평균 프리픽스 유지 시간도 낮아지게 된다.

그림 5는 인터넷 상의 임의의 호스트인 CN(Correspondent Node)과 MANET 노드가 연결을 설정하여 트래픽을 교환하는 경우에 노드의 이동 속도에 따른 패킷의 손실율을 보여준다. 기존 방법에서는 노드에 설정되어 있는 주소가 변경되면 패킷을 수신하지 못하기 때문에 이를 해결하기 위하여 Mobile IP 기능을 추가한 후에 이 논문에서 제안한 방법과 성능을 비교하였다. 이 그림에서 볼 수 있듯이 이 논문에서 제안된 기법이 기존 방법에 비해서 손실율 측면에서 높은 성능을 제공하는 것을 볼 수 있다. 이는 기존 방법에서는 노드가 이동하여 새로운 게이트웨이로부터 전송되는 RA 메시지를 수신하게 되면, 노드는 수신된 메시지 내에 있는 프리픽스를 이용하여 무선 인터페이스에 설정된 주소를 폐기하고 새로운 프리픽스를 이용하여 주소를 재설정 한 후에 BU(Binding Update) 메시지를 이용하여 이 주소를 자신의 HA에게 등록한다. 그런데 노드가 BU 메시지를 전송하고 HA가 이 메시지를 수신하기 동안에 CN으로부터 전송되는 패킷의 목적지 주소는 MANET 노드의 이전 주소로 설정되어 이미 사용되지 않는 주소이므로 패킷은 폐기되게 된다. 따라서 기존 방법에서는 패킷의 손실율이 증가하게 된다. 반면 이 논문에서 제안된 기법에서는 노드가 이동을 하더라도 자신에게 설정된 주소가 변경되지 않고 계속 사용되기 때문에 CN으로부터 전송된 패킷을 이전 게이트웨이가 수신한 후 만일 MANET 노드까지의 경로 정보가 존재하지 않으면 목적지 노드까지의 경로를 설정한 후에 패킷을 전송할 수 있기 때문에 노드의 이동으로 인한 패킷 손실이 최소화 된다.

그림 6은 노드의 이동 속도에 따른 패킷의 전송 지연을 보여준다. 이 논문에서 제안된 메커니즘에서는 노드가 이동하여 새로운 게이트웨이로부터 광고되는 SERA 메시지를 수신하면, 노드는 새로운 게이트웨이에 자신의 주소를 등록하기 위하여 RR 메시지를 전송한 후에 RC 메시지를 기다린다. 이러한 등록 과정이 완료되기 전까

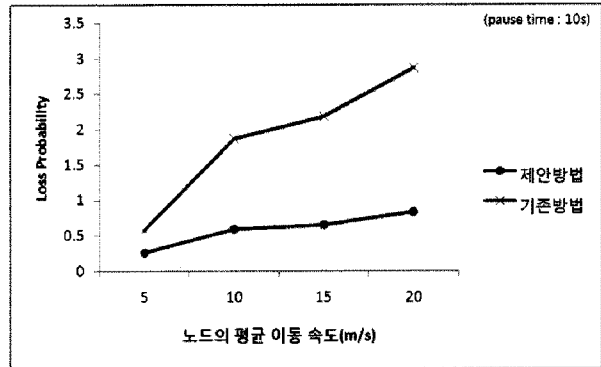


그림 5 노드의 이동속도에 따른 패킷 손실율

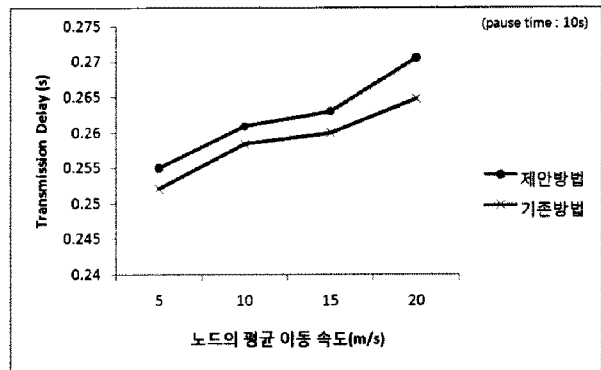


그림 6 노드의 이동속도에 따른 전송 지연

지 CN으로부터 전송되는 패킷은 LMA를 거쳐 이전 게이트웨이를 거쳐 MANET 노드에 도착하게 되어 좀 더 긴 경로를 따라 패킷이 전달되게 된다. 그리고 등록 과정이 완료된 후에는 CN으로부터 전송되는 패킷은 새로운 게이트웨이를 거쳐 MANET 노드에게 전달되어 최적화된 경로를 따른다. 반면 기존 방법에서는 노드가 이동하여 새로운 게이트웨이로부터 광고되는 RA 메시지에 있는 프리픽스를 이용하여 주소를 변경한 후에 변경된 주소를 HA에 등록하기 전까지는 CN으로부터 이전 게이트웨이를 거쳐 노드로 전송되고자 하는 패킷은 손실되게 된다. 이 이유는 앞에서 언급한 것과 같이 패킷의 목적지 주소는 MANET 노드의 이전 주소이며, MANET 노드가 주소를 변경한 후에는 이러한 목적지 주소를 갖는 노드가 없기 때문이다. 따라서 기존 방법에서는 노드가 이동을 하게 되면 CN으로부터 이전 게이트웨이를 거쳐 전송되는 패킷은 손실되지만, 이 논문에서 제안된 기법을 이용하면 이러한 패킷들은 MANET 노드에 전달되므로 지연 측면에서 보면 제안 기법이 낮은 성능을 보이지만 손실율 측면에서 보면 높은 성능을 제공하는 것을 볼 수 있다.

4. 결론

MANET은 유선 인프라스트럭처의 도움 없이 노드들

끼리 서로 협력하여 다중-홉으로 정보를 전달할 수 있도록 하기 위한 네트워크이다. MANET은 standalone MANET과 connected MANET으로 구분할 수 있다. 이 중에서 connected MANET은 MANET이 게이트웨이를 이용하여 인터넷과 같은 외부 망에 접속되어 있는 형태를 나타내며 connected MANET을 구성하고 있는 노드들에게는 인터넷 토폴로지에 적합한 전역 IP 주소가 설정되어야 한다.

Connected MANET을 위한 여러 가지 자동 주소 설정 기법이 제안되었다. 여기에서 만일 MANET을 인터넷에 접속하는 게이트웨이가 하나만 있는 경우에는 인터넷과 MANET 간에 교환되는 모든 트래픽들이 하나의 게이트웨이를 거치게 되어 혼잡으로 인한 성능 저하가 발생할 수 있으며 또한 게이트웨이에 장애가 발생하면 인터넷과 MANET 간의 통신이 단절되는 문제가 발생한다. 이를 해결하기 위하여 다중 게이트웨이 기반의 connected MANET을 위한 주소 자동 설정 기법이 제안되었다. 이 기법에서는 각각의 게이트웨이가 서로 다른 네트워크 프리픽스를 광고하여, 만일 노드가 이동하여 새로운 게이트웨이에 접속하는 경우에는 자신에게 설정된 주소를 재설정해야 하는 문제가 발생한다.

이 논문에서는 모든 게이트웨이가 동일한 네트워크 프리픽스를 광고하는 다중 게이트웨이 기반의 connected MANET을 위한 주소 자동 설정 기법을 제안하였다. 제안된 기법에서는 모든 게이트웨이가 동일한 네트워크 프리픽스를 광고하기 때문에 노드가 이동을 하더라도 이미 설정된 주소를 계속 사용할 수 있다. 즉, 노드의 이동으로 인한 주소 재설정 과정이 없으므로 노드가 이동을 하더라도 기존에 설정되어 있는 세션을 계속 유지할 수 있다는 장점이 있다. 제안 기법의 성능은 ns-2를 이용한 모의실험을 통하여 분석하였으며, 분석한 결과는 기존에 제안된 기법보다 더 좋은 성능을 제공하는 것을 볼 수 있었다. 이 논문에서 제안된 기법에서는 노드가 이동하여 새로운 게이트웨이에 접속하는 경우에, 게이트웨이로부터 전송되는 주기적인 SERA 메시지와 등록을 위한 제어 메시지의 수가 증가하게 되어 이로 인한 무선 망의 성능 저하가 발생할 수 있다. 따라서 향후에는 제어 메시지 수의 증가로 인한 오버헤드를 줄임으로써 MANET 망 전체의 성능 향상 기법에 대한 연구가 진행될 예정이다.

참 고 문 헌

[1] C. Perkins, *Ad Hoc Networking*, Addison Wesley, 2001.
 [2] T. Clausen and P. Jacquet, "Optimized Link State Routing Protocol (OLSR)," *RFC 3626*, Oct. 2003.

[3] R. Ogier, F. Templin and M. Lewis, "Topology Dissemination Based on Reverse-Path Forwarding (TBRPF)," *RFG 3684*, July 2003.
 [4] C. Perkins, C. Belding-Royer and S. Das, "Ad hoc On-demand Distance Vector (AODV) Routing," *RFC 3561*, July 2003.
 [5] I. Chakeres and C. Perkins, "Dynamic MANET On-demand (DYMO) Routing," Internet draft, work in progress, May 2007.
 [6] E. Baccelli et al., "Address Autoconfiguration for MANET: Terminology and Problem Statement," Internet draft, work in progress, Feb. 2008.
 [7] C. Perkins, "IP Address Autoconfiguration for Ad Hoc Networks," Internet draft, work in progress, Nov. 2001.
 [8] N. Vaidya, "Weak Duplicate Address Detection in Mobile Ad Hoc Networks," *MOBIHOC'02* 2002.
 [9] A. Tayal and L. Patnaik, "An address assignment for the automatic configuration of mobile ad hoc networks," *Personal Ubiquitous Computing*, 2004.
 [10] C. Perkins, J. Malinen, R. Wakikawa, A. Nilson and A. Tuominen, "Internet connectivity for mobile ad hoc networks," *Wireless Commun. and Mobile Computing*, vol.2, no.5, pp.365-482, 2002.
 [11] J. Xi and C. Bettstetter, "Wireless Multihop Internet Access: Gateway Discovery, Routing, and Addressing," *Proc. of 3GWireless*, May 2002.
 [12] S. Ruffino and P. Stupar, "Automatic configuration of IPv6 addresses for MANET with multiple gateways (AMG)," Internet draft, work in progress, June 2006.
 [13] C. Jelger and T. Noel, "Proactive Address Auto-configuration and Prefix Continuity in IPv6 Hybrid Ad-Hoc Networks," *Proc. of IEEE SECON*, pp. 107-117, Sep. 2005.
 [14] J. Wildman, D. Hamel, R. Measel, D. Oakum, S. Weber and M. Kam, "Performance and scaling of wireless ad hoc IPv6 stateless address autoconfiguration under mobile gateways," *Proc. of IEEE MILCOM2007*, pp.1-9, Oct. 2007.
 [15] S. Gundavelli, K. Leung, V. Devarapalli, K. Chowdhury and B. Patil, "Proxy Mobile IPv6," Internet draft, work in progress, May 2008.
 [16] T. Narten, E. Nordmark and W. Simpson, "Neighbor Discovery for IP version 6," *RFC 2461*, Dec. 1988.
 [17] S. Thomson and T. Narten, "IPv6 Stateless Address Autoconfiguration," *RFC 2462*, Dec. 1998.
 [18] The network simulator, ns-2, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.



이 재 훈

1985년 2월 한양대학교 전자공학과 학사
 1987년 2월 한국과학기술원 전기및전자
 공학과 석사. 1995년 8월 한국과학기술원
 전기및전자공학과 박사. 1987년 3월~
 1990년 4월 데이콤 연구원. 1990년 9월~
 1999년 2월 삼성전자 정보통신부문 선임
 연구원. 1999년 3월~현재 동국대학교 정보통신공학과 부교
 수. 관심분야는 초고속통신, 다중 액세스 프로토콜, 차세대
 인터넷 프로토콜



이 범 재

2006년 동국대학교 정보통신공학과(학사)
 2007년~현재 동국대학교 대학원 정보통
 신공학과 석사과정. 관심분야는 애드후
 네트워크, 인터넷 프로토콜



정 우 영

1984년 2월 서울대학교 전기공학과 학
 사. 1986년 2월 한국과학기술원 전기및
 전자공학과 석사. 1991년 8월 한국과학
 기술원 전기및전자공학과 박사. 1986년
 8월~1999년 9월 삼성전자 네트워크사업
 부 수석연구원. 1999년 10월~2003년 5
 월 (주)코어세스 연구소장. 2004년 3월~2004년 12월 숭실
 대학교 객원교수. 2004년 12월~현재 대구경북과학기술원
 책임연구원. 관심분야는 고속통신 프로토콜, 센서네트워크,
 지능형자동차 전자기술