

존 기반 MANET에서의 주소 자동 설정 기술을 이용한 라우팅 프로토콜

박 일 균[†] · 강 남 희^{**} · 김 영 한^{***}

요 약

MANET의 규모가 커짐에 따라 라우팅 성능이 저하되는 문제를 해결하기 위해 대규모의 단일 MANET(mobile ad hoc network)을 존(zone)이라는 이름의 여러 개의 소규모 MANET들로 분할한 계층형 구조가 제안되고 있다. 본 논문에서는 주소 자동 설정 과정을 통해 얻은 각 노드의 정보들을 MANET 라우팅 기법에 접목하여, 라우팅 프로토콜의 메시지 수를 줄이거나 라우팅 동작 절차를 간소화함으로써 MANET 노드들의 라우팅 부하를 감소시키는 기법을 제안하였다. 제안된 방법은 모의 실험을 통하여 기존 방식의 라우팅 성능을 유지하면서 라우팅 메시지 전송 부하를 줄일 수 있음을 확인하였다.

키워드 : 무선 멀티홉 네트워크, 라우팅, 자동 설정

A MANET Routing Protocol using Address Autoconfiguration in Zone-based MANETs

Ilkyun Park[†] · Namhi Kang^{**} · Younghan Kim^{***}

ABSTRACT

In large-scale MANETs, the performance of MANET routing protocols is degraded significantly. To avoid this, zone-based hierarchical architecture is proposed. In this architecture, single large-scale MANET is divided into multiple small-scale MANETs. In this paper, we propose autoconfiguration-coupled MANET routing protocol to reduce routing overhead of MANET user nodes. If MANET routing protocol utilizes the autoconfigured information of each user node, its overhead or procedure can be reduced. Proposed method shows the degradation of routing overhead of user nodes via simulation.

Key Words : MANET, Routing, Autoconfiguration

1. 서 론

MANET(mobile ad-hoc network)은 이동 노드들에 의해 구성된 동적인 네트워크로, 다중 홉 전달 기법에 의해 패킷을 전달하기 때문에 이에 적합한 라우팅 기법이 필요하다. MANET의 기본적인 라우팅 프로토콜은 크게 proactive 및 reactive 방식으로 구분할 수 있으며, 망의 규모가 커짐에 따라 성능 개선을 위해 proactive 및 reactive 라우팅 방식을 조합한 하이브리드 방식과 MANET 노드 중에서 선출한 사용자 노드를 통해 계층 구조를 이루어 라우팅을 수행하는

계층적 방식이 제안되고 있다. 하이브리드 방식은 라우팅 메시지에 의한 브로드캐스팅 문제가 남아있으며, 계층적 방식의 경우에는 계층 구조의 형성 및 유지 관리가 복잡해진다[1-8].

계층적 구조를 실구현 상에 적용하기 위한 방식으로서 클러스터 헤드에 해당하는 존 마스터(zone master)를 통해 여러 개의 존으로 분할하여 관리하도록 한 방식이 제안되었다[9]. 존 마스터는 보조 인프라 장비로서의 역할을 수행하기 위한 별도의 네트워킹 장비로, 존을 형성하고 다른 존 마스터와의 무선 연결을 통해 MANET 노드들의 통신을 보조한다. 이를 통해, 기존의 reactive 및 proactive 라우팅 기법을 대규모 MANET에 적용할 경우 라우팅 성능이 급격하게 낮아지는 문제를 해결할 수 있게 된다.

한편 주소 자동 설정 기능은 MANET에서 필수적으로 요구되는 기능이다. 기존 유선 네트워크에서는 자동 주소 설

※ 본 논문은 숭실대학교 교내연구비 지원의 결과임.
[†] 정 회 원 : 유비쿼터스네트워크연구센터(숭실대학교 부설) 위촉연구원
^{**} 정 회 원 : 유비쿼터스네트워크연구센터(숭실대학교 부설) 선임연구원
^{***} 종 신 회 원 : 숭실대학교 정보통신전자공학부 교수, 통신학회 인터넷연구회 위원장, VoIP포럼 차세대기술분과위원장(교신저자)
 논문접수 : 2006년 7월 22일, 심사완료 : 2006년 10월 23일

정을 위해 DHCP(dynamic host configuration protocol) [11] 또는 IPv6 SAA(stateless address autoconfiguration) [12,13] 등이 사용되고 있으나 노드가 이동하는 MANET에는 적용할 수 없다. 이를 개선한 여러 방식들이 제안되었으며, 이중 존 마스터 기반 구조에서 MANET 노드들의 주소 할당 정보를 ZM이 관리하며 일반 노드에게 전역 주소를 할당하여 외부 네트워크에 접근할 수 있는 방식으로서 HAA(hybrid manet address autoconfiguration)가 제안되었다 [14]. HAA 기법은 MANET 환경에 적합한 주소 자동 할당 기법으로 설계하여, MANET 네트워크의 성능을 저하시키는 주요 원인인 브로드캐스트 메시지를 각 노드의 1 홉 내에서만 전송한다. 또한 다중 홉으로 전달되는 주소 할당용 유니캐스트 메시지들은 자체적인 경로 정보를 이용하여 라우팅 기법에 독립적인 방법으로 전달한다.

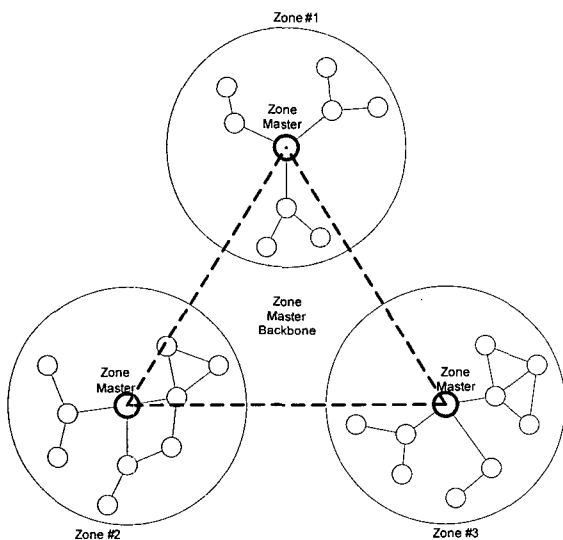
본 논문에서는 HAA를 라우팅과 접목시켜 일반 노드들의 라우팅 부하를 낮추는 방식을 제안한다. 제안된 구조는 존 마스터로 하여금 주소 할당 정보를 이용하여 라우팅 정보 요청에 응답하도록 하여 일반 노드에서의 라우팅 메시지의 전송 부하와 라우팅 프로토콜의 연산 부하를 낮춘다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 존 마스터 기반 MANET 구조, 라우팅 프로토콜 조합, 그리고 주소 할당 방식에 대해 설명한다. 3장에서는 HAA 기법을 적용한 라우팅 프로토콜 기법을 제안하고, 4장에서는 모의 실험을 통해 제안 방식의 성능을 검증한다. 마지막 5장에서는 결론을 맺는다.

2. 기반 기술

2.1 존 마스터 기반의 MANET 구조

(그림 1)은 존 마스터를 중심으로 형성된 존 기반 MANET의 구조이다. 존 마스터는 존을 형성하는 중심 노드



(그림 1) 존 마스터 기반의 MANET 구조

로, 일반 노드에 비해 풍부한 전력과 연산 자원을 가지며 MANET 라우팅을 보조하여 일반 노드의 라우팅 부하를 경감시키는 역할을 수행한다. 계층 라우팅 방식에서의 단점으로 지적되었던 클러스터 헤더의 선출, 클러스터 형성 및 유지로 인한 부하 및 프로토콜 복잡성 문제를 해결한다 [9].

2.2 존 기반 MANET 라우팅 프로토콜 조합

존 기반의 MANET 라우팅은 존 내부 및 존 간 영역 별로 기존의 라우팅 기법들을 조합하여 라우팅 메시지의 전달을 작은 규모의 존 단위로 지역화함으로써 네트워크 규모에 따른 라우팅 성능의 감소를 개선한다. <표 1>과 같이 네 가지의 단순 조합이 가능하나, 존 내부의 라우팅 정보 취합이 어려운 RP 조합 방식을 제외하면 세 가지 라우팅 방식이 가능하다[10].

세 가지 조합 중 RR 라우팅 조합의 경우 경로 요청 메시지가 존 마스터를 통해 다른 존에서도 브로드캐스팅 되기 때문에 목적지 노드가 없는 존에서도 불필요한 라우팅 메시지로 인한 성능 저하가 발생하는 단점이 있다.

PP 라우팅 조합의 경우 라우팅 메시지들이 주기적으로 교환되는 범위가 각 존 별로 한정되기 때문에 기존 방식보다 네트워크 부하가 감소하나, 모든 노드들이 모든 존의 라우팅 정보를 관리하기 때문에 라우팅 테이블 관리 상의 성능은 개선되지 않는다. 특히 OLSR (optimized link state routing)[2]의 경우 MPR 선택을 위한 연산과 MPR 역할을 수행을 위한 연산 및 OLSR 메시지 전송 부하 등의 문제가 존재한다.

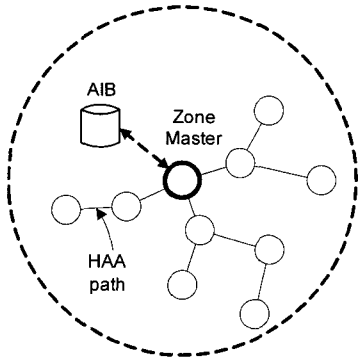
PR 라우팅 조합은 PP 라우팅 조합과 달리 각 노드는 자신의 존 영역에 해당하는 경로 정보만을 유지하기 때문에 전체 네트워크 규모에 상관 없이 존 내의 노드 수에 의해서만 영향을 받는다. 그러나 존 내부에서는 proactive 라우팅 방식을 그대로 사용하기 때문에 OLSR 등을 이용할 경우의 연산 부하는 PP 라우팅 조합과 비슷하게 유지된다.

<표 1> 존 기반의 MANET을 위한 라우팅 프로토콜의 조합

조합 명칭	Intra-zone 라우팅 방식	Inter-zone 라우팅 방식
RR	Reactive	Reactive
PP	Proactive	Proactive
PR	Proactive	Reactive
RP	Reactive	Proactive

2.3 MANET 주소 자동 설정 및 HAA 경로

HAA는 존 마스터를 주소 자동 설정 절차에 이용하여 존 내부의 통신 및 외부 네트워크와의 통신을 위한 전역 주소를 자동으로 설정하는 기법이다. 주소 설정 작업의 결과로 각 노드는 주소 설정 메시지를 주고 받기 위한 'HAA 경로(path)'에 포함되며, 존 마스터는 존에 있는 모든 노드들의 주소 할당 정보를 AIB(address information base)를 통해 관리한다[14].



(그림 2) HAA 경로를 통한 전역 주소 할당

3. 존 기반 MANET을 위한 라우팅 프로토콜에서의 주소 할당 정보 이용

기존에 제안된 존 기반 MANET 라우팅 구조에서는 존 마스터가 각 노드의 라우팅 프로토콜이 관리해야 하는 네트워크 크기를 줄여주는 역할로만 이용되었다. 본 논문에서는 주소 자동 할당 기법인 HAA를 이용하여 존 마스터의 AIB(address information base)에 취합된 노드들의 주소 할당 정보를 라우팅 프로토콜과 연동시킨 성능 개선 기법을 제안한다.

3.1 RR-HAA (HAA를 적용한 RR 기법)

RR은 존 내부 및 외부에 모두 reactive 라우팅 기법을 사용한 방식으로, 이에 HAA를 연동할 경우 라우팅 메시지의 브로드캐스트를 일부 영역으로만 수행하게 하는 효과를 얻을 수 있다.

존 마스터는 HAA 주소 설정 기법에 의해 해당 존 내에서 활동 중인 모든 노드들에 대한 정보를 AIB에 취합하게 되며, 이후 주기적으로 유니캐스트 기반의 주소 할당 요청 및 응답 메시지의 교환에 의해 이 정보를 갱신하게 된다. AIB에는 각 노드 별로 할당된 주소, 홉 수, 그리고 이 노드

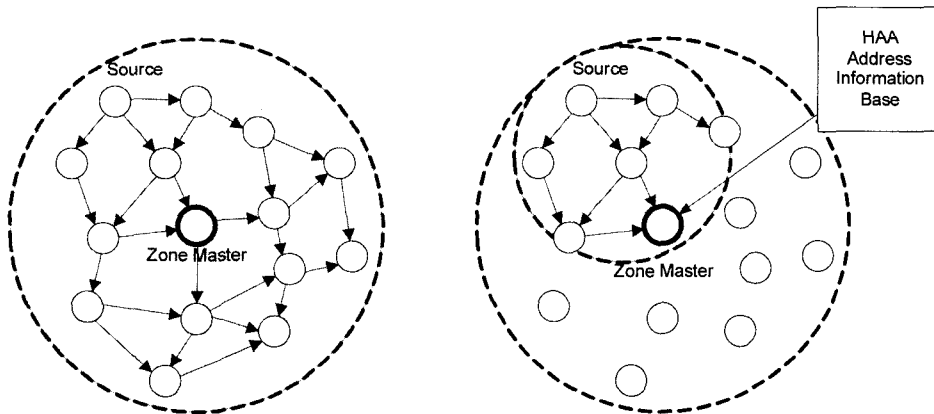
에 접근하기 위한 다음 홉 정보 등을 관리하고 있다. 일반 노드들은 존 마스터에 접근하기 위한 다음 홉 정보 및 홉 수 정보를 관리하며, 동시에 자신을 거쳐 지나간 주소 할당 정보를 통해 노드의 주소 및 다음 홉 정보를 관리한다.

본 논문에서 제안한 RR-HAA 방식에서는 위 그림에서와 같이 각 노드는 존 마스터에 도달할 수 있는 영역 내에서만 RREQ 메시지를 전송한다. 기존 방식에서는 (그림 3(a))에서와 같이 존의 모든 영역에 라우팅 메시지를 전송하는 반면, RR-HAA에서는 (그림 3(b))와 같이 자신과 존 마스터 사이의 범위 내에서만 라우팅 메시지를 전송한다. 목적지 노드가 송신자 노드로부터 존 마스터보다 더 가까운 곳에 있으면 목적지 노드가 이에 직접 응답하여 통신하게 되고, 그렇지 않을 경우 목적지 노드 대신 존 마스터가 RREQ 메시지를 수신하고, 자신이 갖고 있는 노드들의 주소 정보를 이용하여 RREP 메시지를 전송한다.

존 마스터의 AIB에 목적지 노드에 대한 주소 할당 정보가 존재하면 이 정보로부터 라우팅 정보를 추출하여 RREP를 생성하여 응답한다. 그렇지 않을 경우에는 다른 존 마스터들에 RREQ를 전달하며 이 중 목적지 노드의 할당 정보를 갖고 있는 존 마스터가 RREP 정보를 생성하여 응답한다. 두 가지 경우에 대해 송신자 노드와 목적지 노드 사이의 통신은 하나 이상의 존 마스터를 거쳐 이루어지게 된다.

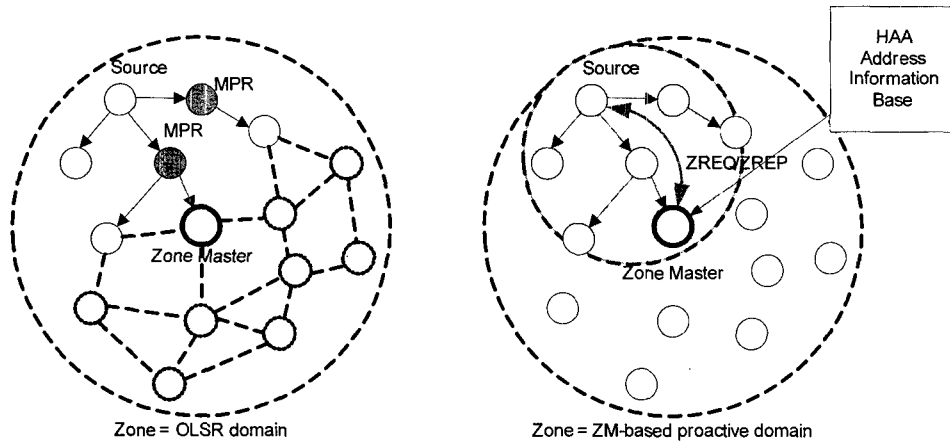
3.2 PR-HAA (HAA를 적용한 PR 기법)

PR은 존 내부에 proactive 라우팅 기법을 사용하는 방식으로, OLSR이 대표적인 proactive 방식이다. (그림 4(a))에서와 같이 각 노드들은 OLSR HELLO 메시지를 교환하여 자신으로부터 두 홉 반경 내의 라우팅 정보를 파악하며, 이 영역 내에서의 라우팅 정보 교환이 가능한 노드들의 최소 서브셋을 계산하여 MPR(multipoint relay)로 지정한다. MPR로 선택된 노드들은 TC(topology control) 메시지를 생성하고 전달함으로써 원거리에 있는 노드들에 대한 라우팅 정보를 전달한다. OLSR 기법을 사용할 경우 모든 노드들이 이와 같은 기능을 모두 수행해야 하기 때문에 라우팅 프로



(a) 기존 RR에서의 RREQ 전송 범위 (b) RR-HAA에서의 RREQ 전송 범위

(그림 3) HAA 적용 시 RREQ 메시지의 브로드캐스팅 범위



(a) 기존 PR에서의 OLSR 동작 (b) PR-HAA에서의 proactive 라우팅 기법

(그림 4) HAA 적용 시 OLSR 기능의 수정

토콜의 동작에 필요한 연산 부하가 증가한다.

여기에 존 마스터가 연결되면 이를 감지한 일반 노드들은 다시 주소를 할당 받게 되며, 주소 할당 메시지의 원활한 교환을 위한 HAA 경로가 생성된다. 이후 일반 노드들은 MPR 계산, 그리고 TC 메시지 등의 OLSR 메시지 전달 기능을 멈추고, 대신 HELLO 메시지의 교환에 의한 두 홉 거리 내의 라우팅 정보의 관리만을 수행하게 되어 관리 범위를 줄일 수 있다. 즉 각 MANET 노드는 (그림 4(b))에서와 같이 존 내부의 서브넷 범위에 한정하여 직접 라우팅 정보를 관리하고, 그 이외의 범위의 라우팅 정보는 ZREQ/ZREP 메시지를 이용하여 존 마스터로부터 라우팅 정보를 획득하게 된다.

따라서 전송하려는 패킷의 목적지 노드가 전송자로부터 두 홉 반경 내에 있는 노드인 경우에는 라우팅 테이블에 관리되고 있기 때문에 바로 전송하게 되고 목적지가 세 홉 이상의 거리에 있을 경우 기존 PR에서와 같이 목적지 노드에 대한 라우팅 정보를 획득하기 위해 존 마스터에게 ZREQ 메시지를 전송한다. 존 마스터에 목적지 노드에 대한 정보가 존재할 경우 바로 ZREP 메시지를 통해 응답하게 되며, 그렇지 않을 경우 각 존 마스터에 reactive RREQ 메시지를 전송하게 된다. 목적지 노드 정보를 관리하는 존 마스터는 이에 RREP 메시지로 응답하며, 이 메시지를 수신한 송신자측의 존 마스터는 이를 다시 ZREP 메시지로 바꾸어 송신자에게 보내게 된다.

3.3 PP-HAA (HAA를 적용한 PP 기법)

기존의 PP 라우팅 조합은 존 내부 및 외부 영역에 대해 모두 proactive 라우팅 기법을 사용하는 조합으로, 일반 노드는 (그림 4(a))의 PR 기법에서와 같이 OLSR에 의해 존 내부의 라우팅 정보를 관리하고 MPR 관련 기능을 수행한다. 동시에 존 마스터를 통해 다른 존들의 라우팅 정보 역시 전달 받게 되며, 이에 따라 각 노드가 관리하는 라우팅 정보량은 대규모 단일 MANET에서와 같은 수준이 된다.

존 마스터에 HAA 기법을 추가하여 존 마스터에 주소 할당 정보를 집중시키면 (그림 5(b))의 PR-HAA에서와 같이 OLSR의 HELLO 메시지 교환 기능만을 이용하여 라우팅 부하를 경감시킬 수 있게 된다. 인접한 두 홉 거리 내에 목적지 노드가 존재할 경우 별도의 추가 라우팅 절차 없이 패킷을 전송하게 되며, 그렇지 않을 경우 reactive 방식에서와 같이 HAA 경로를 통해 존 마스터에게 RREQ 메시지를 전송하여 라우팅 정보를 획득하게 된다. 각 존 마스터는 해당 존의 주소 할당 정보를 관리할 뿐 아니라 존 마스터 간의 proactive 라우팅 기법에 의해 주소 할당 정보에 기반한 다른 존의 라우팅 정보까지 관리하게 된다. 이에 따라 RREQ 메시지를 받은 존 마스터는 목적지의 라우팅 정보를 RREP로 응답하게 된다.

또한 PP-HAA의 경우 RREQ 및 RREP의 교환 없이 바로 패킷을 전송할 수 있게 된다. PR-HAA와 달리 존 내부 및 외부에 모두 proactive 라우팅 기법을 이용하기 때문에 reactive 라우팅 기법을 이용했을 때와 같은 존 마스터 내에서의 패킷 버퍼 오버플로우 문제가 없기 때문이다. 따라서 각 노드는 목적지에 대한 라우팅 정보를 알 수 없을 경우 패킷을 HAA 경로를 통해 존 마스터에게 전달한다. 존 마스터는 패킷의 목적지 주소에 따라 존 내부로 다시 보내거나 목적지 노드가 속해 있는 존의 존 마스터에게 전달하게 된다.

4. 성능 분석

본 장에서는 라우팅 기법 조합 별로 HAA 기법을 적용한 경우의 성능을 시뮬레이션을 통해 성능을 분석한다. 기본 프로토콜로는 proactive 라우팅 기법으로 OLSR[2]을 사용하였으며, reactive 라우팅 기법으로는 현재 IETF에서 표준화가 진행 중인 DYMO[5,16]를 사용하였다.

시뮬레이션은 QualNet 3.8을 이용하였다. 이동 노드 간의 무선 연결은 802.11b 방식으로, 존 마스터간의 무선 백본 망

은 802.11a 방식으로 설정 하였다. 일반 노드들의 이동속도는 10m/s이며, 10초의 휴지(pause) 시간을 갖는 랜덤 웨이포인트(random waypoint) 이동성 모델을 가진다. 또한 각 노드는 반경 100m의 진과범위를 가진다. 성능 지표로서는 제어 메시지 수 및 평균 지연시간, 패킷 전송 성공률을 측정하였다. 측정 대상은 RR-HAA, PP-HAA, PR-HAA 라우팅 기법이다.

4.1 존 영역 크기에 따른 성능

이 실험은 전체 노드 수 및 네트워크 크기를 1,000m x 1,000m 로 고정시키고 존 반경(홉 수)를 증가시켜 존 영역의 크기 변화에 따른 성능을 측정한다. 존 반경이 커질 수록 전체 존의 수는 줄어들게 된다. 모든 실험에 적용된 변수는 <표 2>에 정리하였으며, 존 영역 별로 제어 메시지 수, 평균 지연 시간 및 패킷 전달 성공률을 통해 살펴보았다. 제어 메시지 수의 경우 HAA 적용 전과 적용 후의 라우팅 기법의 성능 차이를 비교하기 위한 것으로, DYMO의 RREQ, RREP, RERR 메시지들과 OLSR의 Hello, TC 메시지들로 구성되어 있다.

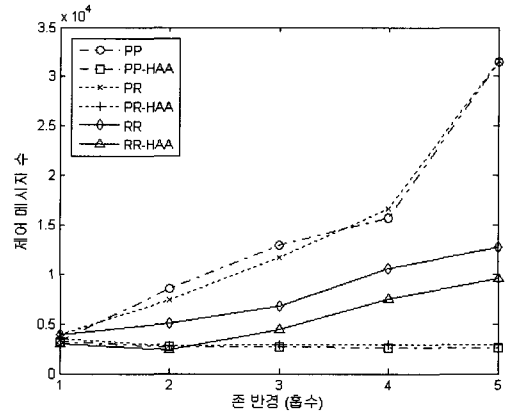
존 영역 별 제어 메시지 수에서 RR-HAA 방식은 RR 방식에 비해 약 10~30% 정도 감소하였다. PP 및 PR 방식의 경우 존 내부의 노드 수가 증가할 수록 TC 메시지 등 OLSR 메시지의 전송 횟수가 증가하며, 특히 존의 크기가 5인 경우 순수한 proactive 라우팅과 같은 수준의 성능 감소가 일어난다. 반면 PP-HAA 및 PR-HAA 방식의 경우 존 영역의 크기에 상관 없이 각 노드의 주위 2 홉 반경 내의 라우팅 정보만 관리하기 때문에 제어 메시지에 의한 부하는 일정하게 유지된다.

평균 지연 시간은 RR과 RR-HAA 방식이 다른 방식들에 비해 비교적 높은 지연 시간을 갖는데 이는 네트워크 규모에 따라 경로 요청 및 응답 메시지의 왕복 시간이 증가하기 때문이다. 그러나 RR-HAA는 RR에 비해 비교적 적은 네트워크 반경 내에서만 라우팅 메시지들이 왕복하기 때문에 상대적으로 낮은 시간 지연을 갖는다. 1홉에서 2홉으로 증가할 때와 4홉에서 5홉으로 증가할 때 지연 시간의 증가율이 낮아진 이유는 시간지연이 각 실험환경에서 패킷들의 평균 경로 길이에 의존적이기 때문이다.

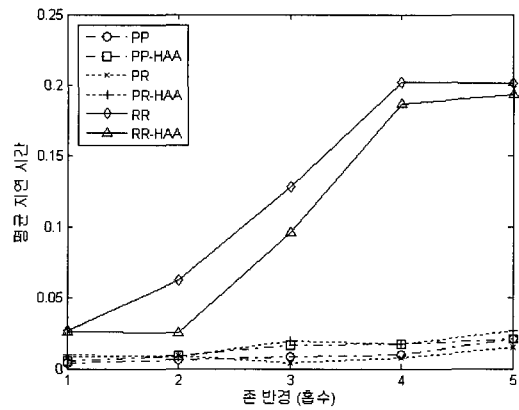
패킷 전달 성공률의 경우 HAA 기법을 적용한 라우팅 조합들이 기존의 라우팅 조합보다 다소 높은 성공률을 보여주었으며, PP/PP-HAA 기법 및 PR/PR-HAA 기법의 경우 노

<표 2> 존 영역 크기에 따른 성능 분석 실험 변수

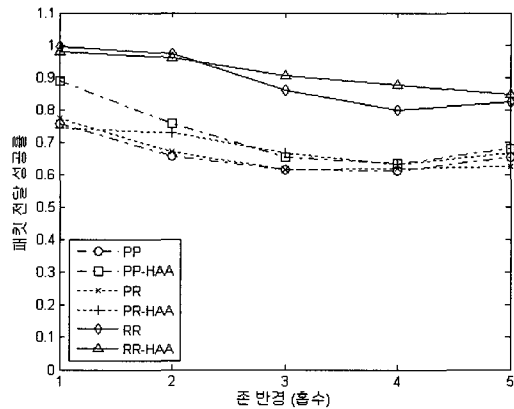
존 반경(홉 수)	존 개수	존당 노드 수	전체 노드 수
1	9	8 ~ 13	100
2	4	24 ~ 26	100
3	3	32 ~ 35	100
4	2	48 ~ 53	100
5	1	100	100



(a) 존 영역 크기에 따른 제어 메시지 수



(b) 존 영역 크기에 따른 평균 지연 시간



(c) 존 영역 크기에 따른 패킷 전달 성공률

(그림 5) 존 영역 크기에 따른 성능 분석

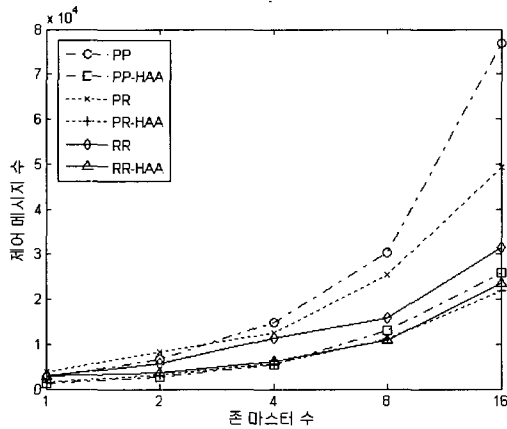
드의 이동성으로 인한 토폴로지의 변화에 대한 라우팅 테이블의 갱신이 지연되기 때문에 RR 기법에 비해 낮은 패킷 전달 성공률을 보여주었다.

4.2 고정된 노드 밀도에서의 확장성

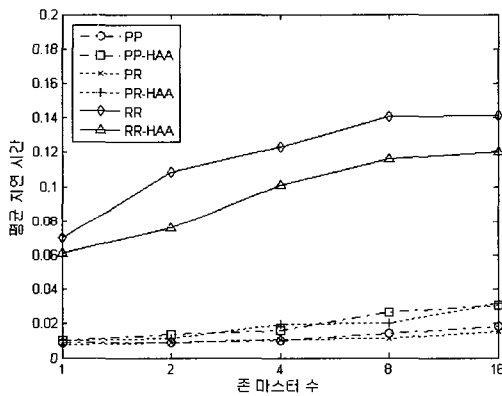
고정된 노드 밀도 하에 네트워크 공간 크기를 확장해가면서 성능을 살펴보았다. 모든 존의 크기는 두 홉으로 정의하였으며 존 당 노드 수는 25개로 고정하였다.

〈표 3〉 고정 노드 밀도에서의 확장성 실험

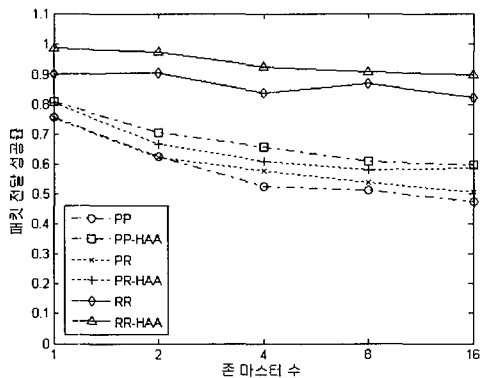
존 마스터 수	전체 노드 수	네트워크 공간 크기
1	25	500 x 500
2	50	1,000 x 500
4	100	1,000 x 1,000
8	200	2,000 x 1,000
16	400	2,000 x 2,000



(a) 네트워크 크기 변화에 따른 제어 메시지 수



(b) 네트워크 크기 변화에 따른 평균 지연 시간



(c) 네트워크 크기 변화에 따른 패킷 전달 성공률

(그림 6) 네트워크 크기 변화에 따른 성능 분석

노드 밀도를 고정시켰을 때의 네트워크 규모에 따른 제어 메시지 수는 HAA 기법을 적용했을 때 더 감소하였다. 특히 PP-HAA와 PR-HAA의 경우 OLSR 프로토콜의 HELLO 메시지의 전달을 제외한 타 메시지들의 사용을 없애고 2홉 거리에 있는 라우팅 정보들만 관리하기 때문에 메시지 전송 부하와 더불어 라우팅 연산 부하 또한 기존 방식 보다 낮출 수 있다. 평균 지연 시간의 경우 reactive 라우팅 기법의 특성 상 RR과 RR-HAA 방식이 비교적 더 높은 지연 시간을 가지며, 특히 네트워크 규모가 커짐에 따라 시간 지연이 증가한다. 또한 라우팅 메시지의 전송 부하를 낮춤으로써 RR-HAA 방식의 패킷 전달 성공률을 RR 방식보다 높일 수 있었다. PP-HAA 방식 역시 라우팅 부하의 감소를 통해 기존 proactive 관련 기법 조합들에 비해 패킷 전달 성공률을 개선할 수 있었다.

4.3 노드 수 증가에 따른 확장성

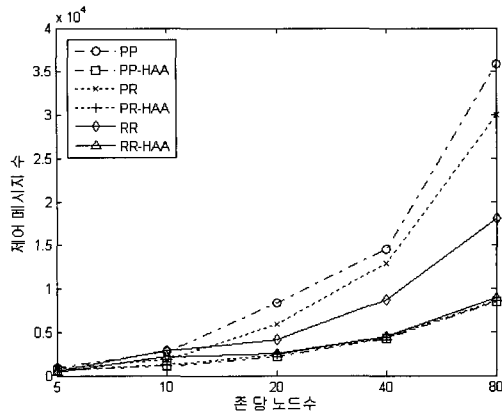
다음으로 네트워크 공간을 800m x 800m 로 고정하고 노드 수의 증가에 따라 HAA 기법이 적용된 라우팅 프로토콜 및 기존의 라우팅 프로토콜 조합을 비교 실험한다. 조합된 라우팅 프로토콜의 경우 존의 크기는 2홉으로 하고 4개의 존 마스터가 존재하도록 하였다.

존 당 노드 수에 따른 확장성 실험 결과, 제어 메시지 수의 경우 PP-HAA 및 PR-HAA의 제어 메시지 수는 기존 RR 기법에서보다 더 낮출 수 있었다. 평균 지연 시간의 경우 RR 및 RR-HAA 기법이 비교적 지연 시간이 높았으나, 제어 메시지로 인한 부하가 제일 낮은 기법임을 고려할 때 대화형이나 실시간성을 갖지 않은 응용에 적합한 라우팅 기법이다. PR-HAA 및 RR-HAA 방식의 평균 지연 시간과 패킷 전달 성공률 또한 기존 방식과 유사한 수준의 성능을 보여준다. 패킷 전달 성공률 측면에서도 HAA 기법을 적용할 경우 기존 기법들 중 성능이 낮은 편인 PP 기법의 라우팅 수렴 시간을 개선할 수 있다.

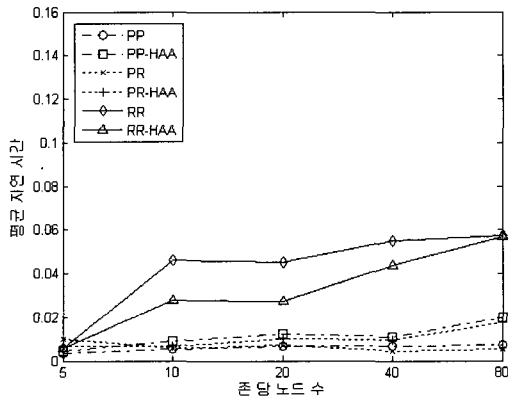
이상 각 존의 규모, 존의 개수, 그리고 존 당 노드 수 별로 기존의 라우팅 조합과 주소 할당 기법인 HAA 방식을 적용한 라우팅 조합의 성능을 비교하였다. 기존 방식보다 적은 양의 제어 메시지를 이용해서 시간 지연 및 패킷 전달 성공률 측면에서 기존 방식과 비슷한 성능을 보임을 확인할 수 있었다. 또한, HAA를 적용한 PP 기법의 경우 존 마스터에 취합된 노드 정보에 의해 존 내부에서의 메시지 브로드캐스팅으로 인한 라우팅 부하를 줄임으로써 기존 PP 기법의 성능을 개선시킬 수 있었다. RR 방식은 PR 및 PP 등

〈표 4〉 노드 수 증가에 따른 확장성 실험

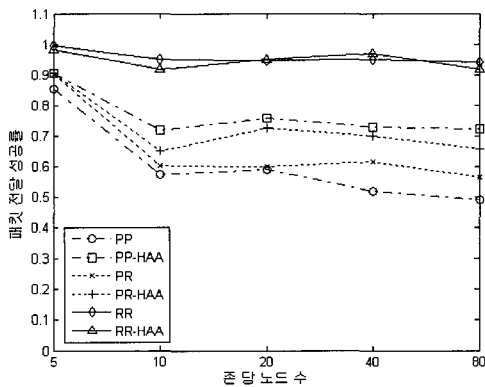
존 당 노드 수	전체 노드 수
5	20
10	40
20	80
40	160
80	320



(a) 노드 수 증가에 따른 제어 메시지 수



(b) 노드 수 증가에 따른 평균 지연 시간



(c) 노드 수 증가에 따른 패킷 전달 성공률
(그림 7) 노드 수 증가에 따른 성능 분석

proactive 방식 기반의 라우팅 조합보다 비교적 높은 시간 지연을 보이나, 제어 메시지의 전달 범위를 줄일 수 있게 됨으로써 시간 지연을 낮출 수 있었다.

5. 결론

본 논문에서는 기존의 존 기반 MANET 구조를 위한

RR, PR, PP 라우팅 기법 조합과 HAA에 의해 취합된 노드 정보의 결합에 의해 라우팅 성능을 개선할 수 있음을 모의 실험을 통해 확인하였다. 존 영역의 크기, 고정 노드 밀도에서의 네트워크 확장성, 노드 밀도 증감에 의한 네트워크 확장성 등의 관점에서 모의 실험을 거친 결과 라우팅 메시지에 의한 부하는 기존 라우팅 조합의 절반 이하로 줄이면서도 시간 지연 및 전달 성공률 등의 성능은 비슷하게 유지할 수 있음을 알 수 있었다. “ ”

참고 문헌

- [1] A. Iwata, C.-C. Chiang, G. Pei, M. Gerla, and T.-W. Chen, "Scalable Routing Strategies for Ad hoc Wireless Networks," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, pp.1369-79, Aug., 1999.
- [2] T. Clausen, and P. Jacquet, "Optimized Link State Routing Protocol," RFC 3626, Oct., 2003.
- [3] R. Ogier, F. Templin, and M. Lewis, "Topology Broadcast based on Reverse-Path Forwarding (TBRPF)," RFC 3684, Feb., 2004.
- [4] C. E. Perkins, E. M. Belding-Royer, and S. Das, "Ad Hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing," RFC 3561, Jul., 2003.
- [5] I. D. Chakeres, E. M. Belding-Royer, and C. E. Perkins, "Dynamic MANET On-demand Routing Protocol," draft-ietf-manet-dymo-02.txt, INTERNET DRAFT, MANET Working Group, Jun., 2005.
- [6] D. B. Johnson and D. A. Maltz, "Dynamic Source Routing in Ad Hoc Wireless Networking," in *Mobile Computing*, pp. 153-81, 1996.
- [7] Z. J. Haas and M. R. Pearlman, "The Performance of Query Control Schemes for the Zone Routing Protocol," *ACM/IEEE Transactions on Networking*, vol.9, no.4, pp.427-38, Aug., 2001.
- [8] X. Hong, K. Xu, and M. Gerla, "Scalable Routing Protocols for Mobile Ad Hoc Networks," *IEEE Network*, vol. 16, no. 4, pp.11-21, Jul./Aug., 2002.
- [9] N. H. Kang, I. K. Park, and Y. H. Kim, "A Zone Networking Architecture based on Zone Masters for Mobile Ad-Hoc Wireless Networks," *Proc. UbiCNS 2005*, Jun., 2005.
- [10] N. H. Kang, I. K. Park, and Y. H. Kim, "Ubiquitous Zone Networking Technologies for Multi-hop Based Wireless Communications," *Proc. IWSOS 2006*, Sep., 2006.
- [11] R. Droms, J. Bound, B. Volz, T. Lemon, C. Perkins, and M. Carney, "Dynamic Host Configuration Protocol for IPv6 (DHCPv6)," RFC3315, Jul., 2003.

[12] T. Narten, E. Nordmark, and W. Simpson, "Neighbor Discovery for IP version 6 (IPv6)," RFC2461, Dec. 1999.

[13] S. Thomson, and T. Narten, "IPv6 Stateless Address Autoconfiguration," RFC2462, Dec., 1998.

[14] I. K. Park, Y. H. Kim, and S. S. Lee, "IPv6 Address Allocation in Hybrid Mobile Ad-Hoc Networks," Proc. IEEE WSTFEUS 2004, May, 2004.

[15] R. Hinden, B. Haberman, "Unique Local IPv6 Unicast Addresses," draft-ietf-ipv6-unique-local-addr-02.txt, INTERNET DRAFT, IPv6 Working Group, Jan., 2004.

[16] L. Klien-Bernt, <http://sourceforge.net/projects/nist-dymo/> nist-dymo, DYMO implementation homepage, NIST.



박 일 균

e-mail : ikpark@dcn.ssu.ac.kr
 1997년 2월 숭실대학교 정보통신공학과 (학사)
 1999년 2월 숭실대학교 대학원 정보통신공학과(석사)
 2006년 8월 숭실대학교 대학원 전자공학과 (박사)

2006년 4월~현재 유비쿼터스네트워크연구센터(숭실대학교 부설) 위촉연구원
 관심분야: 컴퓨터네트워크, 인터넷 네트워킹, 인터넷 QoS, 무선 네트워크, MPLS, 차세대 인터넷 프로토콜



강 남 희

e-mail : nalnal@dcn.ssu.ac.kr
 1998년 2월 숭실대학교 정보통신공학 (학사)
 2001년 2월 숭실대학교 정보통신공학 (석사)
 2004년 12월 Siegen대학(독일) 정보통신공학(박사)

2005년 4월~2006년 3월 다산네트웍스 전임연구원
 2006년 4월~현재 유비쿼터스네트워크연구센터(숭실대학교 부설) 전임연구원
 관심분야: 인터넷 QoS, 멀티미디어 멀티캐스트 보안, 자바보안, 무선 ad-hoc 네트워크, 유비쿼터스 네트워킹



김 영 한

e-mail : yhkim@dcn.ssu.ac.kr
 1984년 2월 서울대학교 전자공학과 (공학사)
 1986년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학석사)
 1990년 8월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학박사)

1987년 1월~1994년 8월 디지콤정보통신연구소 데이터 통신연구부장
 1994년 9월~현재 숭실대학교 정보통신전자공학부 교수, 통신학회 인터넷연구회 위원장, VoIP포럼 차세대기술 분과위원장
 관심분야: 컴퓨터네트워크, 인터넷 네트워킹, 이동 데이터 통신망