

MIPMANET에서 효율적인 이동성 에이전트 광고기법

(An Efficient Mobility Agent Advertisement Mechanism for
MIPMANET)

박 찬 흠[†] 서 현 곤^{**} 김 기 형^{***} 김 중 곤^{****}

(Chan-Heum Park) (Hyun-Gon Seo) (Ki-Hyung Kim) (Chong-Gun Kim)

요 약 무선 네트워크의 MANET(Mobile Ad Hoc Networks)에서 이동노드의 이동성을 보장하기 위해 제안된 Mobile IP를 통합하려는 시도에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 본 논문에서는 애드 혹 네트워크와 유선망의 통합망에서 노드들의 이동성 서비스를 지원하기 위한 방안을 제시한다. 통합망에서 Mobile IP 에이전트가 주기적으로 에이전트 광고메시지를 전달하여 자신의 애드 혹 네트워크 영역내부에 있는 이동노드들의 정보를 유지하기 위한 MAAM(Mobility Agent Advertisement Mechanism)과 에이전트 광고메시지에 대한 등록메시지를 중간노드가 취합(agggregation)하여 에이전트에게 전달하는 AMAAM(Aggregation based Mobility Agent Advertisement Mechanism) 메커니즘을 제안한다. 제안된 기법은 MIPMANET에서 에이전트 광고를 위한 메커니즘에 적용할 수 있다. 성능 평가는 ns2 시뮬레이션을 통해 패킷 전달 비율과 데이터 처리량 그리고 이동노드들의 에너지 소모량에 대해서 그 성능을 평가한다.

키워드 : MANET, Mobile IP, MIPMANET, MAAM, AMAAM

Abstract There has been much research efforts trying to integrate mobile IP that has been proposed to guarantee the mobility of mobile nodes on MANET (Mobile Ad Hoc Networks) and wired integrated networks. To support the mobility service of nodes in MIPMANET, this paper proposes MAAM(Mobility Agent Advertisement Mechanism) and AMAAM protocols. In MAAM, the mobility agent of the mobile IP can maintain the information of ad hoc networks by broadcasting advertisement messages periodically. AMAAM(Aggregation based Mobility Agent Advertisement Mechanism) is an enhancement of MAAM for reducing the number of transmission of advertisement messages by aggregating them. The proposed schemes are applied in MIPMANET for agent advertisement mechanism. For the performance evaluation of both protocols, we simulated them by NS2. We evaluate the protocols by ns2 with such performance metrics as packet delivery ratio, transmission throughput, and energy consumption.

Key words : MANET, Mobile IP, MIPMANET, MAAM, AMAAM

1. 서 론

유선망에 집중되었던 많은 연구가 무선 통신기술의 발전으로 무선망으로 그 범위가 확대되었고, 최근에는 유선망과 무선망을 통합하기 위한 연구가 많이 진행되

고 있다. 무선망은 기지국이나 AP와 같은 하부구조가 있는 무선망과 하부구조 없이 순수하게 이동노드들로 구성된 무선망이 있다. 이들 무선망은 이동 노드들로 하여금 이동 중에도 다른 이동 노드나 네트워크에 접속할 수 있는 이동성 서비스를 제공해준다.

이동성 서비스를 지원 하는 대표적인 예가 Mobile IP[1,2]이다. Mobile IP는 이동노드들에게 이동성 에이전트(mobility agent)를 이용하여 인터넷에 접속할 수 있도록 해준다. 이동 노드들은 이동성 에이전트(홈 에이전트: home agent, 외부에이전트: foreign agent)가 주기적으로 전달하는 에이전트 광고 메시지를 듣고 자신에 홈 네트워크에 있는지 외부 네트워크에 있는 판단하

[†] 학생회원 : 영남대학교 컴퓨터공학과
shem@yumail.ac.kr

^{**} 정 회원 : 한라대학교 정보통신공학부 교수
hgseo@halla.ac.kr

^{***} 정 회원 : 아주대학교 정보통신전문대학원 교수
kkim86@ajou.ac.kr

^{****} 정 회원 : 영남대학교 컴퓨터공학과 교수
cgkim@yu.ac.kr

논문접수 : 2006년 2월 2일

심사완료 : 2006년 5월 26일

여 등록(registration) 절차를 수행하여 IP이동성 서비스를 지원 받는다. 하지만 Mobile IP의 경우 1홉 내의 링크 계층을 기반으로 이동성 서비스를 지원하기 때문에 이동 노드가 이동성 에이전트와 1홉 이상인 경우 이동성 서비스를 받을 수 없다.

통신하부 구조 없이 이동노드들만으로 구성된 네트워크가 MANET(Mobile Ad Hoc Networks)[3]이다. MANET의 모든 노드들은 이동성을 가지고 있기 때문에 네트워크 위상이 동적으로 변하고, 라우팅 경로 정보도 계속 변하는 특징이 있다. Mobile IP와 달리 이동노드들 사이에 멀티 홉이 지원이 가능하며 대표적인 MANET 응용으로서는 전쟁터, 재난지역 등, 네트워크 하부구조를 구축하기 어려운 지역에서 네트워크를 구성하는 것이다. 이러한 네트워크에서 사용되는 대표적인 라우팅 프로토콜로서는 AODV[4,5], DSDV[6], OLSR[7], TBRPF[8], DSR[9], ZRP[10] 등이 있다. 하지만 MANET에 있는 이동 노드는 Mobile IP처럼 외부 인터넷에 접속할 수 없다. 유무선망을 연결해주는 에이전트가 없기 때문이다. 최근 이러한 연구가 진행되고 있다.

U.Jonsson et al.[11]은 AODV 라우팅 프로토콜을 사용하는 IPv4 애드 혹 네트워크에서의 Mobile IP를 지원하는 MIPMANET을 제안하고 있다. MANET에 있는 이동 노드들은 에이전트 광고(agent advertisement) 메시지나 에이전트 솔리시테이션(agent solicitation) 메시지를 이용하여 이동성 에이전트 정보를 취득하여 외부 인터넷과 연동하였다. 하지만 주기적으로 에이전트 광고 메시지의 브로드캐스팅은 MANET의 트래픽 부하와 이동 노드들의 에너지 소비에 많은 영향을 주기 때문에 보다 향상된 에이전트 광고 메시지 브로드캐스팅 기법이 필요하다. MANET에서 이동노드의 에너지 소비는 라우팅 프로토콜의 성능 평가 측면에서 중요한 요인이 되기 때문에 MIPMANET에서도 고려해야 할 중요한 평가 요소가 된다.

본 논문에서는 Mobile IP와 MANET의 통합을 위해 제안된 MIPMANET에서 효과적인 에이전트 광고 기법인 MAAM(Mobility Agent Advertisement Mechanism)과 AMAAM(Aggregation based Mobility Agent Advertisement Mechanism)을 제안한다. 제안하는 기법은 MANET의 영역을 제한하고 응답메시지를 중간노드가 취합하게 함으로 MANET의 부하와 이동노드들의 에너지 소비를 감소시킨다. 성능 평가는 NS2 시뮬레이션을 통해 패킷 전달 비율과 데이터 처리량 그리고 이동노드들의 에너지 소모량에 대해서 비교 평가한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 서론에 이어 2장에서는 관련연구로 MANET과 Mobile IP를 소개하고 연구배경으로 통합망에 대해서 알아본다. 3장에서는 본 논

문에서 제안된 중간노드 취합 방식에 대하여 설명한다. 4장에서 시뮬레이션을 통해 실험 결과를 비교 분석하여 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련연구

본 절에서는 Mobile IP와 MANET을 연동하기 위해 제안된 기존 기법들에 대하여 살펴보고, MIPMANET과 본 논문에서 제안하는 MAAM과 AMAAM을 비교 분석한다.

2.1 MIPMANET

MIPMANET은 애드 혹 노드에서 인터넷 노드로 전달되는 패킷을 외부에이전트로 리버스 터널링(reverse tunneling)을 사용한다. 그림 1은 MIPMANET의 구조를 나타낸다.

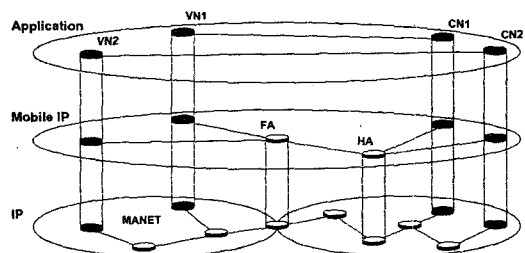


그림 1 MIPMANET의 구조

MIPMANET은 Mobile IP의 링크계층 통신을 네트워크 계층 통신으로 변환하기 위한 IWU(MIPMANET Inter working Unit)를 가지고 있다. 외부노드의 에이전트 광고메시지는 IWU를 통하여 MANET에 전달되며, MANET에서 전달되는 AODV 메시지 역시 IWU를 통하여 Mobile IP로 전달된다.

MIPMANET에서 이동노드들의 이동성을 탐지하기 위해 MMCS(MIPMANET Cell Switching)알고리즘을 사용한다. MMCS는 ECS과 유사하며, MMCS 알고리즘은 방문한 노드는 외부에이전트가 방송하는 에이전트 광고메시지의 홉 수를 비교하여 이동을 탐지하는데, 현재 등록되어있는 에이전트에게 받은 에이전트 광고메시지의 홉 수 보다 2홉 이상 짧은 에이전트 광고메시지를 다른 외부에이전트에게 받으면 그 외부에이전트에게 등록을 한다. 현재 등록된 에이전트로부터 연속된 4개의 에이전트 광고메시지를 수신하지 못하는 경우 에이전트의 연결이 끊어진 것으로 판단하고 새로운 외부에이전트를 탐색하며, 다른 외부에이전트로부터 수신된 에이전트 광고가 없을 경우 에이전트 요청절차를 수행한다.

에이전트 광고메시지를 전달하는 방법으로는 주기적으로 에이전트 광고메시지를 네트워크 전체로 브로드캐

스팅 하는 방법, 외부에이전트에 등록된 애드 혹 노드에 게만 에이전트 광고메시지를 주기적으로 방송하는 방법, 에이전트 요청에 대한 응답으로 전달되는 에이전트 광고메시지를 브로드캐스팅 하는 방법 등이 제안되고 있다. 에이전트 광고메시지를 주기적으로 방송하는 방식을 사용 할 경우에는 애드 혹 네트워크로의 부하를 감소시키기 위해 Mobile IP에서 일반적인 방송주기(초당 1회) 보다 길게 설정하여 사용하고 있다(5초당 1회). 하지만 이 같은 경우 역시 애드 혹 네트워크 내에 브로드캐스트 스톰(broadcast storm) 현상이 자주 발생되어 이동노드의 에너지 낭비와 네트워크 부하를 초래하기 때문에 이동성 에이전트의 관리 영역의 크기와 이동 노드들의 등록요청 메시지 수를 줄이는 방법이 필요하다. 이를 위해 본 논문에서는 MAAM과 AMAAM을 제안한다.

2.2 DSDV 기반 통합

Y. C. Tseng et. al.은 DSDV를 이용하여 Mobile IP와 MANET의 통합하는 구조를 제안하였다[13]. 이들이 제안한 구조는 하나의 게이트웨이(외부에이전트) n홉 영역내의 MANET과 연결을 담당하게 하였다. 또한 모든 이동노드는 DSDV를 이용하여 자신의 라우팅 정보를 교환한다. 이렇게 함으로 게이트웨이는 자신의 관할 지역 내에 있는 모든 이동노드들의 이동성 정보 및 위치 정보를 파악할 수 있게 된다. MIPMANET과는 달리 게이트웨이가 자신의 영역 내에 있는 모든 이동노드들의 정보를 알고 있기 때문에, 외부 망에 있는 CN이 입의 이동노드에게 데이터패킷을 전달 할 경우 이들의 홈에이전트를 통하여 터널로 패킷을 받을 수 있게 된다. 하지만, 노드들의 이동성이 많은 MANET 환경에서 DSDV를 사용할 경우, MANET내에 있는 이동노드들의 정보를 각 이동노드들이 저장해야 하기 때문에 각 노드의 배터리 소모량과 라우팅 정보를 저장하기 위한 부하가 가중되는 문제점이 있다.

2.3 MEWLANA

MEWLANA(Mobile Enriched Wireless Local Area Network Architecture)는 인터넷을 3개의 도메인 즉, 인터넷 도메인(Internet domain), 외부에이전트 도메인

(FA domain), 애드 혹 도메인(Ad hoc domain)으로 구분하여 이동노드가 외부에이전트를 통하여 인터넷에 접속할 수 있도록 제안되었다. MEWLANA는 외부에이전트 발견, 이동노드 등록, 터널링(tunneling) 및 라우팅 메커니즘으로 구성되어 있다[14].

MEWLANA는 라우팅 정보의 취득 방법에 따라 테이블 드리븐(table driven) 방식을 채택한 MEWLANA-TD와 트리기반의 양방향 라우팅(tree based bidirectional routing)방식을 채택한 MEWLANA-RD로 구분한다. MEWLANA-TD에서 외부에이전트가 에이전트 광고 메시지를 표준 Mobile IP로 외부에이전트 도메인 안에 있는 이동노드에게 전달하면, 이동노드들에 의하여 애드 혹 도메인에 DSDV를 이용하여 전달된다. MEWLANA-RD는 트리를 기반 한 양방향 라우팅을 제공하는 루트 드리븐 라우팅(root driven routing)을 사용한다.

외부에이전트는 트리의 루트가 되고 이동노드는 트리의 브랜치(branch)가 되어 주기적으로 루트가 비콘(beacon) 신호를 브랜치로 플러딩 한다. 비콘 신호를 받은 이동노드는 외부 네트워크와 접속을 원할 때 등록요청(registration request)메시지를 비콘 신호를 전달한 상위노드에게 전달함으로써 트리가 생성된다. MIPMANET 처럼 MEWLANA-RD에서는 외부와 통신을 원하는 이동노드가 자신의 상위 노드에게 등록 요청 메시지를 전달하면 루트와 해당 노드사이의 양방향 트리가 생성되어 통신이 가능하게 된다. 하지만 이 방법 역시 등록요청 메시지를 전달하지 않으면 외부에서 특정 이동노드에 대한 위치정보를 알지 못하기 때문에 메시지를 보낼 수 없다.

2.4 관련 연구 비교

본 절에서는 AODV에 기반한 MIPMANET과 MAAM, AMAAM을 비교한다. DSDV에 기반한 기술들은 시간에 따라 네트워크 위상이 다양하게 변하고 경로 단절에 자주 발생하는 애드 혹 네트워크에서는 부적절하기 때문에 이들과의 비교는 제외한다. 또한 MAAM과 AMAAM은 MIPMANET과 별개의 기법이 아니라 MIPMANET

표 1 관련연구 비교

항 목	MIPMANET	MAAM	AMAAM
애드 혹 라우팅 알고리즘	AODV	AODV	AODV
이동성 서비스를 지원하기 위한 애드 혹 네트워크의 크기	제한 없음	4홉 이내 (가변기능)	4홉 이내 (가변기능)
에이전트 부하	과중	보통	작음
제어 메시지 트래픽	과중	보통	작음
응답시간	짧다	짧다	길다
중간 노드의 응답 메시지 취합	없다	없다	있다
이동노드 에너지 소비	많다	보통	작다
이동성 서비스 영역	크다	작다	작다

에서 에이전트 광고 메시지를 플러딩 할 때 사용할 수 있는 기법을 다시 밝혀둔다.

MIPMANET에서는 에이전트가 광고 메시지를 주기적으로 플러딩 할 때 TTL값을 한정하지 않고 전달하기 때문에 에이전트가 관리해야 할 애드 혹 네트워크의 영역이 커지고, 제어 메시지 트래픽 증가하여 에이전트의 부하 증가와 이동성 노드들의 에너지 소비가 증가 한다. 애드 혹 네트워크는 시간에 따라 위상이 동적으로 변하고 경로 단절이 자주 발생한다. 때문에 두 노드사이의 자료를 전송하고 있는 중에도 끊임없이 경로가 변하고, 경로 복구(local repair)과정이 반복된다. 이것은 애드 혹 네트워크 안에 있는 모든 이동노드들에게 자신과 관계없는 제어 메시지를 받고 재전송해야 하는 라우터의 기능을 담당하기 때문이다. 즉, MIPMANET에서 이동성 서비스를 해야 할 애드 혹 네트워크의 영역 제한이 없기 때문에 이동노드들의 이동성 서비스 부여 기회는 증가하지만 다른 이동노드들의 제어 메시지를 전송해야 함으로 이동노드들의 부하가 증가하게 된다.

MAAM와 AMAAM에서는 이동노드들에게 주어지는 이러한 부담을 줄이기 위해 이동성 에이전트가 관리해야 할 애드 혹 네트워크의 크기를 제한하였다. 물론 이동성 서비스의 영역은 MIPMANET보다 작지만 제한된 이동노드들의 에너지 소비를 감소할 수 있고 애드 혹 네트워크의 과도한 트래픽 발생을 억제할 수 있다.

AMAAM은 MAAM보다 더 효과적으로 제어 메시지들의 트래픽을 억제한다. MAAM에서는 이동노드가 에이전트 광고 메시지를 받으면 바로 응답메시지를 전달하지만 AMAAM에서는 TTL의 값에 따라 일정시간 만큼 대기 한 후 자신을 경유하여 에이전트 광고 메시지를 받은 이동 노드들의 응답 메시지를 취합 한 후 자신의 응답 메시지에 추가하는 방법을 사용한다.

3. 에이전트 광고 메시지 전달기법

본 절에서는 본 논문에서 제안하는 MAAM(Mobility Agent Advertisement Mechanism)과 AMAAM(Aggregation based Mobility Agent Advertisement)에 대하여 설명한다. MAAM과 MAAM은 MIPMANET에서 이동성 에이전트(mobility agent)가 에이전트 광고 메시지(Agent Advertisement Message)를 브로드캐스팅 할 때 이용할 수 있는 기법이다.

MAAM은 특별한 기법 없이 단순하게 에이전트 광고 메시지를 브로드캐스팅 하는데 TTL을 최대 4로 하여 전달한다. TTL을 4로 한정된 것은 이동성 에이전트가 관장할 애드 혹 네트워크의 범위를 작게 하기 위함이다. 이동성 에이전트가 관장해야 할 애드 혹 네트워크의 범위가 크게 되면, 에이전트 광고 메시지가 지속적으로 애

드 혹 네트워크에 전달되어 여기에 속한 이동 노드들의 부하가 증가되고 에너지 소비가 많이 일어나기 때문이다.

3.1 Mobile IP와 MANET의 통합

Mobile IP와 MANET의 통합을 위해 가장 중요한 것은 이동성 에이전트이다. Mobile IP에서 이동성 에이전트는 1홉 범위내의 이동노드들의 위치정보를 관리 하면서 이동노드들의 홈에이전트와 이동노드를 연결하는 중재 역할을 담당한다. 하지만 Mobile IP에서는 2홉 이상 떨어진 이동노드들에 대하여는 이동성 정보(위치 정보)를 가지고 있지 않기 때문에 이동노드에게 이동성 서비스를 제공할 수 없다. 그림 2에서 이동노드 MN1은 이동성 에이전트의 중재로 이동성 서비스를 받을 수 있지만 이동노드 MN2, MN3은 이동성 에이전트의 1홉 영역 밖에 있기 때문에 이동성 서비스를 받을 수 없다.

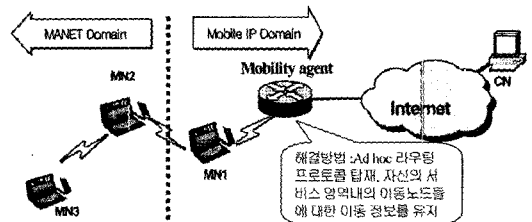


그림 2 Mobile IP에서 이동성 에이전트의 이동성 서비스 영역

이동성 에이전트가 MANET과 인터넷을 연결하기 위해서는 둘 이상의 네트워크에 연결을 위한 프로토콜 스택을 가지고 있어야 중재 역할을 할 수 있다. 그림 3은 MAAM과 AMAAM에서 이동노드와 이동성 에이전트 및 인터넷 노드(CN)의 프로토콜 스택을 나타낸 것이다. MANET의 물리계층과 데이터링크계층은 IEEE 802.11b를 사용하고 전달 계층은 AODV를 이용하여 UDP/TCP 패킷을 전달한다.

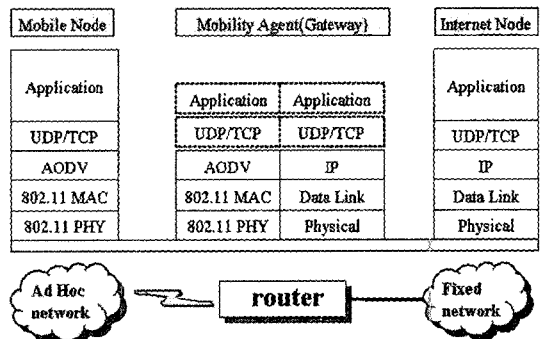


그림 3 MAAM과 AMAAM의 프로토콜 스택

3.2 MAAM

MAAM은 이동성 에이전트가 주기적으로 에이전트 광고메시지를 MANET에 브로드캐스팅(TTL=4)하여 MANET내에 있는 이동노드에게 자신의 존재를 알리고, 각 이동노드들로부터 받은 응답메시지를 이용하여 이동노드에게 이동성 서비스를 제공한다. 즉, MAAM은 MIPMANET에서 이동성 에이전트로부터 n홉(실협에서는 4홉으로 설정) 내에 있는 이동노드들에게 이동성 서비스를 제공하기 위해 필요한 정보를 유지하고 관리하는 기법이다. MIPMANET에서는 에이전트 광고 메시지를 TTL의 제한 없이 플러딩하기 때문에 이동성 에이전트가 관리해야 할 이동 노드의 수가 증가하여 애드혹 네트워크의 제어 트래픽이 증가하고, 이동 노드들의 에너지가 낭비 될 수 있기 때문에 MAAM에서는 TTL값으로 이동성 서비스를 지원할 애드혹 네트워크 크기를 조정할 수 있다. 물론 TTL값을 지정하지 않으면 MIPMANET과 동일한 방법으로 에이전트 광고 메시지가 전달된다.

MAAM에서 에이전트 광고메시지는 AODV를 이용하여 전달하고, 에이전트 광고메시지를 받은 이동노드는 에이전트에게 등록(registration)을 위한 응답메시지(reply message)를 전달한다. 각 이동노드가 에이전트 광고메시지를 받으면 응답 메시지를 생성하여 에이전트에게 전달한다. 홈에이전트(HA) 또는 외부에이전트(FA)가 각 이동노드에게 응답메시지를 받으면 각 이동노드의 정보를 라우팅 테이블에 저장하고 각 이동노드들의 홈에이전트에게 등록을 수행한다.

MAAM은 에이전트 광고메시지를 전달함과 동시에

이를 받은 모든 이동노드가 응답메시지를 보내기 때문에 외부에이전트가 관장하는 모든 영역의 이동노드에 대한 정보를 외부에이전트가 가지게 된다. 에이전트는 주기적으로 자신의 에이전트 광고메시지를 브로드캐스팅 하고, 각 이동노드에게 받은 응답메시지를 이용하여 해당 이동노드의 정보를 자신의 라우팅 테이블에 저장하는데, 라우팅 테이블은 이동노드의 이동에 따라 동적으로 변하게 된다. 에이전트 광고메시지의 관할 영역(전송범위)은 TTL값으로 조정되며 TTL값이 커질수록 에이전트의 부하가 가중되고 브로드캐스트 스톱 현상이 크기 때문에 에너지 소비와 트래픽 낭비 발생된다. 새로운 이동노드가 자신의 관할 영역에 진입한 것을 감지하면 에이전트는 등록 요청 메시지를 해당 이동노드의 홈에이전트에게 전달한다.

이와 같은 동작은 이동노드의 요청 없이 에이전트에 의하여 이루어지는 것으로 이동노드의 홈에이전트에게 이동노드의 위치 정보를 줌으로서 외부 호스트가 해당 이동노드에게 데이터 패킷을 전달할 수 있도록 해준다. 즉, 에이전트가 이동노드에 전달되는 패킷을 받으면 이를 분해(de_capsulation)하여 해당 이동노드에게 전달한다. 관할영역에 있는 이동노드가 CN에게 전달할 데이터 패킷을 보내오면 먼저 자신의 라우팅 테이블에 해당 CN을 검색하며, CN이 있으면 AODV 모드로 데이터 패킷을 전달하고, 없으면 표준 IP로 인터넷에 전달한다.

이동노드가 에이전트 광고메시지를 받으면 자신의 라우팅 테이블을 검색하여 해당 에이전트에 대한 정보가 없으면 삽입하고, 있는 경우 에이전트의 시퀀스번호(sequential number)를 비교하여 최신의 정보로 갱신한다.

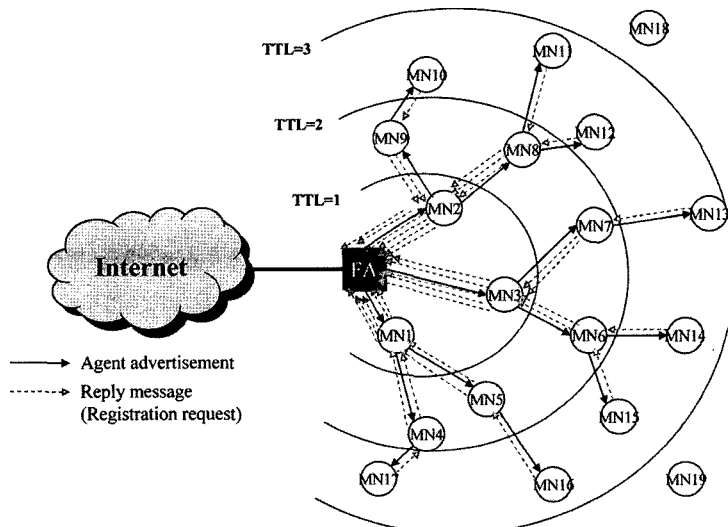


그림 4 MAAM의 에이전트 광고와 응답 메시지 전달

그리고 응답 메시지를 만들어 외부에이전트에게 전달하고 에이전트 광고메시지의 TTL을 1감소하여 MANET에 플러딩 한다. CN에게 전달 할 데이터 패킷이 있는 경우, 이를 AODV 모드로 에이전트에게 전달한다.

그림 4에서 MN2가 FA의 에이전트 광고메시지를 받으면 FA에 대한 정보를 자신의 라우팅 테이블에 저장하고 바로 FA에게 응답메시지를 전달한다. 그리고 에이전트 광고메시지의 TTL 값을 1감소하여 이를 플러딩 한다. 같은 방법으로 MN9가 광고메시지를 받으면 MN2로 응답메시지를 보내고 에이전트 광고메시지의 TTL 값을 1감소하여 플러딩 한다. MN2가 MN9에게 응답메시지를 받으면 MN9의 정보를 자신의 라우팅 테이블에 저장하고 이를 FA에게 포워딩 한다.

표 2는 그림 4의 에이전트 광고 메시지를 브로드캐스팅하고 이동노드에게 응답 메시지를 받은 후 외부 에이전트의 라우팅 테이블을 나타낸 것이다.

표준 AODV에서는 에이전트를 광고하기 위한 제어 패킷이 없기 때문에 본 논문에서는 그림 5와 같이 에이전트 광고 메시지 패킷을 AODV에 추가하였다.

각 이동노드가 에이전트 광고 메시지를 받으면 응답 메시지를 생성하여 에이전트에게 전달하는데, 응답 메시지는 AODV의 RREP 패킷에 v 비트(advertisement reply bit)와 이동노드의 홈에이전트의 주소를 추가하여 그림 6과 같이 RREP를 확장하였다.

3.3 AMAAM

MAAM은 모든 이동노드가 매번 에이전트 광고메시지를 받으면 응답메시지를 전달하기 때문에 MANET의 트래픽이 증가되어 각 이동노드의 에너지와 대역폭 낭

type	R	A	V	reserved	prefix	Hop count
Destination address						
Destination Sequence number						
Originator IP address						
Lifetime						
Home Agent Address						

R - repair flag
A - acknowledgment required
V - advertisement reply flag
 그림 6 응답 메시지(RREP 확장)

비를 초래하게 된다. 이 문제를 해결하기 위해 에이전트 광고메시지에 대한 등록메시지를 중간노드가 취합(agggregation)하여 에이전트에게 전달하는 AMAAM을 제안한다. AMAAM에서는 이동노드가 에이전트에게 에이전트 광고메시지를 받으면 TTL을 검사하여 TTL값에 따라 등록메시지의 전달시간을 달리한다. 등록메시지를 전송하기 위한 대기상태에서 이웃한 노드에게 자신을 경유하여 에이전트에게 전달되는 등록메시지가 전달되면 이 메시지를 자신의 등록메시지에 추가하여 에이전트에게 전달한다. 즉, AMAAM은 각 노드가 전달하는 등록메시지 수를 줄이기 위해 중간에 있는 노드들이 자신의 등록메시지에 자신이 받은 다른 이동노드들의 등록메시지를 추가하여 전달한다.

그림 7에서 외부에이전트 FA가 에이전트 광고메시지 (TTL=3)를 전달하면, 이를 받은 이동노드들은 TTL의

표 2 FA의 라우팅 테이블

목적지 destination	다음 홉 next hop	홉 수	시퀀스번호 sequence number	홈 에이전트 HA	라이프타임 lifetime
MN2	MN2	1	132	165.229.191.130	5203
MN9	MN2	2	77	165.229.110.3	1289
MN10	MN2	3	122	203.244.149.93	4002
MN13	MN3	3	322	165.229.192.13	3234
...					
MN15	MN1	2	512	203.245.110.6	231

Type	Hop Count	Sequential Number	Agent Address	CoAs
------	-----------	-------------------	---------------	------

- ✓Type : 5
- ✓Hop Count : 초기 0, 이동 노드가 +1증가 하여 flooding.
- ✓Sequential Number : Agent가 주기적으로 광고메시지를 전달할 때마다 1씩 증가 (최신의 정보 유지)
- ✓Agent Address : 이동성 에이전트의 IP
- ✓CoAs : Care of address(실함에서는 사용 안함)

그림 5 AODV에서 Agent Advertisement 패킷

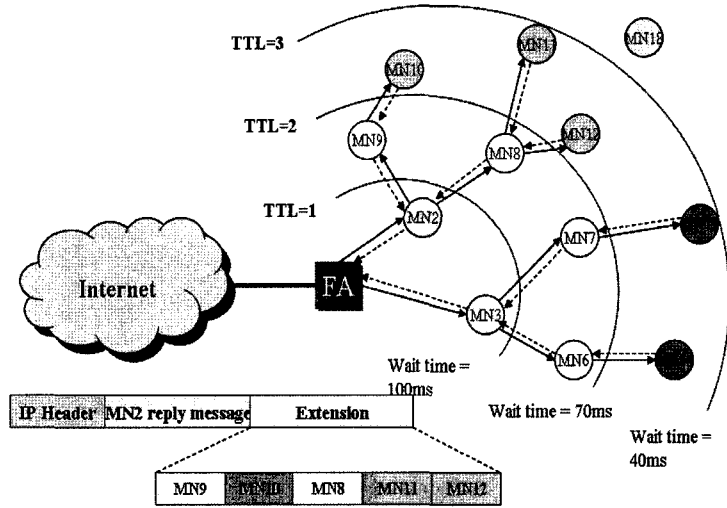


그림 7 AMAAM에서 응답 메시지 취합 및 확장 메시지

값에 따라 등록메시지 전달 대기시간을 결정한다. 예를 들어 그림 5와 같이 TTL=1일 경우 80msec, TTL=2일 경우 60msec, TTL=3일 경우 40msec 등과 같이 대기 시간을 지정할 때 MN2가 에이전트 광고메시지를 받으면 80msec 대기후에 RREP(reply message)를 전달한다. MN9와 MN8은 60msec 후에 MN10, MN11, MN12는 40msec 후에 RREP를 전달한다. MN2가 등록 메시지를 전달하기 전에 MN9와 MN8에게 RREP를 받으면 이를 자신의 RREP에 확장하여 FA에게 전달한다. 같은 방법으로 MN10은 MN9를 통해 에이전트 광고메시지를 받았기 때문에 MN9에게 RREP를 보내면 MN9는 60msec 동안 대기 후 MN10의 RREP를 자신의 RREP 메시지에 확장하여 전달하게 되며 MN11, MN12는 MN8을 통해 에이전트 광고메시지를 받았기 때문에 MN8에게 RREP를 보내면 MN8은 60msec 동안 대기 후 MN11, MN12의 RREP를 자신의 RREP 메시지에 확장하여 전달하게 된다.

그림 8은 MAAM과 AMAAM의 시간에 따른 응답메시지 전달수의 차이를 나타낸 그림이다. [a]의 MAAM의 경우 link1은 MN1, MN2, MN3, MN4의 응답 메시지가 각각 전달되지만 [b]의 AMAAM의 경우 link1은 MN1의 응답메시지가 전달되면 MN2, MN3, MN4의 응답 메시지는 MN1에 확장되어 전달되기 때문에 네트워크 트래픽의 낭비가 작게 된다.

이동성 에이전트가 에이전트 광고 메시지를 플러딩하고 응답메시지를 받을 때까지 시간을 응답시간(turn around time)이라고 정의 하자. AMAAM에서는 일정 시간 만큼 대기후에 응답메시지를 전송하기 때문에 MAAM에 비해 응답시간에 길다. 즉, $t_m \geq t_n$ 이 됨으

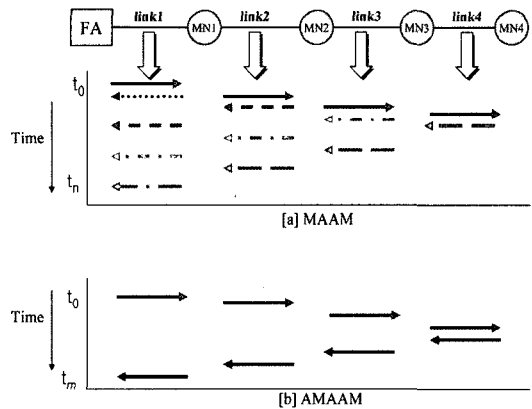


그림 8 MAAM과 AMAAM의 등록메시지 전달 수 차이

로 에이전트가 자신의 영역에 있는 모든 이동노드들의 위치 정보를 파악하는데 더 많은 시간이 소요된다. 하지만 이 시간은 극히 짧은 시간이기 때문에 MANET의 연결지연에는 큰 영향을 주지 않는다.

등록메시지 전달 대기시간은 NS2에서 실험을 통하여 얻은 값을 근거로 결정하였다. 즉, 에이전트가 에이전트 광고 메시지를 브로드캐스팅하고 응답 메시지를 받을 때까지 시간(1홉의 경우)을 검토한 결과 최대 20msec이내에 모든 응답 메시지가 도착하였다. 그래서 에이전트와 TTL이 1홉이면 80msec 대기, 2홉이면 60msec, 3홉이면 40msec 후 응답 메시지를 전달하도록 설정하여 실험하였다. TTL이 4인 경우 대기 시간 없이 바로 응답 메시지를 전달한다. 대기시간을 너무 작게 할 경우, 즉 홉 당 20msec이하인 경우 자신을 경유하여 에이전트 광고 메시지를 받은 이동노드의 응답을 받기 이전

자신의 응답메시지를 전달하기 때문에 에이전트는 모든 이동노드의 응답 메시지를 수신하지 못하는 경우가 발생한다. 또한 대기 시간이 너무 긴 경우 응답시간이 증가하는 문제점이 있다.

3.4 TTL값 및 대기시간 결정

MAAM과 AMAAM에서 TTL값은 임의로 지정할 수 있다. TTL값에 따라 이동성 서비스를 지원 할 수 있는 영역이 결정되는데 TTL값을 아주 크게 하면 MAAM은 MIPMANET과 동일하게 된다. 하지만 TTL값을 크게 하면 애드 혹 네트워크의 영역이 커지게 되어 브로드캐스트 스톱 현상뿐만 아니라 노드의 이동에 따른 과도한 경로 설정 메시지 및 경로 복구 메시지가 빈번하게 전달됨으로 주의해야 한다. 본 논문에서는 성능 실험을 위하여 TTL 값을 4로 하였다. 최적의 TTL 값 선정은 본 논문의 영역에서 제외하고 차후 연구과제로 남겨 두었다.

홉 수에 따른 대기시간(delay)은 NS2에서 실험을 통하여 얻은 값을 근거로 결정하였다. 즉, 1홉의 경우 에이전트가 에이전트 광고 메시지를 브로드캐스팅하고 응답을 받을 때까지 시간을 검토한 결과 최대 20msec이내에 모든 응답 메시지가 도착함을 알 수 있었다. 이 값에 근거하여 이동노드가 에이전트와 거리가 1홉이면 80msec 대기 하고 2홉이면 60msec, 3홉이면 40msec 대기 후 응답 메시지를 전달한다. 대기시간을 너무 작게 할 경우(홉 당 20msec이하) 자신을 경유하여 에이전트 광고 메시지를 받은 이동노드의 응답을 받기 전에 자신의 응답메시지를 전달하기 때문에 에이전트는 모든 이동노드의 응답 메시지를 수신하지 못하는 경우가 발생한다. 또한 너무 긴 경우 전체적인 응답시간이 증가하는 단점이 있다. 최적의 대기시간 결정 역시 본 논문의 중요한 성능 파라미터인데 이 문제 역시 차후 연구과제로 남겨 둔다.

4. 실험

4.1 실험 시나리오

MAAM과 AMAAM의 성능평가를 위해 NS-2를 사용하였다. 하드웨어 환경은 P-4 2.6Gz, RAM 512M, 리눅스 Mandrake 9.2를 기반으로 2.4.22 커널을 사용하였으며, 소스코드는 AODV-UU[16]를 기반으로 MAAM과 AMAAM 메커니즘을 구현하였다. 본 논문에서 실시한 시뮬레이션 모델은 NS-2에서 제공하는 시나리오 생성기(SetDest)를 이용하여 작성하였으며 구체적인 환경은 다음과 같다. 1000m×1000m 공간에서 1개의 에이전트와 이동노드 49개를 임의로 배치하고 10개의 연결이 무작위로 이루어지도록 하여 성능을 평가하였다. 공통적인 시나리오 모델은 표 3, 성능평가를 위한 파라미터는 표 4와 같다.

표 3 시나리오 모델

네트워크 크기	1000m X 1000m
시뮬레이션 시간	50초
라우팅 프로토콜	AODV-UU
CBR 연결	10개
Agent / Mobile Node	1개 / 49개
에이전트 위치	x=550, y=900
에너지 소모량	rxPower=0.396, txPower=0.660
초기 에너지	20 joule

표 4 성능평가를 위한 파라미터

Delivery Ratio	패킷 전달 비율(%)
Throughput	데이터 처리량(byte)
Remaining ratio of Mobile Node(%)	Mobile Node의 에너지 잔존량 (%)
Remaining ratio of FA(%)	에이전트의 에너지 잔존량(%)
Standard deviation	에너지 소모량의 표준편차(Joule)

실험 1 MIPMANET 환경의 네트워크관리 비용과 제안기법의 성능 비교

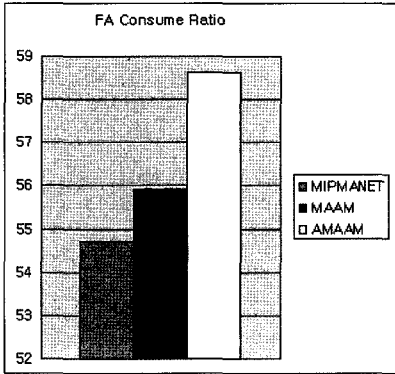
첫 번째 실험은 유무선 통합망인 MIPMANET과 본 논문에서 제안하는 메커니즘인 MAAM과 AMAAM을 성능 평가 한다. 실험은 10가지의 다른 토폴로지를 생성하여 MIPMANET, MAAM, AMAAM 환경에서 반복 실험하였으며 결과는 표 5와 같다. 비교 결과 모든 평가 항목에서 본 논문에서 제안하는 MAAM과 AMAAM이 MIPMANET보다 성능이 우수함을 알 수 있다.

표 5 MIPMANET과 제안 기법 성능 비교

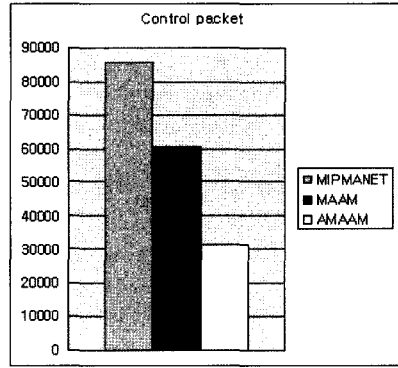
평가 항목	MIPMANET	MAAM	AMAAM
Delivery ratio	94.649	95.959	97.059
Throughput	9700	9825	9936
FA Energy Consume Ratio	54.69	55.93	58.64
MN Energy Consume Ratio	71.32	72.86	76.85
AODVUU sent(C)	14511	8546	3995
AODVUU received(D)	71145	52237	27355

그림 9는 FA의 에너지 잔존량과 제어패킷 수를 나타내는데, MIPMANET에서는 TTL값을 한정하지 않고 전달하기 때문에 에이전트가 관리해야 할 애드 혹 네트워크의 영역이 커지고, 제어패킷 트래픽이 증가하여 에이전트의 부하 증가와 이동성 노드들의 에너지 소비가 증가한 것을 볼 수가 있다.

실험 2 제어패킷과 데이터 패킷을 포함한 노드의 에너지 소모량 분석



(a) FA 에너지 잔존량



(b) 제어패킷 수

그림 9 FA의 에너지 잔존량과 제어 패킷 수

실험 2는 제어패킷과 데이터패킷의 에너지 소모량을 비교 분석하기 위하여 실험 시간을 500초, 그리고 이동노드의 이동속도는 10m/sec로 하였으며 데이터 전송을 5초마다 한번 씩 데이터를 전송하도록 하였다. 그리고 에너지 소모량은 기본 값으로 수신할 때 소모량 rx Power=0.395, 전송할 때 소모량 txPower=0.660으로 설정하여 실험을 하였다. 표 6은 제어패킷과 데이터패킷을 포함한 노드의 에너지 잔존량에 대해서 실험한 결과를 표로 나타내었다.

그림 10과 그림 11은 표 6을 토대로 그래프로 나타내었다. 이번 실험에서는 데이터 전송 간격을 5초로하였기 때문에 빈번한 데이터의 전송으로 인해 트래픽이 증가하고 에이전트(FA)와 이동노드의 에너지 소모량이 많음을 알 수 있다. 또한 MAAM과 AMAAM을 비교 하였을 때 네트워크 위상에 따른 에너지 소모량의 차이는 있었지만 같은 위상에서는 AMAAM의 에너지 소모량이 훨씬 적음을 알 수 있다.

실험 3 데이터패킷을 제외한 노드의 에너지 소모량 분석

다음 실험은 데이터 패킷 수를 최대한 줄여 제어패킷의 에너지 소모량만을 비교 분석하기 위하여 데이터 전송 간격을 5초에서 100초로 설정함으로써 실험 1 보다 데이터 패킷 수를 20배 줄였다. 여기서 데이터 패킷의 전송과 수신에 소모되는 에너지양은 아주 미세하므로 무시한다. 실험 시간은 500초 그리고 노드의 이동 속도 10m/sec로 하였으며 소모되는 에너지양 txPower=0.660으로 설정하여 실험을 하였다. 표 7은 데이터 패킷을 제외한 노드의 에너지 잔존량에 대해서 실험한 결과를 나타낸다.

이번 실험 3에서는 패킷 전송 간격을 100초로 하여 데이터패킷의 전송과 수신에 의해 소모되는 에너지양을 제외하고 제어패킷의 전송과 수신에 따른 에너지 소모량을 비교 분석하였다. 그림 12와 그림 13에서 살펴보면

표 6 제어패킷과 데이터패킷을 포함한 노드의 에너지 잔존량

rxPower=0.396 txPower = 0.660				
	Remaining ratio of FA		Remaining ratio of Mobile Node	
	MAAM	AMAAM	MAAM	AMAAM
1	17.45	50.58	26.55	56.07
2	17.45	52.98	28.48	56.44
3	25.88	53.73	33.44	58.47
4	42.13	55	47.28	57.50
5	18.06	44.24	27.02	48.51
6	16.46	30.48	25.29	37.97
7	31.20	50.11	37.47	53.44
8	19.39	46.7	27.28	51.23
9	12.46	42.13	22.00	47.32
10	20.57	40.97	20.48	45.35
AVG	22.11	46.69	29.53	51.23

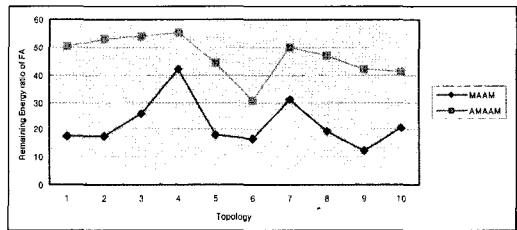


그림 10 FA의 에너지 잔존량(디플트)

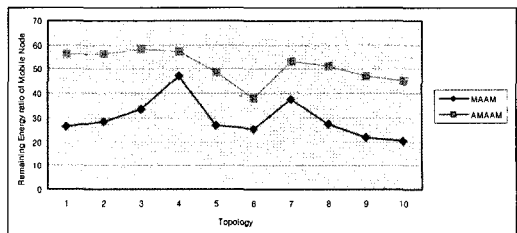


그림 11 이동노드의 에너지 잔존량(디플트)

그림 7 데이터 패킷을 제외한 노드의 에너지 잔존량

rxPower=0.396 txPower = 0.660				
	Remaining ratio of FA		Remaining ratio of Mobile Node	
	MAAM	AMAAM	MAAM	AMAAM
1	70.16	88.12	73.46	88.22
2	70.20	87.64	72.64	87.55
3	71.23	87.80	73.77	87.84
4	69.56	87.78	73.82	89.57
5	73.23	87.55	75.24	87.52
6	69.05	87.67	71.99	87.63
7	73.05	88.01	75.49	88.08
8	68.70	87.46	71.12	89.13
9	68.42	87.56	71.39	89.38
10	71.14	87.68	74.91	87.68
AVG	70.47	87.73	73.38	87.73

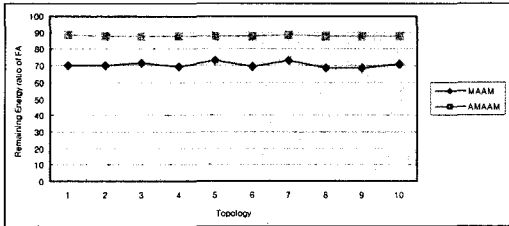


그림 12 제어패킷에 의한 에이전트의 에너지 잔존량 (디폴트)

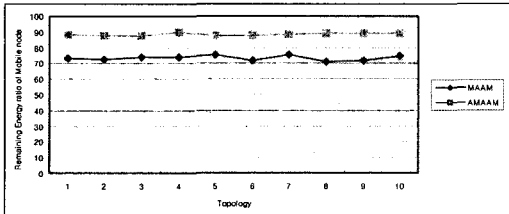


그림 13 제어패킷에 의한 이동노드의 에너지 잔존량 (디폴트)

실험 2의 에너지 소모량에 비해 제어패킷만 전송과 수신에 에너지를 소모하였기 때문에 소모량이 많이 줄었음을 볼 수 있다. 그리고 MAAM과 AMAAM의 비교에서는 실험 2와 같이 AMAAM이 에너지 소모량이 적음을 볼 수 있다.

실험 4 제어패킷의 전송 및 수신 에너지 비교 분석

다음 실험은 제어패킷의 전송과 제어패킷의 수신에 있어서 소모되는 에너지양을 측정하여 그 성능을 비교 분석하기 위하여 실험 시간 500초 그리고 노드의 이동 속도 10m/sec 데이터 전송간격을 100초로하였다. 전송에 소모되는 에너지양(txPower=0.660)과 수신에 소모되는 에너지양(rxPower=0.396)을 같은 네트워크 위상에서

표 8 전송 에너지만 고려한 노드의 에너지 잔존량 (rxPower=0.0)

rxPower=0.0 txPower = 0.660				
	Remaining ratio of FA		Remaining ratio of Mobile Node	
	MAAM	AMAAM	MAAM	AMAAM
1	97.06	97.58	94.52	97.65
2	97.06	97.59	94.44	97.28
3	97.09	97.59	94.69	97.27
4	99.05	99.63	94.5	97.26
5	97.16	97.59	94.69	97.09
6	97.02	97.59	94.16	97.29
7	97.15	97.6	94.87	97.3
8	97.02	99.62	94.15	97.25
9	97	99.61	93.99	97.25
10	99.11	99.63	94.64	97.11
AVG	97.472	98.403	94.465	97.275

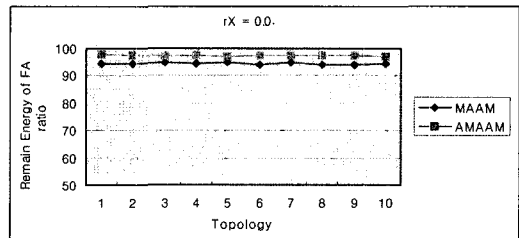


그림 14 전송 에너지만 고려한 에이전트의 에너지 잔존량 (rxPower=0.0)

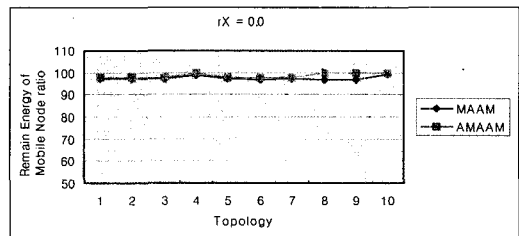


그림 15 전송 에너지만 고려한 이동노드의 에너지 잔존량 (rxPower=0.0)

전송과 수신에서 소모되는 에너지 값을 측정하였다.

rxPower는 패킷을 수신할 때 소모하는 에너지로서 rxPower=0.0이라는 것은 수신할 때에는 에너지를 소모하지 않고 전송할 때만 에너지를 소모하겠다는 의미로서 그림 14, 그림 15에서 에이전트와 이동노드 그리고 MAAM과 AMAAM 사이에서도 큰 차이를 보이지 않는다.

하지만 그림 16, 그림 17에서는 MAAM과 AMAAM이 큰 차이를 보이는데, 이것은 전송하는 에너지를 고려하지 않은 txPower=0.0으로 설정한 것으로 전송하는데 소모되는 에너지양에 비해 수신하는데 소모되는 에너지

표 9 수신 에너지만 고려한 노드의 에너지 잔존량
(txPower = 0.0)

	rxPower=0.396 txPower = 0.0			
	Remaining ratio of FA		Remaining ratio of Mobile Node	
	MAAM	AMAAM	MAAM	AMAAM
1	75.63	90.47	74.36	88.6
2	75.76	90.35	73.53	87.92
3	76.54	90.53	74.63	88.2
4	75.06	90.51	74.77	89.94
5	78.54	90.45	76.04	87.88
6	74.89	90.37	72.92	88
7	78.17	90.7	76.3	88.44
8	74.54	90.2	72.05	89.2
9	74.42	90.31	72.35	89.76
10	76.49	90.57	75.79	89.57
AVG	76.004	90.446	74.274	90.446

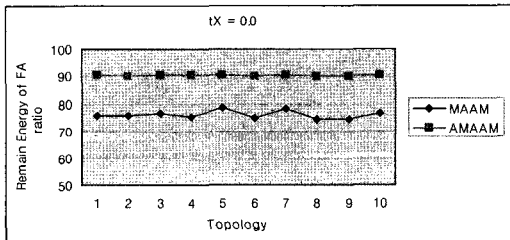


그림 16 수신 에너지만 고려한 에이전트의 에너지 잔존량
(txPower=0.0)

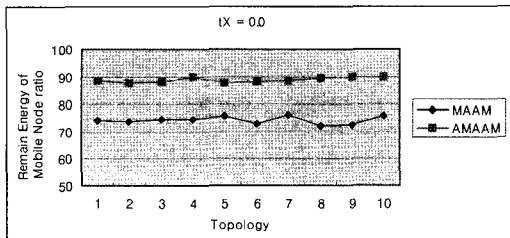


그림 17 수신 에너지만 고려한 이동노드의 에너지 잔존량
(txPower=0.0)

양이 훨씬 많다. 이것은 노드들이 패킷을 수신하는데 에너지를 대부분 소모하는 것으로 볼 수 있다. 그리고 MAAM과 AMAAM 사이에서는 AMAAM의 에너지 소모량이 적음을 알 수 있으며, 이는 AMAAM이 제어 패킷을 취합하여 보내기 때문에 제어패킷 수 자체가 MAAM보다 많이 줄었음을 알 수 있다. 즉, 네트워크내의 트래픽의 감소했음을 알 수 있다.

5. 결론 및 향후연구 과제

본 논문에서는 Mobile IP와 MANET의 결합을 위해

제안 MIPMANET에서 이동성 에이전트가 에이전트 광고 메시지를 브로드캐스팅 할 때 효과적으로 플러딩 할 수 있는 MAAM과 AMAAM을 제안하였다.

MAAM과 AMAAM의 이동성 에이전트는 주기적으로 에이전트 광고 메시지를 플러딩 함으로 각 이동노드에게 응답 메시지를 받아 각 이동노드의 이동성을 파악하고 외부 네트워크와 접속을 가능하게 한다. 제안한 기법에서는 MANET에 속한 이동노드의 밀집 정도(dense mode vs sparse mode)에 따라 이동성 에이전트는 TTL값을 조정하여 이동성 서비스를 지원해줄 MANET의 크기를 결정할 수 있다. MAAM에서는 과도한 응답 메시지가 발생할 수 있는데 이것을 보완하기 위하여 AMAAM에서는 중간 노드가 응답메시지를 취합함으로 MANET 전체의 트래픽을 감소시켰다.

앞으로 연구과제는 이동노드의 수에 따라 최적의 TTL값을 결정할 수 있는 방법과 TTL값에 따른 최적의 대기시간을 결정하기 위한 연구가 과제로 남아 있다.

참고 문헌

- [1] C. Perkins, "IP Mobility support," RFC2002, October 1996.
- [2] C. Perkins, "IP Mobility support for IPv4," RFC3344, August 2002.
- [3] E. M. Royer and C.-K. Toh, "A Review of Current Routing Protocols for Ad-Hoc Mobile Wireless Networks," IEEE Personal Communications, pp.46-55, April 1998.
- [4] C. E. Perkins, "Ad Hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing," Internet Draft, IETF MANET Working Group, draft-ietf-manet-aodv-12.txt, November 2002.
- [5] C. E. Perkins and E. M. Royer, "Ad-hoc On-Demand Distance Vector Routing," Proceedings of the 2nd IEEE workshop on Mobile Computing Systems and Applications, pp.90-100, February 1999.
- [6] C. E. Perkins and P. Bhagwat, "Highly-Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing (DSDV) for Mobile Computers," Computer Communication, pp.234-244, October 1994.
- [7] T. Clausen, P. Jacquet, A. Laouti, P. Minet, P. Muhlethaler, A. Qayyum and Laurent Viennot, "Optimized Link State Routing Protocol," Internet Draft, IETF MANET Working Group, draft-ietf-manet-olsr-07.txt, December 2002.
- [8] R. G. Ogier, M. G. Lewis and F. L. Templin, "Topology Broadcast Based on Reverse-Path Forwarding," Internet Draft, IETF MANET Working Group, draft-ietf-manet-tbrpf-06.txt, November 2002.
- [9] D. B. Johnson, D. A. Maltz, Yih-Chun Hu and J.

G. Jetcheva, "The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks (DSR)," Internet Draft, IETF MANET Working Group, draft-ietf-manet-dsr-07.txt, February 2002.

- [10] J. Haas and M. R. Perlman, "The Zone Routing Protocol (ZRP) for Ad Hoc Networks," Internet Draft, IETF MANET Working Group, draft-ietf-manet-zone-03.txt, March 2000.
- [11] Ulf Jonsson, Fredrik Alriksson, Tony Larsson, Per Johansson and Greal Q. Maguire Jr, "MIP-MANET - Mobile IP for Mobile Ad Hoc Networks," IEEE MobiHoc, pp.75-85, August 2000.
- [12] N. A. Fikouras, K. Malki, S. R. Cvetkovic and C. Smythe, "Performance of TCP and UDP during Mobile IP Handoffs in Single-Agent Subnetworks," Proceedings of the WCNC99 Conference, Vol.3, pp.1258-1262, September 1999.
- [13] Y. C. Tseng, C. C. Shem and W. T. Chem, "Integrating Mobile IP with Ad Hoc Networks," IEEE Computer Society, pp. 48-55, May 2003.
- [14] M. Ergen and A. Puri, "MEWLANA-Mobile IP Enriched Wireless Local Area Network Architecture," IEEE Vehicular Technology Soc., pp. 2449-2453, September 2002.
- [15] K. Fall and K. Varadhan, Eds., "NS notes and documentation," <http://www.isi.edu/nsnam/ns>, University of Southern California, 1999.
- [16] B. Wiberg, "Porting AODV-UU implementation to ns-2 and Enabling Trace-based Simulation," UPPSALA University Master's Thesis in Computer Science, December 2002.



김 기 형

1990년 한양대학교 공학사. 1992년 한국과학기술원 공학석사. 1996년 한국과학기술원 공학박사. 2001년 AdForce, Inc 선임연구원. 1997년~2005년 영남대학교 컴퓨터공학과 부교수. 2005년~현재 아주대학교 정보및컴퓨터공학부 부교수. 관심

분야는 무선 센서네트워크, IEEE 802.15.4, Ad Hoc Networks, Embedded System

김 중 근

정보과학회논문지 : 정보통신
제 33 권 제 1 호 참조



박 찬 흠

2002년 한국교육개발원 컴퓨터공학과 공학사. 2004년 영남대학교 컴퓨터공학과 공학석사. 현재 영남대학교 컴퓨터공학과 박사과정. 관심분야는 컴퓨터네트워크, Mobile Ad hoc Network.



서 현 곤

1994년 경성대학교 이학사. 1996년 경성대학교 이학석사. 2004년 영남대학교 공학박사. 1994년~1997년 티센크루프동양엘리베이터(주) 기술연구소 주임연구원. 2001년~2003년 대구대학교 정보통신공학부 BK21교수. 2004년~2005년 영남대학교 컴퓨터공학과 강의전담교수. 2005년~현재 한라대학교 정보통신공학부 전임강사. 관심분야는 애드 혹 네트워크, RFID/USN, Embedded System