

Ad-hoc 네트워크에서의 Mobile IP 지원

Mobile IP Support in Ad-hoc Networks

신재욱(J.W. Shin)	무선Ad-hoc연구팀 선임연구원
나지현(J.H. Na)	IP이동성연구팀 선임연구원
이해룡(H.R. Lee)	스트리밍기술팀 선임연구원
남상우(S.W. Nam)	이동통신기반기술연구부 책임연구원, 부장
김상하(S.H. Kim)	충남대학교 컴퓨터학과 교수

본 문서는 Ad-hoc 네트워크가 인터넷과 연동되는 환경에서 Mobile IP 기능을 지원하기 위한 기술에 대한 연구 동향을 분석한다. Mobile IP는 이동 노드와 Foreign Agent(FA) 간에 링크 레벨의 연결이 존재하는 네트워크 환경에서 동작하지만, Ad-hoc 네트워크의 경우 노드간에 멀티 홉 라우팅에 의한 통신 방법을 기본적으로 사용하고 있고, 노드의 자유로운 이동으로 인하여 이동 노드에서 FA로의 루트가 수시로 변경되는 특성을 가지고 있기 때문에 Ad-hoc 네트워크에서 Mobile IP를 지원하는 데에는 여러 가지 문제점이 따른다.

I. 서론

Ad-hoc 네트워크는 노드들에 의해 자율적으로 구성되는 네트워크로서 네트워크의 구성 및 유지를 위해 기지국이나 액세스 포인트와 같은 기반 네트워크 장치를 필요로 하지 않는다. Ad-hoc 노드들은 무선 인터페이스를 사용하여 서로 통신하며 멀티 홉 라우팅에 의해 무선 인터페이스가 가지는 통신 거리 상의 제약을 극복하고 있다. 그리고, 노드의 이동이 자유롭기 때문에 네트워크 토폴로지(topology)가 동적으로 변화하는 특성을 가진다[1],[2].

Ad-hoc 네트워크는 인터넷과 같은 기반 네트워크에 완전히 독립된 형태로 존재하거나 또는 이에 연동되는 형태로 존재할 수 있다. 기존에는 독립된 형태로 존재하는 Ad-hoc 네트워크에 대한 연구가 주를 이루어 왔으나 최근에는 Ad-hoc 네트워크의 다양한 응용 확대를 위해 인터넷과 연동되는 Ad-

hoc 네트워크에 대한 연구도 많은 관심을 끌고 있다. Ad-hoc 네트워크는 인터넷으로의 관문 역할을 하는 하나 이상의 인터넷 게이트웨이(Internet Gateway)에 의해 인터넷에 연동된다. 인터넷 게이트웨이는 Ad-hoc 네트워크와 인터넷 간의 패킷 라우팅 기능을 제공하며 네트워크 주소 변환(Network Address Translation: NAT)이나 Mobile IP Foreign Agent(FA) 기능에 의해 Ad-hoc 노드들이 인터넷에 접속할 수 있게 하여 준다.

Mobile IP 기술은 글로벌(global)하게 라우팅 가능한 홈(home) 주소를 가진 이동 노드들이 인터넷 상에서 자유롭게 로밍(roaming)하며 다른 인터넷 노드와 통신할 수 있도록 해 준다. Mobile IP는 이동 노드와 Foreign Agent(FA) 간의 링크 레벨의 통신, 즉 단일-홉 통신을 기본 가정으로 하고 있다[3]. 그러나, Ad-hoc 네트워크에서는 노드간 멀티 홉 통신을 기본적으로 사용하고 있기 때문에 노드와 FA

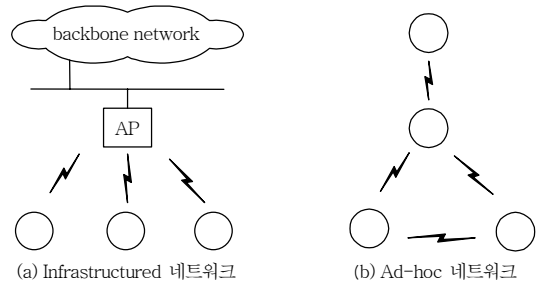
간도 멀티 홉 루트를 통해서 연결된다. 이와 같은 네트워크 구조 및 통신 방식의 차이는 Mobile IP를 Ad-hoc 네트워크에 적용하는 데에 많은 문제점을 야기시키고 있다.

본 논문에서는 Ad-hoc 네트워크가 인터넷과 연동되는 환경에서 Mobile IP 기능을 제공하는 기술에 대한 주요 연구 이슈 및 연구 동향을 분석하고자 한다. 본 논문의 II장에서는 Ad-hoc 네트워크와 Mobile IP 기술에 대한 주요 특성을 간단히 기술하고, III장에서는 Ad-hoc 네트워크에서 Mobile IP를 지원하기 위해 해결해야 할 주요 문제점들을 기술한다. 그리고, IV장에서는 앞 장에서 기술된 문제점에 기초하여 기존에 발표된 주요 연구 내용들을 분석하고, V장에서 결론을 맺는다.

II. 주요 기술 개요

1. Ad-hoc 네트워크

무선 네트워크는 infrastructured 네트워크와 infrastructureless 네트워크의 두 가지 형태로 분류할 수 있다. Infrastructured 네트워크는 (그림 1)의 (a)와 같이 액세스 포인트(Access Point: AP)와 같은 기반망 장치에 의해 노드들간에 통신이 이루어지는 형태로서 셀룰러 망이나 무선 랜과 같은 기존의 대부분의 네트워크가 여기에 포함된다. 반면에, Ad-hoc 네트워크라고 불리는 infrastructureless 네트워크는 (그림 1)의 (b)와 같이 기반망 장치의 도움없이 노드들간에 자율적으로 구성되는 네트워크이다. Ad-hoc 노드들은 무선 인터페이스에 의해 서로 통신하기 때문에 전송 대역폭이나 통신 거리 상의 제약이 발생하며, 원거리 노드간의 통신을 위해 네트워크 내의 다른 노드로의 멀티 홉 루트를 찾아내고 유지하는 라우터 기능을 수반한다. 또한, Ad-hoc 노드들은 대개 자유로운 이동이 가능하기 때문에 네트워크 토폴로지가 동적으로 변화하는 특성을 가진다. Ad-hoc 네트워크의 필요성이 부각되는 분야로는 긴급 구조 작전, 긴급한 정보 공유가 필요한 회의, 전쟁터에서



(그림 1) Infrastructured 네트워크와 Ad-hoc 네트워크

의 군사 네트워크 등이 있다.

Ad-hoc 네트워크는 앞서 기술한 바와 같이 네트워크 토폴로지가 동적으로 변화하는 특성을 가지기 때문에 이를 효율적으로 지원할 수 있는 라우팅 프로토콜에 대한 연구가 Ad-hoc 네트워크의 주요 연구 분야로 자리 매김하고 있다. Ad-hoc 라우팅 프로토콜은 일반적으로 table-driven 방식과 on-demand 방식으로 분류된다.

가. Table-driven(Proactive) 라우팅 프로토콜

기존 유선 인터넷에서의 라우팅 프로토콜과 유사한 방식으로, 네트워크 내의 모든 노드들이 네트워크 토폴로지에 대한 정보를 획득하기 위해 일관된 라우팅 정보를 주기적으로 교환함으로써 루트 관리를 하도록 한다. 즉, 루트 정보를 저장하기 위하여 하나 또는 그 이상의 테이블을 가지며, 네트워크 정보를 주기적으로 전파하여 모든 노드들이 일관된 라우팅 테이블 정보를 갱신하며 유지한다. Table-driven 라우팅 프로토콜에는 Destination Sequenced Distance Vector(DSDV), Optimized Link State Routing Protocol(OLSR), Topology Broadcast Based on Reverse-Path Forwarding(TBRPF) 등이 있다.

나. On-demand(Reactive) 라우팅 프로토콜

네트워크 내의 트래픽 발생에 의해 노드로부터의 요구가 있을 경우에 루트가 설정된다. 목적지로의 루트가 필요하면, 네트워크 내의 루트 탐색 프로세

스를 작동시키며, 이 프로세스는 루트가 성공적으로 탐색되거나, 모든 가능한 루트에 대한 탐색이 끝난 후에 완료된다. 탐색된 루트는 링크 단절 등으로 인하여 목적지로의 접근이 불가능하게 되거나, 더 이상 필요가 없을 때까지 유지된다. On-demand 라우팅 프로토콜에는 Ad-hoc On-demand Distance Vector(AODV), Dynamic Source Routing(DSR), Temporally Ordered Routing Algorithm(TORA), Associativity-Based Routing(ABR) 등이 있다.

IETF(Internet Engineering Task Force) MANET(Mobile Ad-hoc NETwork) 작업 그룹에서는 IP 프로토콜을 기반으로 하는 이동 Ad-hoc 네트워크의 라우팅 프로토콜에 대한 표준화 작업을 진행하고 있다. 현재까지 라우팅 프로토콜의 성능 평가에 대한 표준 문서인 RFC2501가 작성 완료된 상태이며, AODV, DSR, OLSR, TBRPF 등의 주요 라우팅 프로토콜에 대한 드래프트가 계속 리비전되어 검토중이다.

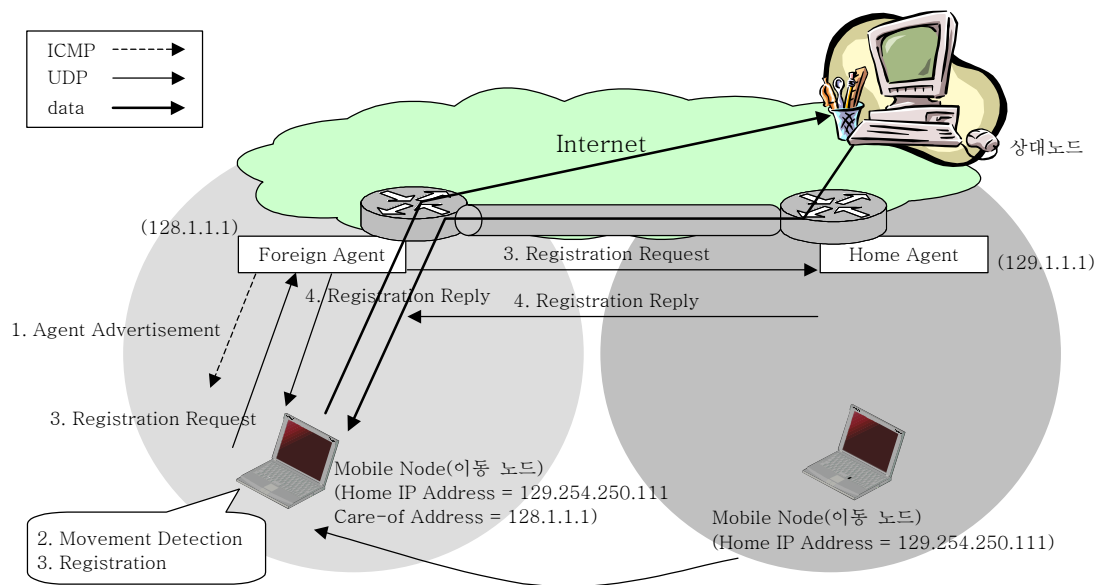
2. Mobile IP

Mobile IP는 기존의 인터넷 프로토콜의 수정 없이

IP 이동성을 지원하기 위한 프로토콜로 C.E. Perkins 에 의해 제안된 IETF 표준 프로토콜이다. 이는 RFC 002에서 IP 이동성 지원을 위한 망 구조, 프로토콜 일 반에 대하여 기술되었던 것이 최근 두 번의 리비전을 거쳐 현재는 RFC 3344[4]에서 기술하고 있다.

Mobile IP에서는 고유의 IP 주소를 가진 노드가 다른 서브넷(subnet)으로 이동하더라도 인터넷 접속이 가능하도록 하기 위하여 이동 노드(Mobile Node), Foreign Agent, Home Agent라는 노드에서 IP에 이동성을 지원할 수 있도록 규정한다. 이동 노드에서는 자신의 이동 사실을 감지하기 위한 에이전트 탐색(Agent Discovery), 이동 시 이를 FA와 HA에 알려 주기 위한 등록(Registration) 절차를 수행하고, Foreign Agent에서는 에이전트 광고, 등록 메시지의 처리 및 이에 따른 방문 가입자 관리를 수행하며, Home Agent에서는 에이전트 광고와 등록 메시지에 따른 이동 노드의 바인딩(binding) 정보 관리 기능을 수행한다.

(그림 2)는 이동 노드가 서브넷이 다른 망에서 접속하였을 때 Mobile IP 처리 절차를 보여준다. 이동 노드가 서브넷간의 이동을 하였을 때 이동 노드는 FA로부터 Agent Advertisement 메시지를 수신하



(그림 2) 이동 노드의 서브넷간 이동 시 Mobile IP 처리 절차

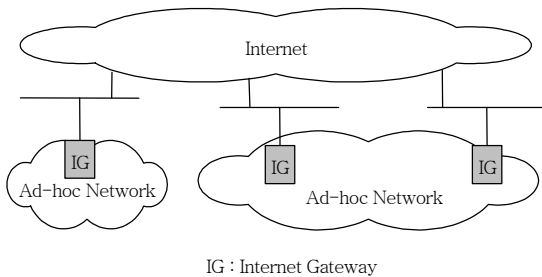
여 이동 사실을 감지한다. 이동 감지 결과 이동 노드가 자신의 서브넷과 다른 망에 접속하였다고 판단하면, FA에서 송신한 Care-of Address(COA)를 HA에 등록하여 자신의 이동 사실을 알리고, HA에서는 이를 접수하여 등록 결과를 응답한다. 이러한 등록 절차가 완료되면, 이동 노드로 들어오는 데이터 패킷들은 HA에서 터널링되어 FA로 전송되며, FA에서는 이를 이동 노드로 직접 전달하게 되어 상대 노드들로부터의 데이터를 수신할 수 있으며, 상대 노드로 데이터를 송신하는 경우에는 일반 인터넷 라우팅 방식에 따라 데이터가 전송된다.

III. Ad-hoc 네트워크에서의 Mobile IP 지원

1. 네트워크 구조

Ad-hoc 네트워크는 (그림 3)과 같은 형태로 인터넷과 연동될 수 있다. Ad-hoc 네트워크가 인터넷과 연동되기 위해서는 Ad-hoc 네트워크와 인터넷에 동시에 속하는 노드인 인터넷 게이트웨이가 존재하여야 한다. 하나의 Ad-hoc 네트워크에는 하나의 인터넷 게이트웨이 또는 서로 다른 서브넷에 속한 둘 이상의 인터넷 게이트웨이가 포함될 수 있다.

인터넷 게이트웨이는 Ad-hoc 노드와의 통신을 위한 무선 인터페이스 및 인터넷과의 통신을 위한 유선 인터페이스를 모두 가지고 있으며, 이동 Ad-hoc 네트워크와 인터넷 간의 패킷 라우팅 기능을



(그림 3) Ad-hoc 네트워크와 인터넷간의 연동 구조

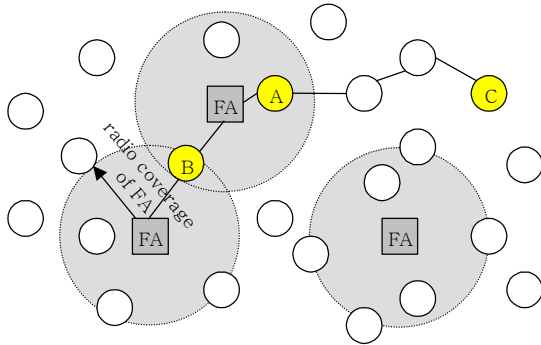
수행한다. 따라서, 인터넷 게이트웨이는 Ad-hoc 노드로 동작하기 위한 Ad-hoc 라우팅 프로토콜을 기본적으로 탑재하고 있으며 인터넷에 연결된 특정 서브넷의 일원으로 동작한다. Ad-hoc 네트워크 내에서 Mobile IP 기능이 제공될 경우 인터넷 게이트웨이는 FA로 동작한다.

2. 연구 이슈

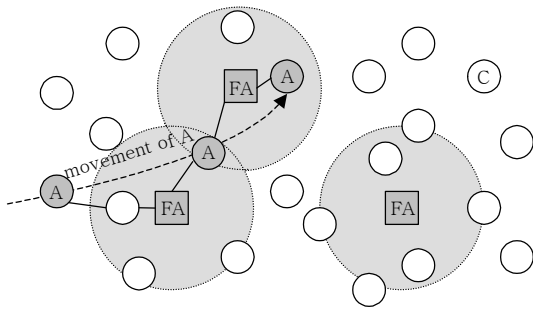
가. 에이전트 탐색 및 등록

Mobile IP가 지원되는 이동 노드는 유선 또는 무선 인터페이스에 의해 FA와 직접 연결된다. 즉, 링크 계층 상으로 이동 노드와 FA간에 연결이 존재하고 있다. 그러나, Ad-hoc 네트워크에서는 FA와 이동 Ad-hoc 노드간에 일반적으로 링크 계층의 연결이 존재하지 않는다. (그림 4)에서 보는 바와 같이 FA의 무선 전송 영역에 속하는, 즉 FA로부터 1-홉 무선 거리에 위치한 노드(예, 노드-A 또는 노드-B)는 FA와의 링크 계층으로 연결이 되나, FA의 무선 전송 영역 밖에 위치한 노드(예, 노드-C)는 링크 계층 상으로 FA와의 연결을 가지지 못한다. 대신, 이와 같은 Ad-hoc 노드는 네트워크 계층의 멀티 홉 루트를 사용하여 FA와 연결된다.

FA는 Agent Advertisement 메시지를 주기적으로 Ad-hoc 네트워크로 브로드캐스팅하여 Ad-hoc 노드에게 자신의 주소 정보를 알려준다. 반대로, HA에 등록하고자 하는 Ad-hoc 노드가 제한된 시간 안에 FA로부터 아무런 Agent Advertisement 메시지를 수신하지 못하면 Agent Solicitation 메시지를 FA로 전달하여 Agent Advertisement 메시지의 전송을 요청한다. 주기적인 Agent Advertisement 메시지와 Agent Solicitation 메시지는 Ad-hoc 네트워크 전체로 브로드캐스팅되기 때문에 네트워크에 심각한 부하를 야기시킨다. 이와 같이 Mobile IP를 지원하는 Ad-hoc 노드가 HA에 등록하는 데 필요한 Agent Advertisement와 Agent Solicitation 메시지를 어떻게 하면 Ad-hoc 네트워크에 최소한의 오버헤드를 주면서 전달할 것인가가



(그림 4) Ad-hoc 노드와 FA간의 연결



(그림 5) Ad-hoc 노드의 이동에 따른 FA 선택

주요 연구 이슈가 되고 있다.

하나의 Ad-hoc 네트워크에는 하나 이상의 FA가 존재하기 때문에 Ad-hoc 노드는 다수의 FA로부터 Agent Advertisement 메시지를 수신할 수 있다. Ad-hoc 노드가 Mobile IP에 등록하기 위해서는 자신에게 Agent Advertisement 메시지를 송신한 FA 중의 하나를 선택하고, 선택된 FA를 통해 자신의 HA에 등록한다. FA의 선택은 (그림 5)에서와 같이 Ad-hoc 노드가 Ad-hoc 네트워크에 처음 진입하였을 경우의 초기 FA 선택과, Ad-hoc 노드가 Ad-hoc 네트워크 내에서 이동하면서 새로운 FA로부터 Agent Advertisement 메시지를 수신하거나 기존에 등록된 FA와의 연결이 끊어진 경우 새로운 FA로 핸드오버하는 경우로 나눌 수 있다. Ad-hoc 노드에서 FA의 선택은 FA로의 루트에 대한 홉-수, 전송 지연, 트래픽 로드, 루트 안정성 등 여러 가지 판단 기준에 의해 선택이 가능하며, 적절

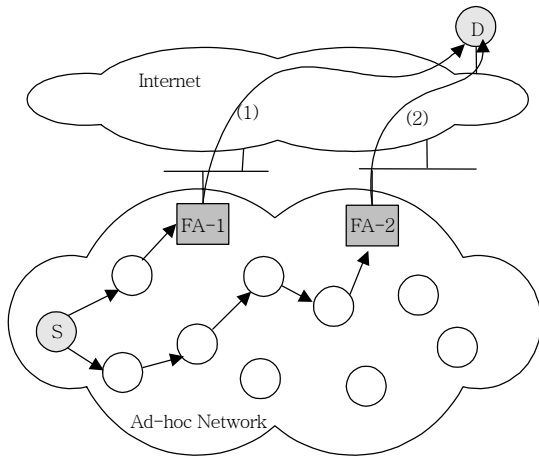
한 FA의 선택은 Ad-hoc 네트워크의 성능에 큰 영향을 준다.

나. 목적 노드의 위치 판별

Ad-hoc 노드가 인터넷 노드로 패킷을 전달하고자 할 경우 인터넷으로의 게이트웨이 역할을 하는 FA로 패킷을 전달해야 한다. 그러나, 패킷을 보내고자 하는 Ad-hoc 노드가 패킷의 목적지 주소만으로는 목적 노드가 Ad-hoc 네트워크 내에 있는지, 아니면 Ad-hoc 네트워크 외부의 인터넷에 접속해 있는 노드인지를 판별하기가 어렵다. 이는 Ad-hoc 네트워크에서 사용하는 IP 주소 체계가 일반적으로 flat한 구조를 가지며 따로 서브넷을 구성하지는 않기 때문이다. 인터넷에서 사용되는 계층적인 구조의 IP 주소는 노드의 식별뿐만 아니라 위치 정보까지 제공하고 있지만, Ad-hoc 네트워크에서 사용하는 flat한 구조의 주소는 단지 노드의 식별 기능만 제공하기 때문이다. 목적 노드에 대한 루트 엔트리를 가지고 있을 경우에는 문제가 없으나 루트 정보가 없을 경우에는 목적 노드가 Ad-hoc 노드인지 아닌지를 판단하여야 한다. 이를 위해 Ad-hoc 라우팅 프로토콜의 루트 탐색 절차나 FA에서의 visitor-list 정보가 사용될 수 있다. 목적 노드에 대한 위치 판별을 최소한의 지연으로 수행할수록 네트워크의 성능을 향상시킬 수 있다.

다. FA로의 패킷 라우팅

인터넷 게이트웨이에서 라우팅되는 트래픽 패킷은 Ad-hoc 네트워크 노드간의 패킷, Ad-hoc 노드에서 인터넷 노드로 전달되는 패킷, 인터넷 노드에서 Ad-hoc 노드로 전달되는 패킷으로 구분할 수 있다. Ad-hoc 노드간의 트래픽 패킷은 Ad-hoc 라우팅 프로토콜에 의해서 수행된다. 인터넷 노드에서 Ad-hoc 노드로 전달되는 트래픽 패킷은 Mobile IP에 의해 HA에서 FA로 터널링되며, FA에서는 터널링되어 온 패킷을 디캡슐레이션(decapsulation)한 후 Ad-hoc 라우팅 프로토콜을 사용하여 Ad-hoc



(그림 6) Ad-hoc 노드에서 인터넷 노드로의 패킷 라우팅

노드로 전달한다. Ad-hoc 노드에서 인터넷 노드로 전달되는 트래픽 패킷은 일단 FA로 라우팅된 후 FA에서 해당 목적 노드로 라우팅한다. Ad-hoc 노드에서 FA로의 라우팅 또한 Ad-hoc 네트워크 내에서의 라우팅을 사용하여 전달하며 Ad-hoc 노드에서 인터넷 노드로의 패킷을 FA로 어떻게 라우팅하는지 하는 것은 인터넷 노드에 대한 루트 정보를 Ad-hoc 라우팅 프로토콜에서 어떻게 관리하는지의 문제로 기술될 수 있다.

Ad-hoc 네트워크 내에 다수의 FA가 존재하는 경우 Ad-hoc 노드는 자신이 현재 등록된 FA와 무관하게 임의의 FA를 통해서 목적 노드로 트래픽을 전달할 수 있다. (그림 6)의 경우, Ad-hoc 노드 S는 인터넷 노드 D로 전달할 패킷을 FA-1 또는 FA-2를 경유하는 두 개의 루트를 통해서 전달할 수 있다. 인터넷 노드로의 트래픽 패킷이 전달될 FA의 선택은 Ad-hoc 네트워크 내에서의 라우팅 정책, 즉 홉 수, 지연, 부하, 루트 안정성 등의 여러 가지 기준에 의해 선택 가능하다.

라. 프로토콜 구현

Agent Advertisement나 Agent Solicitation의 경우 ICMP 프로토콜에서 지원되고 있다. 그러나, 이 기능을 Ad-hoc 라우팅 프로토콜 레벨에서 수행한다면 FA로의 루트 정보를 부가적으로 전달할 수

있는 이점이 있다. 앞 절에서 기술된 Mobile IP와 관련된 여러 기능과 절차들을 Ad-hoc 네트워크 내에서 어떻게 구현할 것인가의 문제는 얼마나 효율적으로 Mobile IP 기능을 Ad-hoc 네트워크 내에서 구현할 것인가이며, 이것은 기존의 Mobile IP 기능과 Ad-hoc 라우팅 프로토콜 간의 독립성 문제와 연관된다.

IV. 주요 연구 분석

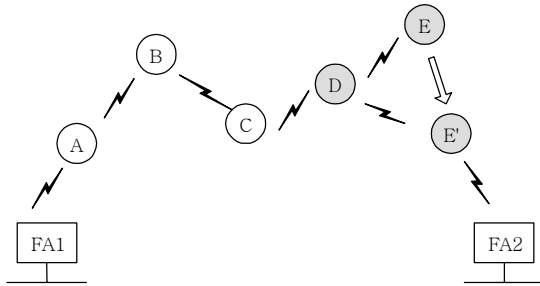
1. MIPMANET

U. Jonsson et al.[5]은 AODV 라우팅 프로토콜을 사용하는 IPv4 Ad-hoc 네트워크에서의 Mobile IP 지원방식인 MIPMANET(Mobile IP for MANET)을 제안하고 있다. MIPMANET은 Ad-hoc 노드에서 인터넷 노드로 전달되는 패킷을 FA로 리버스 터널링(Reverse Tunneling)을 사용하여 전달하며, MMCS(MIPMANET Cell Switching)에 기반한 FA 간 핸드오버를 특징으로 하고 있다.

가. 에이전트 탐색

MIPMANET에서 Agent Advertisement 메시지를 전달하는 방법으로는 주기적으로 Agent Advertisement 메시지를 네트워크 전체로 브로드캐스팅하는 방법, FA에 등록된 Ad-hoc 노드에게만 Agent Advertisement 메시지를 주기적으로 방송하는 방법, Agent Solicitation에 대한 응답으로 전달되는 Agent Advertisement 메시지를 브로드캐스팅하는 방법 등이 제안되고 있다. Agent Advertisement 메시지를 주기적으로 방송하는 방식을 사용할 경우에는 Ad-hoc 네트워크로의 부하 감소를 위해 Mobile IP에서 일반적인 방송 주기(초당 1회)보다 길게 설정하여 사용하고 있다(5초당 1회).

FA와 이동 노드 사이에는 멀티 홉이 가능하기 때문에 다수의 FA로부터 Agent Advertisement 메시지를 수신하는 경우 Mobile IP에서 고려되고 있는 Lazy Cell Switching(LCS)이나 Eager Cell



(그림 7) 노드 이동에 따른 FA 재선택

Switching(ECS)에 의한 FA의 재선택은 적당하지 않다. MIPMANET에서는 두 번의 연속되는 Agent Advertisement 동안 현재 등록된 FA보다 적어도 두 홉 이상 가까이 위치한 FA가 있을 경우에 새로운 FA에 등록하는 MMCS 알고리즘을 사용한다. MMCS는 잦은 FA 재선택에 따른 등록 변경을 방지하도록 하여 준다. (그림 7)에서와 같이 노드 E가 이동하여 E'의 위치가 될 때 노드 D와 E'가 FA1과 FA2로부터 동시에 Agent Advertisement 메시지를 수신하고, 현재 등록된 FA1으로의 홉 수보다 FA2로의 홉-수가 2홉 이상 가깝기 때문에 FA2로 새롭게 등록한다. 현재 등록된 FA로부터 연속된 4개의 Agent Advertisement 메시지를 수신하지 못하는 경우 FA로의 연결이 끊어진 것으로 판단하고 새로운 FA를 탐색하며, 다른 FA로부터 수신된 Agent Advertisement가 없을 경우 Agent Solicitation 절차를 수행한다.

나. 패킷 라우팅

이동 노드가 FA를 거쳐 HA로의 등록을 완료하면 해당 FA로의 디폴트 루트를 설정한다. Ad-hoc 노드가 패킷 트래픽을 전송하고자 할 경우 목적 노드에 대한 호스트 루트가 존재하지 않으면 AODV 라우팅 프로토콜[6]의 루트 탐색 절차에 의해 목적 노드로의 루트를 탐색한다. 루트 탐색이 성공적으로 완료되면 목적 노드가 Ad-hoc 네트워크 내에 존재하므로 탐색된 루트를 통해서 패킷을 라우팅한다. 루트 탐색이 실패하면 목적 노드를 인터넷 노드로 판단하고 목적 노드에 대한 루트를 디폴트 루트로

설정한다. 그리고, 트래픽 패킷을 리버스 터널링에 의해 디폴트 루트, 즉 FA로 전달한다. FA는 리버스 터널링에 의해 Ad-hoc 노드로부터 수신한 패킷을 디캡슐레이션한 후 목적 노드까지 패킷을 라우팅한다. FA로의 루트가 끊어진 경우에는 해당 FA로의 디폴트 루트 및 디폴트 루트를 사용하는 모든 호스트 루트 정보를 삭제한다.

2. IPv4 Ad-hoc 네트워크를 위한 글로벌 연결성

E.M. Belding-Royer et al.[7]는 AODV 라우팅 프로토콜을 사용하는 IPv4 Ad-hoc 네트워크에서의 Mobile IP 지원 방식을 제안하고 있다. 제안된 방식은 Mobile IP 등록을 위해 AODV 루트 탐색 기능과 연계한 Proactive Agent Solicitation 절차, 루트 탐색 시 FA에서의 F-RREP 전달에 의한 목적 노드의 위치 판별 기능, 그리고 인터넷 노드로의 패킷 전달 시 FA로의 디폴트 루트에 의한 패킷 라우팅 기능을 특징으로 한다.

가. 에이전트 탐색

FA는 Agent Advertisement 메시지를 주기적으로 Ad-hoc 네트워크 전체로 브로드캐스팅 한다. Agent Advertisement 메시지를 수신한 Ad-hoc 노드는 FA의 주소 정보를 알 수 있게 되며 AODV 라우팅 프로토콜의 루트 탐색 절차에 의해 FA로의 루트 정보를 획득한다. FA로의 루트가 설정되면 FA의 주소를 Care-of-Address로 하는 Mobile IP 등록 메시지를 FA로 라우팅하여 HA로 전달되게 한다.

FA를 탐색하는 또 다른 방법으로, Mobile IP 등록을 원하는 Ad-hoc 노드가 'All Mobility Agents' 멀티캐스트 주소(224.0.0.11)를 목적지로 하는 RREQ 메시지를 브로드캐스팅하여 FA로의 루트를 찾는 Proactive 에이전트 탐색 절차가 제안되고 있다. FA 또는 FA로의 루트 정보를 가지고 있는 노드가 이 RREQ 메시지를 수신하면 응답으로 FA-RREP를 소스 노드에게로 전달하며, FA-RREP를 수신한

소스 노드는 FA로의 루트를 통해 Agent Solicitation 메시지를 유니캐스트하게 전달하며, 이 메시지를 수신한 FA는 Agent Advertisement 메시지를 소스 노드에게 유니캐스트하게 전달한다. 그러면 소스 노드는 HA로의 등록 절차를 수행한다.

나. 패킷 라우팅

데이터 패킷을 전송할 경우 데이터 패킷의 목적 노드에 대한 루트 정보가 라우팅 테이블에 존재하면 이 루트 정보를 이용하여 라우팅한다. 그렇지 않을 경우에는 AODV 루트 탐색 절차를 사용하여 해당 목적 노드에 대한 루트를 탐색한다. FA가 RREQ를 수신한 경우 해당 목적 노드에 대한 루트 정보를 가지고 있으면 RREP로 응답하고 그렇지 않을 경우에는 FA-RREP로서 응답한다. 소스 노드가 RREP를 수신하면 목적 노드가 Ad-hoc 네트워크 내에 있는 것으로 판단하며, FA-RREP만을 수신한 경우에는 목적 노드를 인터넷 노드로 판단한다. 그리고, 소스 노드에서 FA로 설정된 루트 정보를 통해 데이터 패킷을 FA로 전달한다.

3. IPv6 Ad-hoc 네트워크를 위한 글로벌 연결성

IPv6 망에서 이동 노드는 주소 자동 설정(address autoconfiguration) 기능을 통해 자신에게 새롭게 할당된 글로벌한 주소를 Co-located Care-of-Address(CCOA)로 사용한다. 따라서, IPv4 망에서와 달리 IPv6 망을 위한 Mobile IP에서는 FA가 존재하지 않으며, FA와 이동 노드 간에 필요한 Agent Advertisement와 Agent Solicitation 절차가 불필요하다. R. Wakikawa et al.[8],[9]은 IPv6 Ad-hoc 네트워크에서의 글로벌한 인터넷 연결 방식을 제안하고 있다. 제안된 방식에서 Ad-hoc 노드는 IPv6의 Neighbor Discovery Protocol(NDP) 또는 On-demand 라우팅 프로토콜의 루트 탐색 절차에 기초하여 글로벌하게 라우팅 가능한 IP 주소를 새로 설정하고, 이 주소를 CCOA로 사용하여 Mobile

IPv6가 지원될 수 있음을 기술하고 있다.

가. 인터넷 게이트웨이 탐색

두 가지의 인터넷 게이트웨이 탐색 방법을 제안하고 있다. 첫번째 방법은 On-demand Ad-hoc 라우팅 프로토콜의 루트 탐색 메시지를 확장하는 개념이고, 두번째 방법은 IPv6 Neighbor Discovery Protocol(NDP)의 Router Advertisement/Route Solicitation 메시지를 확장하여 사용하는 방식이다.

Ad-hoc 라우팅 프로토콜을 사용하여 인터넷 게이트웨이를 탐색하는 경우에는 목적지의 주소를 'INTERNET GATEWAY global multicast address'로 설정한 RREQ 메시지를 Ad-hoc 네트워크로 브로드캐스팅한다. 인터넷 게이트웨이가 이 RREQ를 수신하면 프리픽스 정보와 자신의 IP 주소를 포함한 RREP를 소스 노드에게로 전달한다.

NDP의 Router Solicitation과 Router Advertisement 메시지는 1-홉 범위에서만 전달이 된다. 이를 멀티 홉으로 전달이 가능하도록 확장하여 Ad-hoc 네트워크 전체로 브로드캐스팅되게 하고 있다. Router Advertisement의 경우는 주기적으로 전달되거나 Router Solicitation에 대한 응답으로 전달될 수 있으나 제안된 방식에서는 부하 감소를 위해 주기적으로 전달되는 Router Advertisement 방식은 지원하지 않는다.

나. 패킷 라우팅

Router Advertisement나 RREP를 통해 액세스 라우터(인터넷 게이트웨이)의 주소를 획득하면 라우팅 테이블의 디폴트 루트를 인터넷 게이트웨이의 주소로 설정한다. Ad-hoc 노드가 패킷을 송신할 때는 먼저 라우팅 테이블에서 목적 노드에 대한 호스트 루트가 존재하는지를 검색한다. 호스트 루트가 존재하면 이 루트를 통해 패킷을 전달하고, 그렇지 않을 경우에는 Ad-hoc 라우팅 프로토콜의 루트 탐색 절차에 의해 목적 노드로의 루트를 탐색한다. 목적 노드에 대한 루트 탐색이 성공적으로 완료되면

목적 노드가 Ad-hoc 네트워크 내에 있는 것으로 판단하고 탐색된 루트를 이용하여 패킷을 라우팅한다. 루트 탐색이 실패할 경우에는 목적 노드가 인터넷에 있는 것으로 판단하고 라우팅 테이블에 디폴트 루트 엔트리가 존재하면 목적 노드에 대한 next hop을 디폴트 루트로 설정하고 패킷을 라우팅한다. 디폴트 루트가 존재하지 않으면 인터넷 게이트웨이에 대한 탐색 절차를 수행한다.

한편, 인터넷 게이트웨이는 유효 기간(lifetime) 내에 Router Solicitation이나 RREQ를 송신한 모든 Ad-hoc 소스 노드로의 루트 정보를 유지하고 있다. 이에 기초하여 자신에게 수신된 패킷의 목적 노드가 Ad-hoc 내부에 위치한 경우에는 소스 노드에게 자신을 경유하지 않는 다른 루트를 사용할 것을 통보한다. 즉, Ad-hoc 내부의 패킷은 인터넷 게이트웨이를 경유하지 않도록 유도하고 있다.

디폴트 루트를 사용하여 인터넷 게이트웨이로 패킷을 라우팅하는 방법에는 IPv6의 Routing extension header를 이용하는 방법과 일반적인 next hop 정보를 이용하는 방법이 있다. Routing extension header를 이용하여 인터넷 노드로 패킷을 전달하는 경우 IPv6 헤더의 목적지 주소는 인터넷 게이트웨이 주소로 설정하며, Routing extension header에 패킷의 실제 목적지 주소를 설정한다. Next hop 라우팅 방식을 사용하면 패킷의 크기가 작은 장점이 있으나 모든 중간 노드가 인터넷 게이트웨이의 디폴트 루트 정보를 가지고 있어야 한다. Routing extension header를 사용하면 Ad-hoc 노드로의 트래픽이 인터넷 게이트웨이를 경유하는 경우 인터넷 게이트웨이가 이를 감지하여 소스 노드로 통보할 수 있는 장점이 있다.

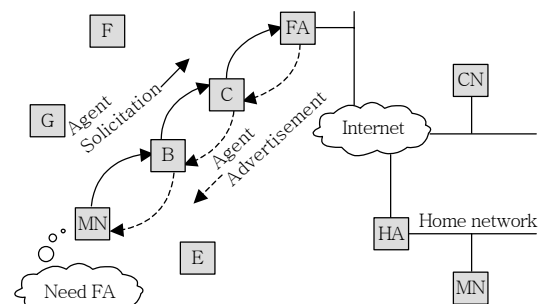
4. 이기종 인터페이스를 가진 Ad-hoc 네트워크에서의 Mobile IP 지원

J. Broch et al.[10]는 이기종 인터페이스를 가진 Ad-hoc 네트워크들간의 계층적인 연결 구조를 지원할 수 있는 주소 방식을 제안하고 있으며, 이를

DSR 라우팅 프로토콜[11]에 적용하고 있다. 이에 기초하여 Ad-hoc 네트워크가 무선과 유선의 두 가지 인터페이스를 가지는 인터넷 게이트웨이에 의해 인터넷에 연동될 경우 DSR 라우팅 프로토콜과 연계한 Mobile IP 지원 방식을 제안하고 있다.

가. 에이전트 탐색

DSR로 구축된 Ad-hoc 네트워크에서의 Mobile IP 서비스 등록을 위한 에이전트 탐색 과정은 (그림 8)과 같다. DSR에서의 에이전트 탐색은 이동 노드가 Ad-hoc 네트워크에 참가하여 인터넷 서비스를 받고자 결정한 후 DSR RREQ 메시지에 Agent Solicitation 메시지를 포함하여 Limited Broadcast 주소(255.255.255.255)로 브로드캐스팅 하여 FA까지 전달되게 한다. FA에서는 RREP에 Agent Advertisement 메시지를 포함시켜 RREQ 메시지를 발생시킨 소스 노드로 유니캐스트로 전달하며, 이를 수신한 소스 노드는 FA를 통해 HA로 Mobile IP 등록을 수행한다.



(그림 8) DSR을 사용하는 Ad-hoc 네트워크에서의 에이전트 탐색 절차

나. 패킷 라우팅

Ad-hoc 노드는 목적지 노드가 인터넷 노드인지 Ad-hoc 노드인지에 대한 판별을 RREQ에 대한 응답을 통해서 수행한다. FA가 루트 탐색을 위한 RREQ를 수신하고 목적 노드가 인터넷 노드인 것으로 판단하면 프록시 RREP를 소스 노드에게로 전달

한다. 소스 노드가 일반 RREP 또는 프록시 RREP를 모두 수신한 경우에는 목적 노드가 Ad-hoc 노드인 것으로 판단하고 일반 RREP에 의해서 전달된 소스 루트 정보를 사용한다. 소스 노드가 프록시 RREP만을 수신한 경우에는 목적 노드가 인터넷 노드인 것으로 판단하고 프록시 RREP에 수신된 소스 루트를 사용하여 패킷을 FA로 라우팅한다.

5. 클러스터 게이트웨이 모델

A. Striegel et al.[12]은 Ad-hoc 네트워크에서 Network Address Translation(NAT)와 Mobile IP에 기반한 인터넷 접속 메커니즘인 클러스터 게이트웨이(Cluster Gateway: CG) 모델을 제안하고 있다. Ad-hoc 노드는 인터넷 접속 기능을 제공하는 클러스터 게이트웨이에 자신이 원하는 서비스를 지정하여 등록한다. 클러스터 게이트웨이는 Service Access Point(SAP)와 Mobile IP FA 기능을 지원하며, SAP 서비스는 CG에서의 NAT 기능을 이용하여 이동 노드로부터 인터넷으로의 접속 서비스를 제공한다. 이동 노드가 Mobile IP 기능을 지원하지 않을 경우 인터넷에 접속하고자 하는 경우에는 인터넷 게이트웨이에서의 NAT 기능을 이용한다.

가. 에이전트 탐색

클러스터 게이트웨이는 주기적으로 CG Advertisement 메시지를 Ad-hoc 네트워크 내의 모든 모드에게 멀티캐스트하며, 멀티캐스트 주소는 all-nodes multicast 주소(224.0.0.1)로 설정한다. CG Advertisement 메시지는 Mobile IP Agent Advertisement 메시지의 extension 형태로 정의된다. Ad-hoc 노드가 CG로부터 Advertisement 메시지를 수신하면 CG Registration 메시지로써 CG에 등록한다. 이 때 Ad-hoc 노드는 자신이 원하는 서비스의 종류(Mobile IP 또는 SAP)를 명시한다. 이에 대해 CG는 요청된 서비스가 Mobile IP이면 FA로서 동작하고, SAP이면 할당 가능한 주소가 남아 있는지 확인한 후 CG Registration Response 메시지

로서 응답한다. CG에 등록된 Ad-hoc 노드는 등록에 대한 유효 기간이 만료되기 전에 CG Registration Renewal 메시지를 CG로 보냄으로써 등록을 갱신한다.

나. 패킷 라우팅

목적 노드의 위치 판별은 Ad-hoc 라우팅 프로토콜의 루트 탐색 절차와 CG에서 관리하고 있는 노드 등록 리스트에 기초한다. Ad-hoc 노드는 CG로 CG Location Request 메시지를 보내어 목적 노드가 Ad-hoc 네트워크 내에 있는지 인터넷에 있는지의 판단을 요청하며, CG는 등록된 노드 리스트 및 ICMP Echo 메시지에 의해 목적 노드의 위치를 판단한 후 이를 Ad-hoc 노드에게 전달한다. CG에게 목적 노드의 위치를 직접 질의하는 방법(CG)과 Ad-hoc 라우팅 프로토콜의 루트 탐색에 의한 위치 판단 방법(Local)을 조합하여 Translation Approach(Local), Parallel Query(CG + Local), Sequential(CG, Local), Sequential(Local, CG), Buffered(CG)의 다섯 가지 구현 옵션을 제시하고 있다. 데이터 패킷을 CG로 보내는 경우 터널링을 사용하여 전달하거나 Ad-hoc 라우팅 테이블을 이용하여 홉 단위로 CG로 라우팅할 수 있다.

6. IPv6에 기반한 무선 멀티 홉 인터넷 액세스

J. Xi et al.[13]은 IPv6에 기반한 Ad-hoc 네트워크에서 멀티 홉 라우팅을 통해 인터넷을 접속하는 데 필요한 인터넷 게이트웨이 탐색, 라우팅 및 주소 체계에 대해 기술하고 있다. IPv6에서는 이동 노드들이 액세스 라우터로부터 프리픽스 정보를 획득하여 주소를 재구성하기 때문에 하나의 Ad-hoc 네트워크 내에 다수의 액세스 라우터가 존재하면 Ad-hoc 네트워크는 액세스 라우터를 중심으로 다수의 서브넷으로 클러스터링되는 특징을 가지며, 이와 같은 계층적인 구조 하에서는 서브넷 프리픽스 정보를 이용하여 라우팅을 수행할 수 있음을 기술하고 있다.

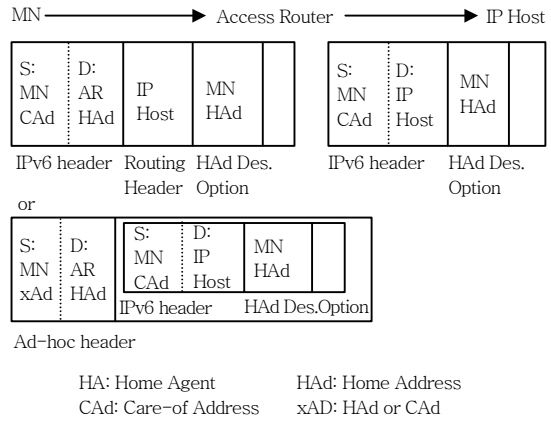
가. 인터넷 게이트웨이 탐색

Ad-hoc 네트워크의 이동 노드가 인터넷에 접속하고자 할 때, 인터넷의 액세스 라우터가 인터넷 게이트웨이 역할을 담당하여 두 이기종 망간의 연결성을 제공한다. 이동 노드는 액세스 라우터가 주기적으로 방송하는 Access Router Advertisement 메시지를 수신하거나, 또는 Access Router Request 메시지를 액세스 라우터로 전달하여 액세스 라우터의 IP 주소 및 프리픽스 정보가 포함된 Access Router Response 메시지의 수신 과정을 통해 액세스 라우터에 대한 탐색 절차를 수행한다.

IPv6 망에서의 주소 자동 설정 방법으로는 stateful 주소 자동 설정과 stateless 주소 자동 설정이 있다. Stateful 주소 자동 설정은 일반적으로 액세스 라우터의 DHCP 서버에 의해 제공되며, stateless 주소 자동 설정은 노드가 인접 노드와의 IP 레벨의 연결을 위해 link-local address를 형성하는 단계에서부터 시작된다. 이런 임시주소는 예약된 link local prefix FE80::0와 노드의 EUI(Equipment Identifier)로 구성된다. 이러한 초기 주소를 사용하여 액세스 라우터의 프리픽스(prefix) 정보를 획득한 후 글로벌한 로컬 주소를 재구성할 수 있다. 따라서, Ad-hoc 네트워크 내에 다수의 액세스 라우터가 존재할 경우 Ad-hoc 네트워크는 다수의 서브넷으로 클러스터링된다.

나. 패킷 라우팅

Ad-hoc 네트워크에서 사용하는 주소 체계에 따라 패킷 라우팅 방식이 결정된다. Flat한 주소 체계를 사용하는 경우에는 Ad-hoc 라우팅 프로토콜에 의해 목적 노드로의 루트를 탐색한다. 목적 노드가 인터넷 노드인 것으로 판정되면 Ad-hoc 노드는 IPv6 패킷을 터널링하여 액세스 라우터에게 포워딩하며, 액세스 라우터는 수신된 패킷을 인터넷 노드로 라우팅한다. IPv6 패킷을 터널링하는 방법은 (그림 9)와 같이 이동 노드가 각각의 IPv6 패킷에 액세스 라우터의 목적지 주소가 포함된 Ad-hoc 헤더를



(그림 9) Ad-hoc 노드에서 인터넷 노드로의 패킷 라우팅 방법

추가하여 인캡슐레이션하는 방법과 IPv6 Routing extension header를 사용하는 방법이 있다. IPv6 Routing extension header는 인터넷 노드의 목적지 주소를 포함한다.

계층적인 주소 체계를 사용하는 경우에는 서브넷 정보에 기반하여 라우팅을 수행한다. 즉, 패킷의 목적 노드에 대한 서브넷 프리픽스가 소스 노드의 프리픽스와 일치하지 않을 경우에는 인터넷 노드인 경우로 판단하고 패킷을 액세스 라우터로 라우팅한다. 서로 다른 서브넷에 속한 Ad-hoc 노드들간의 통신 또한 서브넷 정보에 기초하여 수행된다. 즉, 목적 노드의 서브넷이 소스 노드의 서브넷과 다를 경우 각각의 노드가 등록한 액세스 라우터를 통해서 서로 통신한다.

V. 맺음말

본 논문에서는 Ad-hoc 네트워크가 인터넷과 연동되는 환경에서 Mobile IP에 의한 Ad-hoc 노드의 로밍 기능 지원을 위해 해결하여야 할 문제점 및 연구 동향에 대해 기술하였다. Ad-hoc 네트워크가 가진 멀티 홉 통신, 동적인 토폴로지 변화 및 제한된 전송 대역은 Mobile IP의 지원을 근본적으로 어렵게 하고 있다. 이를 해결하기 위한 여러 연구 결과가 발표되고 있지만 아직까지는 시뮬레이션 레벨에서

수행되고 있고 그 성능이나 구현 상에 많은 문제점을 가지고 있어서 좀 더 지속적인 연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

Ad-hoc 네트워크에 대한 연구는 오래 전부터 시작되었지만 극히 제한된 영역을 제외하고는 아직 우리 실생활에 응용되고 있는 바가 거의 없는 실정이다. 그러나, 최근 들어 무선 전송 기술을 이용한 Wireless Personal Area Network(WPAN)이나 홈 네트워킹에 대한 관심이 커지고 있고 유·무선 통합 기술에 대한 연구가 활발한 가운데 Ad-hoc 네트워크 기술은 이를 실현하기 위한 주요 기반 기술의 하나로서 인식되고 있으며, 이와 같은 상황에서 Ad-hoc 네트워크와 인터넷을 연동하여 기존의 인터넷에서 제공되는 다양한 서비스를 제공하고 Mobile IP에 의한 이동 노드의 로밍을 가능하게 하는 것은 Ad-hoc 네트워크의 응용을 다양한 방향으로 확대할 수 있을 것으로 기대한다.

참 고 문 헌

- [1] C.E. Perkins, *Ad-hoc Networking*, Addison-Wesley, 2001.
- [2] C.K. Toh, *Ad-hoc Mobile Wireless Networks: Protocols and Systems*, Prentice Hall PTR, 2002.
- [3] C.E. Perkins, *Mobile IP: Design Principles and Practices*, Addison-Wesley, 1998.
- [4] C.E. Perkins, "IP Mobility Support for IPv4," *IETF RFC3344*, Aug. 2002.
- [5] U. Jonsson, F. Alriksson, T. Larsson, P. Johnsson, and G.Q. Maguire, "MIPMANET: Mobile IP for Mobile Ad-hoc Networks," *Proc. of the Workshop on Mobile Ad-hoc Network and Computing(MobiHoc)*, Aug. 2000, pp. 75 - 85.
- [6] C.E. Perkins, E.M. Belding-Royer, and S.R. Das, "Ad-hoc On-Demand Distance Vector(AODV) Routing," *IETF Internet-Draft, draft-ietf-manet-aodv-12.txt*, Nov. 2002.
- [7] E.M. Belding-Royer, Y. Sun, and C.E. Perkins, "Global Connectivity for IPv4 Mobile Ad-hoc Network," *IETF Internet-Draft, draft-royer-manet-globalv4-00.txt*, Nov. 2001.
- [8] R. Wakikawa, J.T. Malinen, C.E. Perkins, A. Nilsson, and A.J. Tuominen, "Global Connectivity for IPv6 Mobile Ad-hoc Network," *IETF Internet-Draft, draft-wakikawa-manet-globalv6-01.txt*, Nov. 2001.
- [9] C.E. Perkins, J.T. Malinen, R. Wakikawa, E.M. Belding-Royer, and Y. Sun, "IP Address Autoconfiguration for Ad-hoc Networks," *Internet-Draft, draft-ietf-manet-autoconf-01.txt*, Nov. 2001.
- [10] J. Broch, D.A. Maltz, and D.B. Johnson, "Supporting Hierarchy and Heterogeneous Interfaces in Multi-Hop Wireless Ad-hoc Networks," *Proc. of the 4th International Symposium on Parallel Architectures, Algorithms, and Networks(I-SPAN'99)*, June 1999, pp. 370 - 375.
- [11] David B. Johnson et al., "The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad-hoc Networks (DSR)," *IETF Internet-Draft, draft-ietf-manet-dsr-07.txt*, Feb. 2002.
- [12] A. Striegel, R. Ramanujan, and J. Bonney, "A Protocol Independent Internet Gateway for Ad-hoc Wireless Networks," *Proc. on the 26th Annual IEEE Conference on Local Computer Networks (LCN 2001)*, Nov. 2001, pp. 92 - 101.
- [13] J. Xi and C. Bettstetter, "Wireless Multihop Internet Access: Gateway Discovery, Routing, and Addressing," *Proc. of the International Conference on Third Generation Wireless and Beyond*, May 2002, pp. 109 - 114.