

# 무선 백본 기반 Ad Hoc 네트워크에서의 Mobile IP 지원

신재욱, 김응배, 김상하<sup>†</sup>

한국전자통신연구원, 충남대학교<sup>†</sup>

## Supporting Mobile IP in Ad Hoc Networks with Wireless Backbone

Jaewook Shin, Eungbae Kim, and Sangha Kim<sup>†</sup>  
ETRI, Chungnam National University<sup>†</sup>  
{jwshin, ebkim}@etri.re.kr, shkim@cclab.cnu.ac.kr

### Abstract

In this paper, we propose new agent discovery and route discovery schemes to support Mobile IP (MIP) in Ad Hoc networks with wireless backbone. The wireless backbone consisting of stationary wireless routers and Internet gateways (IGs) is a kind of wireless access network of IP-based core network. The proposed scheme utilizes favorable features of wireless backbone such as stable links and no energy constraints. In the agent discovery scheme, backbone-limited periodic Agent Advertisement (AA) and proxy-AA messages are used, which reduce network-wide broadcasting overhead caused by AA and Agent Solicitation messages and decentralize MIP processing overhead in IGs. In order to reduce delay time and control message overhead during route discovery for the destination outside Ad Hoc network, we propose a cache-based scheme which can be easily added to the conventional on-demand routing protocols. The proposed schemes can reduce control overhead during agent discovery and route discovery, and efficiently support MIP in Ad Hoc network with wireless backbone.

### I. 서론

Ad Hoc 네트워크는 인터넷과의 연동을 통하여 인터넷의 다양한 콘텐츠 및 서비스를 이용할 수 있을 뿐만 아니라 통신 영역을 다양하게 확장할 수 있는 장점이 있다[1,2]. 인터넷에 접속된 Ad Hoc 네트워크는 IP 코어 네트워크에 대한 일종의 액세스 네트워크로 볼 수 있으며, 이동성이 부여된 Ad Hoc 노드는 인터넷에 접속된 하나의 Ad Hoc 네트워크 영역에서 다른 Ad Hoc 네트워크 영역으로 자유롭게 이동할 수 있다. 따라서, 인터넷과 연동된 Ad Hoc 네트워크에서 노드의 이동성 관리는 하나의 Ad Hoc 네트워크 영역에서 전체 인터넷 영역으로 확대된다. 하나의 Ad Hoc 네트워크 내에서의 노드의 이동성은 마이크로 이동성(micro mobility)으로 분류할 수 있으며 Ad Hoc 라우팅 프로토콜에 의해서 관리된다. 그러나, Ad Hoc 노드가 인터넷에 접속된 다른 Ad Hoc 네트워크로 이동하는 경우의 이동성은 매크로 이동성(macro mobility)으로 분류할 수 있으며 기존의 Mobile IP를 사용하여 관리될 수 있다.

Mobile IP는 이동 노드가 자신의 고유한 홈(home) 주소를 그대로 사용하면서 인터넷에 접속된 임의의 네트워크 영역으로 로밍하더라도 자신의 홈 주소로 전달되는 데이터 패킷을 수신할 수 있게 하여 준다. 그러나, Mobile IP를 Ad Hoc 네트워크에 적용하는 데에는 많은 문제점이 따르고 있다. 원래 Mobile IP는 이동 노드와 Foreign Agent(FA)간의 단일-홉 링크를 가정하고 설계되었기 때문에 다중-홉 무선 링크에 기반한 Ad Hoc 네트워크 환경에 그대로 적용하기는 어려울 뿐만 아니라, 특히 proactive한 특성의 에이전트 탐색 절차를 reactive한 특성의 Ad Hoc 네트워크에 적용할 경우 많은 오버헤드가 발생하는 문제점이 있다[1,2,3].

본 논문에서는 인터넷과 연동된 Ad Hoc 네트워크의 한가지 형태로서 무선 백본(backbone)에 기반한 Ad Hoc 네트워크 구조를 제안하고, 이 네트워크 구조 상에서 Mobile IP를 효율적으로 지원하기 위한 에이전트 탐색 및 요구-기반 루트 탐색 방법을 제안한다. 무선 백본 기반 Ad Hoc 네트워크는 이동 노드(mobile node, MN), 무선 라우터(wireless router, WR) 및 인터넷 게이트웨이(Internet gateway, IG)로 구성되며, 이 중에서 무선 라우터와 인터넷 게이트웨이는 메시(mesh) 형태의 무선 백본을 형성한다. 무선 백본은 인터넷, 즉 IP 코어 네트워크에 접속된 액세스 네트워크의 역할을 담당하며 인터넷 게이트웨이는 Mobile IP의 FA 기능을 수행한다. 인터넷 게이트웨이로부터 주기적으로 브로드캐스팅되는 Agent Advertisement(AA) 메시지의 오버헤드를 감소시키기 위한 방법으로 백본에 제한된 AA 메시지 브로드캐스팅 방법 및 Agent Solicitation(AS) 메시지에 대한 무선 라우터의 proxy-AA 메시지 응답 기능을 적용한다. 또한, 목적 노드가 인터넷에 존재할 경우의 루트 탐색 오버헤드를 감소시키기 위해 Ad Hoc 노드에서 자주 액세스하는 인터넷 노드의 주소를 인터넷 게이트웨이에서 캐쉬 형태로 관리하며, 이에 기반하여 목적 노드의 위치를 보다 신속하게 판단할 수 있게 하였다. 제한된 에이전트 탐색 절차와 루트 탐색

절차는 Ad Hoc 네트워크에서의 제어 메시지 오버헤드를 최소화하면서 Mobile IP 를 효율적으로 지원할 수 있게 하여 준다.

본 논문의 2 장에서는 Ad Hoc 네트워크에서 Mobile IP 를 지원하고자 할 때 발생하는 문제점에 대해서 기술하며, 3 장에서는 인터넷과 연동된 무선 백본 기반 Ad Hoc 네트워크의 구조 및 특성에 대해서 기술한다. 4 장에서는 무선 백본 기반 Ad Hoc 네트워크에서 Mobile IP 를 효율적으로 지원하기 위한 에이전트 탐색 및 요구-기반 루트 탐색 절차를 기술한다. 5 장에서 결론과 향후 연구 내용에 대해서 기술한다.

## II. Ad Hoc 네트워크에서의 Mobile IP 지원

Ad Hoc 네트워크에서 이동 노드는 무선 인터페이스와 배터리를 사용하여 자유롭게 이동할 수 있기 때문에 네트워크 토폴로지가 동적으로 변화하며 무선 전송 대역과 에너지 상에 제약이 있다. 따라서, 유선 네트워크와 달리 필요한 경우에만 목적 노드로의 루트를 탐색하는 reactive (요구-기반, on-demand) 라우팅 방식이 주로 사용되고 있다. Mobile IP 는 이동 노드와 FA 간을 단일-홉 거리로 가정하고 있으며 AA 메시지의 주기적인 브로드캐스팅에 기반한 에이전트 탐색 절차를 정의하고 있다. 이와 같은 proactive 한 특성의 Mobile IP 를 reactive 한 특성의 Ad Hoc 네트워크에 적용하는 데에는 많은 문제점이 따른다. Reactive 라우팅 방식을 사용하는 Ad Hoc 네트워크에서 Mobile IP 를 지원하기 위해서는 다음과 같은 사항이 기본적으로 해결되어야 한다.

첫째, 이동 노드로부터 다중-홉 거리에 있는 FA 에 대한 효율적인 탐색이 이루어져야 한다. 둘째, 루트 탐색 과정에서 목적 노드의 위치(Ad Hoc 네트워크 내부 또는 외부)를 신속히 결정할 수 있어야 한다. 셋째, 외부 목적 노드로의 패킷 전달을 위해 소스 노드에서 인터넷 게이트웨이로의 효과적인 패킷 포워딩이 이루어져야 하며, 이를 위하여 외부 노드 및 인터넷 게이트웨이에 대한 효과적인 루트 관리가 이루어져야 한다. 넷째, 네트워크 토폴로지의 동적인 변화에 대응하여 새로운 FA 로의 효과적인 핸드오버가 이루어져야 한다.

## III. 무선 백본 기반 Ad Hoc 네트워크 구조

그림 1은 무선 백본(wireless backbone)에 기반한 Ad Hoc 네트워크의 구조를 나타낸다. 세 가지 형태의 노드, 즉 인터넷 게이트웨이, 무선 라우터 및 이동 노드가 Ad Hoc 네트워크를 구성하며, 무선 백본은 무선 라우터와 인터넷 게이트웨이로 구성된다. 인터넷 게이트웨이는 무선 라우터의 특별한 형태로서 IP 코어 네트워크와의 연동 기능을 제공한다. 무선 라우터와 인터넷 게이트웨이는 대개 위치가 고정되어 있고 에너지 공급이 안정적으로 이루어 지는 특성을 가진다. 이동 노드가 인터넷에 위치한 노드와 통신하기 위해서는 인터넷 게이트웨이와의 통신이 가능해야 한다. 이동

노드가 인터넷 게이트웨이의 무선 전송 영역 밖에 위치하여 직접적인 통신이 불가능한 경우에는 다른 노드(무선 라우터 또는 다른 이동 노드)와의 다중-홉 통신 방법을 이용한다.

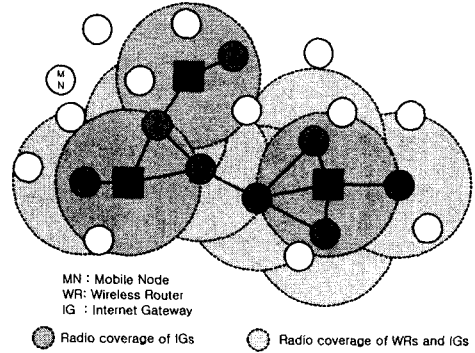


그림 1. 무선 백본 기반 Ad Hoc 네트워크의 구조

무선 백본을 가진 Ad Hoc 네트워크는 다음과 같은 특성을 가진다. 첫째, 무선 백본은 인터넷 게이트웨이의 서비스 영역을 확대하는 역할을 수행한다. 인터넷 게이트웨이는 이동 노드와는 달리 다양한 서버 기능을 제공할 수 있으며, 무선 전송 영역의 한계로 인한 인터넷 게이트웨이의 제한된 서비스 영역은 인터넷 게이트웨이에 접속된 다수의 무선 라우터에 의해 간접적으로 확장될 수 있다. 둘째, 무선 라우터와 인터넷 게이트웨이는 이동성이 없고 에너지 공급이 안정적이기 때문에 무선 백본을 구성하고 있는 노드와의 무선 링크는 이동 노드들간의 무선 링크보다 훨씬 안정적인 특성을 가진다. 셋째, 인터넷 게이트웨이와 무선 라우터는 이동 노드와 달리 네트워크 관리자에 의해 관리될 수 있는 장치들이다. 따라서, 인터넷 게이트웨이가 가지는 다양한 서버 기능을 다수의 무선 라우터로 분산할 수 있다. 넷째, 무선 백본에는 다수의 인터넷 게이트웨이가 존재할 수 있으며, 이동 노드는 하나 이상의 인터넷 게이트웨이를 통해 인터넷과 통신할 수 있다.

## IV. 무선 백본 기반 Ad Hoc 네트워크에서의 Mobile IP 지원 방안

### 4.1 가정 사항

무선 백본에 기반한 Ad Hoc 네트워크는 무선 백본이 가지는 다양한 특성을 이용하여 Mobile IP 를 좀 더 효율적으로 지원할 수 장점이 있다. 그러나, 사용되는 Mobile IP 의 버전, Ad Hoc 라우팅 프로토콜의 종류, 무선 인터페이스의 종류, FA 기능과 인터넷 게이트웨이와의 대응 관계 등에 따라 다양한 형태의 Mobile IP 지원 방안이 고려될 수 있다. 따라서, 본 논문에서는 다음과 같은 사항을 기본 가정으로 하고 Mobile IP 지원 방안을 설계한다. 첫째, FA 에 기반한 Mobile IP 버전 4 를 적용하며 각각의 인터넷

게이트웨이에서 FA 기능을 제공한다. 둘째, 모든 노드는 동일한 무선 인터페이스를 사용하며 무선 전송 영역 내에 있는 임의의 노드간에 통신이 가능하다. 셋째, 모든 노드는 동일한 요구-기반 라우팅 프로토콜을 사용한다.

#### 4.2 에이전트 탐색

Mobile IP의 가장 기본적인 절차는 에이전트 탐색이다. 이동 노드는 에이전트 탐색을 통해 자신이 홈 네트워크(home network)에 있는지 방문 네트워크(visited network)에 있는지 판단하며, 탐색된 FA를 통해 Home Agent(HA)로 Mobile IP 등록 절차를 수행함으로써 자신에게 전달되는 패킷이 홈 네트워크에서 현재 위치한 방문 네트워크로 제대로 라우팅(터널링)될 수 있도록 한다. Mobile IP 에이전트 탐색 절차는 그림 2와 같이 FA에서 주기적으로 브로드캐스팅되는 AA 메시지를 이동 노드가 직접 수신하거나, 일정 시간 동안 AA 메시지를 수신하지 못한 이동 노드가 AS 메시지를 네트워크 전체로 브로드캐스팅하고 이에 대한 응답으로 FA로부터 AA를 수신함으로써 이루어진다.

Mobile IP에서 FA와 이동 노드는 동일 링크 상에 위치하는 것을 가정하고 있기 때문에 AA 또는 AS 메시지의 브로드캐스팅은 네트워크 성능에 크게 영향을 주지 않는다. 그러나, 인터넷 게이트웨이가 FA 기능을 제공하는 Ad Hoc 네트워크에서는 FA와 이동 노드가 다중-홉으로 연결되기 때문에 AA와 AS 메시지는 Ad hoc 네트워크 전체로 브로드캐스팅되어야 하며 이로 인한 오버헤드가 성능 저하의 큰 원인으로 작용한다. 따라서, Ad Hoc 네트워크에서는 주기적인 AA 메시지를 사용하지 않거나, 또는 전송 주기를 조정하는 등의 다양하게 변형된 에이전트 탐색 절차를 적용하고 있다[1,2].

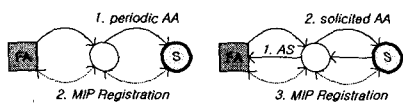


그림 2. Mobile IP 에이전트 탐색 및 등록 절차

백본에 기반한 Ad Hoc 네트워크에서의 효율적인 에이전트 탐색 절차를 제공하기 위해 백본에 제한된 AA 메시지 브로드캐스팅 (backbone-limited broadcasting of AA messages)과 무선 라우터에 의한 Proxy-AA 메시지 (Proxy-AA message by WRs) 방식을 사용한다. 주기적인 AA 메시지의 브로드캐스팅은 인터넷 게이트웨이와 무선 라우터에 의해서만 가능하다. 즉, 인터넷 게이트웨이는 원래의 Mobile IP에서처럼 AA 메시지를 주기적으로 생성하여 이웃 노드에게 브로드캐스팅하며, 무선 라우터 또는 다른 인터넷 게이트웨이가 주기적인 AA 메시지를 수신하면 이를 다시 자신의 이웃 노드에게로 브로드캐스팅한다. 그러나, 이동 노드가 주기적인 AA 메시지를 수신하면

이를 다시 브로드캐스팅하지 않는다. 백본의 무선 전송 영역에 위치한 이동 노드들만이 주기적인 AA 메시지를 직접적으로 수신할 수 있다. 무선 백본의 무선 전송 영역 밖에 위치한 이동 노드는 주기적인 AA 메시지의 직접적인 수신에 불가능하기 때문에 에이전트 탐색을 위해 AS 메시지를 브로드캐스팅한다. AS 메시지를 수신한 이동 노드는 자신의 이웃 노드에게로 이를 다시 브로드캐스팅한다. 무선 라우터가 AS 메시지를 수신하면 인터넷 게이트웨이를 대신하여 자신이 가장 최근에 수신한 AA 메시지로써 대신 응답하며, 이 때 응답으로 전달되는 AA 메시지를 proxy-AA 메시지라고 한다. 그림 3은 제안된 에이전트 탐색 방법을 나타낸다.

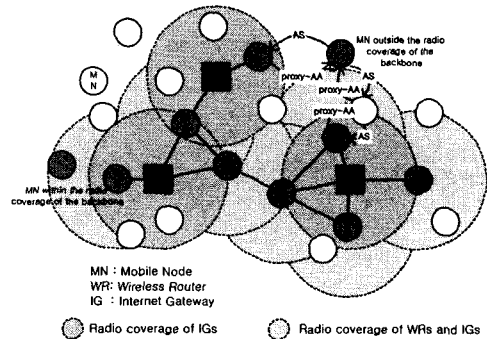


그림 3. 제안된 에이전트 탐색 방법

제안된 에이전트 탐색 방법은 주기적인 AA 메시지의 브로드캐스팅 범위를 무선 백본 내로 제한함으로써 브로드캐스팅 오버헤드를 감소시킬 수 있으며, 이동 노드는 주기적인 AA 메시지를 브로드캐스팅할 필요성이 없기 때문에 에너지 소모를 줄일 수 있는 장점이 있다. 또한, AS 메시지는 백본의 경계에 위치한 무선 라우터에 의해 먼저 응답될 가능성이 크기 때문에 AS 메시지가 백본 전체로 브로드캐스팅되지 않음으로 인하여 브로드캐스팅 오버헤드를 줄일 수 있다. 그리고, AS 메시지를 송신한 이동 노드는 AA 메시지를 인터넷 게이트웨이로부터 직접 수신하는 것보다 더 빨리 AA 메시지를 수신할 수 있는 장점이 있으며, 무선 라우터에서의 Proxy-AA 메시지 기능을 통해 인터넷 게이트웨이가 가지는 에이전트 탐색 기능을 무선 라우터에서 일부 분담함으로써 인터넷 게이트웨이에 대한 부하를 다수의 무선 라우터로 분산시키는 효과를 얻을 수 있다.

#### 4.3 루트 탐색과 패킷 포워딩

요구-기반 라우팅 프로토콜에서의 루트 탐색은 소스 노드에 의한 Route Request(RREQ) 메시지의 브로드캐스팅과 목적 노드에 의한 Route Reply(RREP) 메시지 응답으로 이루어지며, 소스 노드가 루트 탐색 타이머 이전에 아무런 RREP 메시지를 수신하지 못하면 목적 노드가 도달 불가능한 (unreachable) 것으로 판단한다. 따라서, 목적 노드가 Ad Hoc 네트워크의 외부, 즉 인터넷에 존재할 경우에는 목적 노드로부터

직접적인 RREP 메시지 수신이 불가능하기 때문에 루트 탐색 타이머가 만료되는 경우 목적 노드가 외부 인터넷에 존재하는 것으로 판단한다[1,2,3,5].

목적 노드가 인터넷에 존재할 경우 데이터 패킷은 먼저 인터넷 게이트웨이로 포워딩되어야 한다. 데이터 패킷을 인터넷 게이트웨이로 포워딩하기 위한 방법으로 소스 노드에서 데이터 패킷을 인터넷 게이트웨이로 터널링(tunneling)하여 전달하는 방식을 사용한다. 터널링을 사용하게 되면 외부 목적 노드에 대한 루트 정보를 소스 노드에서만 관리하고, 중간 노드에서는 인터넷 게이트웨이의 루트 정보만 관리하면 되기 때문에 확장성이 크고 루트 관리 비용이 줄어드는 장점이 있다.

터널링에 의한 인터넷 게이트웨이의 패킷 포워딩을 지원하기 위해, 인터넷 게이트웨이에서 RREQ 메시지를 수신하였으나 목적 노드에 대한 루트 정보를 가지고 있지 않을 경우 Proxy-RREP 메시지를 생성하여 소스 노드에게로 전달한다. 이 때 인터넷 게이트웨이의 주소를 Proxy-RREP 메시지에 포함시켜 전달하며 이를 수신한 중간 노드에서는 목적 노드가 아닌 인터넷 게이트웨이의 루트 정보를 설정한다. 소스 노드에서 루트 탐색 타이머 만료하기 전까지 Proxy-RREP 메시지만을 수신한 경우 목적 노드가 인터넷에 존재하는 것으로 판단하고 Proxy-RREP 메시지가 수신될 생성된 인터넷 게이트웨이의 루트를 통해 데이터 패킷을 터널링한다. 인터넷 게이트웨이가 터널링된 데이터 패킷을 수신하면 이를 디캡슐레이션한 후 인터넷으로 라우팅한다.

요구-기반 라우팅 프로토콜에서 루트 탐색이 실패하면 일정 횟수의 루트 재탐색 절차를 시도한다. 그러나, 목적 노드가 외부에 존재할 경우 반복적인 루트 재탐색은 오히려 루트 탐색 지연과 제어 메시지 오버헤드를 가중시키는 문제로 작용한다. 일반적으로 하나의 이동 노드가 액세스하는 인터넷 노드의 수는 제한적이며, 특정 인터넷 노드(예, 웹 서버, 메일 서버)는 다수의 이동 노드에 의해 공통적으로 액세스되는 특징을 가진다. 따라서, 인터넷 게이트웨이에서 Ad Hoc 노드들이 자주 액세스하는 외부 인터넷 노드의 주소를 캐쉬 형태로 저장하고 루트 탐색 시 이 정보에 기초하여 목적 노드의 위치를 보다 빨리 결정할 수 있게 한다. 즉, 인터넷 게이트웨이는 인터넷과 라우팅되는 패킷 헤더 정보를 이용하여 인터넷에 존재하는 외부 노드의 주소를 캐쉬 형태로 관리한다. 인터넷 게이트웨이가 RREQ 메시지를 수신하면 이 캐쉬와 라우팅 테이블 정보에 기초하여 목적 노드의 위치를 결정하며 그 결과에 따라 세 가지 형태의 RREP 메시지로 응답하는 방식을 사용한다

목적 노드가 내부 Ad Hoc 노드인 경우는 RREP, 외부 인터넷 노드인 경우는 Deterministic Proxy-RREP (DP-RREP), 판단이 불가능할 경우는 Non-Deterministic Proxy-RREP (NDP-RREP) 메시지로써 응답한다. 소스 노드가 RREP 또는 DP-RREP 를 수신하면 즉시 목적 노드로의 패킷 포워딩을 시작한다. 그림 4 는 인터넷에 존재하는 목적 노드의 주소가 인터넷 게이트웨이의 캐쉬에 존재할 경우의 루트 탐색을 나타내며, 그림 5 는 인터넷 게이트웨이의 캐쉬에 존재하지 않을 경우의

루트 탐색을 나타낸다.

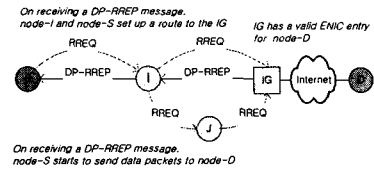


그림 4. 목적 노드의 주소가 캐쉬에 존재하는 경우의 루트 탐색

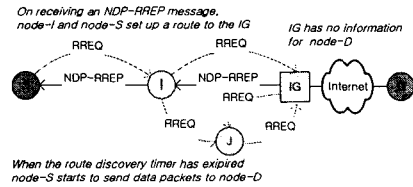


그림 5. 목적 노드의 주소가 캐쉬에 존재하지 않을 경우의 루트 탐색

## V. 결론

본 논문에서는 무선 백본에 기반한 Ad Hoc 네트워크 구조를 제안하고, 이 네트워크 구조 하에서 Mobile IP 를 지원하기 위한 에이전트 탐색 및 요구-기반 루트 탐색 방법을 제안하였다. 제안된 에이전트 및 루트 탐색 방법은 무선 백본이 가지는 특성을 이용하여 Ad Hoc 네트워크에서의 제어 메시지 오버헤드와 탐색 지연을 감소시키므로써 Mobile IP 를 효율적으로 지원할 수 있게 한다.

다음 연구 내용으로는 제안된 에이전트 탐색 및 루트 탐색 방법에 대한 성능 분석 및 보다 일반적인 네트워크 구조로서 FA 와 인터넷 게이트웨이 기능이 분리된 구조에서의 Mobile IP 지원 방식에 대한 것이다.

## 참고 문헌

- [1] 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)*, pp.75-85, August 2000.
- [2] E. M. Belding-Royer, Y. Sun, and C. E. Perkins, "Global Connectivity for IPv4 Mobile Ad Hoc Network," *IETF Internet-Draft*, Nov. 2001. Work in Progress.
- [3] A. Striegel, R. Ramanujan, and J. Bonney, "A Protocol Independent Internet gateway for Ad hoc Wireless Networks," *Proc. of the 26th Annual IEEE Conference on Local Computer Networks (LCN 2001)*, pp.92-101, November 2001.
- [4] 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-13.txt, February 2003.
- [5] J. Broch, D. A. Maltz, and D. B. Johnson, "Supporting Hierarchy and Heterogeneous Interfaces in Multi-Hop Wireless Ad Hoc Networks," *Proc. of 4th International Symposium on Parallel Architectures, Algorithms, and Networks (I-SPAN'99)*, pp.370-375, June 1999.