

# Mobile IP 프로토콜에 의한 네트워크 성능평가

김용탁\*, 이종민\*\*, 김태석\*\*  
동의대학교 컴퓨터공학과\*, 소프트웨어공학과\*\*

## Network Performance Evaluation of Mobile IP Protocol

Yong-Tak Kim\*, Jong-Min Lee\*\*, Tai-Suk Kim\*\*  
\*Dept. of Computer Engineering, Dong-eui University  
\*\*Dept. of Software Engineering, Dong-eui University  
E-mail : {redbear, jongmin, tskim}@dongeui.ac.kr

### 요 약

인터넷의 빠른 보급으로 인터넷 사용은 차츰 사람들의 일상 생활에 뿌리를 내리기 시작했다. 인터넷에 대한 서비스도 장소와 시간에 관계없이 연결해서 사용할 수 있도록 사용자들의 요구가 점점 늘어가고 있는 추세이다. 이 문제를 해결하기 위해 IETF에서는 Mobile IP 프로토콜을 제안하여, 이동으로 인한 IP주소의 변경 없이도 인터넷에 연결하여 사용할 수 있도록 한다. 본 논문에서는 이러한 Mobile IP 프로토콜을 적용하였을 때 네트워크에 미치는 영향을 분석한다. 성능 척도로는 네트워크 지연시간과 단위시간당 처리율을 사용한다.

### 1. 서론

인터넷의 빠른 보급으로 전 세계에 걸쳐 있는 정보에 접근 할 수 있는 시대가 열리고 있다. 그리고, 다양한 형태의 장비 보급은 인터넷 사용에 대한 개념을 바꾸고 있다. 즉, 사용자가 데이터 서비스를 받기 위해 고정된 연결 지점을 필요로 하던 방식에서, 이동 중에 연결 지점이 바뀌어도 서비스가 가능한 방식으로 원하고 있다.[1]

이러한, 이동 네트워크가 널리 보급되기 위해서는 해결해야 할 기술적인 문제가 있다. 가장 근본적인 문제는 인터넷의 핵심 프로토콜인 IP[2]가 동작하는 방식이다. IP는 패킷에 적힌 목적지 주소를 참조해 라우팅을 한다. 따라서, 이동 노드가 이동을 하게 되면 바뀌는 연결지점마다 매번 새로운 IP 주소를 부여받아야 한다. 이와 같은 네트워크 환경에 맞추기 위해서 사용자는 수동으로 환경을 바꾸던지 아니면 DHCP[3] 서버를 이용하여 IP 주소를 동적으로 할당받게 해야 하는 일을 한다.

위에서 언급한 문제를 해결하기 위한 방법으로

IETF 워킹 그룹에서는 Mobile IP[4]를 제안하고, 표준화시키고 있다. Mobile IP에서는 2개의 IP 주소가 부여된다. 한 주소는 자신이 포함된 홈 네트워크 주소로 일반 IP 주소와 마찬가지로 고정된 주소이다. 다른 한 주소는 이동시 부여받는 임시 주소로 새로운 연결 지점마다 변경되는 주소이다.

이 방법을 통해 Mobile IP는 홈 네트워크에서 다른 네트워크로 이동하여도, 사용하던 IP 주소를 그대로 사용할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 다른 네트워크에서 또 다른 네트워크에 이동시 끊김 현상[5]이 발생하여 지속적인 통신을 할 수 없다는 단점도 가지고 있다.

본 논문에서는 기존 인터넷 환경에서 이러한 Mobile IP 프로토콜을 적용하였을 때 네트워크에 미치는 영향을 분석하고자 한다. 이를 위하여 HUT에서 구현한 리눅스 기반의 Dynamics[6]를 사용한다. 네트워크에 미치는 영향을 알아보기 위한 척도로는 ping 명령어를 사용하여 측정 가능한 네트워크 지연시간과 FTP 프로그램을 이용하여 측정 가능한 단위시간당

처리율(throughput)을 사용한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 Mobile IP의 동작 원리를 살펴보고, 3절에서는 Mobile IP 검증 네트워크 환경을 설명하고, 4절에서는 성능을 분석하고 평가한다. 5절에서는 향후 연구과제의 제시 및 결론을 기술한다.

## 2. Mobile IP 동작 원리

### 2.1 용어 표기

먼저 Mobile IP의 동작 절차를 설명하는 데 필요한 기본 용어에 대하여 간략하게 기술한다.

- **MN (Mobile Node)** : IP 주소의 변경 없이도 자신의 접속위치를 변경할 수 있는 호스트이다.
- **CN (Correspondent Node)** : 이동노드에 데이터그램(datagram)을 전송하는 호스트이다.
- **HA (Home Agent)** : MN의 IP주소와 같은 망 주소를 가지는 라우터로서, MN이 다른 망에 있을 때 MN으로 가는 데이터그램이 제대로 전송될 수 있도록 터널링(tunneling)을 해 준다.
- **FA (Foreign Agent)** : MN이 방문한 망의 라우터로서, MN으로 터널링되어 오는 데이터그램의 종착지이며 이를 MN으로 재 전송해 준다.
- **터널링 (tunneling)** : COA를 목적지 주소로 하여 데이터그램을 캡슐화(encapsulation)하여 전송하고, 목적지 노드에서 디캡슐화 (decapsulation)하여 데이터그램을 수신하는 방법을 얘기한다.
- **COA (Care-Of Address)** : MN의 이동성을 보장하기 위하여 HA에서 터널링된 데이터그램의 도착

주소로서, 본 논문에서는 FA의 IP 주소를 COA-이를 FA COA라 한다-로 사용하는 방법을 사용한다. 이외에도 COA를 DHCP서버로부터 획득하여 사용하는 방법[2]이 있는 데, 이는 본 논문의 범위를 벗어난다.

### 2.2 네트워크 환경

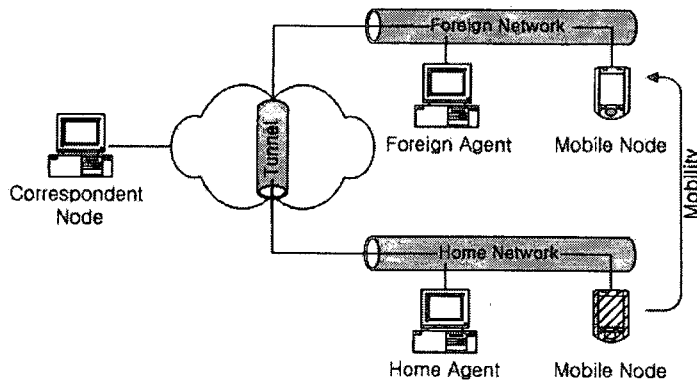
Mobile IP는 IP 주소 구성에 따라서 Mobile IPv4[2]와 Mobile IPv6[3,6]로 나눌 수 있는데 본 논문에서는 Mobile IPv4를 가정한다.

Mobile IP는 에이전트 발견(agent discovery), 등록(registration), 데이터그램 전송 (datagram transmission) 절차로 구성된다. <그림 1>은 홈 네트워크(Home Network; HN)에 있던 MN이 외부 네트워크(Foreign Network; FN)로 이동했을 때 CN이 MN으로 데이터그램을 보낸다. HA는 CN에서 받은 데이터그램을 캡슐화하여 FA에 보내고, FA는 Decapsulation[7]하여 MN으로 데이터그램을 보내게 된다. <그림 1>은 이와 같은 Mobile IP의 이동성에 관한 설명을 하고 있다. 위의 내용을 살펴보면 Mobile IP는 3 가지 프로토콜 메커니즘으로 구성된다.

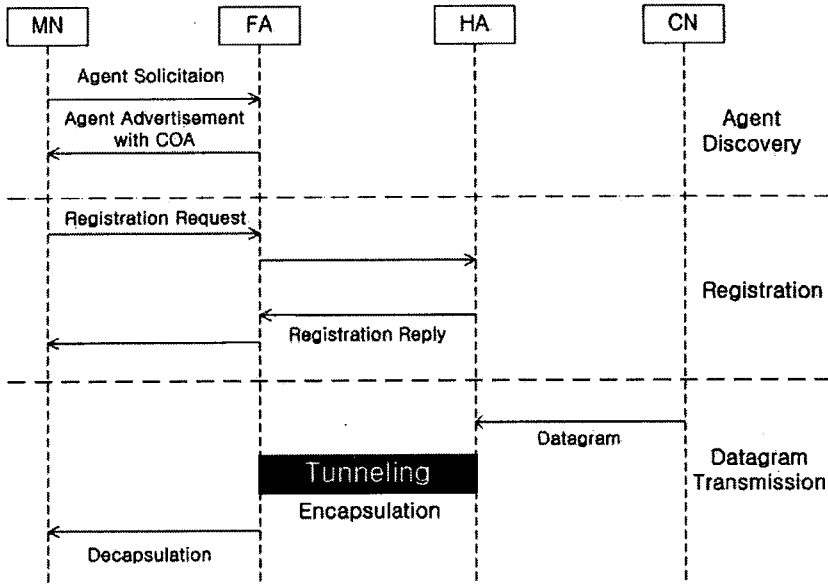
### 2.2 Mobile IP의 기본 절차

Mobile IP의 기본적인 동작 절차는 <그림 2>의 시퀀스 다이어그램과 같다.

- HA와 FA는 에이전트를 통해서 자신의 존재를 에이전트 광고 메시지를 통해서 광고한다. MN는 에이전트 간청 메시지를 통해서 에이전트의 광고 메시지를 간청 할 수 있다.



<그림 1> Mobile IP 네트워크 환경



<그림 2> Mobile IP의 기본 동작 절차

• MN은 에이전트 광고 메시지를 받고 자신이 홈 네트워크에 있는지 외부 네트워크에 있는지 결정한다.

• MN은 자신이 홈 네트워크에 있다고 결정했을 시 이동성 서비스 받을 필요가 없다. 다른 외부 네트워크에서 홈 네트워크로 돌아왔다면 MN은 HA에게 재등록을 해야 한다.

• MN은 자신이 외부 네트워크에 있다고 결정했을 시 외부 네트워크의 COA를 얻어야 한다. COA는 외부 에이전트의 COA일 수도 있고, Co-located COA 일 수도 있다.

• MN은 FA를 통해서 등록 요청 메시지를 HA에게 보내고 HA는 MN에게 accept 나 deny 의 등록 응답 메시지를 보내 등록 절차를 한다.

• 송신자로부터 MN으로 향하는 데이터그램이 node 의 홈 네트워크에 도착하면 이에 연결된 라우터는 일반적인 절차대로 ARP 패킷을 방송함으로써 이동 노드의 MAC 주소를 찾으려 한다.

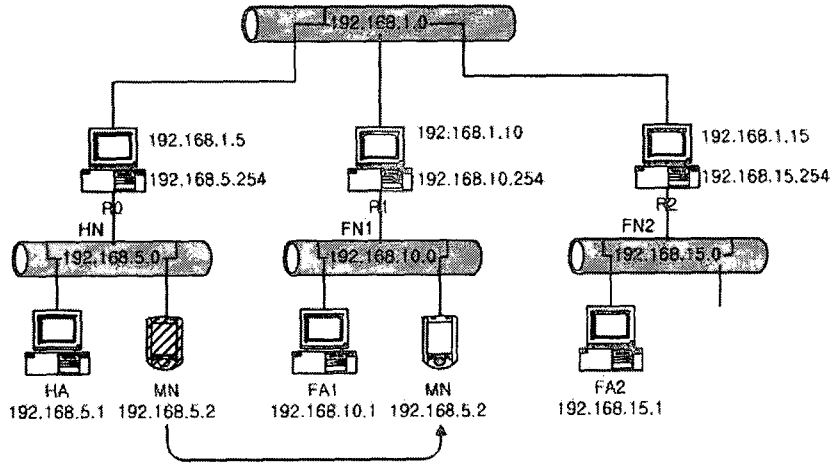
• 이때 홈 에이전트는 자신의 주소로 ARP 응답 메시지를 보내게 된다.

• 이동 노드의 홈 주소로 보내진 데이터그램은 홈 에이전트의 의해 인터셉트되어서 자신에게 등록된 이동 노드의 FA\_COA를 가지고 IP 패킷의 payload 필드에 이 패킷을 캡슐화함으로써 터널링[7]해서 보내게 된다.

### 3. 검증 환경

Mobile IP 검증 네트워크에는 HUT의 Dynamics 데몬을 HA와 FA, MN에 설치해 하였다. <그림 3>은 Mobile IP 프로토콜 적용 시 네트워크 분석을 위하여 구축한 검증 네트워크이다. <그림 3>의 검증 환경은 HN으로 192.168.5.0을 네트워크를 사용하고 있으며 192.168.5.254를 기본 게이트웨이로 사용하고 있다. FN1은 192.168.10.0 네트워크를 구성하고, 192.168.10.254를 기본 게이트웨이로 사용하였다. 외 FN2는 192.168.15.0 네트워크로 구성되었으며, 192.168.15.254를 기본 게이트웨이로 사용하였다.

HN에 있는 192.168.5.1인 HA에는 Dynamics HA 데몬을 192.168. 10.1과 192.168.15.1에 FA 데몬을 설치하였다.



<그림 3> 검증 네트워크

그리고, 192.168.5.2에는 Dynamics MN 데몬을 설치하여 기존 Mobile IP 프로토콜을 검증할 수 있도록 구축하여, IP의 이동성을 보장하였다.

특히, 라우터로 명명된 R0, R1, R2는 두 개의 네트워크 디바이스(eth0, eth1)를 가지고 있다. eth0은 192.168.1.0의 상위 네트워크에 통신에 사용되며, eth1은 하위 네트워크에 게이트웨이로 설정되어 상위 네트워크와 하위 네트워크가 원활하게 통신할 수 있도록 구축하였다.

이 라우터로 명명된 노드들은 실질적인 라우터 기능을 가지고 있지 않다. 따라서 라우팅 테이블에 자동으로 목적지 주소를 추가 구성하지 못하므로, 사용자가 수동 작업으로 리눅스 명령어를 사용하여 추가함으로써 다른 네트워크와 통신이 될 수 있도록 하였다. 이와 같이 네트워크간의 통신을 위해서 <표 1>과 같은 라우팅 테이블을 가져야 한다.

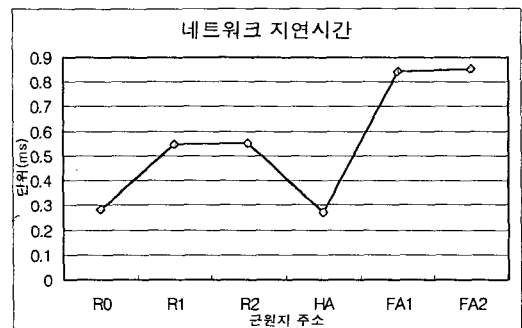
<표 1> R0 라우팅 테이블

Destination	Gateway	Mask	Interface
192.168.5.0	*	255.255.255.0	eth0
192.168.1.0	*	255.255.255.0	eth0
<b>192.168.10.0</b>	<b>192.168.1.10</b>	<b>255.255.255.0</b>	<b>eth0</b>
<b>192.168.15.0</b>	<b>192.168.1.15</b>	<b>255.255.255.0</b>	<b>eth0</b>
127.0.0.1	*	255.255.255.0	eth0
default	Router0	0.0.0.0	eth1

#### 4. 성능평가

Mobile IP 프로토콜 네트워크 성능 분석의 척도로서 ping을 사용하여 네트워크 지연시간을 측정하고, FTP 프로그램을 사용하여 초당 파일처리율을 측정하였다. Ping은 ICMP 프로토콜을 사용하는 응용 프로그램으로 다른 호스트로 데이터그램이 왕복할 때 걸리는 네트워크 지연시간을 측정한다. FTP 프로그램은 처리율을 GET과 PUT 방식으로 나누어 측정한다.

네트워크 지연시간은 노드 홉 수와 밀접한 관계를 가지고 있다. <그림 4>의 MN이 홈 네트워크에 있을 때, 목적지 주소를 MN으로 하여 ping을 사용하여 측정된 네트워크 지연시간을 보여준다.



<그림 4> MN이 HN에 있을 때의 네트워크 지연시간

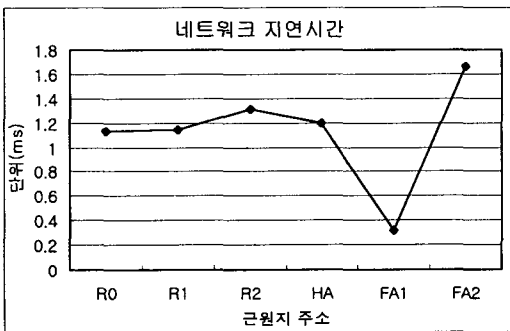
<그림 4>에서 X축은 MN을 목적지 주소로 하여

패킷을 보낸 근원지 주소를 나타내며, Y축은 각 근원지 주소에 따라 반응한 네트워크 지연시간을 보여준다. 네트워크 지연시간에 따른 라우팅 경로를 보면 <표 2>와 같다. <표 2>에서 홉 수가 0인 R0과 HA의 네트워크 지연시간을 보면 각각 0.282와 0.27ms이다. 홉 수가 1인 R1과 R2의 경우에는, 0.545와 0.549ms의 지연시간을 보이며, 홉 수가 0인 R0과 HA보다 90%에 가까운 지연시간의 증가를 나타내었다. 홉 수가 3인 FA1과 FA2는 0.845와 0.853ms이며, 홉 수가 0인 R0과 HA에 비해 250%에 가까운 증가시간을 보였다. 따라서 네트워크 지연 시간은 홉 수에 따라 많은 영향을 받는다는 것을 알 수 있다.

<표 2> 근원지주소에서 목적지주소까지 라우팅 경로

SRC	Echo Request	Echo Reply
R0	R0→MN	MN→R0
HA	HA→MN	MN→ HA
R1	R1→R0→MN	MN→R0→ R1
R2	R2→R0→MN	MN→R0→ R2
FA1	FA1→R1→R0→MN	MN→R0→R1→FA1
FA2	FA2→R1→R0→MN	MN→R0→R1→FA2

<그림 5>는 MN이 이동하여 FN에 있을 때 근원지 주소에서 목적지 주소 MN까지 걸린 네트워크 지연시간을 나타낸다.



<그림 5> MN이 FN에 있을 때 네트워크 지연시간

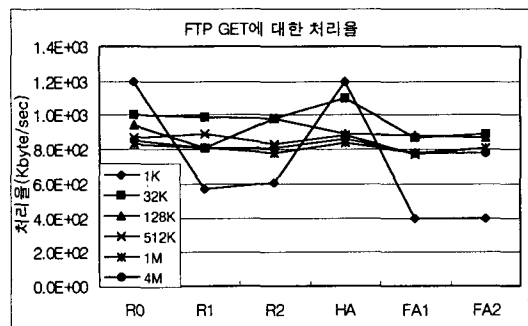
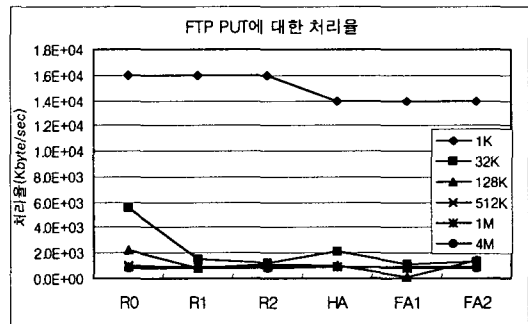
근원지주소에서 목적지주소 MN까지의 라우팅 경로를 보면 <표 3>과 같다. <표 3>은 HA와 FA 간에 터널 형성으로 인하여 홉 수가 증가했다는 것을 알 수 있다. 근원지 주소에서 Echo Request 메시지 경로에 굵게 표시된 부분이 HA와 FA에 터널링된 부분을 나타내며, 터널을 통해 데이터그램이 MN로 전송된다는 것을 알 수 있다. 따라서, MN이 FN으로 이동하였을 때 터널링으로 인한 홉 수의 증가가 MN이 HN에

있을 때 보다 증가한 것을 알 수 있다.

<표 3>근원지주소에서 목적지주소까지 라우팅 경로

SRC	Echo Request	Echo Reply
R0	R0→HA→R0→R1→ FA1→MN	MN→FA1→R1→R0
HA	HA→R0→R1→FA1 →MN	MN→FA1→R1→R0 →HA
R1	R1→R0→HA→R0→ R1→FA1→MN	MN→FA1→R1
R2	R2→R0→HA→R0→ R1→FA1→MN	MN→FA1→R1→R2
FA1	FA1→MN	MN→ FA1
FA2	FA2→R2→R0→HA→ R0→R1→FA1→MN	MN→FA1→R1→R2 →FA2

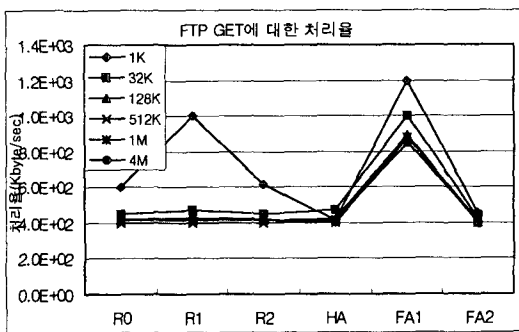
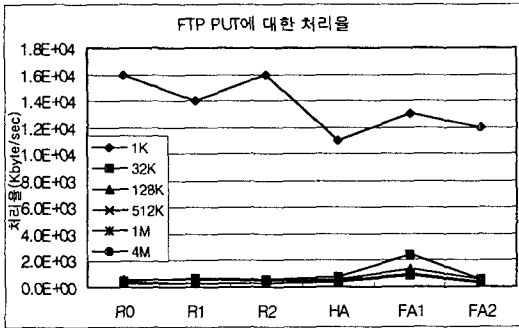
FTP 프로그램의 PUT과 GET을 사용하여 단위 시간당 처리율을 분석한다. <그림 6>은 MN이 HN에 있을 때, 파일의 크기에 따라, 각 노드에서 GET을 사용하여 MN에 있는 파일을 가져오고, PUT 사용하여 MN에 파일에 올릴 때, 단위 시간당 처리율을 보여준다.



<그림 6> MN이 HN에 있을 때의 처리율

<그림 7>은 MN이 FN으로 이동했을 때 각 노드에서 GET을 사용하여 MN에 있는 파일을 가져오고, PUT을 사용하여 파일을 MN에 올릴 때 단위시간당 처리

을 나타낸다.



<그림 7> MN이 FN에 있을 때 파일 처리율

단위 시간당 처리율에서는 MN이 HN에 있는 경우와 FN에 있는 경우에 시간적 차이가 크게 나지 않고 있다. 특히 파일에 크기가 클수록 시간적 차이는 전혀 나지 않고 있는 것을 알 수 있다. 이 결과를 통해 인터넷 환경에서 Mobile IP 프로토콜을 적용하여, 다른 서비스를 사용하는데 큰 문제점이 없을 것으로 예상된다.

### 5. 결론

본 논문에서는 Mobile IP를 기존 환경에 적용하였을 때 성능 변화를 분석하였다. 성능 분석의 척도로서 ping과 FTP 프로그램을 사용하여 네트워크 지연시간과 단위 시간당 처리율을 측정하였다. 이 측정 통해 Mobile IP 프로토콜 적용시 MN이 FN으로 이동하였을 때, 터널링으로 인한 홉 수만큼의 네트워크 지연시간이 증가한 것을 알 수 있었다. 단위 시간당 처리율의 경우, MN이 HN에 있을 때나 FN에 있을 때의 처리율에 대한 차이를 나지 않았으며, 파일에 크기가 32K부터 같은 처리율을 가지는 것을 알 수 있었다. 따라서, 실제 인터넷 환경에서 Mobile IP 프로토콜 사용은 문제점이 없을 것으로 예상된다.

향후 연구 과제로는 Mobile IP 프로토콜을 학내 네트워크에 적용하여 검증 네트워크가 아닌 실제 인터넷 환경에서 성능을 분석하고자 한다.

### [참고문헌]

- [1] C. Perkins, Ed. "IP Mobility Support," IETF RFC 2002, Sept. 1981.
- [2] J.B. Postel, Ed. "Internet Protocol," IETF RFC 791, Oct. 1996.
- [3] C. Perkins and J. Tangirala, "DHCP for Mobile Networking with TCP/IP," *Proc.IEEE Int'l Symp. Systems and Comm., June 1995, pp. 255261.*
- [4] C. Perkins, Ed. "IP Mobility Support for IPv4" IETF RFC 3220, Jan. 2002.
- [5] K. EL Malki, N Fikouras, and S. Cvetkovic. "Fast handoff Method for Real-time Traffic over Scaleable Mobile IP Networks". Internet draft(work in progress), draft-elmalki-mobileip-fast-handoffs-01.txt, June 1999.
- [6] Helsinki University of Technology " HUT Mobile IP Technical Document technical- document .txt,"<http://www.cs.hut.fi/Research/Dynamics>, August 1999.
- [7] R. Hinden and S. Deering, "IP Version6 Addressing Architecture," IETF RFC 1884, Dec. 1995.
- [8] C. Perkins, Ed. "IP Encapsulating with IP," IETF RFC 2003, May. 1996.
- [9] S.E. Deering, Ed., "ICMP Router Discovery Messages," IETF RFC 1256, Sept. 1991.