

Mobile IP의 학내망 사용을 위한 테스트베드 구현

이종민[†], 김성우^{**}, 김태석^{***}

요 약

인터넷의 광범위한 사용과 더불어 이동성은 컴퓨터 사용자들의 컴퓨팅 환경을 급격하게 변화시키고 있다. 이러한 인터넷 사용환경에서 이동성을 보장하기 위하여 IETF에서는 Mobile IP 프로토콜을 표준화하였다. Mobile IP 사용시 인터넷 사용자는 자신의 홈 네트워크에서 다른 외부 네트워크로 이동하더라도 IP주소 설정의 변경 없이 자유롭게 인터넷을 사용할 수 있는 장점이 있다. 본 논문에서는 이러한 Mobile IP를 학내망에 도입하기 위하여 그 성능을 평가하기 위한 테스트베드를 구축한다. Mobile IP 프로토콜의 사용이 네트워크 성능에 미칠 수 있는 영향을 실험적으로 평가함으로써 학내망에 직접 설치하여 검증할 때 발생 가능한 부작용을 줄일 수 있을 것으로 예상된다.

Implementation of a Testbed for the Use of Mobile IP in the Campus Network

Jong Min Lee[†], Seong Woo Kim^{**}, Tai-Suk Kim^{***}

ABSTRACT

Mobility changes the computing environment of computer users rapidly with the broad use of the Internet. In order to support mobility in the Internet infrastructure, IETF standardized Mobile IP. With the use of Mobile IP, the Internet users can use the Internet freely without any change in the IP address configuration when they move from their home networks to foreign networks. In this paper, we implement a test bed for evaluating the performance of Mobile IP to use it in the campus network. By evaluating the effect of the use of Mobile IP on the network performance, we expect that the possible side effect of its direct use in the campus network will be reduced.

Key words: Mobile IP, performance evaluation(성능 평가), routing delay(라우팅 지연), network throughput(네트워크 처리율)

1. 서 론

인터넷이 광범위하게 보급됨에 따라서 전 세계에 걸쳐 있는 정보를 빠르고 쉽게 접근할 수 있는 시대가 열리고 있다. 또한 노트북, PDA, 휴대폰과 같이 이동성이 좋은 소형 정보 가전의 보급은 이러한 인터넷 사

용 환경의 변화를 가져오게 되었다. 언제 어디서나 인터넷에 연결하여 필요한 업무를 처리할 수 있도록 해주기 위해서는 기존의 경우처럼 한 장소에서만 인터넷에 접속하는 방식이 아니라 장소를 이동하더라도 쉽게 인터넷에 접속할 수 있는 방식이 필요하게 되었다.

인터넷 프로토콜의 기반인 IP는 일반적으로 목적지 주소에 의하여 라우팅을 한다[1]. 따라서 노트북, PDA와 같이 이동성이 좋은 호스트가 장소를 이동할 경우 인터넷에 접속하여 서비스를 받기 위해서는 IP 주소의 조정이 필요하다. 따라서 호스트가 네트워크 간 이동을 할 때마다 새로운 IP 주소를 할당받아야 한다. 이와 같이 하기 위해서 사용자는 매번 인터넷에 접속하려는 호스트의 IP 주소를 직접 수정하거나,

※ 교신저자(Corresponding Author) : 이종민, 주소 : 부산광역시 부산진구 가야3동 산24(614-714), 전화 : (051)890-1736, FAX : (051)890-1619, E-mail : jongmin@deu.ac.kr
접수일 : 2003년 4월 7일, 완료일 : 2003년 8월 21일

[†] 정회원, 동의대학교 소프트웨어공학과 전임강사

^{**} 정회원, 동의대학교 소프트웨어공학과 전임강사
(E-mail : libero@deu.ac.kr)

^{***} 종신회원, 동의대학교 소프트웨어공학과 교수
(E-mail : tskim@deu.ac.kr)

DHCP 서버로부터 IP 주소를 동적으로 할당받아 사용해야 하는 단점이 있다. 또한 기존에 사용하던 IP 주소가 아닌 새로 할당받은 IP 주소를 사용하므로 특정 호스트가 네트워크 간 이동을 하더라도 다른 외부 호스트로부터 지속적으로 연결되기 위해서는 새로 할당받은 IP 주소에 대한 정보를 변경할 때마다 알려주어야 하는 단점이 있다.

인터넷상에서 호스트의 이동성으로 인한 문제점들을 해결하기 위하여 IETF(Internet Engineering Task Force)에서는 Mobile IP 프로토콜[2,3]을 제안하여 표준화하였다. 특정 호스트는 자신의 홈 네트워크에서 외부 네트워크로 이동시 COA(care-of address)를 자신의 홈 에이전트에게 알려줌으로써 IP 주소를 변경하지 않더라도 터널링에 의하여 패킷이 정상적으로 송수신할 수 있게 된다. 따라서 Mobile IP 프로토콜 사용시 각 호스트는 자신에게 할당된 IP 주소를 변경하지 않고도 네트워크 이동에 상관없이 계속 인터넷에 접속하여 서비스를 받을 수 있게 되어 이동성이 보장된다.

본 논문에서는 이러한 Mobile IP 프로토콜을 학내망에 적용하기 위한 테스트베드를 구축하고 그에 따른 성능을 평가한다. 실제 학내망에 적용하여 사용하기에 앞서 이와 같이 Mobile IP 프로토콜을 적용한 테스트베드를 구축하여 성능 평가를 해 봄으로써 발생 가능한 부작용을 미리 파악해 보고 운용 기술을 확보할 수 있을 것으로 기대된다. Mobile IP 적용으로 인한 네트워크의 성능 평가 척도로는 왕복지연시간과 단위 시간당 처리율을 사용한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 Mobile IP의 기본 환경 및 동작 절차에 대하여 기술한다. 3절에서는 Mobile IP를 적용하여 망 성능을 평가하기 위한 테스트베드 구현에 대하여 기술한다. 4절에서는 테스트베드를 사용하여 평가한 결과를 기술하고, 마지막으로 5절에서 결론을 기술한다.

2. 배경

본 절에서는 Mobile IP 프로토콜에서 사용되는 용어와 프로토콜의 동작 절차에 대하여 기술한다.

2.1 용어

먼저 Mobile IP 프로토콜의 동작 절차를 설명하는

데 필요한 기본 용어에 대하여 간단하게 기술한다.

- 이동 노드 (mobile node; MN): 하나의 네트워크나 서브 네트워크에서 다른 위치로 결부 지점을 변경하는 호스트 또는 라우터를 말한다.

- 통신 노드 (correspondent node; CN): 이동 노드와 통신을 하는 노드

- 홈 에이전트 (home agent; HA): 이동 노드의 홈 네트워크에 있는 라우터로서, 이동 노드가 홈 네트워크를 떠났을 때, 터널을 통해 이동 노드로 오는 데이터그램을 전달하고, 이동 노드의 현재 위치 정보를 유지한다.

- 외부 에이전트 (foreign agent; FA): 이동 노드가 방문한 외부 네트워크의 라우터로서, 이동 노드가 등록되어 있는 동안 라우팅 서비스를 제공한다. 이동 노드의 홈 에이전트가 터널을 통해 전송한 데이터그램을 링크 계층 주소를 이용하여 해당 이동 노드로 전송해 준다.

- 이동성 에이전트 (mobility agent): 홈 에이전트 또는 외부 에이전트

- 홈 네트워크 (home network): 이동 노드의 홈 주소와 동일한 네트워크 식별자를 가지는 네트워크

- 외부 네트워크 (foreign network): 이동 노드의 홈 네트워크가 아닌 네트워크

- COA (care-of address): 이동 노드로 향하는 터널이 끝나는 지점으로서, 이동 노드가 외부 네트워크에 있는 동안 홈 에이전트가 특정 이동 노드로 오는 데이터그램을 COA로 재전송해 준다. 두 가지 형태의 COA를 사용할 수 있는데, 이동 노드가 등록되어 있는 외부 에이전트의 IP 주소를 사용하는 외부 에이전트 COA와 외부 네트워크에서 사용 가능한 주소를 새로 할당받아 사용하는 co-located COA가 있다.

- 터널 (tunnel): 데이터그램이 홈 에이전트에서 캡슐화되어 COA로 전달되는 경로

2.2 Mobile IP 동작 절차

Mobile IP 프로토콜을 지원하기 위해서는 이동 노드, 홈 에이전트, 외부 에이전트 기능이 필요하다. 그림 1은 이 세 가지 기능의 관계를 보여주는 네트워크 환경이다. Mobile IP 표준[2,3]에 의하면 홈 에이전트의 기능은 홈 네트워크의 라우터가 담당하는 것이 바람직하나, 홈 네트워크 내 호스트에서 이 기능을 담당할 수 있도록 구현하는 것도 가능하다[4]. 외부

에이전트의 경우에도 마찬가지로 외부 네트워크 내 호스트에서 기능을 담당하도록 구현하는 것이 가능하다. 그림 1에서는 홈 에이전트와 외부 에이전트 기능이 각각 홈 네트워크와 외부 네트워크 내 호스트에서 구현되어 있는 상황을 보여주고 있다.

Mobile IP 프로토콜이 올바르게 동작하기 위해서 이동 노드와 홈 에이전트, 외부 에이전트간에는 에이전트 발견(agent discovery) 절차와 등록(registration) 절차가 필요하다. 홈 에이전트와 외부 에이전트는 주기적으로 자신이 속한 네트워크에 자신들이 사용 가능함을 광고(broadcast)한다. 이를 이동 노드가 발견하면 자신이 네트워크 간 이동을 했는지 여부를 판단할 수 있다. 또한 이동 노드가 주기적으로 네트워크에 이동 에이전트를 찾기 위한 메시지를 광고하여 이동 에이전트의 존재 여부를 파악할 수도 있다. 이와 같은 과정을 에이전트 발견이라 한다. 에이전트를 발견한 이동 노드는 네트워크 간 이동을 하였음을 인지하면 자신의 홈 에이전트에게 COA를 등록한다. 외부 에이전트 COA를 사용하는 경우 등록 과정은 외부 에이전트를 통하여 홈 에이전트로의 등록이 진행되며, co-located COA를 사용하는 경우에는 홈 에이전트와 직접 등록을 진행하게 된다.

Mobile IP 프로토콜의 기본적인 동작 절차를 간략하게 정리하면 그림 2와 같다. 이때 이동 노드는 홈 네트워크 또는 특정 외부 네트워크에서 다른 외부 네트워크로 이동하였음을 가정한다. 또한 이동 노드는 홈 에이전트에 등록시 외부 에이전트 COA를 사용한다고 가정한다.

- 홈 에이전트와 외부 에이전트는 자신이 존재함을 에이전트 광고(Agent Advertisement) 메시지를 통해서 네트워크에 방송한다. 이동 노드는 에이전트 간청(Agent Solicitation) 메시지를 방송하여 이에 대

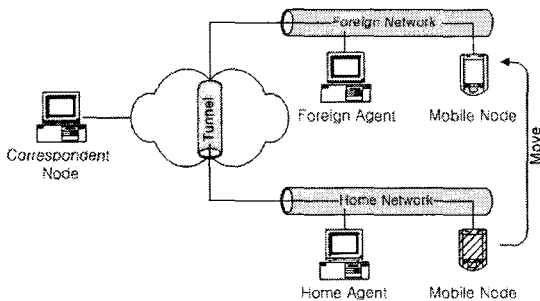


그림 1. Mobile IP 지원을 위한 네트워크 환경

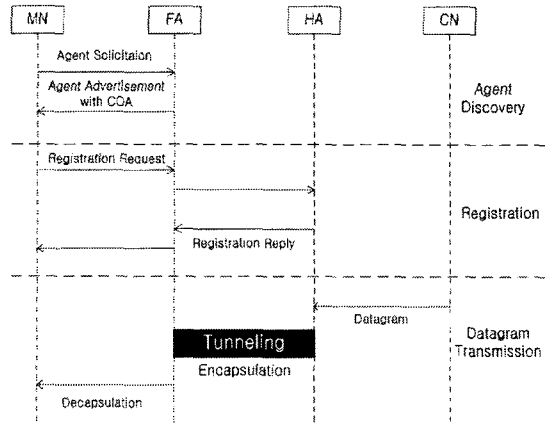


그림 2. 외부 네트워크로 이동시 Mobile IP 프로토콜 동작 절차

한 응답으로 동일 네트워크에 존재하는 이동성 에이전트의 에이전트 광고 메시지를 수신할 수도 있다.

- 이동 노드는 에이전트 광고 메시지를 받고 자신이 홈 네트워크 또는 외부 네트워크에 있는지 여부를 결정한다.

- 이동 노드가 자신이 홈 네트워크에 계속 있다고 판단할 경우에는 이동성 서비스를 받을 필요가 없다. 만약 외부 네트워크에서 홈 네트워크로 다시 돌아온 경우라면 이동 노드는 홈 에이전트에게 등록을 취소해야 한다.

- 이동 노드가 자신이 외부 네트워크에 있다고 판단할 경우에는 외부 네트워크의 COA를 얻어야 한다. 외부 에이전트는 에이전트 광고 메시지 안에 COA 정보를 포함해서 방송한다.

- 이동 노드는 외부 에이전트를 통해서 등록 요청 메시지를 홈 에이전트에게 보내고 홈 에이전트는 이동 노드에게 허가(accepted) 또는 거부(denied)의 등록 응답 메시지를 보내 등록 절차를 완료한다.

- 통신 노드로부터 이동 노드의 홈 주소로 보내진 데이터그램은 홈 에이전트가 가로채어서 이동 노드의 COA를 목적지 주소로 전송해 준다. 외부 에이전트 COA를 사용하는 경우에는 외부 에이전트가 이동 노드로 가는 데이터그램을 받게 된다. 이때 외부 에이전트는 이를 이동 노드에 전달해 줌으로써 데이터그램 전송이 완료된다.

- 반대로 이동 노드에서 외부로 나가는 데이터그램은 홈 에이전트를 거치지 않고 일반적인 IP 라우팅 기법에 의하여 전송된다.

2.3 Mobile IP 구현 예

Mobile IP 프로토콜을 구현한 시스템의 예는 다음과 같다. Helsinki University of Technology(HUT)에서 개발한 Dynamics 시스템[6]은 홈 에이전트와 이동 노드와 가장 근접한 외부 에이전트사이의 외부 에이전트의 트리 모양 계층구조를 형성할 수 있게 하여 이동 노드의 이동에 따른 위치 갱신의 지연시간을 줄일 수 있게 한다. 리눅스 커널 버전 2.2.x 또는 2.4.x인 리눅스 운영체제에서 동작하며, 커널 패치와 관련된 구현이 없어 사용자 공간에서만 동작하여 프로그램 사용이 용이한 장점이 있다. RFC 2002 규격을 충실히 구현하였으며, 외부 에이전트 COA와 co-located COA를 모두 지원한다.

스탠포드 대학에서 개발한 MosquitoNet Mobile IP 구현[7]은 RFC 2002를 기반으로 구현하였으며, nonce replay attack protection과 같은 일부 선택사항은 구현되어 있지 않다. 또한 외부 에이전트 COA를 지원하지 않고 co-located COA만 지원한다. 따라서 이동 노드와 홈 에이전트 기능은 구현되어 있으나, 외부 에이전트 관련 기능은 구현되어 있지 않다. 리눅스 커널 버전 2.2.x인 리눅스 운영체제에서 동작하며, MosquitoNet Mobile IP 운영을 위하여 커널 패치가 필요하다.

National University of Singapore에서 개발한 Mobile IP 구현[8]은 RFC 2002를 기반으로 구현되었으며, 상호 운영성 테스트를 위한 터널 설정 프로토콜의 제안과 네트워크 간 이동시 등록 요구 횟수를 감소시켜 등록 요구를 최적화하기 위한 클라이언트-서버 모델을 도입한 것이 특징이다. 리눅스 운영체제를 기반으로 동작하며, 이동 노드는 윈도우즈95환경에서도 구현을 하였다.

3. 테스트베드 구축

Mobile IP 프로토콜의 동작과 네트워크에 미치는 영향을 평가하기 위하여 두 가지 형태의 테스트베드를 구축한다. 첫 번째 테스트베드는 네트워크를 플랫폼 구조로 만들어 기본적인 동작과 성능을 평가할 수 있도록 하며, 두 번째 테스트베드는 네트워크를 계층 구조로 구성하여 라우팅 경로의 차이에 따른 성능 변화를 평가할 수 있도록 한다. 플랫폼 구조 테스트베드는 그림 3과 같이 구성된다. 세 대의 컴퓨터 R0, R1,

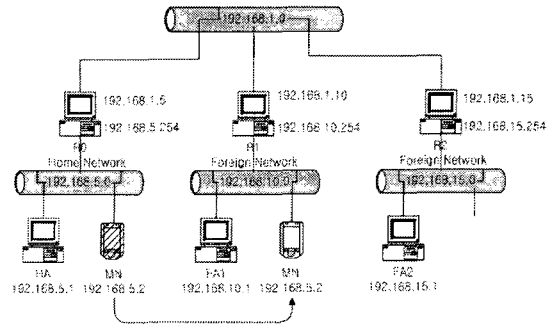


그림 3. 플랫폼 구조 테스트베드

R2가 라우터 역할을 한다. 홈 네트워크 HN의 네트워크 주소는 192.168.5.0이며, 외부 네트워크 FN1, FN2의 네트워크 주소는 각각 192.168.10.0, 192.168.15.0을 가진다. 이들 네트워크는 네트워크 주소가 192.168.1.0인 네트워크에 의하여 서로 연결된다. 홈 에이전트 HA의 IP 주소는 192.168.5.1이며, 외부 에이전트 FA1, FA2의 IP 주소는 각각 192.168.10.1, 192.168.15.1을 가진다. RFC 2002에 의하면 홈 에이전트와 외부 에이전트 기능은 해당 네트워크의 라우터에서 그 역할을 해주어야 한다[2]. 그러나 이동 노드로 오는 데이터그램을 가로채어서 터널을 통해 전송해 줄 수 있는 호스트에서 그 기능을 수행해 주어도 되므로[4], 본 논문에서는 해당 네트워크의 특정 호스트를 이용하여 홈 에이전트와 외부 에이전트 기능을 수행하도록 구성한다.

구성된 테스트베드에서 데이터그램의 전송이 정상적으로 이루어지기 위해서는 라우터 R0, R1, R2의 라우팅 경로를 설정해 주어야 한다. 표 1은 플랫폼 구조 테스트베드에서 라우터 R0의 라우팅 테이블을 보여준다. 라우터 R1과 R2의 라우팅 테이블을 이와 유사하게 설정 가능하므로 이에 대한 기술은 생략한다.

그림 4는 계층 구조 테스트베드의 네트워크 구조이다. 외부 네트워크 FN2가 외부 네트워크 FN1에 연결되어 네트워크가 계층 구조를 지닌다는 점이 플랫폼

표 1. 플랫폼 구조 테스트베드에서 라우터 R0의 라우팅 테이블

목적지	게이트웨이	마스크	인터페이스
192.168.5.0	*	255.255.255.0	eth1
192.168.1.0	*	255.255.255.0	eth0
192.168.10.0	192.168.1.10	255.255.255.0	eth0
192.168.15.0	192.168.1.15	255.255.255.0	eth0

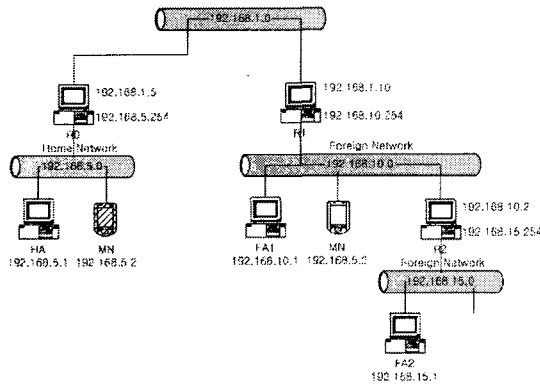


그림 4. 계층구조 테스트베드

랫구조 테스트베드와 다른 점이다. 이동 노드 MN이 외부 네트워크 FN1, FN2로 이동할 때 라우팅 경로가 달라지므로 이에 따른 성능 변화를 평가할 수 있을 것으로 예상된다. 표 2, 표 3, 표 4는 계층구조 테스트베드에서 각각 라우터 R0, R1, R2,의 라우팅 테이블이다.

이동 노드 MN, 홈 에이전트 HA, 외부 에이전트, FA1, FA2와 라우터 R0, R1, R2는 Pentium IV 1.6GHz, 256MB 메모리를 가지는 컴퓨터를 사용하

표 2. 계층구조 테스트베드에서 라우터 R0의 라우팅 테이블

목적지	게이트웨이	마스크	인터페이스
192.168.5.0	*	255.255.255.0	eth1
192.168.1.0	*	255.255.255.0	eth0
192.168.10.0	192.168.1.10	255.255.255.0	eth0
192.168.15.0	192.168.1.10	255.255.255.0	eth0

표 3. 계층구조 테스트베드에서 라우터 R1의 라우팅 테이블

목적지	게이트웨이	마스크	인터페이스
192.168.10.0	*	255.255.255.0	eth1
192.168.1.0	*	255.255.255.0	eth0
192.168.5.0	192.168.1.5	255.255.255.0	eth0
192.168.15.0	192.168.10.2	255.255.255.0	eth1

표 4. 계층구조 테스트베드에서 라우터 R2의 라우팅 테이블

목적지	게이트웨이	마스크	인터페이스
192.168.15.0	*	255.255.255.0	eth1
192.168.1.0	192.168.10.254	255.255.255.0	eth0
192.168.5.0	192.168.10.254	255.255.255.0	eth0
192.168.10.0	*	255.255.255.0	eth0

며, 커널 버전 2.4.13 커널을 사용하는 한컴리눅스 2.2를 운영체제로 사용한다. 이와 같이 구축된 테스트베드에 Mobile IP 프로토콜을 적용하기 위해서 본 논문에서는 HUT에서 개발한 Dynamics 시스템[6]을 채택한다. Dynamics는 외부 에이전트간에 트리 모양의 계층구조를 형성할 수 있도록 하여 위치 갱신에 의한 지연시간을 감소시킬 수 있는 특성이 있으며, 리눅스 운영체제를 기반으로 구현되어 쉽게 설치가 가능하다. 또한 커널 공간(kernel space)이 아닌 사용자 공간(user space)에서 동작하므로 구현과 관련된 커널 패치를 할 필요가 없어 사용이 용이한 장점이 있다. 따라서 기구현된 소프트웨어에 코드를 일부 추가하여 이동성 에이전트와 이동 노드의 동작을 추적하기 용이할 것으로 기대된다.

4. 성능 평가

구축된 테스트베드를 이용하여 Mobile IP 프로토콜을 적용하였을 때 네트워크에 미치는 영향을 평가하기 위한 척도로서 왕복지연시간(round trip delay)과 단위시간당 처리율(throughput)을 사용한다. 왕복지연시간과 단위시간당 처리율은 각각 ping과 FTP 프로그램을 사용하여 측정한다. 플랫폼구조 테스트베드와 계층구조 테스트베드에서 라우터 R0, R1, R2와 홈 에이전트 HA, 외부 에이전트 FA1, FA2는 호스트로서의 기능도 할 수 있으므로 이들 호스트들과 이동 노드 MN 사이에 ping과 FTP 프로그램을 실행하여 Mobile IP 사용으로 인한 네트워크 성능 변화를 평가한다.

4.1 왕복지연시간

그림 5는 플랫폼구조 테스트베드에서 이동 노드 MN이 홈 네트워크 HN에 연결되어 있을 때 측정된 왕복지연시간이다. Mobile IP 프로토콜에 의하여 터널을 통한 데이터그램 재전송이 없는 경우이므로, 실제로 Mobile IP 프로토콜이 적용되어 데이터그램 재전송이 있는 경우와의 비교 대상으로 의미를 지닌다. ping 명령어는 상대 호스트에게 ICMP 에코 요청 데이터그램을 전송하여 이에 대한 ICMP 에코 응답을 수신함으로써 데이터그램이 왕복하는 데 소요되는 왕복지연시간을 측정 가능하게 한다[9]. 리눅스 운영체제에서 ICMP 에코 요청 데이터그램의 데이터 크

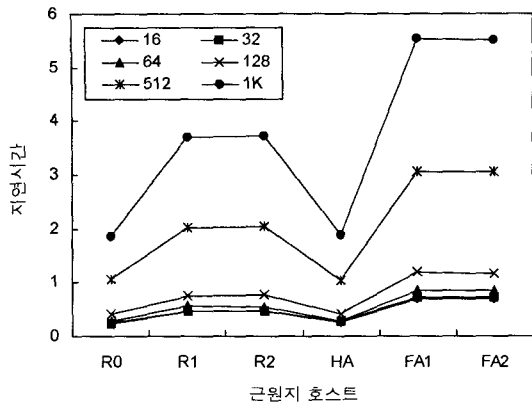


그림 5. 플랫폼구조 테스트베드에서 이동노드 MN이 홈 네트워크 HN에 있을 때의 왕복지연시간 (단위: msec)

기는 기본적으로 64 바이트이나, 본 논문에서는 이를 16~1K 바이트 사이의 크기로 변화시켜 가며 성능 변화를 측정한다. 그림에서 이동 노드 MN과 같은 네트워크에 연결되어 있는 라우터 R0와 홈 에이전트 HA 간의 왕복지연시간이 가장 짧으며, 라우터 R1과 R2, 외부 에이전트 FA1과 FA2 순서로 왕복지연시간이 증가함을 알 수 있다. 이는 이동 노드 MN과 다른 호스트 사이의 라우팅 경로 길이 차이에서 기인한 것으로써, 이동 노드 MN이 홈 네트워크에 있을 때 다른 호스트간의 왕복 라우팅 경로는 표 5와 같다. 왕복경로길이에 비례하여 왕복지연시간이 증가함을 알 수 있다.

그림 6은 플랫폼구조 테스트베드에서 이동 노드 MN이 외부 네트워크 FN1에 연결되어 있을 때 측정된 왕복지연시간이다. 이동 노드 MN이 홈 네트워크에 있을 때보다 전반적으로 왕복지연시간이 증가했으며, 이동 노드 MN과 외부 에이전트 FA1 간의 왕복지연시간이 제일 작다. 표 6은 플랫폼구조 테스트베드에서 이동 노드 MN이 외부 네트워크 FN1에 있을 때의 라우팅 경로를 보여준다. 볼드체로 표시된 부분

표 6. 플랫폼구조 테스트베드에서 MN이 FN1에 있을 때 MN으로의 라우팅 경로

출발지	에코 요청	에코 응답	왕복경로길이
R0	R0→ HA →R0→R1→FA1→MN	MN→R1→R0	7
R1	R1→R0→ HA →R0→R1→FA1→MN	MN→R1	7
R2	R2→R0→ HA →R0→R1→FA1→MN	MN→R1→R2	8
HA	HA →R0→R1→FA1→MN	MN→R1→R0→HA	7
FA1	FA1→MN	MN→FA1	2
FA2	FA2→R2→R0→ HA →R0→R1→FA1→MN	MN→R1→R2→FA2	10

표 5. 플랫폼구조 테스트베드에서 MN이 HN에 있을 때 MN으로의 라우팅 경로

출발지	에코 요청	에코 응답	왕복경로길이
R0	R0→MN	MN→R0	2
R1	R1→R0→MN	MN→R0→R1	4
R2	R2→R0→MN	MN→R0→R2	4
HA	HA→MN	MN→HA	2
FA1	FA1→R1→R0→MN	MN→R0→R1→FA1	6
FA2	FA2→R2→R0→MN	MN→R0→R2→FA2	6

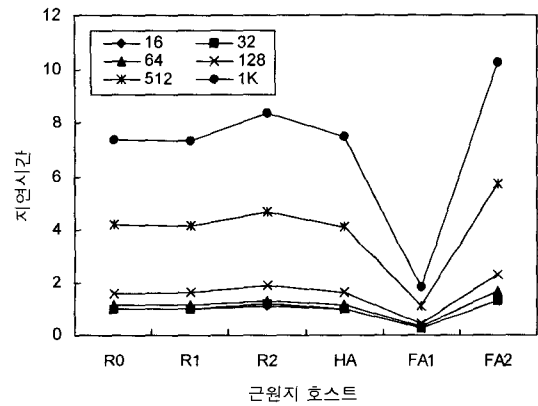


그림 6. 플랫폼구조 테스트베드에서 이동 노드 MN이 외부 네트워크 FN1에 있을 때의 왕복지연시간 (단위: msec)

이 외부 네트워크 FN1에 연결되어 있는 이동 노드 MN으로의 터널을 통한 데이터그램 재전송 경로이며, 라우팅 경로 길이는 3이다. 이동 노드 MN이 홈 네트워크에 있을 때보다 전반적으로 라우팅 경로가 길어졌음을 알 수 있다. 플랫폼구조 테스트베드에서 이동 노드 MN이 외부 네트워크 FN2에 있는 경우는 외부 네트워크 FN1에 있는 경우와 동일하므로 성능 측정 결과의 기술은 생략한다.

그림 7은 계층구조 테스트베드에서 이동노드 MN

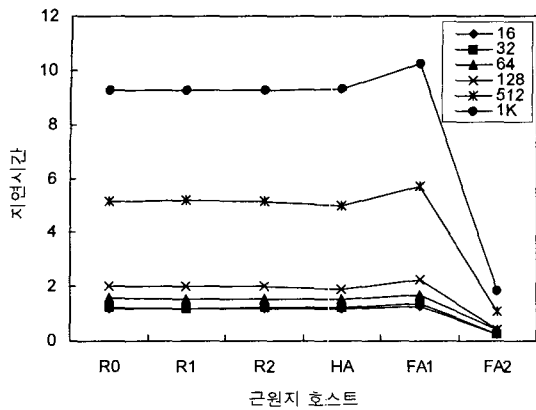


그림 7. 계층구조 테스트베드에서 이동 노드 MN이 외부 네트워크 FN2에 있을 때의 왕복지연시간 (단위: msec)

이 외부 네트워크 FN2에 있을 때의 왕복지연시간을 측정된 결과이다. 계층구조 테스트베드에서 이동 노드가 홈 네트워크나 외부 네트워크 FN1에 있는 경우는 플랫폼구조 테스트베드에서와 동일하므로 생략한다. 표 7에서와 같이 전체 왕복경로길이도 더 증가하였으며, 이에 따라서 왕복지연시간도 증가하였음을 알 수 있다. 홈 에이전트 HA에서 외부 에이전트 FA2까지의 라우팅 경로 길이가 4이며, 표 6에서보다 1만큼 더 증가하였음을 알 수 있다. 이에 따라서 전반적으로 이동 노드 MN까지의 라우팅 경로가 증가하게 되어 왕복지연시간이 증가하였음을 알 수 있다. 이와 같이 Mobile IP 프로토콜 적용시 이동 노드가 외부 네트워크에 연결되어 있는 경우 홈 에이전트에서 외부 에이전트간의 데이터그램 재전송을 위한 터널의 라우팅 경로가 추가되어 전체 라우팅 경로의 증가를 가져왔으며, 이에 따라 왕복지연시간이 전체적으로 증가하였음을 알 수 있다.

4.2 단위 시간당 처리율

FTP 프로그램을 사용하여 바이너리 모드에서

4MB크기의 파일을 이동 노드 MN과 다른 호스트간에 송수신하여 단위시간당 처리율을 측정한다. 플랫폼구조 테스트베드의 경우 이동 노드 MN이 외부 네트워크 FN1과 FN2에 있을 때 터널 경로를 제외한 라우팅 경로에 차이점이 없으므로 라우팅 경로의 차이가 있는 계층구조 테스트베드에서의 FTP 실행 결과를 보여준다. 도표에서 X축은 FTP를 시작한 호스트의 이름이며, Y축은 GET 명령을 실행하여 측정된 처리율(단위: 100KB/sec)을 나타낸다. HN은 이동 노드가 홈 네트워크에 있을 때의 결과이며, 이동 노드 MN이 FN1과 FN2는 각각 외부 네트워크 FN1과 FN2에 있을 때 측정된 처리율이다.

그림 8은 계층구조 테스트베드에서 이동 노드 MN으로 FTP GET 명령을 실행하여 측정된 결과이다. 이동 노드 MN이 홈 네트워크에 있을 경우에는 라우팅 경로에 상관없이 모두 800KB/sec 내외의 처리율을 보이며, FTP 시작 호스트와 이동 노드 MN간의 라우팅 경로 길이에 따라서 약간의 처리율 차이가 있음을 알 수 있다. 그러나 이동 노드 MN이 외부 네트워크 FN1과 FN2에 있는 경우에는 처리율 면에서 많은 차이가 있음을 도표에서 쉽게 알 수 있다.

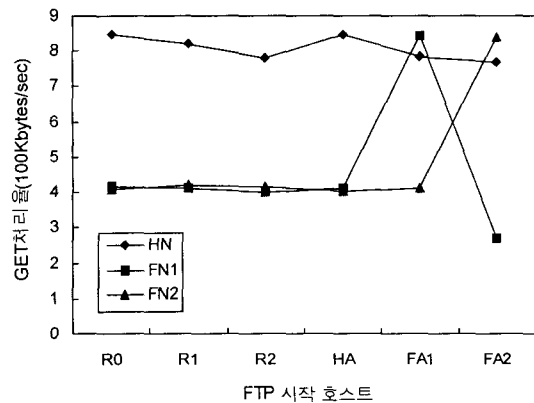


그림 8. 계층구조 테스트베드에서 측정된 FTP GET 처리율

표 7. 계층구조 테스트베드에서 MN이 FN2에 있을 때 MN으로의 라우팅 경로

출발지	에코 요청	에코 응답	왕복경로길이
R0	R0→HA→R0→R1→R2→FA2→MN	MN→R2→R1→R0	9
R1	R1→R0→HA→R0→R1→R2→FA2→MN	MN→R2→R1	9
R2	R2→R1→R0→HA→R0→R1→R2→FA2→MN	MN→R2	9
HA	HA→R0→R1→R2→FA2→MN	MN→R2→R1→R0→HA	9
FA1	FA1→R1→R0→HA→R0→R1→R2→FA2→MN	MN→R2→FA1	10
FA2	FA2→MN	MN→FA2	2

홈 에이전트 HA에서 외부 에이전트 FA1 또는 FA2의 데이터그램 재전송을 위한 터널을 거치지 않고 FTP가 이루어지는 외부 에이전트 FA1과 FA2에서 이동 노드 MN으로의 FTP GET 실행 결과를 제외하고는 처리율 면에서 거의 50%이상 감소함을 알 수 있다. 실제 데이터의 전송은 이동 노드 MN에서 다른 호스트로 이루어지나, FTP 프로그램 자체가 TCP/IP 기반에서 동작하기 때문에 전송효율을 높이고 신뢰성 있는 수송을 위해 슬라이딩 윈도우 프로토콜을 이용한 흐름 제어와 확인 메시지 전송, 시간종료 방식 및 재전송을 사용한 에러 제어를 위한 메시지 송수신이 필요하다[10]. 이러한 TCP 제어 관련 메시지가 터널을 통하여 이동 노드 MN으로 재전송되어 전달되므로 Mobile IP 프로토콜을 사용하지 않을 때보다 급격한 성능 저하가 발생하는 것으로 판단된다.

그림 9는 계층구조 테스트베드에서 이동 노드 MN으로 FTP PUT 명령을 실행하여 측정된 결과이다. 이동 노드 MN이 홈 네트워크에 있는 경우는 FTP GET 명령을 실행하여 측정된 결과와 유사한 특성을 보임을 알 수 있다. 그러나 이동 노드 MN이 외부 네트워크에 있는 경우에는 FTP GET 명령 실행 결과와 마찬가지로 홈 네트워크에 연결되어 있을 때보다 성능 저하가 발생하였을 뿐만 아니라 FTP GET 명령 실행 결과보다도 더 성능이 떨어짐을 알 수 있다. 이는 실제 데이터가 여러 호스트로부터 이동 노드 MN으로 전송되는 과정에 홈 에이전트와 외부 에이전트 간 데이터그램 재전송을 위한 캡슐화 과정과 디캡슐화 과정을 거치기 때문에 FTP GET의 경우보다 더 성능 저하가 발생한 것으로 판단된다.

이상을 종합해 보면 데이터그램 재전송을 위하여

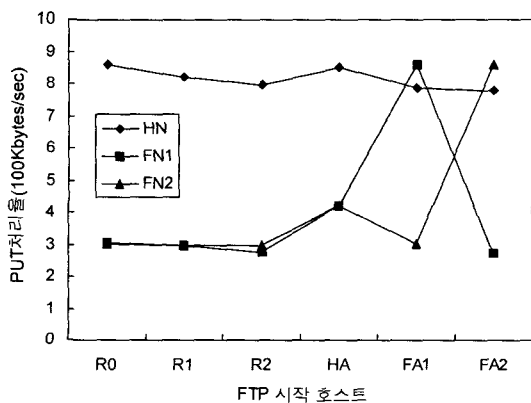


그림 9. 계층구조 테스트베드에서 측정된 FTP PUT 처리율

홈 에이전트와 외부 에이전트에서 데이터그램의 주소 정보 변경을 위하여 데이터그램을 캡슐화하고 디캡슐화하는 과정이 필요한데, 이로 인하여 전반적인 처리율 저하를 가져온 것으로 판단된다. 단순히 라우팅 경로의 차이로 인한 처리율 저하는 이동 노드 MN이 홈 네트워크에 있을 때의 실행 결과에서 알 수 있듯이 약간의 차이만 발생하나, 터널을 통하여 데이터그램 재전송을 하는 과정에서 많은 성능 저하가 발생함을 알 수 있다. 이를 완화시키기 위해서는 홈 에이전트와 외부 에이전트 기능을 하는 호스트 또는 라우터가 터널을 통한 데이터그램 재전송이 효율적으로 이루어질 수 있도록 데이터그램을 캡슐화하고 디캡슐화하는 과정을 신속하게 해 줄 수 있어야 할 것으로 예상된다.

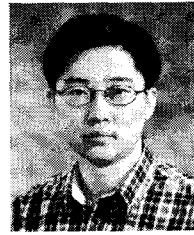
5. 결 론

본 논문에서는 Mobile IP 프로토콜을 확대망에 도입하기 위하여 그 성능을 평가하기 위한 테스트베드를 구축하였다. Mobile IP 프로토콜의 사용이 네트워크 성능에 미칠 수 있는 영향을 실험적으로 평가함으로써 확대망에 직접 설치하여 검증할 때 발생 가능한 부작용을 줄이는 데 그 목적이 있다. ping과 FTP 프로그램을 사용하여 측정된 왕복지연시간과 단위시간 당 처리율을 네트워크 성능 척도로 사용하였다. 이동 노드가 외부 네트워크에 연결되어 있을 때 왕복지연시간은 라우팅 경로에 비례하여 증가하며, 단위시간당 처리율은 홈 에이전트에서 외부 에이전트로의 데이터그램 재전송으로 인하여 성능 저하가 있음을 알 수 있었다. 특히, FTP PUT 명령 실행시 실제 데이터가 홈 에이전트에서 외부 에이전트로의 터널을 통하여 재전송되어 FTP GET 명령 실행시보다 더욱 성능이 저하됨을 실험적으로 알 수 있었다. 이는 터널을 통한 데이터그램 재전송 때문에 발생한 것으로 판단된다. 따라서 이러한 네트워크 성능 저하를 감소시키기 위해서는 홈 에이전트와 외부 에이전트 기능을 하는 라우터 또는 호스트에서 데이터그램 재전송을 위한 캡슐화 과정과 디캡슐화 과정을 효율적으로 할 수 있도록 해 주어야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] J.B. Postel, Ed., "Internet Protocol," RFC 791,

- Sept. 1981.
- [2] C. Perkins, Ed., "IP Mobility Support," RFC 2002, Oct. 1998.
 - [3] C. Perkins, Ed., "IP Mobility Support for IPv4," RFC 3220, Jan. 2002.
 - [4] J. D. Solomon, *Mobile IP: The Internet Unplugged*, Prentice-Hall, Inc. 1998.
 - [5] C. Perkins, "Mobile IP: Design Principles and Practices," Addison Wesley Longman, 1998.
 - [6] "Dynamics - HUT Mobile IP", Helsinki University of Technology. Available on the web at <http://www.cs.hut.fi/Research/Dynamics>.
 - [7] "MosquitoNet Mobile IPv4 User's Manual," Mobile Computing Group, Stanford University. Available on the web at <ftp://mosquitonet.stanford.edu/pub/mip/MIP-manual-2.0beta.pdf>
 - [8] "Mobile IP at NUS," National University of Singapore. Available on the web at <http://mip.ee.nus.edu.sg>.
 - [9] W.R. Stevens, *TCP/IP Illustrated, Volume 1: The Protocols*, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1994.
 - [10] 장혁수, 인터넷통신 프로토콜 및 응용, 도서출판 미래컴, 2001.



이 중 민

1992년 2월 경북대학교 컴퓨터공학과 공학사
 1994년 2월 한국과학기술원 전산학과 공학석사
 2000년 8월 한국과학기술원 전자전산학과 전산학전공 공학박사
 1997년 9월~1999년 8월 삼성전자 정보통신총괄 학술연수
 1999년 9월~2002년 2월 삼성전자 무선사업부 개발그룹 책임연구원
 2002년 3월~현재 동의대학교 소프트웨어공학과 전임강사
 관심분야 : 위치관리기법, 무선인터넷, 병렬컴퓨터구조



김 성 우

1991년 2월 한국과학기술원 전기및전자공학과 공학사
 1993년 2월 한국과학기술원 전기및전자공학과 공학석사
 1999년 2월 한국과학기술원 전기및전자공학과 공학박사
 1996년 9월~1998년 8월 삼성전자 정보통신총괄 학술연수
 1999년 3월~2002년 2월 한국전자통신연구원 선임연구원
 2002년 3월~현재 동의대학교 소프트웨어공학과 전임강사
 관심분야 : 실시간운영체제, 내고장성시스템, 임베디드 소프트웨어



김 태 석

1981년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1989년 일본 KEIO대학 이공학부 계산기과학전공(공학석사)
 1993년 일본 KEIO대학 이공학부 계산기과학전공(공학박사)
 1993년 일본 국제전신전화연구소(KDD) 기술고문
 1993년 일본 KEIO대학 이공학부 객원연구원
 1994년~현재 동의대학교 소프트웨어공학과 교수
 관심분야 : 정보시스템, 기계번역, 인터넷비즈니스