

# 이동 컴퓨팅을 위한 Mobile-IP 프로토콜에서의 핸드오버 성능개선

정회원 박성수\*, 송영재\*\*, 조동호\*\*\*

## Performance Improvements of Handover in Mobile-IP Protocol for Mobile Computing

SeongSoo Park\*, YoungJae Song\*\*, DongHo Cho\*\*\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문에서는 IETF에서 표준화가 진행중인 mobile-IP 프로토콜을 분석하고, 핸드오버가 발생할 경우, 그 성능을 개선하기 위한 방안을 제시하였다. 캐쉬 agent를 통해 이동 호스트에 대한 이동성 바인딩 정보를 관리하도록 함으로써 효율적인 이동성 지원이 가능하도록 하였다. 또한, 핸드오버 수행시 이동 호스트가 foreign agent의 변경 사실을 인지하고, 새로운 foreign agent에 등록 메시지를 전송할때까지의 시간동안 이전 foreign agent에서 발생하는 데이터 패킷의 손실을 버퍼링과 forwarding을 통해 방지하였다.

핸드오버에 따른 데이터 패킷의 전송성능에 대한 시뮬레이션을 수행한 결과, 제안한 방안이 전송 지연과 처리율 측면에서 기존의 방안보다 우수한 성능을 보였다. 특히, 핸드오버가 빈번하게 발생하는 경우에 있어서는 foreign agent에서의 데이터 버퍼링 및 forwarding은 우수한 성능을 보장할 수 있는 방안이다.

### ABSTRACT

In this paper, we analyzed mobile-IP protocol of IETF, and propose new method to improve performance in handover environments. In proposed method, cache agent manages mobility binding information for mobile host. Thus, effective support of mobility is possible. Also, when handover occurs, mobile host recognizes change of foreign agent, and transmits registration message to new foreign agent. However, during registration time, data packet loss is occurs in old foreign agent. Thus, we prevent data loss by using data packet buffering and forwarding in old foreign agent.

According to simulation results for data packet transmission performance in the case of handover occurring, proposed method has better performance than previous method in the view of transmission delay and throughput. Especially, if handover occurs very often, data buffering and forwarding method in foreign agent could guarantee better performance.

### I. 서론

최근, 인터넷을 통해 다양한 형태의 응용 서비스들이 제공되고, 이들 응용 서비스에 대한 관심이 증가됨으로써 인터넷에 접속하는 호스트의 수는 급속

한 증가 추세를 보이고 있다. 또한, 하드웨어 기술의 지속적인 발전은 인터넷에 접속할 수 있는 단말을 소형화하고 고성능화 하였으며, 랩탑이나 노트북과 같은 이동 컴퓨팅 장비에서 인터넷 접속노드를 통해 인터넷 접속이 가능하게 되었다.

\* 한국전자통신연구소 이동프로토콜 연구팀

\*\* 경희대학교 전자계산공학과

\*\*\* 한국과학기술원 전기 및 전자공학과

논문번호 : 98367-0826, 접수일자 : 1998년 8월 20일

한편, 셀룰라나 PCS와 같은 이동통신 기술분야에서는 기존의 음성서비스 뿐만 아니라 데이터나 영상과 같은 다양한 형태의 서비스를 지원하기 연구가 진행 중이다. 실제로 저속의 이동성을 지원하는 무선 LAN이나 무선 ATM에서는 무선링크를 통한 멀티미디어 서비스가 제공되고 있으며, 고속의 이동성을 지원하는 셀룰라나 PCS에는 SMS 서비스와 무선 데이터 서비스가 제공되고 있다.

이러한 통신기술의 발전은 사용자에게 언제나 어디서나 인터넷을 액세스하고 연결을 유지할 수 있을 것이라는 기대를 갖게 하였다. 이를 위해서는 이동 네트워크와 이동 네트워크를 통해 접속되는 이동 호스트가 IP 기반의 네트워크 프로토콜을 지원할 수 있어야 한다. IP 주소는 접속하려는 호스트가 속한 서브 네트워크 식별자와 서브 네트워크 내에서의 호스트 식별자로 구성된다. IP 라우팅 프로토콜에서는 목적지 호스트의 IP 주소에 의해 서브 네트워크를 식별함으로써 해당 데이터를 라우팅 한다. TCP 연결은 소스 IP 주소, 소스 TCP 포트, 목적지 IP 주소, 목적지 TCP 포트 등에 의해 식별되어진다. 2개의 호스트간에 연속적인 TCP 세션을 유지하기 위해서는 네트워크에서의 모든 연결식별자 요소들은 고정되어 있어야 한다. 그러나, 무선통신이 출현함으로써 고정망에서의 TCP/IP 모델은 이동 통신 장비가 한곳에서 다른 곳으로 이동할 수 있는 이동 컴퓨팅 환경에는 적합하지 않게 되었다. 이동 호스트가 TCP 연결을 이룬 상태에서 접속점을 바꿀 때, IP 주소가 변경되지 않으면 라우팅 프로토콜에 의해 패킷은 잘못된 서브 네트워크로 라우팅 된다. 따라서 이동 사용자는 접속망이나 접속점이 달라짐에 따라 자신의 연결을 위한 IP 주소를 변경하여야 한다. 이 경우, 사용자는 환경파일들을 수정하여야 하며, 모든 네트워크 접속을 재 시작하여야 하므로, TCP/IP 연결이 변경된 것으로 간주하여 기존의 TCP/IP 연결은 해제되어진다.

이동통신 환경에서의 TCP/IP의 지원을 위한 연구는 이미 다양한 접근방법에 의해 진행되고 있다. 무선링크의 높은 FER(frame error rate) 환경에서 TCP 계층의 효율적인 서비스를 위해 RLP를 도입함으로써 TCP 계층에서의 FER을 감소시키는 연구가 진행되었다<sup>11, 21</sup>. 또한, 송신단과 수신단 사이의 TCP 연결을 기지국을 기준으로 2개로 분리함으로써 각각의 유선링크와 무선링크의 특성에 적합한 전송을 수행하는 I-TCP(indirect TCP for mobile host)<sup>13</sup>가 제안되었으며, 무선구간에 대해 TCP 선택

적 재전송 옵션을 사용함으로써 빠른 복구가 가능하도록 하는 연구가 진행되었다. 아울러, TCP와 IP 계층 사이에 SNOOP 모듈과 같은 TCP-ware를 추가함으로써 성능을 개선하는 연구가 진행되었다<sup>14</sup>.

이러한 무선링크에서의 TCP/IP 성능개선을 위한 연구와는 다르게 IP의 이동성 지원을 위한 mobile-IP 프로토콜에 대한 연구가 IETF의 mobile-IP WG에 의해 진행되고 있으며, RFC 2002<sup>15</sup>, RFC 2003<sup>16</sup>, RFC 2004<sup>17</sup> 등이 제정되었다. 또한, IP 라우팅의 최적화<sup>18</sup>와 IPv6에서의 이동성 지원<sup>19</sup> 등을 위한 인터넷 드래프트가 발표되었으며, 표준화를 위한 연구가 진행 중이다.

본 논문에서는 mobile-IP 프로토콜을 분석하고, 이를 네트워크 모델에 적용하여 데이터의 전송성능을 분석하였다. 특히, 단말의 이동에 따른 핸드오버시에 발생하는 데이터의 손실과 복구 등의 메커니즘에 따른 성능분석을 수행하였다. 서론에 이어 2장에서는 이동성 지원을 위한 데이터 프로토콜의 요구사항과 기존의 연구에 대해 기술한다. 제 3장에서는 mobile-IP 프로토콜의 동작에 대해 기술하고, 4장에서는 mobile-IP 프로토콜에서의 핸드오버 절차와 핸드오버의 성능개선 방안을 제안하였다. 제 5장에서는 제안된 방안에 대한 성능을 분석하고 6장에서 결론을 맺는다.

## II. 이동성 지원을 위한 데이터 프로토콜

### 1. 이동성 지원 데이터 프로토콜의 고려사항

이동 호스트가 IP 기반의 데이터 프로토콜을 사용할 경우, IP에 대한 이동성 지원이 중요한 문제로 대두된다. 이를 위해서는 인터넷 라우팅, 위치등록, 패킷의 tunneling, 캐쉬의 사용과 일관성 유지 문제 등을 고려하여야 한다.

#### 1.1 인터넷 라우팅

인터넷에서의 라우팅을 지원하기 위해 IP, ISO CLNP, NetWare IPX, AppleTalk 등의 프로토콜들은 계층적인 어드레싱과 라우팅 메커니즘을 사용한다. 예를 들면, IP에서는 호스트의 네트워크 어드레스는 네트워크 식별을 위한 네트워크 번호와 네트워크 내에서의 특정 호스트 식별을 위한 호스트 번호로 구성된다. 따라서 인터넷에서의 라우팅은 각 패킷 목적지 주소의 네트워크 번호에 기반하여 해당 패킷을 지정된 네트워크로 전달하는 것이다. 현재 널리 사용되고 있는 계층구조상의 각 레벨에서

의 라우팅 결정 메커니즘은 라우팅 테이블 유지에 필요한 정보의 양을 줄일 수 있고, 라우터의 변경에 따른 갱신정보의 양을 줄일 수 있으며, 각 라우터에서의 결정이 간단히 이루어질 수 있다는 장점이 있다. 이러한 계층적 어드레싱과 라우팅은 지속적으로 증가하는 인터넷 수요를 유지할 수 있게 한다. IETF에서 다음 단계의 IP 프로토콜로 개발한 "IPng"는 보다 많은 계층 구조를 지원하는 것을 설계 목표로 하고 있다.

그러나 이러한 어드레싱이나 라우팅의 계층적 구조는 이동 호스트가 자신의 home 네트워크를 벗어났을 때, 오히려 정확한 라우팅을 방해하게 된다. 따라서 호스트의 주소는 이동성에 대한 특별한 조차없이 위치에 따라 논리적으로 인코딩 되어야 한다.

### 1.2 위치등록

현재 인터넷에서는 많은 호스트들이 운용되고 있으므로 이들 호스트에 대해 이동성 지원 메커니즘을 추가한다는 것은 불가능하다. 따라서 기존의 호스트에 대한 별도의 수정없이 이동성을 가지는 이동호스트와의 통신이 가능하도록 하여야 하며, 이를 위해 이동 호스트의 위치등록 메커니즘의 도입은 필수적이라 할 수 있다.

이동 호스트는 자신의 위치정보를 자신의 home 네트워크에 등록하고, 네트워크상의 다른 호스트들은 이동 호스트의 home 네트워크를 통해 해당단말을 액세스하게 된다. 즉, 기존의 호스트들은 IP 패킷과 동일한 방법으로 패킷전송을 수행하고, 전송된 패킷은 이동 호스트의 home 네트워크를 거쳐 이동 호스트로 라우팅 된다. 따라서 이동 호스트의 위치 정보는 항상 home 네트워크의 이동성 지원 agent에 등록되어 있어야 하며, 단말의 이동에 따른 위치갱신과 관리가 이루어져야 한다.

### 1.3 패킷 tunneling

이동 호스트가 home 네트워크에서 다른 곳으로 이동할 경우, home 네트워크에서의 이동성 agent는 이동 호스트가 실제로 존재하는 네트워크로 패킷을 전송할 수 있어야 한다. 인터넷상의 고정단말이 이동 호스트로 IP 패킷을 전송할 경우에는 이동 호스트의 IP 주소를 목적지로 하여 패킷의 전송을 수행하게 된다. IP 패킷이 이동 호스트의 home 네트워크에 도착하면, 이동성 agent는 현재 이동 호스트가 home 네트워크 내에 있는지를 판단하게 된다. 이동

호스트가 home 네트워크 내에 위치하면 IP 패킷을 해당단말로 전달하지만, home 네트워크 내에 위치하지 않을 경우에는 이동 호스트가 실제로 위치하는 네트워크로 IP 패킷을 전달할 수 있어야 한다. 이 경우에 IP 패킷의 tunneling을 사용함으로써 인터넷에서의 계층구조 기반 라우팅 메커니즘을 통한 전송이 가능하다. 실제로 하나의 노드에서 다른 네트워크 노드로의 tunneling에 있어서 2개의 종단점 노드만 알면 이들 노드간의 라우팅은 기존의 IP 라우팅과 동일하기 때문에 인터넷 백본상의 기존의 라우터와 라우팅 알고리즘은 변경되지 않는다.

### 1.4 캐쉬와 일관성

이동 호스트로 전송될 패킷들은 라우팅 메커니즘과 tunneling을 통해 이동 호스트가 현재 위치하고 있는 네트워크로 전달된다. 하지만 이동 호스트가 home 네트워크를 벗어나게 되면, 이동 호스트로 전송되는 패킷은 항상 이동 호스트의 home 네트워크를 경유하게 되므로, 인터넷상에서의 불필요한 오버헤드 증가로 인한 패킷의 지연이 발생하게 된다. 이러한 문제는 이동 호스트와 통신하는 네트워크측 노드가 이동 호스트의 위치정보에 대한 캐싱기법을 사용하면 간단히 해결할 수 있다.

하지만 이동 호스트가 새로운 네트워크로 이동함으로써 발생하는 핸드오버 처리를 위한 이동 호스트 위치정보 캐쉬에 대한 일관성 문제가 제기된다. 따라서 이동 호스트가 위치를 변경할 경우, 유연한 핸드오버의 지원을 위해서는 프로토콜에서 네트워크 노드의 캐쉬를 갱신할 수 있어야 하며, 패킷저장을 위한 임시적인 버퍼의 할당이 이루어져야 한다.

## 2. 무선 네트워크에서 IP 지원을 위한 기존연구

무선 네트워크에서 IP 서비스를 지원하기 위한 프로토콜측면에서의 연구는 주로 CDPD와 IETF의 mobile-IP를 중심으로 진행되었다. CDPD는 셀룰라 대역에서 패킷 데이터 서비스를 제공하며, 무선링크 구간에는 SNDCP(subnetwork dependent convergence layer protocol), MDLP(mobile data link protocol) 등을 사용하여 패킷의 효율적인 전송이 가능하도록 하였다. 또한, 무선구간과 유선구간에서의 위치관리를 위해 MNRP(mobile node registration protocol)와 MNLP(mobile node location protocol)을 사용한다. Mobile-IP는 특정 네트워크에 대해 최적화하기 보다는 IP와 UDP 패킷을 이용함으로써 많은 종류의 네트워크를 서비스할 수 있도록 설계되었다. 현

재 IETF의 mobile-IP WG 의해 다양한 환경에서 이동성 지원을 위한 Mobile-IP의 표준화 작업이 진행 중이다.

G.Andreoli와 N.Blefari-Melazzi 등은 IP 기반의 네트워크 환경에서 이동 호스트간의 실시간 서비스 제공을 위한 이동성 관리측면에서 연구를 수행하였다<sup>[10]</sup>. 인터넷을 통한 화상회의, 대화형 TV 및 인터넷 전화 등에 널리 사용될 수 있는 RSVP (resource reservation protocol)의 하부 프로토콜로서 Mobile-IP를 사용하고, RSVP에서 요구하는 채널의 예약 요구를 해결할 수 있는 방안을 제시하였다.

Z.J.Haas와 P.Agrawal은 mobile-TCP 프로토콜을 제안함으로써 이동 네트워크에서의 데이터 전송성능을 개선하였는데 유선구간과 무선구간을 분리하여 그림 1과 같은 프로토콜 스택을 적용하였다<sup>[11]</sup>.

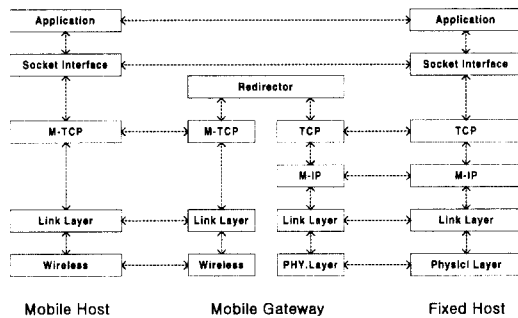


그림 1. Mobile-TCP에서의 프로토콜 스택

Mobile 게이트웨이는 유선링크와 무선링크 사이에 위치하여 프로토콜의 변환을 수행하는데, 유선구간에서는 일반적인 TCP를 사용하며, 무선구간에서는 데이터링크 계층 프로토콜 상위에 M-TCP를 위치시킴으로써 IP 계층에서의 오버헤드와 무선환경에 적합한 전송이 가능하도록 하였다. 또한, mobile 게이트웨이와 고정 호스트 사이의 패킷 전송은 Mobile-IP를 이용함으로써 이동성 서비스를 제공한다.

B.Rajagopalan은 서로 다른 이동 네트워크에서 인터넷 액세스를 제공하기 위한 네트워크 구조를 제안하였다<sup>[12]</sup>. 여기서는 CDPD 네트워크와 무선 ATM 네트워크에서의 Mobile-IP 지원을 위한 고려 사항들과 네트워크 연동 구조를 제시하였다.

이러한 연구는 단말의 이동과 무선 채널특성 등과 같은 서로 다른 환경에 효율적으로 적응하기 위한 방안들을 제안하고 있으나, 대부분의 연구가

Mobile-IP에서 목표로 하는 효율적인 이동성 지원 보다는 Mobile-IP에 기반한 이동 데이터 서비스의 구조적 측면에 대해 중점을 두었으며, 성능분석은 이루어지지 않았다.

W.Woo와 V.C.M.Leung은 IMHP(internet mobile host protocol)에 기반하여 핸드오버에서의 성능 개선을 위한 Mobile-IP의 확장을 시도하였다<sup>[13]</sup>. 고정 호스트에서 이동성 바인딩 엔트리를 관리함으로써 triangle 라우팅 문제를 해결하고, 핸드오버시에 이전 foreign agent는 새로운 foreign agent로 데이터 패킷을 forwarding하게 된다. 하지만, 제안된 핸드오버 개선방안은 이동 호스트의 핸드오버시에 이동성 바인딩 엔트리 갱신절차와 이전 foreign agent로 이동 호스트의 이동사실을 통보하는 절차에 문제점을 가진다.

본 논문에서는 이동 호스트의 이동으로 인한 핸드오버 상황에서 이러한 문제점을 해결하고, mobile-IP의 성능을 개선할 수 있는 방안을 제시하고, 그 성능을 분석하였다.

### III. Mobile-IP 프로토콜

이동 컴퓨팅을 위한 시스템 모델은 기존의 고정 네트워크와 더불어 이동 호스트, 이동성 agent, 그리고 무선 네트워크로 구성된다. 이동 네트워크와 고정 네트워크의 접속은 무선링크로 일반화되며, 이동성 agent는 고정 네트워크와 무선 네트워크 사이에 위치하여 두 네트워크의 전송속도나 전송방식 등 상이한 특성을 변환하여 상호 연결하는 기반 호스트의 역할을 수행한다. 또한 이동 호스트에 관한 위치정보를 유지함으로써 호스트의 이동성을 지원하게 된다.

#### 1. Terminology

Mobile-IP에서 도입한 새로운 기능 엔터티는 다음과 같다.

- Mobile Host(MH) : 무선 네트워크에 대한 액세스 기능을 가지며 무선 접속의 종단점이 되는 이동 단말노드
- Home Agent(HA) : MH의 home 네트워크에 위치하는 라우터로 이동노드에 대한 위치관리와 데이터그램의 전달을 담당함
- Foreign Agent(FA) : MH가 방문한 네트워크에 위치한 라우터로 HA와 연계하여 데이터그램의 정확한 전달을 수행함
- Mobility Agent(MA) : MH에 대한 이동성

관리기능을 제공하는 네트워크 노드

MH는 자신의 IP 주소와 home 네트워크의 IP 주소인 long-term의 home 어드레스를 가진다. MH의 home address는 MH의 이동에 따른 네트워크 접속점과 home network를 연계하는데 사용된다. Mobile-IP의 연결설정에 사용되는 주요 용어는 다음과 같다.

- Agent Advertisement : FA가 자신의 존재를 ICMP(internet control message protocol) 기반의 메시지를 통해 MH로 알려줌
- Care-of Address(COA) : MH의 home 네트워크에서 MH로 메시지를 전달할 때 사용되는 tunnel의 MH측 종단점 IP 주소
- Mobility Binding : MA에서 MH의 IP 주소와 COA를 서로 연계시키는 것
- Tunnel : COA를 목적지 주소로 하여 캡슐화된 데이터그램이 전달되는 경로

2. 프로토콜 개요

Mobile-IP 프로토콜은 agent recovery, 등록, 데이터그램 전송절차 등으로 구성된다. Agent recovery 절차를 통해 MH는 자신의 실제 위치에 대한 위치정보를 획득하고, 등록 절차를 통해 위치정보를 HA에 전달한다. HA는 MH의 이동성 관련 정보를 갱신하고, COA를 이용하여 tunnel을 설정함으로써 데이터그램의 전달을 가능하게 한다. Mobile-IP의 기본적인 동작 메카니즘이 그림 2에 나타나 있다.

2.1 Agent discovery

각 네트워크에 위치한 이동성 지원 라우터들은 자신의 COA를 방송하게 되고, MH는 이 메시지를 수신함으로써 자신의 현재 위치를 확인하게 된다. 이 경우에는 ICMP에서의 라우터 검출절차를 확장하여 ICMP router advertisement 메시지에 mobility agent advertisement 메시지를 포함하게 된다. 메시지의 유효시간은 메시지 내에 포함되는 lifetime에 의해 결정되며, 메시지의 전송 주기는 lifetime의 1/3 간격으로 설정된다. 또한, MH는 COA를 획득하기 위해 agent solicitation 메시지를 전송할 수 있는데, 이 메시지는 IP의 TTL 필드가 1로 설정되는 ICMP router solicitation 메시지와 동일하다.

MA는 주기적으로 agent advertisement 메시지를 전송하여야 하며, MH로부터의 agent solicitation 메시지에 대해 agent advertisement 메시지로 응답

할 수 있어야 한다. Agent advertisement 메시지는 멀티캐스트 메시지나 방송형 메시지로 전송되며, 전송률은 초당 1회로 제한된다.

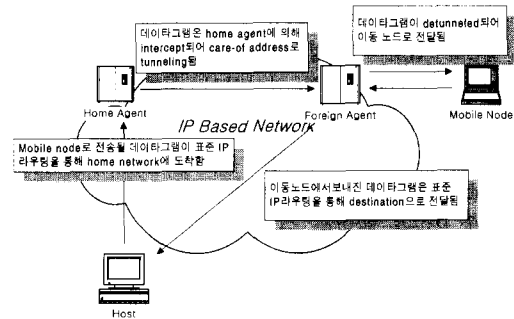


그림 2. Mobile-IP 프로토콜의 동작

서브 네트워크 사이를 MH가 이동할 경우, 이동성 검출을 위해서는 2가지 방법이 사용된다. 첫 번째 방법은 agent advertisement 메시지의 lifetime 필드에 기반하여 이동을 검출하는 방법이다. MH는 모든 agent advertisement 메시지에 포함되어 있는 lifetime 필드 정보를 보관함으로써, 명시된 lifetime 동안에 동일 MA로부터 추가적인 advertisement 메시지를 수신하지 못할 경우 MH가 이동한 것으로 간주한다. 만약, MH가 lifetime이 초과되기 이전에 다른 agent로부터 agent advertisement 메시지를 수신하면 새로운 MA로 등록을 시도하게 된다. 두 번째 방법은 agent advertisement 메시지에 포함되는 COA 정보에 기반하여 이동 여부를 판단하는 방법이다. MH는 새로이 수신되는 agent advertisement 메시지에 포함된 COA가 이전에 수신한 내용과 동일한지를 비교함으로써 이동여부를 판단한다.

2.2 등록요구

MH는 서브 네트워크의 변경여부가 확인되면 registration 메시지를 통해 자신의 위치를 이동성 agent에 등록하게 된다. Mobile-IP에서의 등록절차는 home agent가 자신이 관리하는 MH로 데이터그램을 전달하기 위한 가장 기본적인 메카니즘이다. 이러한 등록 절차는 MH가 foreign 네트워크를 방문하거나 등록에 대한 lifetime이 초과될 경우, 그리고 home 네트워크로 다시 돌아올 경우에 수행된다. HA로의 위치등록은 MH가 직접 COA를 등록하거나 FA를 통해서 수행할 수 있다. MH가 FA로 등록요구 메시지를 송신하면, FA는 이를 HA로 전달하며, HA로부터의 등록응답 메시지를 MH로 전달

한다.

등록응답 메시지에는 등록요구 수용, FA에 의한 등록 거부, HA에 의한 등록 거부 등의 등록절차 수행에 따른 결과 값이 포함되어 진다. 등록이 성공적으로 수행되면, FA와 HA에는 MH에 대한 이동성 바인딩 정보가 생성되며, HA와 FA 사이에는 데이터그램 전송을 위한 tunnel이 생성된다. 등록절차에서 사용하는 대기 타이머의 값은 HA까지의 전송을 위한 round-trip 지연의 2배 보다 커야하며, 추가적으로 100ms의 응답처리 및 위성 전송지연을 위한 200ms의 지연 등이 고려되어야 한다. 또한 재전송시에 설정되는 타이머의 값은 이전 전송값 보다 2배로 설정하게 된다.

### 2.3 데이터그램의 전송

HA는 MH로 전달되는 모든 데이터그램을 가로채며, 해당 MH가 실제로 네트워크 내에 위치하는지 여부를 검사한다. MH가 home 네트워크 내에 위치할 경우에는 별도의 처리없이 데이터그램을 forward하고, home 네트워크 내에 위치하지 않을 경우에는 라우팅 테이블로부터 MH의 위치정보를 획득하게 된다. 실제로 MH가 위치하는 네트워크의 COA를 목적지 주소로 하여 데이터그램을 캡슐화한 후, 이를 tunnel을 통해 전송함으로써 FA까지 데이터그램의 전달이 이루어진다. FA는 캡슐화된 데이터그램을 분해함으로써 MH로 데이터그램을 전송하게 된다.

만약, 위치정보의 갱신이 제대로 이루어지지 않아 MH로 데이터전달이 이루어지지 않을 경우에는 FA에서 해당 데이터그램을 폐기하거나 데이터그램 캡슐화를 통해 HA로 다시 forwarding하는 메커니즘이 사용될 수 있다.

### 3. 라우팅 최적화

Mobile-IP를 이용하여 MH로 데이터그램을 전송할 때 HA와 FA를 경유하는 triangle 라우팅으로 인한 지연 증가가 문제점으로 대두된다. 하지만 전송노드가 COA를 포함하는 바인딩 캐쉬를 유지할 수 있으면 MH로 직접적인 전송이 가능하므로 라우팅상의 문제는 해결될 수 있다. 바인딩 캐쉬를 사용할 경우에는 MH의 이동에 따른 이동성 정보의 갱신과 데이터그램의 라우팅을 위한 추가적인 절차가 요구된다.

라우팅 최적화는 하나이상의 이동노드의 COA를 포함하는 바인딩 캐쉬를 유지하는 모든 노드에 의해 제공된다. MH로 IP 데이터그램을 전송하고자

할 경우, 전송측이 목적지 MH의 바인딩 캐쉬 엔트리를 가지고 있다면 COA를 이용하여 직접적인 tunneling이 가능하게 된다. 만약, 바인딩 캐쉬 엔트리가 존재하지 않을 경우에는 기본적인 mobile-IP 프로토콜과 마찬가지로 MH의 home 네트워크로 전송하고, HA는 COA를 이용하여 캡슐화하고 FA로 데이터그램을 전송하게 된다.

인터넷 호스트가 MH로 데이터그램을 직접적으로 전달하기 위해서는 MH에 대한 현재의 이동성 바인딩을 생성하고 유지하여야 한다. 바인딩 정보는 lifetime 동안 유효한 것으로 간주되며, 바인딩의 추가시에는 LRU(least recently used) 메커니즘에 의해 바인딩 엔트리가 대체된다.

라우팅 최적화를 위해 추가적으로 요구되는 메시지는 binding warning, binding request, binding update, binding acknowledge 메시지가 있다. Binding warning 메시지는 이동성 agent가 MH의 HA에 해당 MH의 바인딩 엔트리가 존재하지 않음을 알리기 위해 사용한다. 이 메시지를 수신한 HA는 데이터그램의 송신측 캐쉬에 MH에 대한 COA를 갱신하기 위한 binding update 메시지를 전송한다. Binding update 메시지는 binding request나 binding update 메시지의 응답으로 전송되며, MH의 현재 이동성 바인딩을 전송하기 위해 사용한다. 또한, MH가 이동하였을 경우에는 새로운 FA에서 이전 FA로 MH의 이동사실을 알리기 위해 사용할 수도 있다. Binding request 메시지는 MH로 데이터그램을 전송하기 위해 MH의 HA에 바인딩 정보를 요구하기 위해서 사용한다. Binding acknowledge 메시지는 binding update 메시지의 수신에 대한 응답으로 사용된다.

## IV. 핸드오버 절차

Mobile-IP에서 성능을 개선하기 위해서는 라우팅 최적화와 더불어 핸드오버시에 발생하는 패킷의 손실을 최소화하는 메커니즘이 제공되어야 한다. 인터넷 액세스를 수행하는 MH의 이동으로 인해 인터넷 접속점이 변경되면 네트워크상에서 사용되는 COA의 값도 변경된다. 이 경우, MH는 등록절차를 통해 이 사실을 자신의 HA에 알리게 되고, HA는 관련 이동성 agent에 이 사실을 통보하게 된다. 하지만, MH의 위치정보 갱신에 따른 처리시간 동안은 패킷의 손실이 발생하므로, 이를 해결하기 위한 핸드오버 지원메커니즘이 필요하다.

1. Basic mobile-IP에서의 핸드오버

Basic mobile-IP에서 MH는 자신의 home 네트워크를 벗어나 foreign 네트워크로 진입하게 되면, agent discovery 절차에 의해 네트워크 변경 사실을 인지하게 된다. MH가 서브 네트워크의 변경 사실을 인지하면 COA를 획득하고, FA를 통해 등록을 시도하게 된다. 등록요구를 수신한 FA는 MH의 인터넷 접속점이 변경된 사실을 HA에 알려주게 되고, HA는 tunnel의 종단점이 되는 COA를 새로운 FA의 주소로 변경하게 된다. 따라서, IP 데이터그램은 새로운 등록이 완료된 후에, HA에 의해 intercept되어 새로운 COA로 캡슐화되어 전달되며, 이전 FA에 저장되는 MH의 바인딩 엔트리 정보는 lifetime이 초과되면 해제된다. 이러한 basic mobile-IP에서의 핸드오버 동작이 그림 3에 나타나 있다.

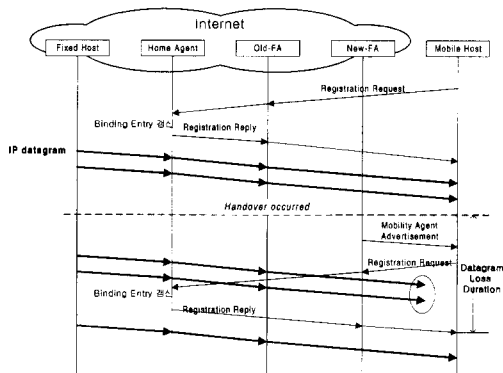


그림 3. Basic mobile-IP에서의 핸드오버 절차

FH에서 MA로 IP 데이터그램을 전송할 경우 전송 지연시간( $D_{IP}$ )은 다음과 같이 구해진다.

$$D_{IP} = RT_{FH,HA} + RT_{HA,FA} + RT_{FA,MH} + PT_{HA} + PT_{FA}$$

$RT_{FH,HA}$  : FH에서 HA로의 라우팅에 소요되는 시간,

$RT_{HA,FA}$  : HA에서 FA로 tunnel을 통해 전송되는 시간,

$RT_{FA,MH}$  : FA에서 MH로 IP 패킷 전달에 소요되는 시간,

$PT_{HA}$  : HA에서 바인딩 엔트리 검사 및 tunneling을 위한 캡슐화에 소요되는 처리시간,

$PT_{FA}$  : FA에서 데이터그램의 decapsulation 및 바인딩 엔트리 검사 등에 소요되는 처리 시간,

또한, 핸드오버로 인한 데이터그램의 손실은 핸드오버 발생시간부터 MH의 등록 완료시까지 발생하게 된다. 따라서, 데이터 손실이 발생하는 시간간격( $T_{loss}$ )은 다음과 같다.

$$DT_{loss} = DT_{reg} + DT_{COA}$$

$DT_{reg}$  : 등록 요구를 전송하고 응답을 수신하기까지의 시간간격

$DT_{COA}$  : 핸드오버 발생시 부터 agent advertisement 메시지를 수신하여 COA를 획득할 때까지의 시간간격

특히,  $DT_{COA}$  값은 agent advertisement 메시지의 주기적 전송을 위한 시간간격과 agent solicitation 메시지 전송후 응답으로 수신될 때까지의 시간간격 중 작은값으로 설정한다.

2. 라우팅 최적화 메카니즘에 기반한 핸드오버

이동성 지원을 위한 캐쉬기능을 가진 각 호스트들은 라우팅 최적화 메카니즘을 제공할 수 있으며, MH에 대한 바인딩 엔트리를 유지하고 관리하여야 하고, 캐쉬기능을 가지는 이동성 지원 호스트는 캡슐화 기능을 제공할 수 있어야 한다. MH로 전송을 시도하는 호스트는 MH의 home 네트워크에 있는 HA에 MH의 위치정보를 요구하게 되고, HA는 이동성 바인딩 엔트리를 검색하여 정보를 요구한 캐쉬 기능을 가진 호스트에 보낸다. MH의 위치정보를 확인한 전송 호스트는 COA를 목적노드로 하여 IP 패킷을 캡슐화하여 전송한다. IP 패킷이 FA에 도착하면 FA는 IP 패킷을 decapsulation하고 이를 MH로 전송한다. MH가 이동으로 인해 핸드오버가 발생하면, MH는 agent advertisement 메시지를 통해 COA를 획득한다. MH는 새로운 FA를 통해 home 네트워크의 HA에 자신의 위치정보를 등록하게 된다. 등록 메시지에 이전 FA에 대한 정보를 포함시킬 경우, 새로운 FA는 HA로 등록요구를 전송하고, 이전 FA로 binding update 메시지를 전송한다. 이전 FA는 이동성 바인딩 엔트리를 삭제하게 되고, MH의 새로운 COA에 대한 바인딩 엔트리를 생성함으로써 패킷의 forwarding을 수행한다.

등록요구를 수신한 HA는 MH의 이동성 바인딩

엔트리를 가지는 모든 호스트들에 binding update 메시지를 전송하여 MH의 위치정보가 변경되었음을 알린다. 캐시를 이용한 라우팅 최적화 메커니즘에 기반한 핸드오버 절차가 그림 4에 나타나 있다.

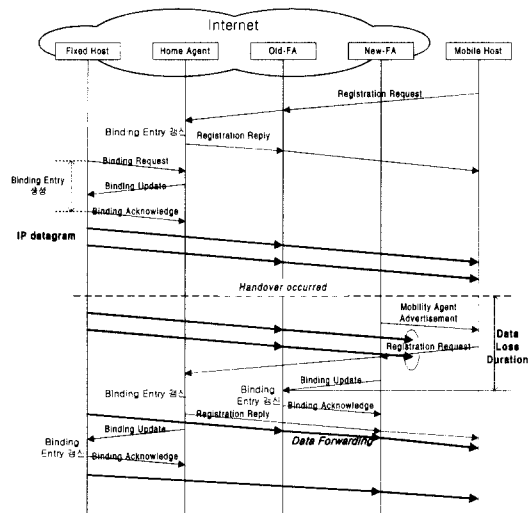


그림 4. 라우팅 최적화 메커니즘에 기반한 핸드오버 절차

FH가 MH로 IP 데이터그램의 전송할 경우, MH에 대한 이동성 바인딩 정보를 HA로부터 획득하고, 바인딩 엔트리를 생성한 후, 데이터그램을 전송하게 되므로 패킷의 전송 지연시간 ( $D_{IP, None}$ )은 다음과 같이 계산된다.

$$D_{IP, None} = 2 \cdot RT_{FH, HA} + RT_{FH, FA} + RT_{FA, MH} + PT_{HA} + PT_{FA} + PT_{FH}$$

$PT_{FH}$  : FH에서 바인딩 엔트리를 생성하고 데이터그램을 캡슐화하는데 소요되는 시간

하지만, FH에 이동성 바인딩 정보가 생성된 이후의 패킷 전송 지연시간 ( $D_{IP, Bind}$ )은 다음과 같이 계산된다.

$$D_{IP, Bind} = RT_{FH, FA} + RT_{FA, MH} + PT_{FA} + PT_{FH}$$

또한, 핸드오버로 인한 데이터그램의 손실은 핸드오버 발생시간부터, 이전 FA로 bind update 메시지가 전달될 때 까지 발생하게 된다. 데이터 손실이 발생하는 시간간격 ( $T_{loss}$ )은 다음과 같다.

$$DT_{loss} = 2 \cdot PT_{FA} + RT_{FA, FA} + DT_{COA}$$

$RT_{FA, FA}$  : MH의 이동사실을 알리는 binding update 메시지의 전달에 소요되는 시간

$DT_{COA}$  : 핸드오버 발생시부터 agent advertisement 메시지를 수신하여 COA를 획득할 때 까지의 시간간격

FH가 binding update 메시지를 수신하기 이전까지의 이동성 바인딩 엔트리 갱신 시간구간 동안에 FH에서 전송된 데이터그램은 손실로 인한 재전송이나 이전 FA에서 새로운 FA로의 forwarding으로 인한 전송지연이 추가된다.

### 3. 캐시 agent와 직접 통보를 이용한 개선방안

Mobile-IP의 라우팅 최적화 메커니즘에서 MH와 통신하려는 FA는 이동성 바인딩 엔트리를 관리하고 유지하여야 하는 캐시기능을 가진다. 만약, 캐시 기능이 없으면 basic mobile-IP와 동일한 전송을 수행하게 된다. MH의 이동으로 인해 핸드오버가 발생하면, MH는 새로운 FA를 통해 HA에 위치정보를 등록하게 되며, HA는 캐시를 가지는 FH에 바인딩 정보의 변경을 알리게 된다. 이 경우, 이동성 정보 갱신을 위한 triangle 라우팅이 이루어지며, 이러한 라우팅 지연으로 인해 데이터의 손실이 발생하게 된다. 또한, FH가 MH로 데이터그램 전송을 시도할 경우, 이동성 바인딩 생성을 위한 정보를 HA로부터 획득하여, 이동성 바인딩 엔트리를 생성하여야 하므로 전송지연이 증가하게 된다. 아울러, 모든 인터넷 접속 호스트가 캐시를 이용한 이동성 바인딩 기능을 가지도록 수정하는 것도 매우 어려운 작업이다.

본 논문에서는 이동성 정보의 효율적인 관리를 위해 캐시 agent를 도입하고 데이터 손실방지를 위한 FA에서의 처리 및 전송절차를 제안하였다. 라우팅 최적화를 위해 요구되는 캐시기능을 FH가 아닌 캐시 agent라는 네트워크 라우터에서 제공하도록 함으로서, 이동성 바인딩 정보가 고속의 네트워크에서 처리할 수 있도록 한다. 캐시 agent는 IP 데이터그램의 캡슐화 기능을 수행하며, HA로부터 전달되는 이동성 바인딩 정보를 기반으로 MH에 대한 바인딩 엔트리를 유지하고 관리한다. 따라서, FH가 위치한 네트워크에 위치한 라우터에 이동성 지원 기능이 추가됨으로서, 라우팅 최적화 메커니즘을 적용하기 위해 모든 MH에 캐시기능을 추가할 필요가 없다.

네트워크로부터 전달되어온 IP 패킷을 MH로 forwarding하는 FA에 데이터 버퍼링 기능을 추가함



으로서, FA는 IP 패킷을 수신하면, 해당 패킷을 데이터 버퍼에 저장한 후, MH로 전달한다. MH로 성공적인 전달이 이루어지면 해당 패킷을 데이터 버퍼에서 삭제한다. MH가 새로운 FA로 이동할 경우, 이전 FA의 데이터 버퍼에는 핸드오버 동안 손실되는 IP 패킷이 저장된다. 이후, 새로운 FA에서 이전 FA로 binding update 메시지가 전달되면, 이전 FA는 이동성 바인딩 엔트리를 다시 생성하고, 데이터 버퍼에 저장된 IP 패킷을 forwarding한다. 또한, FA는 이동성 변경사실을 FH가 위치한 캐쉬 agent로 직접 통보함으로써 잘못된 라우팅을 방지할 수 있도록 하였다.

FH에서 처음 전송을 시도할 경우에 있어서 초기 전송 지연을 줄이기 위해, 전송절차를 수정하였다. 라우팅 최적화에 기반한 Mobile-IP 프로토콜에서는 처음 IP 패킷 전송을 위해서는 바인딩 엔트리 획득 절차를 수행하여야 하며, 이로 인한 전송지연이 발생하게 된다. 하지만 제안방안에서는 basic mobile-IP와 동일한 메카니즘으로 전송함으로써, 초기 지연을 감소시킨다. 또한, MH로 전달되는 IP 패킷을 수신한 HA는 FH 네트워크쪽으로 MH에 대한 이동성 바인딩 정보를 통지한다. FH가 위치한 네트워크의 캐쉬 agent는 이 메시지를 수신하면 바인딩 엔트리를 생성하고, 응답 메시지를 HA로 전송한다. 또한, FH에서 MH로 전송되는 IP 패킷을 intercept 하여, 바인딩 정보에 기반한 캡슐화를 통해 MH가 위치한 FA로 직접 전송한다.

본 논문에서 제안한 핸드오버 개선 메카니즘의 동작절차가 그림 5에 나타나 있다. 제안한 핸드오버 메카니즘에서는 FA에 패킷 손실을 방지할 수 있는 버퍼를 둬서 데이터의 손실을 방지한다. 이전 FA가 핸드오버 발생후, binding update 메시지를 수신할 때 까지 수신되는 정보를 저장할 버퍼만 확보되면 데이터의 손실은 전혀 발생하지 않는다. 아울러, 새로운 FA가 캐쉬 agent로 binding update 메시지를 전송하여 이동성 바인딩 엔트리를 갱신함으로써 이전 FA로의 데이터 패킷 전송을 줄인다. 또한, 캐쉬 agent에 MH의 바인딩 엔트리가 생성되기 이전까지는 basic mobile-IP를 그대로 사용함으로써, 초기 패킷에 대한 전송대기 시간을 줄였다.

전송측이 MH로 IP 데이터그램을 전송할 경우, MH에 대한 이동성 바인딩 엔트리가 캐쉬 agent에 생성되기 이전까지의 패킷 전송 지연시간( $D_{IP, None}$ )은 다음과 같이 계산된다.

$$D_{IP, None} = RT_{FH, HA} + RT_{HA, FA} + RT_{FA, MH} + PT_{HA} + PT_{FA}$$

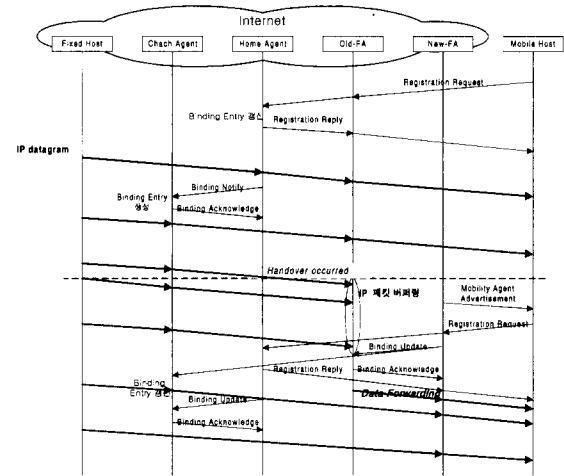


그림 5. 제안한 핸드오버 메카니즘 동작절차

하지만, 캐쉬 agent에 이동성 바인딩 엔트리가 생성된 이후의 패킷 전송 지연시간( $D_{IP, Bind}$ )은 다음과 같이 계산된다.

$$D_{IP, Bind} = RT_{FH, CA} + RT_{CA, FA} + RT_{FA, MH} + PT_{FA} + PT_{CA}$$

$RT_{CA, FA}$  : CA에서 FA로 tunnel을 통해 전송되는데 소요되는 시간,

$PT_{CA}$  : CA에서 캡슐화와 같은 패킷전송을 위한 처리를 수행하는데 소요되는 시간

핸드오버로 인한 데이터그램의 손실은 이전 FA에서의 데이터 버퍼링 및 forwarding으로 인해 발생하지 않는다. 단지, CA가 binding update 메시지를 수신하기 이전까지는 이전 FA가 전송하게 되므로, 이전 FA에서 새로운 FA로의 forwarding에 따른 인한 전송지연은 추가된다.

## V. 성능평가 결과 및 분석

### 1. 시스템 모델

핸드오버에 따른 IP 패킷 전송 성능분석을 위한 네트워크 모델이 그림 6에 나타나 있다.

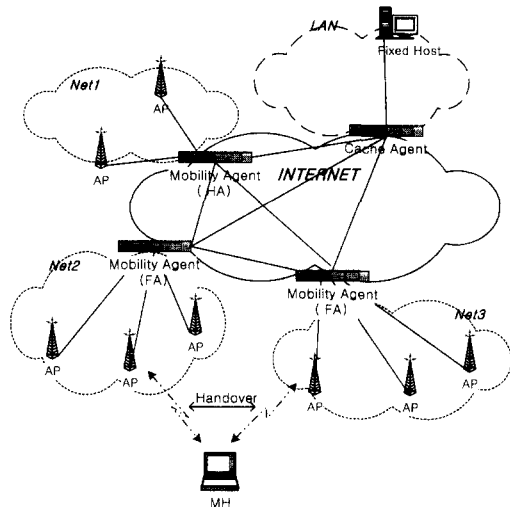


그림 6. 성능분석을 위한 네트워크

Net1, Net2 및 Net3는 MH의 이동을 지원하는 이동 네트워크로서 상호간의 연동은 인터넷을 통해 이루어진다. 이동성 지원 agent(HA, FA, CA)는 각 서브 네트워크의 default 라우터이며, 서브 네트워크 내의 모든 트래픽은 이 default 라우터를 통해 인터넷으로 전달된다. AP(access point)와 MH 사이는 무선링크이며, 이외에 각 노드간에는 유선링크를 통해 데이터 패킷을 전달하게 된다.

MH가 Net2에서 Net3로 이동할 경우에 핸드오버가 발생하게 된다. 일반적으로 무선 네트워크에서는 AP를 변경할 경우에도 핸드오버가 발생할 수 있으나, 여기서는 FA를 변경하는 경우에만 핸드오버로 가정한다. MH가 Net2에서 Net3로 이동하면, MH는 AP와의 링크를 설정하고, FA로부터 agent advertisement 메시지를 수신하게 된다. MH는 FA로 등록정보를 전송하게 되며, FA는 이를 HA로 전달한다. 무선 네트워크에서 라우팅 최적화 기능을 지원하기 위한 캐쉬기능과 이동성 바인딩 엔트리의 관리는 FA와 같은 이동성 지원 agent에서 이루어진다. FA로부터 MH로 IP 데이터를 전송할 때 적용되는 방안에 따라 다음과 같이 나누어질 수 있다.

• Case A : Basic mobile-IP를 적용하는 경우

Basic mobile-IP만을 적용함으로써 데이터 패킷의 triangle 라우팅이 이루어지며, 핸드오버시에 등록절차가 완료될 때 까지 데이터 패킷의 손실이 발생하게 된다.

• Case B : 라우팅 최적화를 적용하는 경우

MH가 이동성 바인딩 엔트리를 관리함으로써, 초기 전송에서는 이동성 바인딩 엔트리 생성시까지의 지연이 발생하며, 데이터 패킷의 triangle 라우팅은 발생하지 않는다.

• Case C : Case B에 캐쉬 agent를 추가로 적용하는 경우

캐쉬 agent가 이동성 바인딩 엔트리를 생성하기 이전까지는 데이터 패킷에 대한 triangle 라우팅이 이루어지며, 이후에는 직접적인 라우팅이 이루어진다.

• Case D : Case C에 FA에서의 버퍼링을 적용하는 경우

핸드오버시에 전송확인이 이루어지지 않은 데이터 패킷 모두를 forwarding 함으로써 핸드오버 발생으로 인한 데이터 손실을 방지한다.

각 경우에 대한 데이터 전송성능 분석을 위해 시뮬레이션에서 사용한 파라미터가 표 1에 나타나 있다<sup>13)</sup>.

데이터 전송에 있어서는 TCP와 IP의 오버헤드에 캡슐화를 위한 IP 오버헤드를 합하여 60옥텟의 오버헤드가 부가되며, 이동성 관련 메시지의 전송은 IP와 UDP의 오버헤드를 합하여 28옥텟의 오버헤드를 가진다. 데이터 링크계층이나 물리계층에서 발생하는 오버헤드 정보는 고려하지 않았으며, SMPLE.C와 C언어를 사용하여 성능분석을 수행하였다.

표 1. 시뮬레이션에서의 주요 파라미터

무선링크의 데이터 전송률	57.6Kbps
LAN 또는 유선 네트워크의 데이터 전송률	10Mbps
인터넷에서의 데이터 전송률	256Kbps
각 노드에서의 이동성 관련 처리시간	20ms
IP 패킷에 대한 최대 응답지연	2 sec
agent advertisement의 전송간격	2 sec
IP 패킷의 최대 크기	1500 Byte
전송 데이터 크기	64Kbyte

2. 시뮬레이션 및 성능분석

MH의 이동으로 인해 FA가 변경되면 핸드오버 절차가 수행되는데, 이러한 핸드오버 환경에서의 성능분석을 위해 MH의 핸드오버 시간간격은 지수분포를 따른다고 가정한다. 핸드오버시에 발생하는 패

킷의 손실은 응답대기시간 후, 재전송에 의해 복구한다.

핸드오버 발생 시간간격에 따른 IP 패킷의 평균 전송 지연시간의 변화가 그림 7에 나타나 있다.

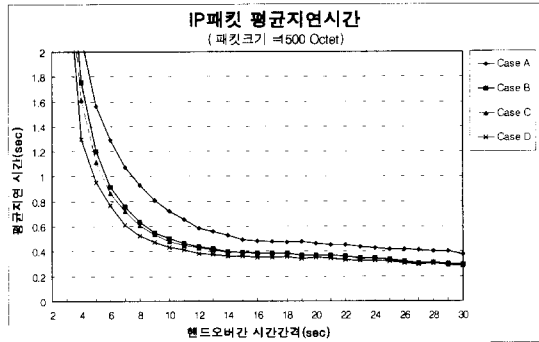


그림 7. 핸드오버 발생 시간간격에 따른 IP 패킷 평균 전송 지연

그림에서 알 수 있듯이 basic mobile-IP(case A)를 사용한 경우에 성능이 가장 나쁘게 나타나며, 제안된 방안(case D)이 가장 우수한 성능을 나타낸다. Basic mobile-IP를 적용한 경우와 라우팅 최적화 메카니즘을 적용한 경우(case B)에 생기는 지연시간의 차이는 triangle 라우팅으로 인한 전송 오버헤드의 증가로 인한 것이다. Basic mobile-IP를 적용한 데이터 패킷의 전송 절차를 살펴보면, FH가 위치한 LAN을 통해 인터넷에 있는 HA로 패킷이 전달되고, 캡슐화를 통해 FA로 전송된 후, 무선망을 통해 MH로 전달된다. 따라서, 데이터 패킷이 HA와 FA로 이어지는 triangle 라우팅 경로를 따라 우회경로를 통해 전달되고, 이때 네트워크 전송지연이 오버헤드로 작용하게 된다. 하지만, 라우팅 최적화 방안에서는 데이터 패킷보다는 상대적으로 적은 이동성 바인딩 관련 메시지만이 HA와의 통신에 사용되고, 실질적인 데이터 패킷은 FA로 직접적인 라우팅이 이루어지기 때문에 전송에 따른 오버헤드는 이동성 바인딩 획득에 따른 지연시간만으로 제한된다. 이동성 바인딩 엔트리 생성을 위한 처리시간은 triangle 라우팅에 따른 전송지연 오버헤드 보다 적기 때문에 라우팅 최적화 메카니즘을 적용한 방안에서 상대적으로 적은 오버헤드가 발생되며, 이로 인해 전송성능이 개선된다. 아울러, FA에서 forwarding 메카니즘이 핸드오버시 발생하는 데이터 패킷의 손실을 줄이기 때문에 핸드오버 발생간격이 작을수록 성능 차이는 크게 나타난다.

라우팅 최적화 방안에서 발생하는 초기전송 지연을 줄이기 위한 방안(case C)에서는 핸드오버의 간격이 10초 미만일 경우에 약간의 성능 개선이 이루어짐을 볼 수 있다. 이는 이동성 바인딩이 생성되기 이전에 데이터 패킷의 전송이 이루어지지 않는 case B와는 달리 triangle 라우팅이 이루어지는 데이터 전송을 수행하기 때문이며, 이동성 바인딩이 생성된 후에는 case B와 동일하게 동작한다. 따라서, 핸드오버가 빈번할 경우에는 이동성 바인딩 정보의 변경에 대한 영향을 줄이게 되므로 전송성능에 약간의 개선이 이루어진다.

캐쉬 agent에서의 바인딩 엔트리 관리 및 FA에서의 버퍼링에 의한 핸드오버 지원방안(case D)을 적용한 경우의 성능이 가장 우수하게 나타난다. 이는 캐쉬 agent에서의 이동성 바인딩 엔트리 생성이 HA의 통보에 기반하여 이루어지며, case C와 마찬가지로 초기 전송지연은 발생하지 않는다. 핸드오버가 발생할 경우에는 FA에서 버퍼링된 데이터 패킷의 forwarding이 이루어지므로 데이터 패킷 손실은 발생하지 않는다. 또한 이동성 바인딩 정보의 변경 사실을 직접적으로 알려줌으로서 캐쉬 agent의 이동성 바인딩 정보의 신속한 갱신이 가능하게 된다. 이로 인해 이전 FA에 의한 재라우팅 패킷의 수를 줄일 수 있으므로 성능의 개선이 이루어진다.

핸드오버 시간간격에 따른 IP 패킷의 처리율이 그림 8에 나타나 있다.

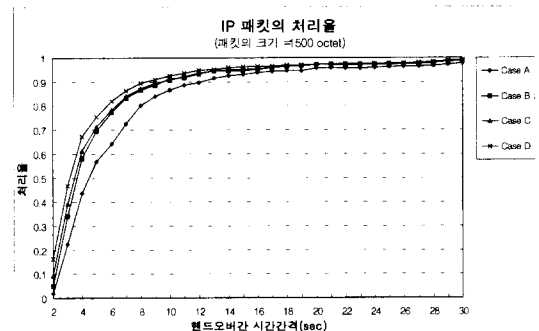


그림 8. 핸드오버 시간간격에 따른 IP 패킷의 처리율

그림에서 알 수 있듯이 핸드오버간의 시간간격이 적을수록 basic mobile-IP와 라우팅 최적화에 기반한 방안들 사이에 큰 성능차이를 보이게 된다. 이는 MH의 이동에 따른 이동성 바인딩 엔트리 정보 갱신에 따른 시간간격으로 인해 잘못 라우팅된 패킷을 보상하기 위한 forwarding 메카니즘의 지원여부가 중요한 factor로 작용한 것이다. 또한, 라우팅 최

적화 메카니즘에 비해 제안된 메카니즘의 성능이 우수하게 나타나는데 이는 FA에서의 데이터 버퍼링을 통해 전송중의 손실을 보상하고, 이동성 바인딩 정보의 신속한 갱신에 따른 것이다.

이동성 바인딩 정보의 갱신사실을 통보와 FA에서의 데이터 패킷 버퍼링 및 forwarding에 따른 성능변화가 그림 9에 나타나 있다.

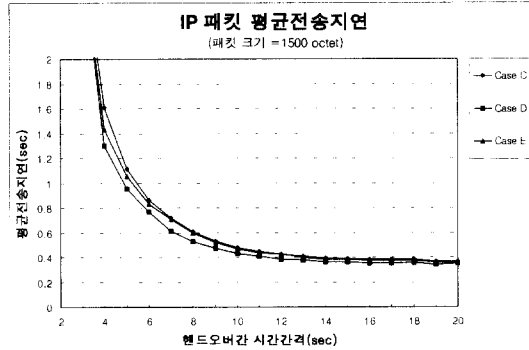


그림 9. IP 패킷의 평균전송 지연

그림에 나타난 case E는 캐쉬 agent를 통해 바인딩 엔트리를 구성하는 case C에 MH의 이동사실을 캐쉬 agent에 직접 통보하는 직접 통보기능만을 추가한 것으로 case D와 같이 FA에 의한 버퍼링 기능은 없다. 핸드오버의 시간간격이 작을 경우에는 직접통보 기능이 재라우팅 패킷의 수를 줄임으로서 성능에 영향을 미친다, 하지만 핸드오버의 시간간격이 증가하면 이러한 이동성 바인딩 정보 갱신에 있어서의 짧은 시간간격은 성능에 큰 영향을 미치지 않음을 알 수 있다. 따라서, 핸드오버 시간 간격이 증가할수록 성능개선을 위해서는 MH가 이동사실을 인지하고 새로운 FA에 등록 메시지를 전송할 때 까지의 시간간격 동안에 발생하는 패킷의 손실을 보상하는 것이 우선되어야 함을 알 수 있다.

## VI. 결론

이동통신 기술의 발전과 인터넷의 보편화는 장소의 제한 없이 인터넷 접속을 수행하여 원하는 작업을 수행하는 이동 컴퓨팅 기술에 대한 요구를 증가시켰다. TCP/IP 프로토콜에 기반한 인터넷의 다양한 응용 서비스를 이동 호스트에서 서비스 받기 위해서는 현재의 IP에 이동성 지원 메카니즘이 추가되어야 하며, 인터넷에서의 라우팅 문제를 해결하여야 한다.

본 논문에서는 IETF에서 표준화가 진행중인 mobile-IP 프로토콜을 분석하고, 핸드오버가 발생할 경우, 그 성능을 개선하기 위한 방안을 제시하였다. 고정망에서의 캐쉬 agent를 통한 이동성 바인딩 정보의 관리와 FA에서의 데이터 패킷 버퍼링 및 forwarding을 통해 데이터 패킷의 전송성능을 개선하였다.

캐쉬 agent는 이동성 바인딩 정보를 관리하는 고정 네트워크상의 default 라우터로 HA로부터 이동성 바인딩 정보를 수신하여 이동성 바인딩 엔트리를 생성하고, 응답을 수행한다. 캐쉬 agent의 도입으로 라우팅 최적화를 위해 모든 고정 호스트에 이동성 바인딩 엔트리 관리기능을 추가할 필요가 없으며, 바인딩 엔트리 정보의 교환으로 인해 발생하는 데이터 패킷 전송에 대한 초기지연을 줄일 수 있다. 또한, 핸드오버 발생시 새로운 FA로부터 직접적인 바인딩 엔트리 갱신 정보를 수신하여 데이터 패킷의 캡슐화에 적용함으로써, 이전 FA에서 forwarding 되는 패킷의 수를 줄인다.

FA에서의 버퍼링 및 forwarding은 MH가 FA의 변경사실을 인지하고, 새로운 FA에 등록 메시지를 전송할 때 까지의 시간동안 발생하는 데이터 패킷의 손실을 방지한다. 이전 FA는 MH로 전송되는 모든 데이터 패킷을 버퍼에 저장하고, 전송확인이 이루어진 패킷을 버퍼에서 삭제한다. 핸드오버가 발생하여 새로운 FA로부터 MH의 이동사실이 통보되어 오면 버퍼내에 저장된 모든 데이터 패킷을 forwarding함으로써 손실을 방지하게 된다.

MH의 핸드오버에 따른 데이터 패킷의 전송성능을 시뮬레이션을 통해 분석한 결과, IP 패킷이 전송 지연과 처리율 측면에서 기존의 방안보다 우수한 성능을 보였다. 특히, 핸드오버가 빈번하게 발생하는 경우에 있어서는 FA에서의 데이터 패킷 버퍼링 및 forwarding이 우수한 성능을 보장할 수 있는 방안임을 알 수 있다.

## 참고 문헌

- [1] A.Chockalingam, M.Zorzi, and R.R.Rao, "Performance of TCP on Wireless Fading Link with Memory", ICC'98, pp. 595-600, Jun. 1998.
- [2] A.Chockalingam and Gang Bao, "Performance of TCP/RLP Protocol Stack on Correlated Fading DS-CDMA Wireless Links",

VTC'98, pp. 363-367, May. 1998.

[3] A.Bakre and B.R.Badrinath, "I-TCP : Indirect TCP for mobile hosts", ICDCS'95, pp. 136-143, Jun. 1995.

[4] H.Balakrishnan, S.Seshan, and R.H.Katz, "A Comparison of Mechanism for Improving TCP Performance over Wireless Link", IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol. 5, pp. 756-769, Dec. 1997.

[5] IETF Network Work Group, "IP Mobility Support", RFC 2002, Oct. 1996.

[6] IETF Network Work Group, "IP Encapsulation within IP", RFC 2003, Oct. 1996.

[7] IETF Network Work Group, "IP Minimal Capsulation within IP", RFC 2004, Oct. 1996.

[8] IETF Mobile-IP Work Group, "Route Optimization in Mobile-IP", Internet Draft, Nov. 1997

[9] IETF Mobile-IP Work Group, "Mobility Support in IPv6", Internet Draft, Mar. 1998.

[10] G.Andreoli, N.Blefari-Melazzi, M.Listanti, and M.Palermo, "Mobility Management in IP Networks Providing Real-time Services", ICUPC'96, pp. 774-777, Sep. 1996.

[11] Z.J.Hass and P.Agrawal, "Mobile-TCP : An Asymmetric Transport Protocol Design for Mobile Systems", ICC'97, pp. 1054-1058, Jun. 1997

[12] B.Rajagopapalan, "An Architecture for Wide-area Mobile Internet Access", PIMRC'97, pp. 683-687, Sep. 1997.

[13] W.Woo and V.C.M. Leung, "Handoff Enhancement in Mobile-IP Environment", ICUPC'96, pp. 760-764, Sep. 1996.

박 성 수(SeongSoo Park)

정회원



1994년 2월 : 경희대학교 전자계산공학과 공학사.

1996년 2월 : 경희대학교 전자계산공학과 공학석사.

1999년 2월 : 경희대학교 대학원 전자계산공학과 공학박사.

1999년 5월 ~ 현재 : 한국전자통신 연구소 무선방송연구소 이동프로토콜 연구팀 선임연구원

<주관심 분야> PCS, IMT2000, 데이터 통신 프로토콜 등임

송 영 재(YoungJae Song)

정회원

한국통신학회 논문지 제 24권 3호 참조

조 동 호(DongHo Cho)

정회원

한국통신학회 논문지 제 24권 3호 참조