

# IPv6에서 Mobile IP의 핸드오버 성능 향상 방안

남기모, 박재균, 서동운, 강성용, 김정훈, 박석천  
경원대학교 전자계산학과

## Handover Performance Improvement Method of Mobile IP in IPv6

Ki-Mo Nam, Jae-Kyun Park, Dong-Woon Seo,  
Seong-Yong Kang, Jung-Hoon Kim, Seok-Cheon Park  
Dept. of Computer Science, Kyungwon University

### 요약

최근 휴대용 컴퓨터가 점점 소형화, 고성능화 되고 무선 액세스 기술이 향상됨에 따라 이동성에 대한 사용자의 요구가 증가하고 있다. 인터넷 상에서 이동성 제공을 위하여 네트워크 계층에서 호스트의 이동성을 제공하기 위한 연구로 IETF (Internet Engineering Task Force)에서 Mobile IP라는 프로토콜을 제안하였다. 본 논문에서는 기존 Mobile IP의 문제점을 분석하여 구성 요소의 기능을 재설계 함으로써 이동 노드가 접속점을 변경하는 핸드오버가 발생할 경우, 성능 향상을 위한 바인딩 캐쉬 서버의 도입과 지역 등록(Local Registration) 방안을 제안하였다. 바인딩 캐쉬 서버를 통해 이동 노드에 바인딩 정보를 관리하여 Macro Mobility 지원하도록 하고, 인접 접속점으로서의 핸드오버 시는 지역 등록으로 Micro Mobility를 가능하게 하였다. 또한 바인딩 캐쉬 서버와 지역 등록 서버에 버퍼링 기능을 가지도록 하여 핸드오버 시 이를 포워딩함으로써 데이터 패킷의 손실을 방지하였다. 제안한 방안은 전송 지연과 패킷 손실 측면에서 기존의 방안보다 우수한 성능을 나타내고, 효율적인 경로 설정이 가능하다.

### 1. 서론

최근 휴대용 컴퓨터가 점점 소형화, 고성능화 되고 무선 액세스 기술이 향상됨에 따라 이동성에 대한 사용자의 요구가 점차 증가하고 인터넷과 웹에 연결된 사용자의 수가 급증하고 있다. 이러한 변화는 이동 컴퓨터들이 네트워크 접속점을 수시로 변경되더라도 사용자들은 연결의 끊김없이 통신하기 위한 네트워크 하부 구조의 변화를 요구한다.

그러나 현재의 인터넷 프로토콜(IP : Internet Protocol)은 인터넷에 접속하는 호스트의 접속점(attachment)은 고정되어 있고, 호스트의 IP 주소로 호스트가 접속되어 있는 네트워크를 식별한다는 가정하에 라우팅이 이루어지고 있다. 따라서 이동 노드는 자신의 접속망이나 접속점이 달라지면 이미 설정된 트랜스포트 계층의 연결이 변경된 것으로 간주하여 기존의 TCP/IP 연결은 해제되어 진다. 그러므로 기존의 인터넷 프로토콜은 호스트가 다른 네트워크로 이동할 경우 호스트의 새로운 위치로 IP 데이터그램을

전달할 수 없다.

이러한 문제를 해결하고 네트워크 계층에서 호스트의 이동성을 제공하기 위한 연구로 IETF (Internet Engineering Task Force)에서 Mobile IP라는 프로토콜을 제안하였다. 이를 위치정보 관리 측면에서 보면, 인터넷에서 호스트의 이동성을 지원하기 위한 Mobile IP 프로토콜은 홈 에이전트(HA : Home Agent)와 외부 에이전트(FA : Foreign Agent)로 구성된 두 계층 위치 정보 서버 구조를 가지고 있으며, 호스트가 다른 기지국으로 이동할 때마다 위치 정보를 등록하는 방식을 사용하고 있다.

본 논문에서는 IPv6에서의 Mobile IP의 핸드오버 성능 향상을 위한 방안을 제안하였으며, 이를 위하여 인터넷 표준화기구인 IETF의 표준화 동향 및 관련 표준 문서를 연구·분석하고 그 내용을 토대로 바인딩 캐쉬 서버와 지역 등록 서버를 제안하고 설계하였다.

## 2. Mobile IP의 개요

### 2.1 Mobile IP 구성 요소

Mobile IP 망을 구현하기 위해서는 인터넷에 다음의 3가지 구성요소의 기능을 추가해야 한다.

- 이동 노드(MN : Mobile Node)

이동 노드는 한 네트워크에서 다른 네트워크로 자신의 IP 어드레스를 변경하지 않고 인터넷 접속점(Point of attachment)변경하는 호스트나 라우터를 말한다. 이동 노드는 어느 곳에서든지 자신의 고유 IP 어드레스로 인터넷 상의 상대 호스트와 통신이 가능하다. IP 어드레스로 인터넷 상의 상대 호스트와 통신이 가능하다.

- 홈 에이전트(HA : Home Agent)

홈 에이전트는 이동 노드의 홈 망에 존재하면서 이동 노드의 위치 정보를 유지하고 외부 망에 이동 접속해 있는 이동 노드로 데이터를 전송하는 라우터이다.

- 외부 에이전트(FA : Foreign Agent)

외부 에이전트는 이동 노드가 방문하고 있는 외부 망에서 해당 홈 에이전트와 협력해 이동 노드로의 데이터 전송을 담당하는 라우터이다. 이동 노드는 홈 망에서 부여된 고유 IP 어드레스(홈 어드레스)를 갖는다. 이 단말이 홈 망으로부터 다른 곳으로 이동해 있을 때는 자신의 해당 위치(Point of attachment)에 상응하는 임시 어드레스가 대응되는데 이를 COA(Care-Of- Address)라 한다. 이 이동 노드는 홈 주소를 송신한다.

그림 1에서 이러한 Mobile IP의 기본구성을 나타내었다.

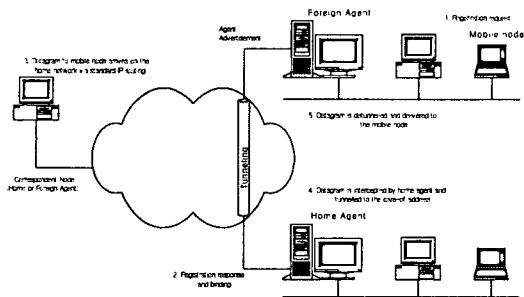


그림 1. 전형적인 Mobile IP 기본 구성

### 2.2 Mobile IPv4의 동작 절차

Mobile IP의 동작은 크게 에이전트 발견, 등록, 터널링의 3가지 기능으로 구분된다. 각 기능은 다음과

같다.

- 에이전트 발견 (Agent discovery)

이동 에이전트는 자신이 서비스를 제공하는 망에 자신의 존재를 알리며 모바일 노드는 이 메시지를 이용해 어드레스 등록 절차를 수행한다.

- 등록 (Registration)

Mobile 노드가 자신의 홈망을 벗어난 경우에는 홈 에이전트에 자신의 위치(COA)를 등록해야 한다.

- 터널링 (tunneling)

홈망을 벗어난 이동 노드로 데이터그램을 전달하기 위해 홈 에이전트는 이동 노드의 COA까지 터널을 설정해야 한다.

어떤 이동 노드가 홈망을 벗어나 다른 외부망을 방문하게 되면 이동 에이전트는 에이전트 광고메시지를 전송해 해당 망에 자신의 존재를 알리며, 이를 이용해 이동 노드는 현재 자신이 홈 망에 있는지 외부망에 있는지를 판단 할 수 있다. 만약 광고 메시지를 수신하기 전에 에이전트 상태를 알고 싶으면 먼저 에이전트 간청(agent solicitation) 메시지를 보낼 수 있다. 에이전트 간청 메시지를 수신한 이동 에이전트는 에이전트 광고 메시지를 전송해야 한다. 에이전트 광고 메시지를 수신한 이동 노드는 자신이 홈 망에 있는지 외부망에 있는지를 판단한다. 홈 망에 있는 Mobile Node는 이동성이 지원되지 않는 기존의 인터넷 단말기와 동일하게 동작한다. 이동 노드가 홈 망을 벗어났다고 판단하면 에이전트 광고 메시지 혹은 DHCP(Dynamic Host Configuration Protocol)나 PPP(Point to Point Protocol) 등에 의해 자신의 COA를 입수한다. 이후 이동 노드는 새로운 COA를 자신의 홈 에이전트에 등록한다. 이 과정은 외부 에이전트에 의해 중재되는데, 이때 외부 에이전트도 이동 노드의 등록 상황을 기록하게 되고 궁극적으로 홈 에이전트도 이동 노드의 위치를 기록/유지하게 된다. 이 상태에서 어떤 호스트가 이동 노드로 데이터를 보내면 이는 우선 홈 망으로 전송되고, 홈 망의 홈 에이전트는 이를 COA까지 터널링 기능을 이용해 전송하며 이곳으로부터 최종적으로 이동 노드까지 전달되게 된다. 반대 방향의 경우, 즉 이동 노드가 정보를 전송하는 경우는 기존 IP 라우팅 방식이 목적지 IP 어드레스만으로 데이터그램을 전송하므로 일반적으로 홈 망을 경유할 필요없이 바로 목적지로 전송된다. 이때 송수신 데이터의 흐름은 삼각형을 이루게 되는데 이를 삼각 라우팅이라고 한다. 홈에이전트가 데이터그램을 COA까지 터널링 방식에 의해 전송할 때 내부의 IP

헤더(header) 목적지 즉 이동 노드의 홈 어드레스에 대해 중간 경유지의 라우터들은 관여하지 않고, COA로부터 이동 노드까지는 원래의 데이터그램이 복원되어 전달된다.

### 3. 바인딩 캐쉬 서버와 지역 등록 서버의 제안

Mobile IP를 이용하여 이동 노드로 데이터그램을 전송할 때 홈 에이전트와 외부 에이전트를 경유하는 삼각 라우팅으로 인한 지연 증가가 문제점으로 대두된다. 삼각 라우팅 문제를 해결하기 위하여 상대 노드가 이동 노드의 바인딩 정보를 관리 할 수 있으면 이동 노드로 직접 전송이 가능하므로 라우팅 상의 문제는 해결될 수 있다. 그러나, 이동 노드의 이동으로 인해 핸드오버가 발생하면, 이동 노드는 새로운 COA를 이전에 속해 있던 외부 네트워크 라우터에 위치정보를 알리고 이전 네트워크로부터 터널링된 데이터그램이 도착하면 상대노드에 새로운 COA에 대한 바인딩 정보를 등록하게 된다. 이러한 핸드오버 방안은 이동이 연속적으로 일어날 경우에는 바인딩 정보의 갱신이 이루어지는 동안 데이터의 손실이 발생하게 되며, 핸드오버가 일어날 때마다 자신의 위치 정보에 대한 제어 신호를 전송해야 하므로 네트워크의 비효율적 동작을 초래한다.

또한, 이동 노드가 두 개의 네트워크를 왕복하게 되면 잦은 바인딩 정보의 갱신 절차와 터널링으로 네트워크의 비효율성을 유발함과 동시에 심각한 데이터 손실을 가져 올 수 있으며, 이동 노드가 새로운 네트워크로 이동함으로써 발생하는 핸드오버 처리를 위한 이동 노드 위치 정보 캐쉬에 대한 일관성 문제도 제기된다. 따라서 유연한 핸드오버를 지원하기 위해서는 캐쉬의 일관성 있는 갱신과 패킷 저장을 위한 임시 버퍼의 할당이 요구된다. 그러나 이와 같은 방법은 핸드오버에 따른 문제와 함께 모든 인터넷 접속 노드에 캐쉬를 이용한 바인딩 기능을 가지도록 수정하는 것도 어려운 일이다.

본 논문에서는 라우팅 최적화를 위해 요구되는 캐쉬 기능을 상대 노드가 아닌 바인딩 캐쉬 서버에서 제공함으로써 이동성 바인딩 정보가 고속의 네트워크에서 처리할 수 있도록 하였다. 바인딩 캐쉬 서버는 IP 데이터그램의 캡슐화 기능을 가지며, 이동성 바인딩 정보를 기반으로 이동 노드에 대한 바인딩 엔트리를 유지하고 관리한다. 바인딩 정보는 lifetime 동안 유효한 것으로 간주되며, 바인딩의 추가시에는 LRU(Least Recently Used) 방법에 의해 바인딩 엔트

리가 대체된다. 상대 노드에서 이동 노드로 전송되는 IP 패킷을 가로채어 바인딩 정보에 기반한 캡슐화를 통해 이동 노드로 직접 전송한다. 따라서, 상대 노드가 위치한 네트워크 내의 바인딩 캐쉬 서버를 도입함으로써 라우팅 최적화를 위하여 모든 상대 노드에 캐쉬 기능을 추가할 필요가 없다.

또한, 지역 등록 서버는 상대 네트워크로부터 전달되어온 IP 데이터그램을 포워딩(Forwarding)할 때, 데이터 버퍼링(buffering) 기능을 추가함으로써 이동노드로 전달되는 데이터그램을 수신하면 해당 패킷을 데이터 버퍼에 저장한 후 이동노드로 전달한다. 이동노드로 데이터그램의 성공적인 전달이 이루어지면 해당 패킷을 데이터 버퍼에서 삭제한다. 이동 노드가 새로운 서브 네트워크로 이동할 경우, 지역 등록 서버의 데이터 버퍼에 핸드오버 동안 손실되는 IP 패킷을 저장한다. 새로운 서브 네트워크로 이동한 이동 노드로부터 지역 등록 서버로 Binding Update 메시지가 전달되면, 지역 등록 서버는 이동성 바인딩 엔트리를 다시 생성하고, 데이터 버퍼에 저장된 IP 패킷을 이동노드로 포워딩(Forwarding)한다. 또한 지역 등록 서버는 이동 노드의 위치 변경 사실을 상대 노드의 바인딩 캐쉬 서버로 직접 통보함으로써 잘못된 라우팅을 방지할 수 있다.

### 4. 핸드오버 동작 절차 설계

Mobile IP에서의 효율적 핸드오버를 위하여 핸드오버를 하나의 논리적 영역 내(Intra-Domain)에서의 핸드오버와 논리적 영역 간(Inter-Domain) 핸드오버로 구분하고, 제안한 바인딩 캐쉬 서버와 지역 등록 서버의 핸드오버에 대한 동작 절차를 설계하였다.

#### 4.1 도메인 내(Intra-Domain)에서의 핸드오버

본 논문에서 도메인 내에서의 핸드오버는 지역 등록 서버에 이동 노드의 위치를 등록하는 방식을 이용한다. 이러한 방식은 도메인 내에서의 핸드오버 발생 시에 상대 노드 측에서는 위치 정보의 변경이 필요하지 않으며, 도메인 영역 안에서의 이동 노드 위치 정보를 관리하게 되므로 제어 메시지가 감소하는 효과를 가져온다. 또한 핸드오버 동안 데이터 패킷 손실의 방지를 위하여 지역 등록 서버가 데이터를 버퍼링하고 이동 노드의 새로운 위치 정보가 확인되면 전송되는 방식이다. 그림 2에 제안한 방안에 따른 도메인 내에서 핸드오버 절차를 도시하였다. 그림에 나타난 바와 같이 본 논문에서 제안한 도메인 내에서 핸드오버

절차는 기존의 상대 노드로 Binding Update 메시지를 전송하지 않아도 되므로 제어 메시지가 감소하였으며, 지역 등록 서버가 핸드오버 발생 시 데이터그램을 버퍼링하고 바인딩 엔트리가 갱신된 이후, 이를 포워딩하기 때문에 데이터의 손실을 방지한다.

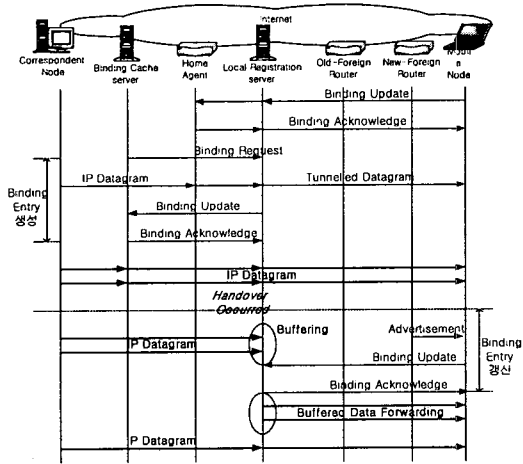


그림 2. 제안한 방안 에 따른 도메인 내에서의 핸드오버 절차

4.2 도메인 간(Inter-Domain)의 핸드오버

도메인 간의 핸드오버는 이동 노드가 다른 논리 영역으로 이동하였을 경우로 다른 지역 등록 서버의 영역으로 이동하면 이동 노드의 위치 변경을 바인딩 캐쉬 서버에 알려서 핸드오버를 처리하는 방식을 이용한다. 그림 3에 제안한 방안 에 따른 도메인 간의 핸드오버 절차를 도시하였다.

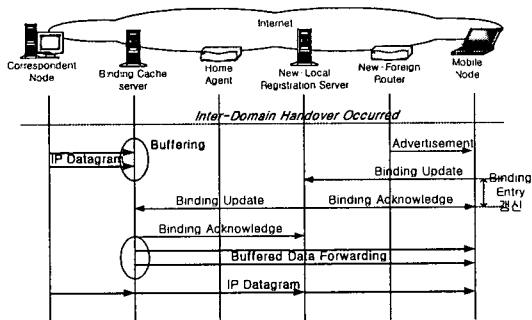


그림 3. 제안한 방안 에 따른 도메인 간 핸드오버 동작 절차

제안한 방식에 따른 도메인 간의 핸드오버는 핸드오버 발생 시에 상대 노드 측에서는 위치 정보의 변경이 필요하지 않으며, 바인딩 캐쉬 서버가 이동 노드

위치 정보를 관리하고 핸드오버 동안 데이터 패킷 손실의 방지를 위하여 바인딩 캐쉬 서버가 데이터를 버퍼링하고 이동 노드의 새로운 위치 정보가 확인되면 이동노드가 위치하고 있는 네트워크의 지역 등록 서버로 전송되는 방식이다. 제안된 도메인 간의 핸드오버는 기존의 라우팅 최적화 방안 에 따른 핸드오버 시 발생할 수 있는 데이터의 손실을 바인딩 캐쉬 서버의 버퍼에 의해 방지할 수 있고, 전송 지연 시간도 줄일 수 있다.

5. 결론

인터넷은 TCP/IP 프로토콜의 개방성과 호환성을 바탕으로 학술, 연구 기관을 중심으로 가입자가 매우 빠른 속도로 증가하면서 전세계적 범위의 망으로 성장하였으며, 향후 이동 데이터 서비스의 요구가 증가할 것으로 예상된다. 또한 차세대 인터넷이 추구하는 응용 서비스 관점에서 볼 때 주소 공간의 고갈 및 QoS, 보안 문제 등은 기존 IPv4 프로토콜로는 기술적으로 해결이 어려운 상태이며, 이를 해결하기 위해 차세대 인터넷 망 계층 프로토콜인 IPv6 기술로 전이가 예상된다.

본 논문에서는 Mobile IP를 분석하고, 라우팅의 비효율성과 정적 이동성 기반의 Mobile IP의 특징을 개선하기 위하여 바인딩 캐쉬 서버와 지역 등록 서버를 제안하고, 핸드오버를 도메인 내에서의 핸드오버와 도메인간의 핸드오버로 구분하여 각각의 동작 절차를 설계함으로써 핸드오버 발생시 성능 향상을 위한 방안을 제시하였다. Mobile IP의 핸드오버 성능 향상에 관한 연구는 향후 차세대 인터넷 환경으로의 전이 시 IPv6 기반에서 효율적인 멀티미디어 이동 인터넷 서비스를 위한 기반 기술로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] J. B. Postel, editor, "Internet Protocol," RFC 791, Sep. 1981.
- [2] C. E. Perkins, editor, "IP Mobility Support," RFC 2002, Oct. 1996.
- [3] C. E. Perkins, editor, "IP mobility support version2," draft-ietf-mobileip-v2-00.txt, Nov. 1997.
- [4] S. Deering, R. Hinden "Internet Protocol, Version (IPv6) Specification," RFC 2460, IETF, Dec. 1998.
- [5] R. Hinden, S. Deering "Internet Protocol Version 6 Addressing Architecture," RFC 2373, IETF, Jul. 1998.
- [6] IETF Mobile-IP Work Group, "Mobility Support in IPv6," Internet Draft, Apr. 2000.