

# Fast Handover 메커니즘을 사용한 Hierarchical Mobile IPv6 의 성능 분석

김현용\*, 김홍식\*, 정요셉\*, 송주석\*  
\*연세대학교 컴퓨터과학과  
e-mail : [ddula99@emerald.yonsei.ac.kr](mailto:ddula99@emerald.yonsei.ac.kr)

## Performance Analysis of Hierarchical Mobile IPv6 with Fast Handover Mechanism

Hyun-Yong Kim\*, Hong-Sik Kim\*, Joseph Jung\*, Joo-Seok Song\*  
\*Dept. of Computer Science, Yonsei University

### 요 약

무선망을 통해 인터넷(IP) 접근이 가능한 모바일 장치가 증가하고 있다. 그러나 기존의 IP 프로토콜은 이동성을 고려하지 않고 있기 때문에 IP 에 이동성을 부여한 Mobile IP 프로토콜이 제안되었다. Mobile IP 는 홈네트워크에 홈에이전트를 두어 모바일 장치에 이동성을 제공한다. 그러나 기존 Mobile IP 는 홈네트워크 등록 및 주소 재설정 때 따른 핸드오프 지연 시간이 비교적 크다. 이를 해결하기 위해 새로운 모델이 제안되었다. 한 도메인을 담당하는 새로운 노드를 두어 등록에 따른 지연 시간을 줄인 Hierarchical Mobile IPv6 와 주소 재설정 때 따른 지연 시간을 줄인 Fast Handover 메커니즘이 바로 그것이다. 이 논문에서는 Hierarchical Mobile IPv6 에 Fast Handover 메커니즘을 적용해 보고, 핸드오프 지연 시간 및 end-to-end 간의 통신 성능을 시뮬레이션을 통해 평가해 본다. 그리고 기존의 방법과 비교하여 성능 향상 정도를 알아본다.

### 1. 서론

무선망을 통해 인터넷 접근이 가능한 PDA, 노트북과 같은 모바일 장치가 꾸준히 증가하고 있다. 인터넷은 TCP/IP 기반으로 운영되고 있으며, 무선망도 점차 All-IP 를 목표로 연구되고 있다. 이러한 IP 네트워크 환경에서 모바일 장치가 다른 네트워크로 이동하게 되면 모바일 장치는 새 접속점에 맞추어 새로운 IP 주소를 획득하게 된다. 그러나 상위 Layer 인 TCP 에서는 IP 주소를 식별자로 쓰기 때문에 IP 주소가 바뀌게 되면 세션이 다시 이루어져야 하는 문제가 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 IETF 에서는 Mobile IP[1]를 제안하였다. 이는 IP Layer 에서 동작하며 다른 종류의 네트워크 사이에서 쉽게 이동성을 구현한다.

Mobile IP 환경에서 각각의 이동 노드(MN)들은 자신의 홈네트워크 상에서의 IP 주소, 즉 홈어드레스를 식별자로 사용한다. 이동 노드가 다른 네트워크로 이동하게 되면 해당 노드는 새로운 주소를 얻게 되고 자신의 홈네트워크 상에 있는 홈에이전트에 그것을

등록하게 된다. 홈에이전트는 이동 노드로 향하는 패킷들을 가로채어 이동 노드가 현재 위치한 네트워크로 터널링한다. 이처럼 이동 노드가 다른 네트워크로 이동하게 되면 주소 재설정 및 홈네트워크 등록 과정이 수행되고 이 과정은 비교적 큰 시간이 소요된다. 이러한 핸드오프에 따른 지연 시간은 패킷 손실을 야기할 뿐만 아니라 end-to-end 간의 통신 성능을 저하시킨다.

특히 홈네트워크와 이동 노드 사이의 거리가 먼 경우 등록 과정에 더욱더 많은 시간이 소요된다. 이러한 등록 과정을 위한 시간을 줄여보고자 계층 구조를 이용한 방법[2]이 제시되었다. 또한 주소 재설정 때 따른 지연 시간을 줄이기 위해 L2 trigger 를 이용한 새로운 핸드오프 메커니즘[3]이 제안되었다. 또한 이 두 가지 메커니즘을 조합하여 홈네트워크 등록 과정뿐만 아니라 주소 재설정 때 따른 지연 시간을 해결한 방법[4]도 소개되었다.

이 논문에서 우리는 홈네트워크 등록 과정 및 주소 재설정 때 필요한 시간을 줄여보고자 앞서 제시한 두

방법을 적절히 조합하고 그것에 대한 성능 분석을 하고자 한다. 이 논문의 남은 부분은 다음과 같이 구성 되어 있다. 2 장에서는 이 논문에서 언급한 핸드오프 메커니즘에 대해 간단히 설명을 한다. 3 장에서는 시뮬레이션 모델에 대해, 4 장에서는 시뮬레이션을 통한 성능 분석을, 마지막으로 5 장에서는 이 논문에 대한 결론 및 향후 계획에 대해 서술하였다.

2. 관련 연구

2.1 Hierarchical Mobile IPv6 (HMIPv6)

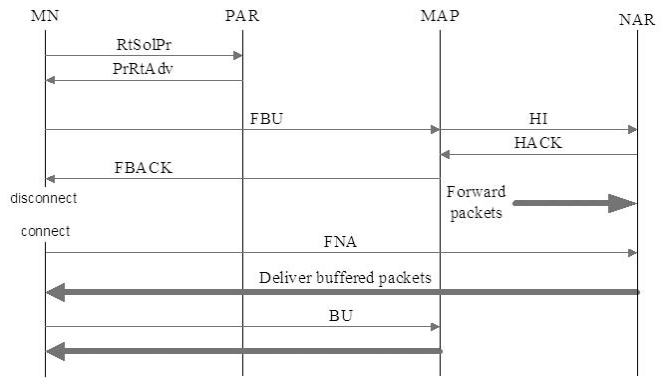
Mobile IPv6[5]는 이동 노드가 상대 노드(CN)들과의 연결을 유지한 채 다른 네트워크로의 이동을 가능하게 한다. 이를 수행하기 위해 이동 노드는 핸드오프 시 Binding Update (BU) 메시지를 자신의 홈에이전트와 모든 상대 노드들에게 전송한다. 이동 노드와 홈에이전트 사이의 거리가 먼 경우, 그리고 많은 상대 노드와 통신을 하고 있을 경우 이러한 과정은 보다 많은 시간이 소요된다. 이를 해결하기 위해 기존 구조에 Mobility Anchor Point (MAP)라 불리는 새로운 노드가 추가되었다. MAP 는 자신과 자신의 도메인 내에 있는 이동 노드들 간의 바인딩을 유지하고 있는 라우터이다.

이동 노드가 새로운 네트워크로 이동을 하게 되면 이동 노드는 해당 도메인을 담당하고 있는 MAP 에 등록을 하게 된다. MAP 는 한 도메인 내에서 지역적으로 홈에이전트 역할을 한다. 즉, MAP 는 이동 노드로 향하는 모든 패킷을 가로채어 이동 노드의 On-link Care-of Address (LCoA)로 터널링한다. 이동 노드가 MAP 도메인 내에서 이동할 경우(Micro Mobility) 이동 노드는 단지 자신의 새로운 LCoA 를 MAP 에 등록하면 되기 때문에 홈에이전트나 상대 노드들에게 BU 메시지를 전송할 필요가 없다. 이동 노드가 다른 MAP 도메인으로 이동할 경우(Macro Mobility) 이동 노드는 새로운 Regional CoA (RCoA) 및 LCoA 를 얻는다. 주소를 생성한 후 이동 노드는 BU 메시지를 MAP 에 전송하고 MAP 는 RCoA 와 LCoA 간의 바인딩을 생성한다. 이처럼 RCoA 가 바뀌는 경우 이동 노드는 홈에이전트 및 상대 노드들에게 BU 메시지를 전송하여 홈어드레스와 RCoA 간의 바인딩을 유지할 수 있도록 해야 한다.

이처럼 HMIPv6 는 도메인 내에 MAP 라는 새로운 노드를 두어 이동 노드가 도메인 내에서 이동할 때 필요한 등록 시간을 대폭 줄였다. Access Router (AR)의 수가 많아지고 그것이 담당하는 범위가 좁아지고 있는 시점에서 이러한 계층적 구조는 더욱더 효과적인 것이다.

2.2 Fast Handovers for Mobile IPv6 (FMIPv6)

이동 노드가 새로운 AR 로 이동하게 되면 새로운 주소를 할당 받게 된다. 이러한 주소 재설정 과정은 핸드오프의 지연 시간에 큰 영향을 준다. Fast Handover 메커니즘은 이러한 문제에 대한 해결책을



(그림 1) Hierarchical Mobile IPv6 with Fast Handoff

제시해 주고 있다.

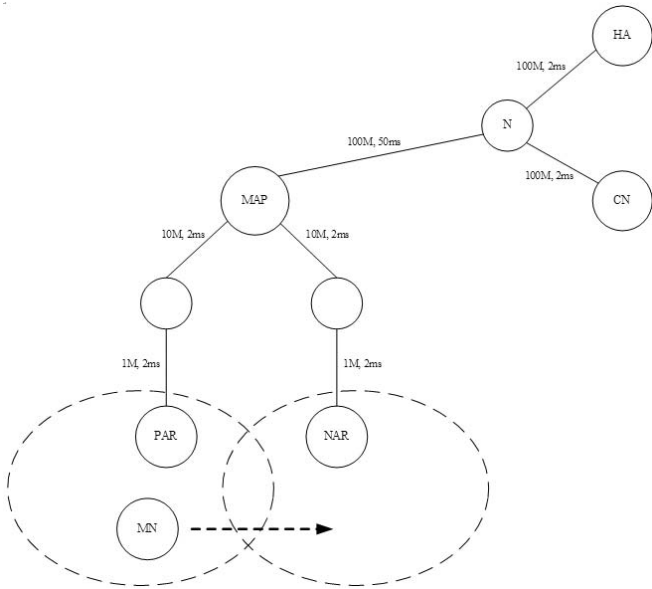
Fast Handover 메커니즘에서 Previous Access Router (PAR)는 이동 노드가 현재 위치하고 있는 라우터로 정의된다. 그리고 New Access Router (NAR)는 MN 이 곧 이동하게 될 라우터를 말한다. Fast Handover 는 Link layer 에서 발생하는 Link Up/Down 과 같은 이벤트, 즉 L2 trigger 에 의해 시작 및 수행된다.

이동 노드는 NAR 로 이동하기에 앞서 Router Solicitation for Proxy (RtSolPr) 및 Proxy Router Advertisement (PrRtAdv) 메시지의 교환을 통해 NAR 의 prefix, IP 주소, MAC 주소와 같은 정보를 얻게 되고 이를 이용해 New CoA (NCoA)를 생성한다. 그 후 이동 노드는 Fast Binding Update (FBU) 메시지를 PAR 에게 전송한다. FBU 메시지는 앞서 이동 노드가 생성한 NCoA 를 포함하고 있다. PAR 은 NCoA 의 적합성 여부를 확인하기 위해 NAR 과 Handover Initiate (HI), Handover Acknowledge (HACK) 메시지를 교환한다. 또한 Binding Update 에 따른 지연 시간을 줄이고자 Previous CoA (PCoA)와 NCoA 사이의 터널을 생성한다. 즉, PCoA 로 향하는 패킷은 NCoA 로 터널링된다. 그리고 터널링된 패킷들은 NAR 에서 버퍼링된다. 터널이 성공적으로 형성되면 PAR 은 이동 노드에게 Fast Binding Acknowledgment (FBACK) 메시지를 전달한다.

그 후 이동 노드는 PAR 과의 연결을 끊고 NAR 로의 L2 handoff 를 수행한다. NAR 과 연결을 하자마자 이동 노드는 Fast Neighbor Advertisement (FNA) 메시지를 전송한다. FNA 메시지 역시 L2 trigger 에 의해 시작될 수 있다. FNA 메시지를 받은 NAR 은 수행하고 있던 버퍼링을 중지하고 버퍼에 있는 패킷을 이동 노드에게 전송한다. 이를 통해 패킷 손실을 줄일 수 있으며 Binding Update 에 따른 지연 시간을 줄일 수 있게 된다.

Fast Handover 를 통해 얻을 수 있는 가장 큰 이점은 L2 handoff 후에 주소 재설정을 하지 않는다는 것이다. 이동 노드가 PAR 의 영역에서 새로운 주소를 미리 생성한 후 핸드오프를 하기 때문에 주소 재설정에 따른 지연을 미연에 방지할 수 있다.

2.3 Hierarchical Mobile IPv6 with Fast Handover Mechanism (F-HMIPv6)



(그림 2) Simulation Topology

F-HMIPv6 는 기존 HMIPv6 구조에서 주소 재설정 에 따른 지연 문제를 해결하기 위해 Fast Handover 메커니즘을 적용한 모델이다. Fast Handover 와 기본적인 프로토콜 형태는 같지만 새로운 노드인 MAP 가 추가됨으로써 그 구조는 조금 달라진다. 기존의 Fast Handover 메커니즘에서 PAR 이 수행한 역할의 대부분을 MAP 가 대신하게 되며, PCoA 와 NCoA 사이의 터널은 RCoA 와 NCoA 사이의 터널로 대체된다.

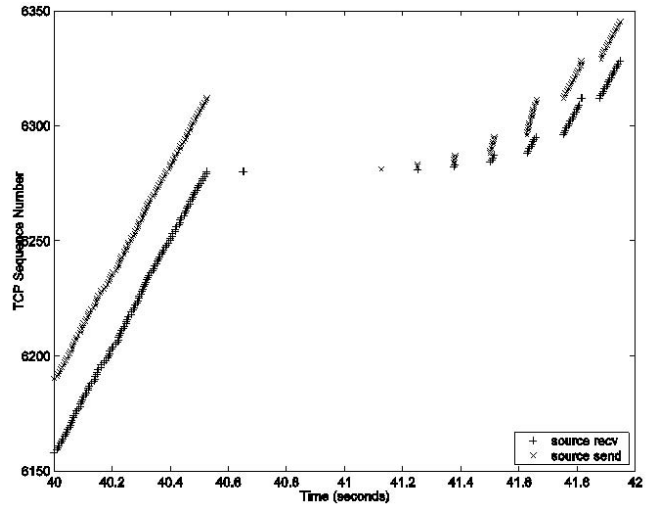
기본적인 프로토콜 구조는 그림 1 과 같다. HI 메시지를 받은 NAR 은 버퍼링을 시작하고, MAP 는 NAR 로 패킷을 포워딩한다. L2 handoff 를 수행한 후 이동 노드는 FNA 메시지를 NAR 에게 전송한다. 그리고 BU 메시지를 MAP 에 보내어 RCoA 와 LCoA 간의 바인딩을 생성한다. FNA 메시지를 받은 NAR 은 그동안 버퍼링한 패킷을 이동 노드에게 전송한다. 이러한 방법으로 F-HMIPv6 는 HMIPv6 와 FMIPv6 의 장점을 모두 취할 수 있다.

### 3. 시뮬레이션 모델

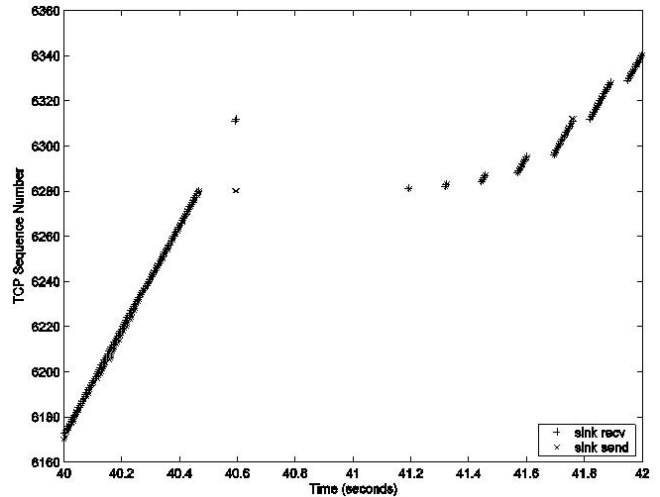
시뮬레이션의 목표는 기존의 HMIPv6 와 Fast Handover 메커니즘을 사용한 F-HMIPv6 와의 비교를 통해 새로운 모델의 성능 향상을 확인해 보는 것이다. 핸드오프에 따른 지연 시간 및 end-to-end 간의 통신 성능을 TCP 를 통해 확인하였다.

시뮬레이션은 Network Simulator version 2 (ns-2) [6]를 이용하였으며 wireless routing agent 로써 ns extension 인 NOAH[7]를 이용하여 Mobile IPv6 를 구현하였다. Mobile IPv6 프로토콜 전체를 구현한 것은 아니며 시뮬레이션에 필요한 기능에 대해서만 구현을 하였다.

시뮬레이션을 위한 네트워크 토폴로지는 [8]을 참고하였으며, 그림 2 와 같다. 노드 N 은 상대 노드와 홈에이전트가 연결된 인터넷망을 대신한다. MAP 와 노드 N 사이의 50ms 지연 값은 이동 노드가 현재 홈 네트워크와 멀리 떨어져 있는 효과를 가져온다. 이동



(그림 3) HMIPv6 – TCP Source



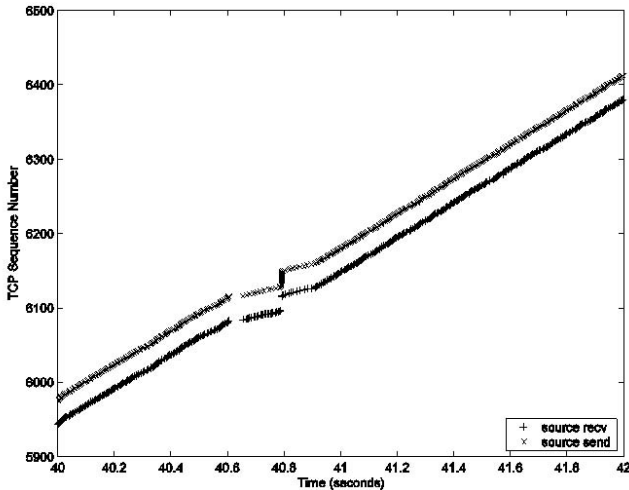
(그림 4) HMIPv6 – TCP Sink

노드는 현재 PAR 영역에 있으며, 시뮬레이션이 시작 되면 NAR 영역으로 이동을 한다. 상대 노드에 TCP Source Agent 를 두었고 이동 노드에 TCP Sink Agent 를 두었다. L2 handoff 시간은 50ms, 주소 재설정 시간은 100ms 로 가정하였다.

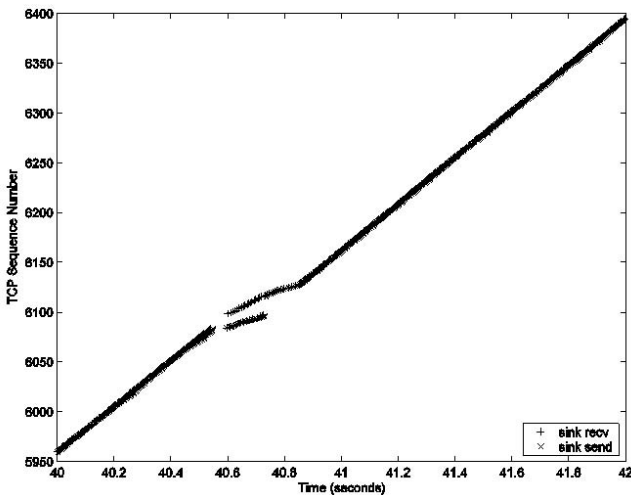
### 4. 성능 분석

이 장에서는 시뮬레이션 결과를 토대로 HMIPv6 와 F-HMIPv6 의 성능을 비교해 본다. 비교의 초점은 핸드오프 지연 및 end-to-end 간의 TCP 성능이다.

그림 3 과 그림 4 는 각각 HMIPv6 환경에서 TCP Source, TCP Sink 측의 TCP Sequence Number 를 나타낸다. L2 handoff 는 40.48 초와 40.53 초에 사이에 이루어졌으며, 주소 재설정은 40.58 초에 완료가 되었다. 이어서 이동 노드는 MAP 에 BU 메시지를 전송하고 바인딩이 성공적으로 이루어 지면, 이동 노드는 잘못된 순서의 패킷을 수신하기 때문에 상대 노드에 acknowledgment (ack) 메시지를 전송하게 된다. Ack 메시지를 수신한 상대 노드는 손실된 패킷을 재전송하



(그림 5) F-HMIPv6 - TCP Source



게 되며, 이 때 TCP는 slow start를 시작한다. 이동 노드가 핸드오프를 하기 전에 마지막으로 보낸 ack와 핸드오프 후에 처음으로 보낸 ack 사이의 시간을 핸드오프 지연값이라고 정의하면, HMIPv6 경우의 핸드오프 지연값은 약 160ms이다.

그림 5와 그림 6은 각각 F-HMIPv6 환경에서 TCP Source 및 TCP Sink 측의 TCP Sequence Number를 나타낸다. L2 handoff는 40.54초와 40.59초 사이에 일어나며 그 동안의 패킷들은 NAR에서 버퍼링된다. L2 handoff가 끝나자마자 이동 노드는 FNA 메시지를 전송하게 되고, NAR은 버퍼에 있는 패킷을 이동 노드에 전송을 하게 된다. 즉, HMIPv6와 달리 주소 재설정으로 인한 지연이 없어졌음을 알 수 있다.

또한 본 시뮬레이션 설정에서는 핸드오프로 인한 패킷 손실이 전혀 발생하지 않았기 때문에 재전송으로 인한 TCP slow start도 일어나지 않았다. 또한 NAR의 버퍼에 있던 패킷과 MAP를 통해 새로이 오는 패킷이 동시에 이동 노드로 전송되는 모습을 볼 수 있다. F-HMIPv6의 핸드오프 지연값은 약 50ms로 HMIPv6의 경우에 비해 1/3 정도로 감소되었다.

## 5. 결론

이 논문에서는 HMIPv6와 F-HMIPv6와의 비교를 통해 새로운 모델의 성능 향상을 확인했다. F-HMIPv6의 핸드오프 지연값은 HMIPv6의 1/3 정도였다. 짧은 핸드오프 지연 및 NAR에서의 버퍼링 효과로 이동 노드는 패킷 손실 없이 핸드오프 과정을 마칠 수 있었다. 이처럼 F-HMIPv6는 기존 방법에 비해 핸드오프 시 큰 성능 향상이 있다. 그러나 F-HMIPv6가 논문에서 보이는 것처럼 항상 효과적인 방법은 아니다. 이동 노드가 생성한 NCoA의 사용 가능 여부를 확인하기 위해 정교하고 복잡한 Duplicate Address Detection (DAD) 과정이 필요하며, 또한 이동 노드가 AR의 경계에서 계속해서 이동할 경우 다량의 패킷 손실이 발생할 수 있다. 우리는 이와 같은 여러 가지 문제들에 대한 해결책을 모색하는 방향으로 앞으로의 연구를 진행할 계획이다.

## 참고문헌

- [1] C. Perkins, "IP Mobility Support," RFC 2002, IETF, October 1996.
- [2] H. Soliman, et al., "Hierarchical Mobile IPv6 mobility management," Internet Draft, IETF, June 2003. Work in progress.
- [3] R. Koodli, et al., "Fast handovers for Mobile IPv6," Internet Draft, IETF, October 2003. Work in progress.
- [4] Hee Young Jung, et al., "Fast Handover for Hierarchical MIPv6," Internet Draft, IETF, February 2004. Work in progress.
- [5] D. Johnson, C. Perkins, "IP Mobility Support for IPv6," Internet Draft, IETF, December 2003. Work in progress.
- [6] "The Network Simulator ns-2," <http://www.isi.edu/nsnam>
- [7] J. Widmer, "Extensions to the ns Network Simulator," <http://www.informatik.uni-mannheim.de/informatik/pi4/people/widmer.html>
- [8] R. Hsieh, A. Seneviratne, "Performance analysis on Hierarchical Mobile IPv6 with Fast-handoff over End-to-End TCP," In Proceedings of GLOBECOM, Taipei, Taiwan 2002.