

---

# Mobile IPv6 테스트 베드 및 핸드오버 성능 평가에 관한 연구

김동일\* · 김광덕\*

A study on Handover Performance of Mobile IPv6 on Mobile IPv6 testbed

Dong-il Kim\* · Kwang-deok Kim\*

## 요 약

오늘날 인터넷과 무선기기가 증가함에 있어 장소에 제한을 받지 않고 이동하면서 인터넷을 사용하려는 사용자들이 증가하고 있다. IETF에서는 Mobile IP를 제안 하여 이런 요구를 충족 하고자 하였으며 Mobile IP 사용자의 통신 단절은 핸드오버 프로세스 동안 일어날 수 있다. 핸드오버 과정 동안의 높은 대기시간은 통신의 서비스 질을 저하 시킬 수 있다. 본 논문에서는 테스트 베드를 이용하여 이런 Mobile IPv6의 핸드오버 과정과 그 시간동안 지연에 영향을 주는 다양한 파라미터에 관해 연구 하였으며 대기시간을 줄일 수 있는 파라미터에 관해 평가 하고자 한다.

## ABSTRACT

During communication between wireless users, disconnection may occur during the handover process. The high handover latency during the process of handover degrades the service quality of the wireless communications. This problem becomes more crucial if the operation network is transmitting real-time multimedia applications. This paper studies the handover procedure of mobile IPv6 and investigates various factors affecting the handover latency through mobile IPv6 testbed and evaluates the various parameters for reducing the handover latency

## 키워드

Mobile IPv6, Handover, Mobility Management, Latency

## I. 서 론

다양한 통신 단말들이 존재하는 이 시대에 IPv6는 전혀 생소한 단어가 아니며 IPv4를 기반으로 한 네트워크 시대가 막을 내리고 IPv6로의 전환이 우리 눈앞으로 다가 왔다. IPv4에서 IPv6로의 전환은 70년대부터 시작되어 온 110v에서 220v로의 승압의 예로서 설명할 수 있다. 당시 우리나라는 세탁기, 냉장고, 에어컨 등의 사용으로 가정에서 필요로 하는 소비 전력이 급증했기 때문에 승압을 통해 최대 전력 사용을 2배로 늘리면서 소비전력을 줄이는 효과가 있었으며, 대용량의 가전제품을 안전하

고 편리하게 사용할 수 있게 된 것이다. IPv6도 마찬가지로 인터넷 등의 사용증가로 인해 주소가 부족하게 되어 IPv6로의 전환이 필요한 것이다. 이로써 부족한 IP주소를 해결하여 더 많은 IP주소를 부여할 수 있으며, 고품질의 통신서비스를 위한 인터넷 구조를 개선할 수 있는 것이다. 아울러 통신사업자들은 새로운 수익창출과 비용 절감 효과를 가져오며, 통신기능을 결합한 모든 가전기기들에게 IPv6의 장점인 자동 주소설정 기능을 활용하여 이용자의 편의성을 도모하게 한다.

이런 IPv6은 또 하나의 강력한 기능을 탑재할 수 있다. 휴대용 단말기로 이동하며 네트워크 연결을 요구 하는

시대에 가장 걸맞는 기술이 Mobile IPv6이다. 차세대 네트워크는 단말의 이동을 기본적으로 고려한다. 보통 단말이 새로운 네트워크로 이동할 때 IP 주소는 적절히 바뀌게 되어있다. 이는 기존의 TCP/IP 연결이 잠시나마 끊기는 것을 말한다. 진행 중이던 연결을 사용자가 알아차리지 못하게 자연스럽게 재연결 하기 위해서는 단말은 적절한 TCP/IP 연결을 시도해야 함을 말하기도 한다. IPv6는 이러한 단말이 이동시 발생하는 끊김을 최소화하고 지속적인 서비스를 해 주도록 고안되었다.[7]

본 논문은 리눅스 기반의 Mobile IPv6 테스트베드를 구축하고 단말이 새로운 네트워크로 이동시 발생하는 지연을 최소화하기 위해 필요한 요소들을 이를 통해 분석한다.

## II. Mobile IPv6 동작

IPv6 노드는 일반적으로 망 관리자에 의해서 IP 주소를 부여받아 이용하거나 동적으로 할당 받아 고정적으로 이용할 수 있는 방법을 이용하는 IPv4와 달리 라우터는 해당망의 prefix 값을 전송하고 이를 수신한 IPv6 노드가 자신의 interface 주소와 결합하여 IPv6 주소를 만든다. 이동 노드가 다른 망으로 이동하였을 경우 그 망을 관리하는 라우터의 RA(Router Advertisement) 메시지를 수신하고 이를 통해 방문 중인 망의 prefix를 얻는다. 이동 노드는 이 prefix를 이용해서 자신이 이용할 care-of address를 만든다. Care-of address를 얻은 후 이동 노드가 HA(Home Agent)에 이 주소를 등록한다. 또한 이동노드는 HA를 경유하지 않고 대응노드와 직접 통신하기 위해서 RR(Return Routability)라는 신호제어 메시지들을 주고받는다. RR 과정을 통해서 대응노드와 직접적인 통신 가능 여부가 확인되고, 이 때 부터 이동노드와 대응노드 사이에 데이터를 직접 주고받을 수 있는 경로 최적화(Route Optimization)가 이루어진다.[1]

### 2.1 홈 에이전트 발견

홈 에이전트나 외부 에이전트를 의미하는 이동성 에이전트(mobility agent)는 기존의 인터넷에서 인터넷 호스트가 라우터를 발견하고자 할 때 사용한 방법인 ICMP(Internet Control Message Protocol) 라우터 발견 방법과 유사하게 에이전트 광고 메시지를 통해 자신의 존

재를 알린다. 이동 노드는 선택적으로 이러한 에이전트 광고 메시지를 받고 자신이 홈 네트워크에 있는지를 판단한다.

### 2.2 홈 에이전트 등록

에이전트 발견 절차에 따라 이동 노드가 외부 네트워크에 있다고 판단되었을 때, 이동 노드와 홈 에이전트는 등록 요청과 등록 응답 메시지를 교환함으로써 이동 노드의 CoA(Care-of-Address)를 홈 에이전트에 등록한다. CoA에는 외부 에이전트를 이동 노드의 COA로 사용하는 외부 에이전트 CoA와 DHCP(Dynamic Host Configuration Protocol)에 의해 임시 IP주소를 이동 노드에 할당하는 Co-located CoA 등의 두 가지 방법이 사용될 수 있다.

### 2.3 라우팅과 터널링

홈 에이전트와 이동 노드 사이에 등록이 성공적으로 수행되게 되면, 외부에서 이동 노드의 홈 주소로 보내지는 데이터그램은 홈 에이전트에 의해 이동 노드의 CoA로 터널링된다. 터널링은 여러 가지 encapsulation 알고리즘 중에 하나를 사용할 수 있으며, 기본적으로 터널링 알고리즘은 IP-within-IP encapsulation을 지원해야 한다. 만약, CoA가 외부 에이전트로 지정되어 있는 경우에는 외부 에이전트가 decapsulation을 하게 되며, Co-located CoA를 사용하는 경우 이동 호스트 자신이 decapsulation 하게 된다. 이동 노드에서 외부의 노드로 보내지는 데이터그램은 홈 에이전트를 거쳐 갈 필요 없이 표준 IP 라우팅 방법을 사용하여 목적지까지 전달된다.

## III. 실험

테스트베드 구축 실험에서는 리눅스 기반의 서버와 이동노드를 사용한다.[4][5][6] MIPv6의 기본 동작원리를 바탕으로 그림 1과 같은 토폴로지를 구성하였다.[8] 세 개의 네트워크와 하나의 MN(Mobile Node)으로 토폴로지를 구성한다. MN은 세 개의 네트워크를 돌아 HA로 돌아오는 시나리오를 가진다. 핸드오버 지연을 줄이기 위해 본 실험에서는 MIPv6 소스를 수정하여 각각의 요소에서 발생하는 지연시간을 측정하도록 한다. Ethereal 소프트웨어와 리눅스에서 제공하는 기본 기능을 이용

하여 그 패킷을 분석한다.[9]

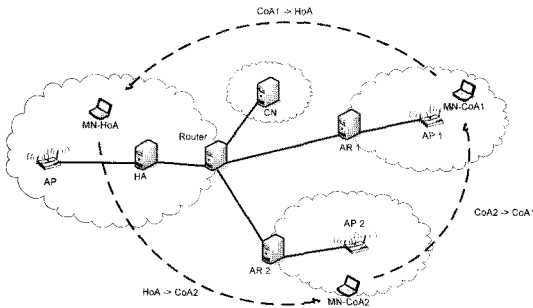


그림 1. 네트워크 구성  
Fig. 1 Network Configuration

그림 2는 MIPv6 핸드오버 과정동안 신호처리를 나타내고 있다. 이동노드가 홈 네트워크를 벗어나 다른 네트워크로 이동 한 후 CoA(Care of Address)를 생성한다. 이동 노드는 DAD(Duplicated Address Detection) 체크를 한다. CoA가 설정되면 MIPv6의 신호 처리가 시작된다. 이동노드는 CoA를 HA binding update message를 이용하여 등록한다. HA는 binding acknowledgement로 응답 한다. 여기서 MN은 이전의 주소를 통해 패킷을 받을 수 있다. 하지만 이동 노드와 상대노드 사이는 통신은 반드시 터널링을 통해 이루어져야 한다. 이동노드는 Home Test Init(HoTI)와 Care-of Test Init(CoTI)를 통해 라우팅 최적화 절차를 초기화해야 한다. 이후 이동노드는 상대노드에 CoA를 등록한다.

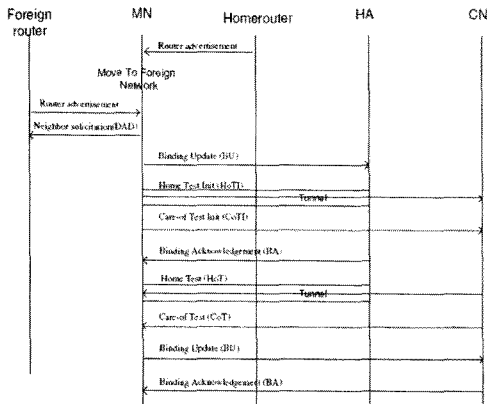


그림 2. 신호처리  
Fig. 2 Signal Processing

A. 핸드오버 지연 측정을 위한 시간

다음은 지연 측정을 계산하기 위해 어떤 시간들을 고려해야 되는지를 나타내고 있다.

- Movement detection time (Td) :

MN이 새로운 네트워크를 찾아 설정하는 시간

- Address configuration time (Tc)

새로운 IP 주소 설정과 DVD하는 시간

- Binding registration time (Tr)

MN과 HA사이의 등록 시간

- Route optimization time (To)

새로 받은 IP주소를 CN에 등록하는데 소요되는 시간

- 전체 지연 시간 (Th)

$$Th = Td + Tc + Tr + To$$

B. 핸드오버 지연을 감소하기 위한 설정

표 1은 IPv6에서 이동성을 지원하기 위해 기본적으로 사용되는 파라미터를 나타내고 있다.[3][8]

표 1. IPv6에서 사용된 파라미터  
Table. 1 IPv6 parameter

Default IPv6 Parameters	Time
MinRtrAdvInterval	3s
MaxRtrAdvInterval	10s
Router solicitations	3s
Router solicitation interval	4s
Router solicitation delay	1s
DAD RetransTimer	1s
DoRouteOptimizationMN	Enabled
DoRouteOptimizationCN	Enabled

그림 2는 그림 1과 같은 구성에서 핸드오버가 발생하는 메시지들을 나타낸다.

- MinRtrAdvInterval MaxRtrAdvInterval 값의 변화

(Min,Max) = (3, 10)에서 (0.03, 0.07)까지 변화 시켜 그 지연 값을 측정한다.

- RS 값의 변화

Router solicitations 3 s → 1s

Router solicitation interval 4 s → 1s

Router solicitation delay 1 s → 0s

- Duplicated Address Detection

동일 주소 충돌을 방지하기 위한 DAD는 소규모 네트워크에서는 생략이 가능하다. 핸드오버 지연의 최대 효과를 내기 위해 DAD를 사용한 경우와 그렇지 않은 경우를 실험한다.

#### IV. 결과

HoA(Home of Address)에서 CoA2로의 이동은 홈에서 이동하여 첫 번째 네트워크로 이동하는 것을 나타낸다. CoA2에서 CoA 로 이동은 두 번째 다른 네트워크로의 이동을 나타낸다. 패킷 분석 결과 첫 번째 이동에서 오랜 지연이 생기는 이유는 RR절차에서 To에 해당하는 HoTI와 CoTI 모두를 처리하고 있기 때문이다. 반면 나머지 경우에는 CoTI 만을 처리하기 때문에 비교적 짧은 지연시간을 갖는다. 그림 3에서 핸드오버 지연 발생 시 가장 많은 부분을 차지하는 것은 Tc와 Td라는 것을 알 수 있다.

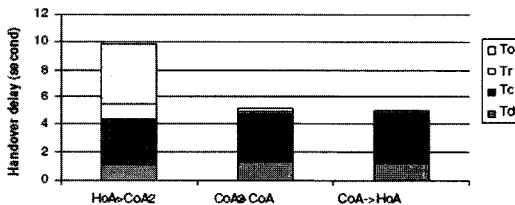


그림 3. 단말 이동에 따른 핸드오버 지연  
Fig. 3 Handover delay as MN's moving

그림 4는 각 파라미터의 변화에 따른 핸드오버 지연을 나타내고 있다. RA(Router Advertisement)에 따른 변화는 0.5s 미만인 경우 더 이상의 이득을 얻을 수 없다.

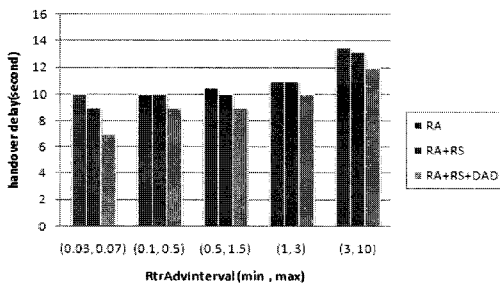


그림 4. 파라미터 변화에 따른 핸드오버 지연  
Fig. 4 Handover delay as adopting the parameters

RS(Router Solicitation)의 변화 역시 지연 감소에 영향을 줄 수 있음을 알 수 있다.

#### V. 결론

본 논문에서는 핸드오버 지연에 영향을 주는 요소들에 대해 평가하였다. 특히 RA, RS 생성 주기와 DAD 절차에 관련해 자세히 알아보았다. 이동노드가 처음 홈 네트워크를 벗어나는 것이 이동노드가 홈 네트워크로 돌아왔을 때 보다 더 오랜 지연을 발생한다는 것과 핸드오버 지연은 RA에 비례적으로 발생한다는 점을 알 수 있었지만 RA 간격을 0.5s 미만으로 줄이는 것은 지연을 감소에 도움이 되지 못한다. RS 간격 또한 지연감소에 영향을 줄 수 있었다. 본 논문에서 구성한 소규모 네트워크를 벗어나 보다 크고 다양한 핸드오버 기술들을 접목시켜 보고자 한다.

#### 참고문헌

- [1] D. Johnson, C. Perkins and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6", RFC 3775, June 2004.
- [2] N. Montavont and T. Noel, Handover management for Mobile Nodes in IPv6 Networks, IEEE Communication Magazine:38-43, August 2002.
- [3] P. Cavone, MIPv6 Analyzer, <http://www.cavone.com/mipv6-analyzer>.
- [4] W. Werapun and A. Unakul, An Experimental Mobile IPv6 For Linux Testbed System, NCSEC2003, September 2003.
- [5] MIPv6 Testing Report, SCE, Nanyang Technological University, NTU-test-report.
- [6] Mobile IPv6 for Linux, <http://www.mobile-ipv6.org>.
- [7] P. Pongpaibool, C.Chan-in, A. Busaranun, C. Chamsripiyo, "Prepare Next Generation Internet", NAC2005, March 2005.
- [8] Jong-Hyook Lee, Tai-Myoung Chung, Experimental Performance Evaluation of Mobile IPv6, ICSNC, Oct. 2006
- [9] A network protocol analyzer, [www.ethereal.com](http://www.ethereal.com)

## 저자소개



김동일(Kim Dong-il)

1992년 광운대학교 전자통신공학과  
박사

1991년 ~ 현재 동의대학교 정보통신  
공학과 교수

1997년 ~ 현재 한국해양정보통신학회 이사

2002년 ~ 현재 ITU-T 국제 정보통신 표준기술 전문위원

2002년 ~ 현재 한국통신학회 논문지 편집위원

※관심분야: 유비쿼터스 센서 네트워크, BcN, IPv6 이  
동성



김광덕(Kim Kwang-deok)

2007년 동의대학교 정보통신공학과  
학사

2008년 ~ 현재 동의대학교 정보통신  
공학과 석사

※관심분야: IPv6 이동성, 임베디드 시스템