

# Fast Mobile IPv6에서 Route Optimization 성능 향상에 관한 연구

종신회원 오 문 균\*, 김 대 영\*\*, 정희원 유 정 관\*\*\*, 종신회원 노 승 환\*\*\*

## A Study on Performance Improvement of Route Optimization in Fast Mobile IPv6

Oh Moonkyoon\*, Kim Daeyoung\*\* *Lifelong Members*, Ryu Jungkwan\*\*\* *Regular Member*,  
Ro Soonghwan\*\*\* *Lifelong Member*

### 요 약

Mobile IPv6(MIPv6)에서 핸드오버가 수행된 후에 Mobile Node(MN)와 Correspondent node(CN)간에 직접 통신하기 위해 RO(Route Optimization)이 수행되어야 하며 이를 위해서는 Binding Update(BU)전에 Return Routability(RR) 과정이 수행되어야 한다. Fast Handover for Mobile IPv6(FMIPv6)에서도 RO를 사용하기 위해서는 MIPv6와 동일하게 Fast 핸드오버 후에 BU전에 RR 과정이 수행되어야 한다. 그러나 RR 과정을 수행하는데 소요되는 시간이 매우 길기 때문에 핸드오버에 많은 지연을 발생하게 한다. 따라서 본 논문은 FMIPv6에서 RO 지연을 감소시킴으로써 FMIPv6에서 핸드오버 지연을 감소시키기 위한 방안을 제안한다.

**Key Words** : FMIPv6, Return Routability Test, Binding Update, Route Optimization

### ABSTRACT

In Mobile IPv6 handover should be followed by RO(Route Optimization) to support direct communication between a MN(Mobile Node) and CN(Correspondent Node). For this RR MIPv6 must perform RR(Return Routability) procedure before BU(Binding Update) to CN.

The Fast Handover for MIPv6(FMIPv6) also performs the RR test for MN to communicate with CN directly. However, Return Routability test has long latency resulting in handover delay in MIPv6. This paper proposes the method to reduce the handover delay by reducing RO latency in FastMobile IPv6.

### I. 서 론

인터넷 기술의 발달은 사용자들은 언제 어디서나 고품질의 서비스를 이용할 수 있기를 바라고 있으며, 인터넷을 사용하는 모든 단말기에 무선 인터넷 기능이 확산되어 가고 있다. 이처럼 점점 무선 인터넷의 사용이 널리 확산됨에 따라 이동 중에도 인터넷을 이용하고자 하는 사용자의 요구가 증가하고 있다. 그러나 현재의 인터넷 프로토콜은 인터넷에 접속하는 호

스트의 위치가 고정되어 있다는 가정 하에 서비스가 이루어지기 때문에 호스트가 다른 네트워크로 이동하게 되면 IP 변경 없이는 기존 서비스를 유지할 수 없게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 IETF(Internet Engineering Task Force)는 Mobile IP 프로토콜을 제안했으며, 이 프로토콜을 사용한 호스트는 다른 네트워크로 이동해서도 기존의 연결을 유지할 수 있게 된다.

MIPv6에서 MN가 다른 네트워크로 이동하게 되면 기존의 세션(session)을 유지하기 위해 핸드오버를 수

\* 한국전자통신연구원 조선통합플랫폼연구팀 (mkoh@etri.re.kr), \*\* 충남대학교 전기정보통신공학부 (dykim@cnu.ac.kr)

\*\*\* 공주대학교 정보통신공학부 (rosh@kongju.ac.kr)

논문번호 : KICS2009-08-357, 접수일자 : 2009년 8월 16일, 최종논문접수일자 : 2010년 3월 24일

행하게 된다, 핸드오버 과정은 Movement Detection (MD), New CoA(Care-of-Address) Configuration, BU(Binding Update)로 구분되는데 이를 완료하는데 소요되는 시간이 길어 VoIP 같이 실시간 서비스를 요구하는 멀티미디어 서비스에 지장을 초래하게 된다.

MIPv6에서의 핸드오버 시간을 줄이기 위해 FMIPv6<sup>[3]</sup>, EMIPv6<sup>[4]</sup>, EBU<sup>[5]</sup> 등 많은 방안들이 제안되고 있다. 그 중 FMIPv6<sup>[3]</sup>는 L2계층에서 MIPv6의 MD, New CoA Configuration을 수행함으로써 L3계층에서 MIPv6의 핸드오버 시간을 줄일 수 있지만 핸드오버를 완료한 뒤에 NCoA에 대한 정보를 갱신시키기 위해 HA(Home Agent), CN에 BU를 수행해야만 한다. CN에 BU를 수행하기 전에 MN는 BU를 인증하기 위해 RR을 수행해야 하는데 이를 완료하는데 긴 시간을 필요로 한다.

본 논문은 FMIPv6에서 MD의 시간을 획기적으로 줄이고 또한 RR를 수행함으로써 MN가 새로운 네트워크로 이동했을 때, 빠르게 CN에 BU를 수행하는 방법을 제시하고 이를 NS-2(Network Simulator-2) 시뮬레이터를 이용한 시뮬레이션을 통해 성능을 평가하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 Mobile IPv6와 핸드오버를 줄이기 위해 제안된 방법들에 대해 알아보고 3장에서는 RR를 FMIPv6에서 수행하기 위해 핸드오버 시나리오를 제안한다. 4장에서는 시뮬레이션을 통해 제안한 시나리오에 대한 분석 및 평가가 이루어지고, 마지막 5장은 제안한 핸드오버 시나리오에 대한 결론을 끝맺는다.

## II. 관련연구

### 2.1 Return Routability Test

그림 1에서는 RR 과정을 보여주고 있다. RR과정은 MN가 CN에게 NCoA를 알리기 위해 보내는 BU 메시지를 보호하기 위해 수행되는 과정으로 그림 1과 같은 절차를 수행하게 된다. 그림에서 보여지는 것과

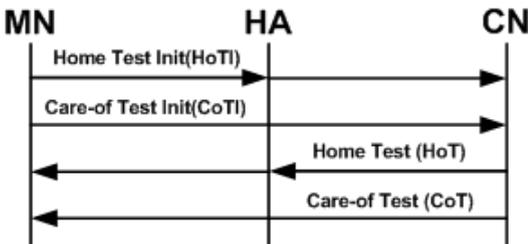


그림 1. Return Routability

같이 MN은 CN에 BU를 전송하기 전에 RR를 수행하기 위해 HoTI(Home Test Init)와 CoTI(Care-of Test Init) 메시지를 동시에 CN에 보낸다. 이 두 메시지를 수신한 CN은 Home Keygen Token과 Care-of Keygen Token을 생성한 뒤 각각에 대한 응답으로 HoT(Home Test)에 Home Keygen Token을 CoT(Care-of Test)에는 Care-of Keygen Token을 포함시켜 MN에게 전송한다. MN는 Home Keygen과 Care-of Keygen을 이용하여 BU를 생성하여 CN에 보내게 된다. CN은 BU메시지를 받자마자 Binding Cache에 NCoA를 등록하고 받은 BU메시지의 Acknowledge Flag가 1인 경우 MN에 응답으로 Back메시지를 보낸다. 이후부터 MN와 CN은 HA를 경유하지 않고 직접 통신이 가능해진다<sup>[2]</sup>.

### 2.2 Enhanced Access Point in Mobile IPv6

IPv6에서 Router Advertisement(RA)에 대한 응답으로 Router Solicitation(RS) 메시지를 보내게 되는데 이때 여러 노드들이 동시에 RS를 보내지 못하도록 하기 위해 임의의 지연 시간을 설정하게 된다<sup>[4]</sup>. MIPv6에서 MN는 RA와 RS 메시지의 교환을 통해 이동을 감지하게 되는데 이 지연시간으로 Movement Detection 시간이 늦어지게 된다. Enhanced Access Pointer in Mobile IP(EMIPv6)는 Fast Router Discovery에서 제안한 AP방식을 기반으로 하여 MN의 Movement Detection시 불필요한 지연시간을 줄이고자 제안된 방법이다<sup>[3,6]</sup>.

그림 2는 EMIPv6의 핸드오버 절차를 보여준다. EMIPv6에서 MN는 이동하면서 New Access

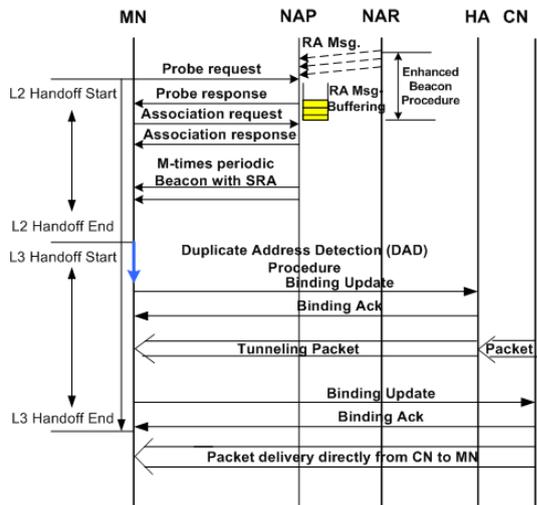


그림 2. EMIPv6 Handover Procedure

Router(NAR)가 주기적으로 보내는 RA를 포함하고 있는 비콘(beacon)메시지를 받음으로써 이동 여부를 감지한다. 비콘 메시지에 RA를 포함시키기 위해 New Access Point(NAP)는 버퍼를 가지게 되며 이곳에 AR에서 주기적으로 보내는 RA 메시지를 저장한다. MN는 비콘 메시지를 받자마자 비콘 메시지에 포함된 RA의 정보를 이용하여 NCoA를 생성할 수 있게 되기 때문에 MN는 보다 빨리 이동을 감지할 수 있게 된다.

### 2.3 Early Binding Update

Early Binding Updates(EBU)는 핸드오버 이전에 Home-Address Test를 수행하여 MIPv6의 RR 시간을 줄이고자 제안된 방법으로 그림 3은 EBU의 핸드오버 절차를 보여주고 있다. 핸드오버 전에 Home-Address Test를 수행하는 것을 Proactive Home-Address Test라 하며 핸드오버 이전에 수행된다는 점을 제외하고는 절차는 MIPv6와 동일하다.

Proactive Home-Address Test를 수행하는 데는 2가지 방식이 있다. 하나는 링크 계층(Link Layer)로부터 수신된 트리거로부터 핸드오버가 곧 발생할 것이라는 것을 감지했을 때수행하는 것 이고, 다른 하나는 Home Keygen Token이 만료되는 시점(3.5분) 마다 Home Address Test를 수행하는 것이다.

Proactive Home-Address Test를 통해 얻은 home keygen Token을 이용해 CN에 임시로 BU를 수행한다. 이 BU 메시지를 EBU라고 하고 이때부터 CN은 MN의 CoA를 이용하여 통신을 하게 된다. 그러나 EBU은 MN가 단지 HoA에 대한 정식 소유자임을 나타내기 때문에 Care-of Address test과정을 완료한 뒤

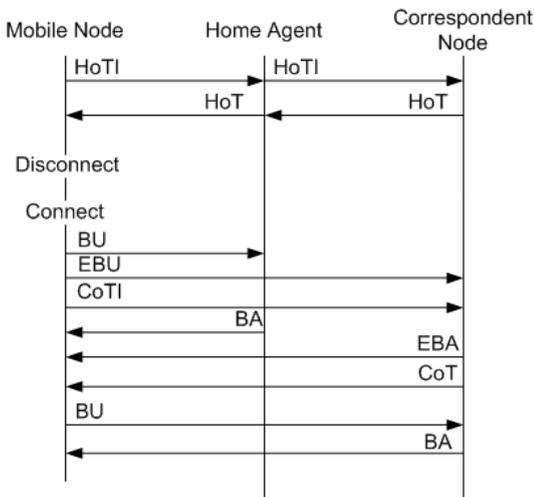


그림 3. Early Binding Updates

연계 되는 Care-of Keygen Token을 가지고 CN에 정식으로 BU를 수행함으로써 MN가 CoA의 정식 소유자임을 알려야 한다<sup>31</sup>.

### 2.4 Fast Handover for Mobile IPv6

FMIPv6에서는 2개의 메시지, Router Solicitation for Proxy Advertisement(RtSol)와 Proxy Router Advertisement(PrRtAdv)를 이용하여 MN가 이전 링크에 있는 상태에서 Movement Detection(MD)을 할 수 있도록 한다. 이로 인해 새로운 링크로 이동하기 전에 MD, Care of Address 생성과 DAD 과정을 마칠 수 있도록 해준다<sup>31</sup>.

그림 4는 FMIPv6에서의 핸드오버 절차를 보여준다. MN가 New Access Router(NAR)로 이동 중 AR로부터 L2 trigger 메시지를 받게 되면 이 trigger 메시지에 포함된 AP 식별자를 RtSol에 포함시켜 Previous Access Router(PAR)에 AP식별자를 지닌 AR에 대한 정보를 요청하고 응답으로 PrRtAdv를 받게 된다. PrRtAdv에 포함된 AR의 정보를 바탕으로 MN는 NCoA를 생성하고 생성된 주소가 NAR에서 사용 가능한지 확인하기 위해 Fast Binding Update (F-BU)를 PAR로 보내게 된다. F-BU를 받은 PAR은 NAR에 핸드오버가 곧 발생할 것을 알리고 NCoA에 대한 확인을 위해 Handover Initiate(HI)를 보내고 응답으로 Handover Acknowledge(HACK)를 받는다. HACK를 받으면 PAR는 FACK를 통해 MN에게 NCoA에 대해 알리고 NAR로의 터널을 생성하여 MN로 오는 패킷을 NAR로 전달한다.

MN가 NAR에 접속하게 되자마자 Fast Neighbor Advertisement(FNA)를 NAR에 보내 버퍼에 저장되어 있는 패킷을 받게 된다. 버퍼에 저장된 패킷을 받은 뒤 MN는 HA와 CN에 BU를 수행하게 된다.

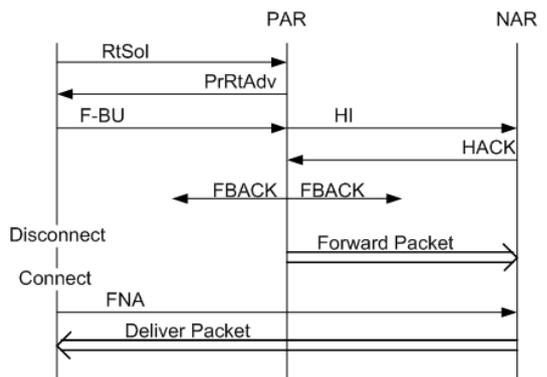


그림 4. Predictive FMIPv6 핸드오버

### III. 개선된 핸드오버 절차

본 논문에서는 FMIPv6에서 RO를 위해서 수행되는 RR에 소요되는 시간을 줄임으로써 전체 핸드오버의 성능을 향상시키는 데 있다.

Home Address Test는 proactive home address test를 통해 핸드오버 이전에 수행할 수 있지만 Care of Address Test를 수행하기 위해서는 NAR에서 사용 가능한 NCoA를 필요로 한다. FMIPv6에서 MN가 NAR에서 사용 가능한 NCoA를 얻는 시점은 PAR로부터 FBack를 받은 시점이 된다. 따라서 FMIPv6에서 Care-of Address Test를 수행하기 위해서는 L2 트리거 후 MN가 FBack를 받는데 까지 소요되는 시간을 줄일 필요가 있다.

#### 3.1 Movement Detection

제안된 핸드오버 절차에서는 FMIPv6 수행시간을 줄여 Care-of Address Test를 수행하기 위한 방안으로 EMIPv6에서 제안한 확장 비콘 메시지를 사용한다. 이를 FMIPv6에 적용함으로써 MN는 NAR의 정보를 얻기 위해 RtSol과 PrRtAdv 메시지를 교환하는 대신 비콘 메시지를 수신하는 것만으로도 NAR의 정보를 알 수 있기 때문에 Movement Detection을 위해 필요한 RtSol 메시지와 PrRtAdv 메시지교환 시간을 단축시킬 수 있게 된다.

#### 3.2 Route Optimization

그림 5는 본 논문에서 제안한 핸드오버 프로토콜을 보여주고 있다. 그림에서 볼 수 있듯이 home address test는 핸드오버와 동시에 수행된다. 이 시점에서 MN는 PAR에서 사용 중인 PCoA를 사용하여 Home address test를 수행한다. MN가 보낸 HoTI 메시지는 HoA의 소유자를 확인하기 위해 수행되기 때문에 NCoA 없이 수행이 가능하다. CN에서 HoTI 메시지에 대한 응답으로 보내는 HoT 메시지는 MN가 PAR과의 연결이 끊긴 후에 MN의 PCoA로 보내질 수 있는데 이 경우 PAR은 다른 패킷들처럼 HoT 메시지를 NAR로 포워딩하게 되고 MN는 NAR에 도착한 후 NAR로부터 HoT 메시지를 수신한다.

비콘 메시지를 받은 MN는 바로 NCoA를 생성하게 되고 PAR에 F-BU를 보내 FMIPv6 핸드오버 절차를 수행한다. FMIPv6 핸드오버 절차를 수행한 후 PAR로부터 F-BACK 메시지를 받은 MN는 즉시 Care-of test를 수행하기 위해 CoTI 메시지를 전송하게 된다. 그러나 MN는 PAR의 영역에 있기 때문에

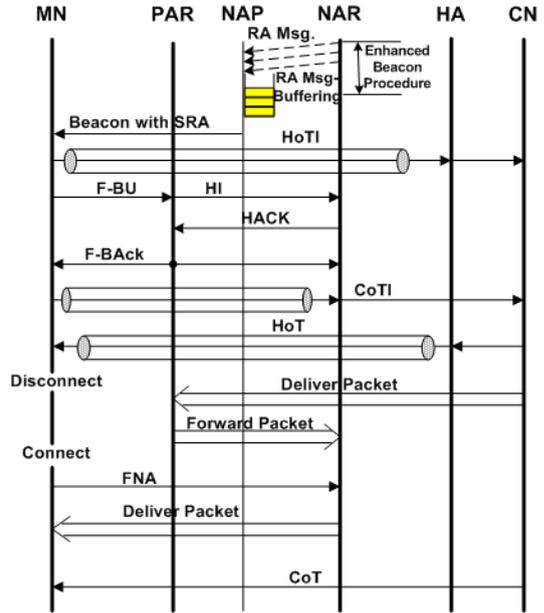


그림 5. Fast Return Routability In FMIPv6

송신 주소를 NCoA로 해서 보낼 경우에 ingress filtering에 의해 CN으로 전송될 수 없다. 이를 해결하기 위해 MN는 CoTI 메시지를 NAR로 터널링하여 CN으로 보내게 된다. 그림 6은 터널링되는 CoTI 메시지의 주소 형식을 보여준다. 즉 송신 주소를 NCoA로 설정된 IP header를 갖는 패킷을 encapsulation하며, outer IP header에는 송신주소를 PCoA로 설정하여 전송한다. NAR에서 수신된 이 CoTI 메시지는 decapsulation 되어 CN으로 전송되고, CN에서는 CoT 메시지를 NCoA로 전송함으로써 RR test가 완료된다.

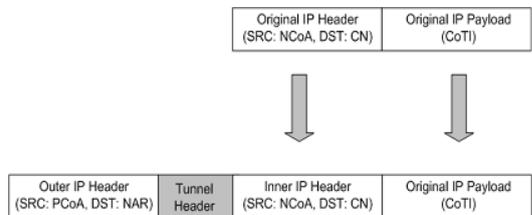


그림 6. CoTI 메시지 주소 형식

### IV. 성능 평가

본 논문은 FRR-FMIPv6과 FMIPv6에 대한 성능 평가를 위해 NS-2(network simulator 2)와 Mobiwlan을 사용하여 시뮬레이션 하였다. 그림 7은 제안된

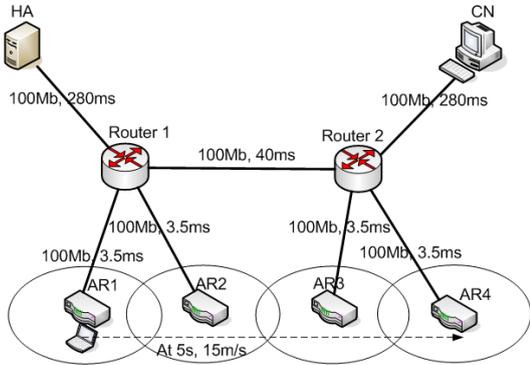


그림 7. 시뮬레이션을 위한 네트워크 토폴로지

드오버 프로토콜을 시뮬레이션하기 위해 구성된 네트워크 구조이다.

그림에서 보는 것과 같이 네트워크는 2개의 라우터와 4개의 AR, HA 및 CN으로 구성되어 있다. 모든 유선 링크는 100Mbps의 대역폭을 양방향 링크로 연결되어 있다. 라우터와 AR간의 link delay는 10ms, AR과 Router사이는 3.5ms, 그리고 HA와 Router, CN과 Router 사이의 link delay는 50ms로 설정하였다.

NS-2에서 AR의 무선 프로토콜은 802.11을 사용했으며 무선 구간은 250m이고, 각 AR간의 간격은 400m이다. AR간 오버래핑 구간은 100m이며 MN는 시뮬레이션 시작 5초 후 20m/s의 속도로 AR1에서 AR4로 이동하게 된다. 시뮬레이션 시간은 100초이며, MN가 오버래핑 구간을 이동할 때, PAR에서 보내는 비콘 신호보다 강한 NAR의 비콘 신호를 받게 되면 핸드오버가 발생하게 된다. CN은 실제 트래픽을 시뮬레이션 하기 위해 30ms마다 512byte의 UDP 패킷을 MN에게 전송한다.

그림 8은 무선 링크의 지연이 핸드오버에 미치는 영향을 보여준다. 그래프를 통해 알 수 있듯이

표 1. 시뮬레이션 파라미터와 구성 값

파라미터	값
무선 프로토콜	802.11
시뮬레이션 시간	100s
MN의 속도	20m/s(72km/h)
AR의 무선 반경	250m
AR간의 간격	400m
Beacon 주기	100ms
RA 주기	100ms
패킷 형식	UDP
패킷 크기	512byte
패킷 전송 주기	30ms
L2 handoff 시간	500ms

wireless link delay와 Handover의 관계

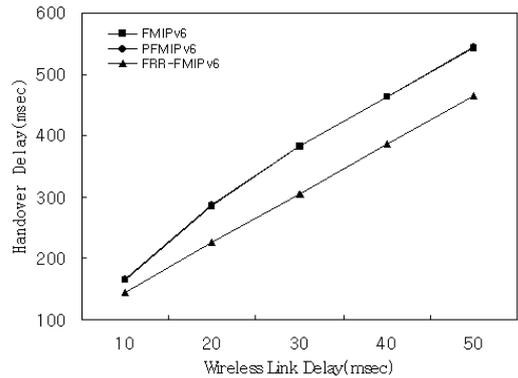


그림 8. Wireless Link Delay 변화에 따른 핸드오버지연 (AR1→AR2)

FMIPv6, PFMIPv6, FRR-FMIPv6는 무선 링크의 지연이 증가함에 따라 핸드오버 지연시간도 증가하게 된다. FMIPv6, PFMIPv6와 비교할 때 FRR-FMIPv6이 상대적으로 핸드오버 지연시간의 증가율이 낮은 것을 보여주고 있다.

그림 9는 L2 trigger 발생 후 MN가 NAR과 연결되어 NAR로부터 첫 번째 패킷을 받게 될 때까지의 핸드오버 지연 시간을 MN가 이동하는 구간 별로 보여준다. 그림에서 보듯이 제안된 프로토콜인 FRR-FMIPv6은 CoTI를 전송함에도 불구하고 MD를 위해 RtSol과 PrRtAdv 메시지 교환하는 과정을 제거하였기 때문에 핸드오버 지연시간이 줄었음을 알 수 있다. AR2와 AR3사이를 이동 시 증가한 핸드오버 지연시간은 HI와 HACK 메시지가 AR1과 AR2 사이를 경유하기 때문에 두 AR 간의 링크지연시간만큼 핸드오버 지연시간이 증가된 것이다.

그림 10의 그래프를 통해 알 수 있듯이 링크지연이

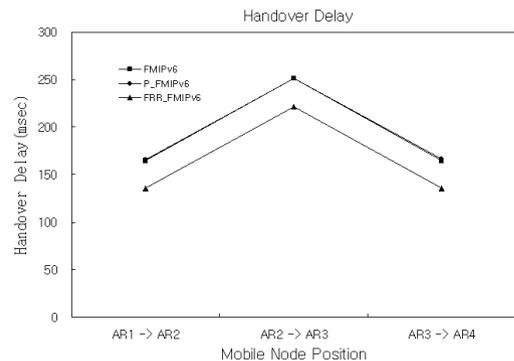


그림 9. NAR에서 첫 번째 패킷을 받을 때까지의 지연시간 (wireless link delay = 10ms)

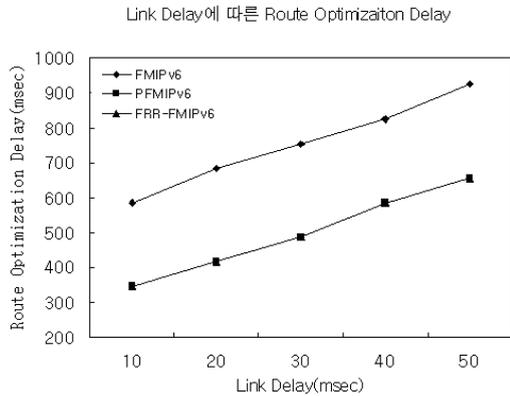


그림 10. Wireless Link Delay 변화에 따른 핸드오버 지연 (AR2→AR3)

증가 할수록 Route Optimization 지연 시간 또한 증가함을 알 수 있다.

그림11은 MN가 AR1에서 AR4로 이동시 Route Optimization 지연시간을 보여준다.

그래프를 보게 되면 MN가 AR2에서 AR3로 이동할 때 FMIPv6에서의 Route Optimization 지연시간은 증가하는데 반해 P\_FMIPv6와 FRR\_FMIPv6에서의 지연시간은 오히려 MN가 AR1에서 AR2로 이동할 때 보다 줄어들었음을 알 수 있다. 이는 MN가 AR3로 핸드오버를 완료한 후 CN에 BU를 수행하여 CN 으로부터 패킷을 받게 되는데 이 시간이 MN가 AR2에 있을 때보다 줄어들기 때문이다. MN가 AR4로 이동하게 되면 다시 지연시간이 증가하였는데 이는 위에서 언급한 것과 같이 CN에 BU를 수행하고 패킷을 받는데 걸리는 시간이 줄어들면 Proactive home

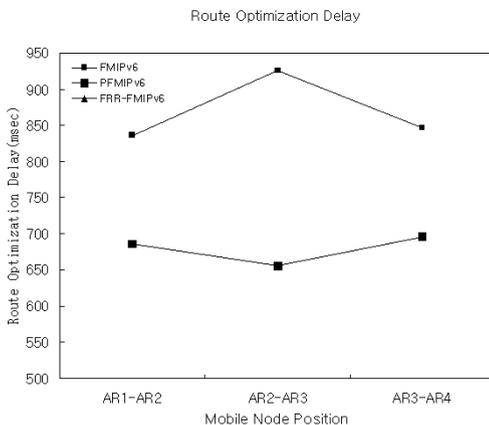


그림 11. Mobile Node의 위치에 따른 Route Optimization Delay(Link Delay= 50ms)

address test를 완료하는데 소요되는 시간이 Router1과 Router2에 링크 지연으로 의해 AR2에서 AR3로 보다 증가했기 때문이다.

## V. 결 론

기존의 MIPv6나 FMIPv6의 경우 핸드오버 후에 MN과 CN이 직접 통신하기 위해 Route Optimization이 필요하며 이를 위한 Return Routability 절차로 인해 핸드오버에 많은 지연을 발생시켰다. 본 논문은 Return Routability를 Mobile Node가 핸드오버 이전에 수행함으로써 MN가 핸드오버 후 Route Optimization 방법으로 통신을 하는데 소요되는 시간을 줄이기 위한 방법을 제안하였고 이를 시뮬레이션을 통해 지연시간이 감소함을 확인하였다.

실험 결과를 통해 FRR-FMIPv6가 FMIPv6보다 더 빨리 Route Optimization 방식으로 통신을 할 수 있을 뿐만 아니라 FRR-FMIPv6가 이전 링크와의 연결이 끊기기 전에 FMIPv6 핸드오버를 성공할 확률이 더 높음을 알 수 있었다.

## 참 고 문 헌

- [1] Deering, S. and R. Hinden, "Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification", RFC 2460, December 1998.
- [2] Johnson, D., Perkins, C., and Arkko, J., "Mobility Support in IPv6", RFC3775.
- [3] R. Koodli, "Fast Handover for MobileIPv6", RFC4068.
- [4] B. J. Park, Y. H. Han, Haniph Latchman, "EAP : New Fast Handover Scheme based on Enhanced Access Pointin Mobile IPv6 Networks", International Journal of Computer Science and Network Security, VOL.6 No.9B, September 2006.
- [5] T. Narten, E. Nordmarkand, W. Simpson, Neighbor Discovery for IP Version6(IPv6), RFC2461, December, 1998.
- [6] Vogt, C., "Early Binding Updates for Mobile IPv6", draft-vogt-mobopt-early-binding-updates-00.txt, February 2005.
- [7] Jin Hyeock Choi, DongYun Shin, "Fast Router Discovery with RA Caching in AP", draft-jinchoi-mobileip-frd-00.txt, Feb 2003.

오 문 균 (Moonkyun Oh)

중신회원



1986년 2월 고려대학교 전자공학과 공학사  
1994년 8월 충남대학교 전자공학과 공학석사  
1986~현재 ETRI 책임연구원  
2008년 11월~현재 ETRI 조선융합팀장

2010년 1월~현재 한국통신학회 대전충남지부장  
<관심분야> IT조선, 이동통신, 그룹통신시스템

유 정 관 (Jungkwan Ryu)

정회원



2006년 2월 국립 공주대학교 정보통신 공학과  
2008년 8월 국립 공주대학교 석사  
2009년 현재 (주)네오프리라인 <관심분야> Mobile IP 네트워크, 임베디드 시스템.

김 대 영 (Daeyoung Kim)

중신회원



1975년 2월 서울대학교 전자공학과 공학사  
1977년 2월 한국과학기술원 전기공학과 공학석사  
1983년 2월 한국과학기술원 전기공학과 공학박사  
1983년~현재 충남대학교 정보통신공학과 교수

<관심분야> IPv6, Network QoS Control, Gigabit network

노 승 환 (Soonghwan Ro)

중신회원



1987년 8월 고려대학교 전자공학과 공학사  
1989년 8월 고려대학교 전자공학과 공학석사  
1993년 2월 고려대학교 전자공학과 공학박사  
1997년 한국전자통신연구원 초빙연구원

2003년 영국버밍엄 대학교 초빙연구원  
1994~현재 국립 공주대학교 정보통신공학부 교수  
<관심분야> 이동통신, pervasive 컴퓨팅, 임베디드 시스템