

# 계층적 Mobile IPv6에서 고속 핸드오버(Fast Handover) 개선에 관한 연구

정회원 뉀 반 한\*, 노 승 환\*, 흥 익 표\*, 준회원 유 정 관\*

## A Modification for Fast Handover in Hierarchical Mobile IPv6

Nguyen Van Hanh\*, Soonghwan Ro\*, Ik-Pyo Hong\* *Regular Members*,  
JungKwan Ryu\* *Associate Member*

### 요 약

계층적 모바일 IPv6구조를 갖는 이동망에서 고속 핸드오버(F-HMIPv6) 방식은 효율적으로 서비스의 중단이 없는(seamless) 핸드오버방식을 제공한다. 그러나 이러한 핸드오버과정에서 이동단말(MN : Mobile Node)은 갑작스런 링크의 신호감쇄로 인해 기존의 액세스 라우터(PAR : Previous Access Router)와 연결이 끊길 수 있다. 또한 일반적으로 이동단말은 고속의 핸드오버 도중에 많은 메시지를 교환할 수 있는 충분한 시간이 없으며, 특히 고속으로 이동 중에는 핸드오버를 위한 충분한 시간적 여유가 없다. 본 논문에서는 F-HMIPv6의 핸드오버를 개선하기 위한 방안을 제안하였으며, 성능평가 결과 고속 핸드오버과정에 메시지를 교환하는 시간을 감소시켜 F-HMIPv6가 predictive 모드에서 핸드오버가 수행될 수 있는 확률을 높였다.

**Key Words** : Mobile IPv6, Fast Handover, Hierarchical, MF-HMIPv6

### ABSTRACT

The Fast Handover in Hierarchical MobileIPv6 (F-HMIPv6) scheme provides a seamless handover in mobile IP networks effectively. However, there is a problem that the mobile node can lose its connectivity to the previous access router because of a sudden degradation of the link quality during fast handover procedure. Additionally, in many cases, the mobile node does not have enough time to exchange messages during the fast handover procedure, especially in case of movement with high speed during handover. In this paper, we propose a modification to F-HMIPv6 that significantly reduces the time to exchange messages during fast handover procedure and thereby increases the probability which the F-HMIPv6 can perform the fast handover in predictive mode.

### I. 서 론

F-HMIPv6(Fast-Hierarchical MIPv6)<sup>[1]</sup>는 FMIPv6<sup>[3]</sup>와 HMIPv6<sup>[4]</sup>를 결합시킨 프로토콜이다. HMIPv6에서는 새로운 에이전트인 MAP(Mobile Anchor Point)를 도입하였으며, MAP는 제한된 지역에 이동단말의 이동성을 관리하는 에이전트로써 지역내에서 HA

(Home Agent) 역할을 한다. 또한 MAP 지역 내에서 이동단말(MN : Mobile Node)이 이동하기 위해서는 HA 또는 상대노드(CN : Correspondent Node)와 핸드오버를 위한 메시지를 교환할 필요가 없다. 따라서 바인딩 갱신(BU : Binding Update)에 소요되는 지연시간과 시그널링 오버헤드가 크게 감소될 수 있다. FMIPv6는 계층 2의 핸드오버가 종료되기

\* 본 연구는 공주대학교 자체학술연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

\* 공주대학교 정보통신공학부 전파공학전공(invhanh, rosh, iphong, arkil}@kongju.ac.kr)

논문번호 : KICS2008-03-143, 접수일자 : 2008년 3월 25일, 최종논문접수일자 : 2008년 4월 24일

이전에 계층 3 핸드오버를 시작하기 위해서 계층2 트리거 정보를 이용한다. H-FMIPv6에서는 MAP영역내에서 MN가 NAR의 링크계층 주소를 포함하는 L2 트리거를 이용하여 새로운 라우터(NAR : New Access Router)로 이동한 것을 감지했을 때, MN은 NAR의 정보와 새로운 LCoA(Link Care of Address)를 요청하기 위해 MAP으로 RtSolPr(Router Solicitation for Proxy) 메시지를 보낸 후에 PrRtAdv(Proxy Router Advertisement) 메시지를 기다린다. MN이 NAR의 network prefix가 포함된 PrRtAdv를 수신하면 이후에 사용될 새로운 LCoA를 생성하고 새로운 LCoA와 함께 F-BU(Fast Binding Update)를 MAP으로 보낸다. MAP이 F-BU를 받은 후에 새로운 CoA를 검증하는 요청을 포함하는 HI(Handover Initiate) 메시지를 NAR에게 보내고, MAP과 NAR에 양방향 터널을 형성함으로써 고속 핸드오버를 시작한다. MAP이 HAcK를 수신한 후 결과를 F-BAck(Fast Binding update Acknowledgement) 메시지를 이용하여 MN에게 전달한다. 고속 핸드오버 절차는 MN가 RtSolPr 메시지를 송신함으로써 시작하고 MN가 F-Back를 수신함으로써 종료된다. 그러나 MN은 핸드오버 메시지를 교환하기 위한 충분한 시간이 없으며, 또한 갑자기 링크의 신호품질이 감쇄하여 PAR과 연결이 끊길 수 있다. 따라서 고속의 핸드오버과정에서는 지연시간을 줄이면 위와 같은 중단을 감소시킬 수 있다.

본 논문에서는 HMIPv6를 개선한 핸드오버 알고리즘인 MF-HMIPv6(Modified HMIPv6)를 제안하며, 제안된 알고리즘은 고속 핸드오버 지연시간을 감소시킴으로써 MN가 핸드오버과정에서 PAR과 링크 연결이 끊기는 확률을 감소시켰다.

본 논문은 다음과 같이 구성되었다. II장에서는 관련 연구에 대해서 소개하고, III장에서는 제안된 방안인 MF-HMIPv6에 대해서 소개하였으며, IV장에서는 제안된 방안에 대하여 수치 계산에 의한 성능평가를 하였으며, V장에서는 시뮬레이션에 의해 제안된 방안에 대해 평가를 하였고, 마지막으로 VI장에서 결론을 맺는다.

## II. 관련연구

### 2.1 Mobile IPv6(MIPv6)

MIPv6<sup>[1]</sup>는 IPv6 네트워크에서 사용자가 이동 중에 상대 노드와 연결을 유지하기 위한 프로토콜이다. 사용자가 네트워크를 이동할 때는 IP 주소를 변경해야 하지만, 이때 마다 전달계층(transport layer)를

포함한 모든 계층의 연결은 끊어지게 된다. TCP/IP에서 모든 전달계층 프로토콜은 호스트와 상대 IP 주소의 연결을 정의하므로 IP 주소가 바뀐다는 것은 협정된 전달계층의 연결을 상실한다는 것을 의미한다. IPv6에서 이동성을 지원한다는 것은 앞으로 대부분의 인터넷이 IPv6 이동 노드로 대체가 될 것이므로 국제적으로 이동성을 지원한다는 관점에서 매우 중요하다. 그러나 MIPv6는 위치 변경에 따른 신호전달 비용이 증가하고 이에 따라서 핸드오버 지연이 증가하기 때문에 인터넷에서 수요가 빠르게 증가하고 있는 실시간 어플리케이션에는 적절하지가 않다.

### 2.2 F-HMIPv6(Fast Handover in Hierarchical Mobile IPv6)

F-HMIPv6<sup>[2]</sup>는 F-MIPv6<sup>[3]</sup>와 HMIPv6<sup>[4]</sup>를 효율적으로 결합한 프로토콜이며 MIPv6를 개선한 것이다. F-MIPv6에서는 PAR과 NAR사이에 터널이 형성되지만 F-HMIPv6에서는 PAR 대신에 MAP과 NAR사이에 터널이 형성된다. F-HMIPv6에서는 HMIPv6와 F-MIPv6에서 정의된 메시지 외에 다른 새로운 메시지를 필요로 하지 않지만 기존의 메시지를 확장해서 사용한다. F-HMIPv6는 MAP 영역내(intra-MAP)에서 또는 MAP 사이(inter-MAP)에서 끊김이 없는(seamless) 핸드오버를 제공한다. 이미 많은 논문에서 이 프로토콜에 대한 성능이 분석되고 검증되었다. 그러나 이동 단말이 고속으로 이동하는 경우에는 핸드오버 절차를 수행하는 과정에서 MN은 갑작스런 링크신호의 감쇄로 인해 현재의 액세스 라우터와 링크가 끊어질 수 있으며, MN은 새로운 링크로 접속이 되고 L3 핸드오버를 중단하게 된다.<sup>[5]</sup>에서는 실패하는 경우를 링크 브레이크시간에 따라서 다음과 같이 3가지 경우로 구분하였다.

- 1) 기존의 링크로 RtSolPr가 전송이 안 되거나 또는 PrRtAdv 가 수신이 안 되는 경우 : 이 경우에는 MN이 새로운 링크에 대한 정보가 없으며 표준 MIPv6 핸드오버를 수행한다.
- 2) MN가 기존의 링크를 통해 F-BU 를 전송할 수 없다. : MAP은 MN으로부터 F-BU를 수신한 후 MAP과 NAR사이에 터널을 통해 패킷을 전달하는데, 이 경우에 MN는 MAP에게 이런 요청을 할 수가 없다.
- 3) MN에서 F-BAck 가 기존의 링크를 통해 수신되지 않는다. : 이 경우에 MN은 F-BU를 전송하나 링크가 끊어지기 전에 MAP으로부터 F-BAck를 수신하지 못한다. MAP은 MN

이 새로운 링크로 접속했다는 것을 알릴 때까지 패킷을 저장하고 있다가 NAR로 전달한다. MN은 새로운 링크에서 F-Back 메시지를 수신할 수 있다.

고속 핸드오버 과정에서 기존의 AR에서 접속이 끊기는 확률은 다음과 같다.

$$P_f = 1 - e^{-\lambda t_{L2Trigger}} \quad (1)$$

- $t_{L2Trigger}$  : L2 트리거가 발생한 시간부터 L2 스위칭 프로세스가 시작될 때까지의 L2 트리거 시간
- $\lambda$  : 다양한 감쇄 패턴을 고려한 감쇄 인수

### 2.3 F-HMIPv6의 개선된 제안들

F-HMIPv6는 FMIPv6와 HMIPv6를 효율적으로 결합한 형태이므로 각각에 대해서 별도로 개선된 방안들은 모두 F-HMIPv6에 적용이 가능하다. 많은 논문에서 FMIPv6, HMIPv6 및 F-HMIPv6를 향상시키는 방안을 제안하였다. Simultaneous binding<sup>[6]</sup>에서는 동시 바인딩 기능을 이용하여 고속 핸드오버를 확장하여 MN에서의 패킷 손실을 최소화 하였다. 패킷 손실을 최소화하기 위해서는 MN의 트래픽이 현재의 위치뿐만 아니라 MN가 가까운 시간 내에 로밍할 수 있는 위치로 bi-cast 또는 n-cast되어야 한다. 이 절차는 MN이 빠른 핸드오버를 수행한 후에 트래픽이 새로운 위치로 경로 재설정되어야 하는 애매한 상황을 제거하고 프로토콜이 L2와 L3 핸드오버를 분리시키는 것을 가능하게 하였다. 그러나 Simultaneous binding은 고속 핸드오버의 모든 과정을 수행해야 하므로 MN이 FMIPv6와 같이 predictive 모드에서 빠른 핸드오버를 수행할 수 없을 확률이 여전히 높다.

[7]에서는 FMIPv6의 확장으로 “Seamless Multicast Mobility Support Using Fast MIPv6 Extensions”이 제안되었으며, FMIPv6가 unicast만을 위한 프로토콜인 것과는 달리, 이 제안에서는 통합된 unicast와 multicast 프로토콜을 제안하였다. 제안된 방안은 두 단계로 구성되며, 첫 번째 새로운 라우터가 터널링을 통해 멀티캐스트 트래픽을 수신할 수 있도록 한 후에 두 번째 MN가 링크계층이 끊어져서 통신을 할 수 없는 기간 동안에 터널링된 트래픽을 버퍼링할 수 있도록 한다. 터널링된 멀티캐스트 패킷은 무선 링크로 전송되기 이전에 de-capsulation 되며, 패

킷의 캡슐로 인해 발생하는 오버헤드를 제거한다. 그러나 이 프로토콜은 신호 메시지의 수가 증가하고 MN가 predictive 모드에서 고속 핸드오버를 수행할 확률이 향상되지 않는다.

## III. MF-HMIPv6 알고리즘

F-HMIPv6에서 RtSolPr 메시지를 송신한 후에 MN은 LCoA를 생성하기 위해 MAP으로부터 PrRtAdv 메시지를 기다려야 하며, MAP 또한 고속 핸드오버를 시작하기 위해 MN으로부터 F-BU 메시지를 기다려야 한다. 그러나 제안된 방법에서는 MAP이 RtSolPr 메시지에서 MN의 링크 주소를 알 수 있으며 MN을 대신해서 새로운 LCoA를 생성할 수 있다. 즉 MAP은 별도의 F-BU 메시지를 필요로 하지 않으며, F-BU 메시지 대신에 RtSolPr 메시지에 F-BU 옵션을 추가한다. 따라서 MAP은 RtSolPr 메시지를 수신하자마자 고속 핸드오버를 시작할 수 있다. MF-HMIPv6에서는 새로운 메시지를 정의할 필요가 없으며, 기존의 두 메시지의 정의되지 않은 플래그와 기존의 메시지에 확장을 정의하므로 F-HMIPv6 프로토콜과 동시에 수행이 가능하다. 본 논문에서 RtSolPr 메시지의 예비 필드(reserved field)의 한 비트를 정의하였으며, 메시지 이름을 MRtSolPr로 수정하였다. 새로 정의된 비트는 M 비트이며 수신되는 노드에게 새로 제안된 방법을 따르며, MAP에게 EF-BU(Early F-BU)임을 알리고 F-BU 옵션을 제공하기 위해 사용된다. 또한 본 논문에서는 PrRtAdv 메시지의 예비 필드에 M비트를 정의함으로써 메시지 이름을 MPrRtAdv(Modified PrRtAdv)로 수정하였다. 이 M 비트는 본 논문에서 제안된 방식을 따른다는 것을 나타낸다. 그림 1과 그림 2는 각각 MRtSolPr 메시지의 형식과 F-BU 메시지의 옵션을 보여준다.

본 논문에서는 mobile-initiated 핸드오버를 제안하기 위하여 F-HMIPv6 핸드오버 절차를 수정하였다. 따라서 MN이 network-initiated 핸드오버의 경우

Type=150	Code=0	Checksum
Subtype=2	M: Reserved	Identifier
LLA Options...		
F-BU Option...		

그림 1. MRtSolPr 메시지 형식

Type	Length	Sequence #
Lifetime	A   H   L   K	Reserved
Sub-options...		

그림 2. F-BU 옵션

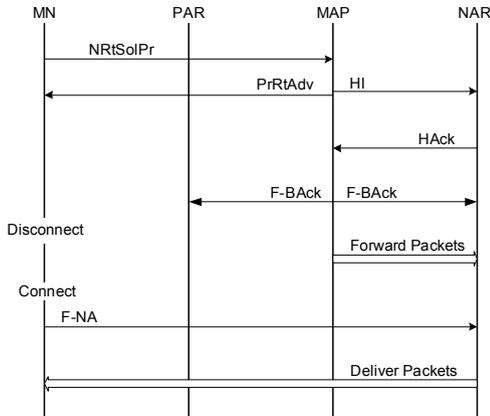


그림 3. MF-HMIPv6 절차

와 같이 MrtSolPr 메시지를 보내기 전에 PrRtAdv 메시지를 수신하면 F-HMIPv6 절차를 따라야 한다.

그림 3은 MF-HMIPv6 절차를 보여주며, 핸드오버 절차를 위한 메시지의 교환은 다음과 같다.

- 1) MN이 M 비트를 설정한 후, MrtSolPr 메시지를 PAR를 통해 MAP로 송신한다.
- 2) MAP은 MrtSolPr 메시지를 수신한 후 M비트가 설정되어 있는지를 검사한 후 MF-HMIPv6를 따를 것인가 또는 F-HMIPv6를 따를 것인가를 결정한다. 만일 M 비트가 설정되어 있으면 MAP은 MN 대신에 새로운 LCoA를 생성하고 NAR로 HI 메시지를 송신하고, MAP은 M 비트를 설정하여 MprRtAdv 메시지를 MN로 송신한다.
- 3) MN이 수신하는 MPrRtAdv 메시지의 M비트에 따라서 F-HMIPv6 또는 F-HMIPv6 프로토콜을 수행하게 된다. M 비트가 설정됐다면 MAP이 MF-HMIPv6를 지원하므로 MN는 F-BU 메시지를 보낼 필요가 없으며 F-Back 메시지를 기다린다.

나머지 절차는 다음과 같이 F-HMIPv6와 동일하다.

- 1) NAR이 HI 메시지를 받으면 제안된 중복된 주소를 검색(DAD)함으로써 새로운 LCoA를 검증하고 HAck 메시지로 응답한다.
- 2) HAck 메시지를 받은 MAP은 F-Back 메시지를 이용하여 결과를 MN에게 통보한다.
- 3) MN가 NAR에 접속이 되면 MN은 즉시 F-NA 옵션을 포함하는 MRtSolPr 메시지를 전송함

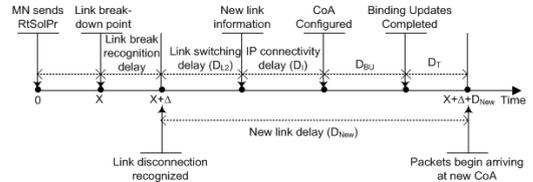


그림 4. 고속 핸드오버에서 실패경우의 시간

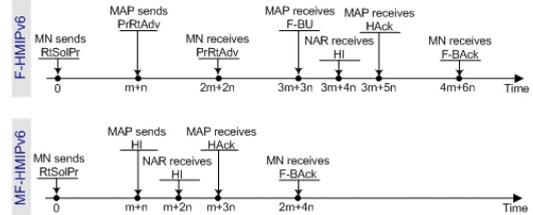


그림 5. 고속 핸드오버 절차의 시간

으로써 NAR에 저장되었거나 도달되는 패킷을 전달받는다.

F-MIPv6와 MF-MIPv6가 동시에 사용될 때 만일 MN 또는 MAP이 MF-MIPv6를 지원하지 않는다면 동작은 다음과 같은 경우로 구분될 수 있다.

- 1) MN이 MF-HMIPv6를 지원하지만 MAP이 지원하지 않는 경우 : MAP이 MRtSolPr 메시지를 수신하면 MF-HMIPv6의 확장(M 비트와 F-BU 옵션)을 무시하므로 MAP은 F-HMIPv6의 RtSolPr 메시지와 동일하게 취급한다.
- 2) MN이 MF-HMIPv6를 지원하지 않지만 MAP이 MF-HMIPv6를 지원하는 경우 : MN은 RtSolPr 메시지에 M 비트를 설정하지 않고 MAP에 전송하므로 MAP은 F-MIPv6 절차를 수행한다.

#### IV. 수학적 해석에 의한 성능평가

고속 핸드오버의 경우에 MN는 F-Back를 수신하기 전에 갑작스런 신호의 감쇄로 인해 현재의 AR과 연결이 끊길 수 있다. 또한 MN는 기존의 링크를 통해 메시지를 교환할 수 있는 충분한 시간을 갖지 못한다.

F-HMIPv6는 계층2의 트리거에 의존하므로 MN이 기존의 링크에 연결이 되어 있는 동안에 핸드오버를 시작해서 마칠 때까지 충분한 시간을 갖지 못하는 경우가 있다. 기존의 링크가 예상치 않게 끊겼을 때 링크 브레이크(link brake) 시간으로 인해 네트워크

표 1. 사용된 파라미터

Symbol	Description
m	Latency or cost of a packet delivery between MN and AR
n	Latency or cost of a packet delivery between MAP and AR
a	Latency or cost of a packet delivery between HA and MAP
b	Latency or cost of a packet delivery between CN and MAP
X	The exact time point that the MN loses its connectivity with the PAR
$\Delta$	The addition time taken for the MN to recognize the link-break with the PAR after the link actually been broken
$\lambda$	Packet arrival rate
$D_{L2}$	Link switching delay
$D_{IP}$	IP connectivity delay, it depends on each schemes and the failure cases or successful case during fast handover procedure
$D_{DAD}$	Duplicated Address Detection Delay
$D_{MN-HA}$	One way transmission delay between MN and CN: $D_{MN-HA} = m + n + a$
$D_{MN-CN}$	One way transmission delay between MN and CN: $D_{MN-HA} = m + n + b$
$D_{HA-CN}$	One way transmission delay between HA and CN: $D_{HA-CN} = a + b$
$D_{BU}$	Binding update delay with HA and CN in Mobile IPv6: $D_{BU} = 2(D_{HA-MN} + D_{HA-CN} + D_{MN-CN})$
$D_{New}$	The time span between the moment the MN starts link switching and receives the first packet from CN: $D_{New} = D_{L2} + D_{IP} + D_{BU}$
$D_{total}$	Overall handover latency: $D_{total} = X + D_{New}$
$C_{buffer}$	Buffering Cost: total number of buffering packets at the PAR (It is also the Forwarding Cost that is the number of forwarding packets to the NAR) during the fast handover
$C_{loss}$	Loss Cost: total number of lost packets during the fast handover

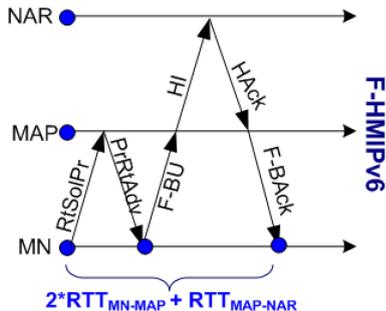


그림 6. 두 방안에 대한 핸드오버 지연

성능이 감소될 수 있다. [5]에서는 실패를 3가지의 경우로 구분하였으며, 그림 4에서는 실패하는 경우의 시간을 보여주고, 그림 5에서는 고속 핸드오버 절차

의 시간을 보여준다. 본 논문에서는 실패하는 경우에 대해서 분석을 하였으며 제안된 MF-HMIPv6와 원래의 F-HMIPv6의 프로토콜을 비교하였다.

**실패 경우 1**

이 경우에 MN이 PrRtAdv 메시지를 수신하기 전에 링크 브레이크를 인식한다. 따라서 MN이 새로운 링크에 대한 정보를 갖지 못하며 MN은 표준 MIPv6 프로토콜을 따라야 한다.

Handover Scheme	Parameters	
F-HMIPv6	$D_{total}$	$X + \Delta + D_{L2} + D_{IP} + D_{LBU}, 0X < 2m+2n, D_{LBU} = m + n$
	$C_{buffer}$	0
	$C_{loss}$	$\lambda(\Delta + D_{L2} + D_{IP} + D_{LBU})$
MF-HMIPv6	$D_{total}$	$X + \Delta + D_{L2} + D_{IP} + D_{LBU}, 0X < 2m+2n, D_{LBU} = m + n$
	$C_{buffer}$	0
	$C_{loss}$	$\lambda(\Delta + D_{L2} + D_{IP} + D_{LBU})$

이러한 경우에  $D_{IP} = D_{DAD} + D_{RD}$

**실패 경우 2**

이 경우에 MAP이 F-BU를 수신하기 전에 MN이 PAR과 링크 브레이크를 인식한다. 따라서 MN가 MAP에서 새로운 링크로 패킷 전송을 요청할 시간이 없다. 제안된 방안에서는 이러한 실패의 경우는 발생하지 않는다.

Handover Scheme	Parameters	
F-HMIPv6	$D_{total}$	$X + \Delta + D_{L2} + D_{IP} + D_{LBU}, D_{IP}=2(m+n) + D_{DAD}, D_{LBU}=m+n, 2m+2nX < 3m+3n$
	$C_{buffer}$	0
	$C_{loss}$	$\lambda(\Delta + D_{L2} + D_{IP} + D_{LBU})$

이러한 경우에  $D_{IP} = D_{RD}$

**실패 경우 3**

이 경우에 MN이 F-Back를 수신하기 전에 PAR과 링크 브레이크를 인식한다. 따라서 MAP은 NAR

로 패킷을 경로 재설정(redirect)한다. NAR은 MN이 새로운 링크로 접속되었다는 알릴 때까지 패킷을 버퍼링하며, MN은 새로운 링크에서 F-Back를 수신한다.

Handover Scheme	Parameters	
F-HMIPv6	$D_{total}$	$X + \Delta + D_{L2} + D_{IP}$ , $D_{IP}=2(m+n)$ , $3m+3nX < 4m+6n$
	$C_{buffer}$	$\lambda\{X+\Delta+ D_{L2} + D_{IP} + D_{LBU} - (3m+5n)\}$
	$C_{loss}$	$\max\{0, \lambda(3m+5n-X)\} + \lambda(m+n)$
MF-HMIPv6	$D_{total}$	$X + \Delta + D_{L2} + D_{IP}$ , $D_{IP}=2(m+n)$ , $D_{LBU} = m + n$ , $2m+2nX < 2m+4n$
	$C_{buffer}$	$\lambda\{X+\Delta+ D_{L2} + D_{IP} + D_{BU} - (m+3n)\}$
	$C_{loss}$	$\max\{0, \lambda(m+3n-X)\} + \lambda(m+n)$

성공한 경우

Handover Scheme	Parameters	
F-HMIPv6	$D_{total}$	$X + \Delta + D_{L2} + D_{IP}$ , $D_{IP}=2m$ , $3m+3nX < 4m+6n$
	$C_{buffer}$	$\lambda\{X+\Delta+ D_{L2} + D_{IP} - (3m+5n)\}$
	$C_{loss}$	0
MF-HMIPv6	$D_{total}$	$X + \Delta + D_{L2} + D_{IP}$ , $D_{IP}=2m$ , $2m+2nX < 2m+4n$
	$C_{buffer}$	$\lambda\{X+\Delta+ D_{L2} + D_{IP} - (m+3n)\}$
	$C_{loss}$	0

[5]에서는 실제 환경에서 고속 핸드오버 과정에서 MN이 기존의 링크와 연결이 끊길 확률(Ploss)은 (1)과 같다고 결정하였다. 실패한 경우에 패킷 전달 비용은 (2)와 같이 정의되며,  $\tau$ 는 가중치이다.

$$C_{packet} = \tau C_{buffer} + (1 - \tau)C_{loss} \quad (2)$$

고속 핸드오버에서 패킷 전달 비용  $C_{total}(t)$ 은 (3)과 같다. (3)에서 Ploss는 MN이 시간 t에서 이전의 링크와 연결이 끊길 확률이다.

$$C_{total}(t) = P_{loss}(t) \times C_{packet}(t) \quad (3)$$

표 2. 사용된 파라미터 값들

$\tau$	$m$	$n$	$\Delta$	$\lambda$	$D_{L2}$	$a$	$b$	$v$
0.2	6ms	2ms	20ms	2packets/ms	50ms	5ms	8ms	0.05

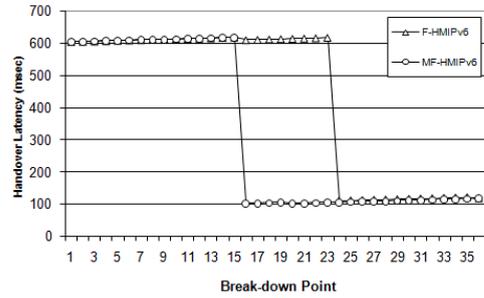


그림 7. 전체 핸드오버 지연시간

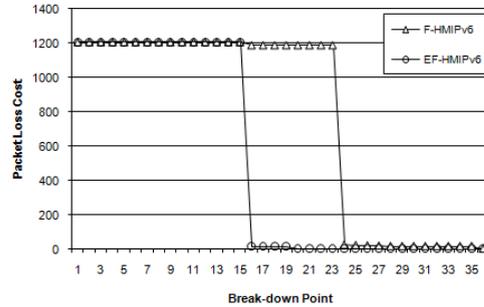


그림 8. 패킷 손실 비용

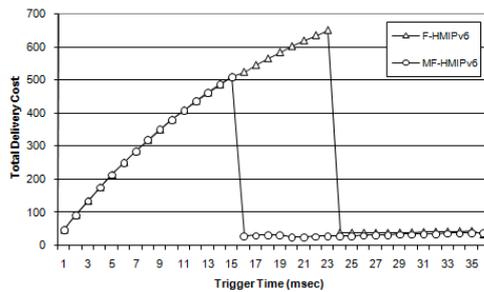


그림 9. 전체 패킷 전달 비용

위 수식 계산에 사용된 파라미터 값들은 표 2<sup>[5]</sup>와 같다.

그림 7은 그림 4에서 설명된 것과 같이 링크 브레이크 지점에 따른 핸드오버 지연을 보여준다. 만일 링크 브레이크 지점이 MN이 PrRtAdv 메시지를 받기 전이라면 F-HMIPv6와 MF-HMIPv6의 핸드오버 지연은 동일하다. 그러나 MN이 PrRtAdv 메시지를 받은 후에 링크 브레이크가 발생한다면 제안된 프로토콜의 핸드오버 지연은 크게 감소한다.

그림 8은 링크 브레이크 지점에 따른 패킷 손실 비용을 보여준다. MN이 PrRtAdv 메시지를 받은 후에 링크 브레이크가 발생한다면 제안된 프로토콜의 패킷 손실 비용은 크게 감소한다.

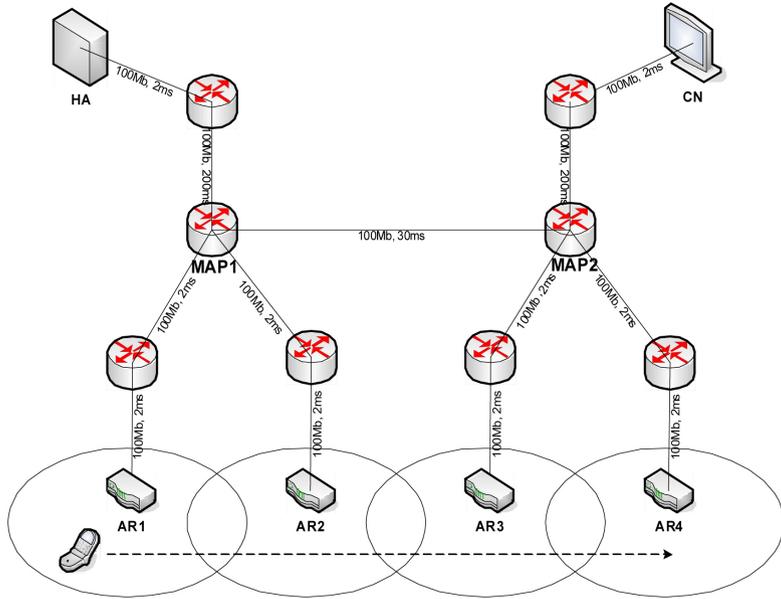


그림 10. 시뮬레이션 네트워크 토폴로지

그림 9는 트리거 시간에 따른 전체 패킷 전달 비용을 보여준다. 링크 브레이크가 MN이 PrRtAdv 메시지를 받은 후에 발생하면 패킷 전달 비용이 크게 감소하며, 제안된 프로토콜의 성능이 크게 향상된다. 또한 predictive mode에서 MN이 고속 핸드오버를 성공적으로 수행할 수 있는 확률이 크게 높아진다.

### V. 시뮬레이션 결과

본 논문에서는 F-HMIPv6와 MF-HMIPv6의 성능을 평가하기 위해 그림 10과 같은 토폴로지를 구성하였으며, NS-2를 사용하였다. 무선은 802.11 WLAN을 가정하였으며, 유선은 100Mbps 양방향 링크를 가정하였다. 실제의 트래픽을 시뮬레이션 하기 위해 CN에서 매 20ms마다 512byte의 고정길이를 갖는 패킷을 발생시키는 CBR 트래픽을 발생하는 것으로 가정하였으며 UDP 프로토콜을 사용하였다. MN는 CN으로 발생하는 패킷을 수신한다. 무선구간은 2Mbps의 대역폭을 가지며 다른 링크 지연을 갖는다. 시뮬레이션을 단순화하기 위해 MN가 그림 10의 토폴로지내에서 이동한다고 가정하였다.

그림 11과 그림 12에서는 고정된 무선 대역폭(2Mbps)에서 링크 지연시간을 변화했을 때 F-HMIPv6와 MF-HMIPv6의 핸드오버 지연시간을 보여준다. 그림 11은 MN가 동일한 MAP(AR1에서 AR2)내에서 이동했을 때 지연시간을 보여주며, 그림 12는

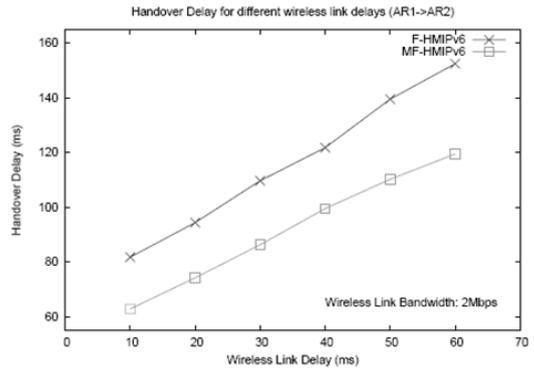


그림 11. 동일한 MAP내에서의 핸드오버 지연(AR1 → AR2)

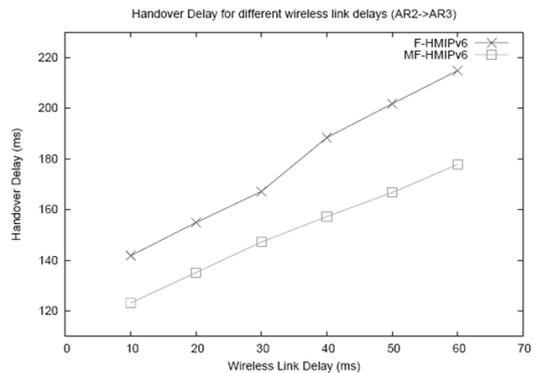


그림 12. MAP 사이를 이동할 때 핸드오버 지연 (AR2 → AR3)

다른 MAP사이(A2에서 A3)를 이동할 때의 핸드 오버 지연시간을 보여 준다

그래프에서 볼 수 있듯이 본 논문에서 제안된 방법은 각 경우에 대해서 20ms 이상 지연시간을 감소함을 알 수 있으며, 무선 링크 지연이 증가함에 따라 핸드 오버 지연시간도 함께 증가하는 것을 알 수 있다.

## VI. 결 론

본 논문에서는 계층구조를 갖는 MIPv6 망에서 고속의 핸드오버를 개선하는 제안을 하였다. 제안된 알고리즘에서는 기존의 RtSolPr 메시지와 PrRtAdv 포맷에서 플래그를 정의하고 확장을 하였으며, 새로운 메시지를 정의할 필요가 없다. 제안된 프로토콜은 기존의 프로토콜과 호환성을 가지며, 성능평가와 시뮬레이션을 통해 핸드오버 지연시간이 크게 향상되었음을 알 수 있었다. 또한 고속의 핸드오버 과정에서 기존의 링크와 접속이 끊길 수 있는 확률이 감소하므로 predictive 모드에서 고속 핸드오버가 수행될 수 있는 확률이 높아짐으로써 고속으로 이동하는 단말을 지원함을 알 수 있었다.

## 참 고 문 헌

- [1] D. Johnson, C. Perkin, J. Arkko, "Mobility Support in IPv6," *IETF*, RFC 3775, June 2004.
- [2] HeeYoung, Koh SeokJoo, "Fast Handover Support in Hierarchical Mobile IPv6," The 6th International Conference on *Advanced Communication Technology*, Vol.2, pp.551 - 554, 2004.
- [3] R. Koodli, "Fast Handovers for MobileIPv6," *IETF*, RFC 4068, July 2005.
- [4] H. Soliman, C. Castelluccia, K. El Malki, L. Bellier, "Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management," *IETF*, RFC 4140, August 2005.
- [5] Dong SU, Sang-Jo YOO, "Fast Handover Failure-Case Analysis in Hierarchical Mobile IPv6 Networks," *IECE TRANS. COMMUN.*, 2005.
- [6] El K. Malki, H. Soliman, Simultaneous Bindings for Mobile IPv6 Fast Handovers. *IETF*, draft-elmalki-mobileip-bicasting-v6-06-txt, July 2005.
- [7] Georgios A. Leoleis, George N. Prezerakos andIakovos S. Venieris, Seamless Multicast Mobility Support Using Fast MIPv6 Extensions, *Computer Communications*, Volume 29, Issue 18, 28 November 2006, Pages 3745-3765.

변 반 한 (Nguyen Van Hanh)

정회원



1993년 2월 베트남 국립대학교  
정보과학과 졸업  
2002년 2월 베트남 국립대학교  
정보기술 공학과 석사  
1994년 2월~2006년 2월 베트남  
과학기술부 정보통신 기술센  
터 연구원

2006년 3월~현재 국립공주대학  
교 정보통신공학과 박사과정

<관심 분야> IP기반 이동성 관리, 모바일 컴퓨팅, 이동 통신, 네트워크 관리

노 승 환 (Soonghwan Ro)

정회원



1987년 8월 고려대학교 전자공학  
과 공학사  
1989년 8월 고려대학교 전자공학  
과 공학석사  
1993년 2월 고려대학교 전자공학  
과 공학박사  
1997년 한국전자통신연구원 초빙  
연구원

2003년 영국버밍엄 대학교 초빙연구원

1994~현재 국립 공주대학교 정보통신공학부 교수

<관심분야> 이동통신, pervasive 컴퓨팅, 임베디드 시스템

홍 익 표 (Ik-Pyo Hong)

정회원



1994년 2월 연세대학교 전자공학  
과 공학사  
1996년 2월 연세대학교 전자공학  
과 공학석사  
2000년 2월 연세대학교 전기컴퓨  
터공학과 공학박사  
2000년 3월~2003년 2월 삼성전  
자 정보통신총괄 책임연구원

2006년 2월~2007년 2월 Texas A&M University,  
Visiting Scholar

2003년 3월~현재 공주대학교 정보통신공학부 조교수

<관심분야> 스펙트럼 관리, 이동통신, 전자기 수치해석

유 정 관 (JungKwan Ryu)

준회원



2006년 2월 국립 공주대학교 정  
보통신 공학과 졸업  
2006년 9월~현재 국립 공주대학  
교 석사 과정  
<관심분야> Mobile IP 네트워크,  
임베디드 시스템