

# 매체 무관 핸드오버 기능을 이용한 HMIPv6 기반 고속 수직적 핸드오버 메커니즘

정회원 김 평 수\*, 준회원 이 상 규\*

## HMIPv6 based Fast Vertical Handover Mechanism using Media Independent Handover Function

Pyung-Soo Kim\* *Regular Member*, Sang-Kyu Lee\* *Associate Member*

### 요 약

본 논문에서는 이중의 무선 네트워크 환경에서 기존의 HMIPv6 기반 고속 수직적 핸드오버(Fast Vertical Handover HMIPv6, FV-HMIP) 메커니즘을 최적화하고 개선시키기 위해, IEEE 802.21 매체 무관 핸드오버 기능(Media Independent Handover Function, MIHF)을 기반으로 하는 새로운 메커니즘을 제안하며 “MFV-HMIP”이라 부른다. 제안된 메커니즘에서는 이웃하는 이중 네트워크의 이동성 앵커 포인트(Mobility Anchor Point, MAP)들에 대한 도메인 프리픽스를 제공하기 위해서 새로운 L3 정보를 포함하는 확장된 매체 무관 정보 서비스(Media Independent Information Service, MIIS)를 정의한다. 이를 통해 기존 FV-HMIP 메커니즘에서 필요하였던 이웃하는 이중 네트워크의 MAP 발견(MAP Discovery) 과정을 생략할 수 있다. 따라서, 제안된 MFV-HMIP 메커니즘은 핸드오버 준비 과정 중에 무선 구간에서의 시그널링 트래픽을 줄일 수 있고 Predictive Mode 동작 가능성을 높일 수 있기 때문에, 무선 자원 효율성, 핸드오버 지연, 패킷 손실 측면에서 기존 FV-HMIP 메커니즘에 비해 우수할 수 있다. 해석적 성능 평가 및 모의 실험을 통하여 제안된 MFV-HMIP 메커니즘의 우수성을 검증한다.

**Key Words** : HMIPv6, FMIPv6, Vertical Handover, IEEE 802.21 MIHF

### ABSTRACT

This paper proposes a new fast vertical handover mechanism to optimize and enhance the existing fast vertical handover HMIPv6(FV-HMIP) mechanism in heterogeneous wireless access networks. The proposed mechanism adopts the IEEE 802.21 Media Independent Handover Function(MIHF), and thus is called the “MFV-HMIP”. The Media Independent Handover Service (MIIS) in the IEEE 802.21 MIHF is extended by including new L3 information to provide domain prefixes of heterogeneous neighbouring mobility anchor points(MAPs). This can eliminate the heterogeneous neighbouring MAP discovery phase in the existing FV-HMIP. Thus, the proposed MFV-HMIP can reduce the signalling traffic over wireless link and increase the possibility of predictive mode operation. Therefore, the proposed MFV-HMIP mechanism can be superior to the existing FV-HMIP mechanism for wireless resource efficiency, handover latency, and packet loss. Through analytic performance evaluations and computer simulations, the proposed mechanism can be shown to optimize and enhance the existing mechanism.

\* 한국산업기술대학교 전자공학과 시스템소프트웨어솔루션 연구실(pskim@kpu.ac.kr)

논문번호 : KICS2007-09-436, 접수일자 : 2007년 9월 28일, 최종논문접수일자 : 2008년 11월 24일

## I. 서 론

무선 통신 기술의 발전과 무선 네트워크 서비스에 대한 수요가 다변화 되면서 최근 이동 컴퓨터들은 이종의 네트워크 인터페이스를 하나 혹은 그 이상을 탑재하고 이종 네트워크를 자유롭게 이동하면서 서비스를 받고자 하는 요구가 증대되고 있다<sup>[1]-[5]</sup>. 본 논문에서는 이러한 이종 무선 액세스 네트워크 환경에서 고속의 수직적 핸드오버를 위한 IP 이동성에 대해서 다루고자 한다.

최근 이종 무선 액세스 네트워크 환경에서 IP 이동성을 제공하기 위해서 Hierarchical MIPv6(HMIPv6)<sup>[6]</sup> 기반의 수직적 핸드오버(Vertical Handover HMIPv6, V-HMIP) 메커니즘이 제안되었고, 핸드오버 지연을 줄이기 위해서 V-HMIP에 Fast Handover MIPv6(FMIPv6)<sup>[7][8]</sup>을 적용하여 고속 수직적 핸드오버(Fast V-HMIP, FV-HMIP) 메커니즘이 제안되었다<sup>[9]</sup>. 하지만, 기존 FV-HMIP 메커니즘에서는 MN이 핸드오버 이전, 즉 핸드오버 준비(Preparation) 과정 동안에 MAP 발견(MAP Discovery) 시그널링 메시지 교환이 포함되어 그 만큼 지연이 생겨나고 이로 인해 Reactive Mode에서의 동작 가능성이 높아질 수 있었다. 또한, MAP 발견 과정에서 현재 연결되어 있는 MAP이 MN의 요청 메시지에 대한 응답 메시지를 생성하는데 필요한 정보를 어떻게 얻는지를 구체적으로 다루지 않았다.

따라서, 본 논문에서는 이종 무선 액세스 네트워크 환경에서 기존의 FV-HMIP<sup>[9]</sup> 메커니즘을 최적화하고 개선시키기 위해 최근 IEEE 802.21에서 제안된 매체 무관 핸드오버 기능(Media Independent Handover Function, MIHF)<sup>[3]-[5]</sup> 기반의 새로운 고속 수직적 핸드오버 메커니즘을 제안한다. 제안된 MIHF 기반의 FV-HMIP를 “MFV-MHIP”이라 부르고자 한다. 제안된 메커니즘에서는 이웃하는 이종 네트워크에 존재하는 이동성 앵커 포인트(Mobility Anchor Point, MAP)들의 도메인 프리픽스를 제공하기 위해서 새로운 L3 정보를 포함하는 확장된 매체 무관 정보 서비스(Media Independent Information Service, MIIS)를 정의한다. 이를 통해, 기존 FV-HMIP 메커니즘에서 이웃하는 이종 네트워크 내에 존재하는 MAP을 발견하기 위해 핸드오버 준비 과정 동안 MN과 MAP 사이에 필요하였던 MAP 발견 시그널링 메시지 생성 및 교환이 제안된 MFV-HMIP 메커니즘에서는 필요하지 않게 된다. 따라서, 무선 구간에서의 시그널링 트래픽을 줄

여주는 것은 물론 MN의 핸드오버 준비 시간을 줄여주게 된다. 이를 통해서, 제안된 MFV-HMIP 메커니즘에서는 L2 연결이 끊어지기 전에 L3 핸드오버 준비를 완료할 수 있는 Predictive Mode에서 동작 가능성이 높아지게 된다. 따라서, 실제적인 L3 핸드오버 지연이 줄게 되고, L2 핸드오버 시간 동안 MN으로 향하는 패킷에 대해 새로운 이종 네트워크의 MAP이 버퍼링을 수행하기 때문에 패킷 손실을 피할 수 있다. 반면, 기존 FV-HMIP 메커니즘에서는 핸드오버 준비 과정 중에 MAP 발견 과정이 포함되어 그 만큼 지연으로 인해 L2 연결이 끊어지기 전에 L3 핸드오버 준비를 완료할 수 없게 되어 Reactive Mode에서의 동작 가능성이 높아질 수 있다. 따라서, 실제적인 L3 핸드오버 지연이 증가하게 되고 L2 핸드오버 시간 동안 MAP이 버퍼링을 못하기 때문에 패킷 손실을 피할 수 없게 된다. 결국, 제안된 MFV-HMIP 메커니즘이 기존의 FV-HMIP 메커니즘에 비해 무선 구간의 자원 효율성, 핸드오버 지연 시간, 핸드오버 지연으로 인한 패킷 손실 측면에서 우수할 수 있음을 알 수 있다.

제안된 MFV-HMIP 메커니즘에 대한 검증과 기존 FV-HMIP 메커니즘과의 비교를 위해 핸드오버 준비 시간과 핸드오버 지연 시간에 대한 해석적 성능 평가를 수행한다. 또한, 컴퓨터 모의 실험을 통해 두 메커니즘 간의 Predictive Mode 동작 가능성을 비교 분석한다. 이와 같은 성능 분석을 통해 제안된 MFV-HMIP 메커니즘이 기존 FV-HMIP 메커니즘의 핸드오버 성능을 최적화하고 개선함을 보여준다.

## II. MFV-HMIP 메커니즘 제안

본 절에서는 이종 무선 액세스 네트워크 환경에서 기존의 FV-HMIP<sup>[9]</sup>를 최적화하고 개선시키기 위해 IEEE 802.21 MIHF<sup>[3]-[5]</sup> 기반의 새로운 고속 수직적 핸드오버 메커니즘을 제안하며 MFV-HMIP이라 부른다.

### 2.1 MIIS를 위한 새로운 정보 요소 정의

본 논문에서는 MIHF가 제공하는 세 가지 서비스인 매체 무관 이벤트 서비스(Media Independent Event Service, MIES), 매체 무관 명령 서비스(Media Independent Command Service, MICS), 매체 무관 정보 서비스(Media Independent Information Service, MIIS) 중에서 MIIS를 고려한다. MIIS는 어

편 지리적인 영역내의 동종 혹은 이종 네트워크에 대한 정보로서 MN의 MIHF뿐 아니라 네트워크의 MIHF도 MIIS를 발견하고 획득 할 수 있다. 또한, MIIS는 여러 가지 다양한 정보 요소들(Information Elements, IEs)들을 포함하며 이들 정보 요소들은 지능적인 핸드오버 결정을 내리기 위해 필요한 요소들이다.

본 논문에서는 이웃하는 이종 네트워크에 존재하는 MAP들의 L3 정보가 기존 MIIS에 새롭게 포함된다. 채널 범위, MAC 주소, 데이터 전송률 등과 같은 L2 정보와 같은 기존 IE외에 MN이 도메인 임시주소를 생성할 수 있도록 이웃하는 이종 네트워크 MAP들의 도메인 프리픽스를 제공하기 위해 "Domain Prefix"라 불리는 L3 정보를 갖는 새로운 IE를 정의한다. MIIS 표준 규격에 따라, MN은 IS 서버에 IE를 요청함으로써 도메인 프리픽스를 포함하는 이 정보를 얻을 수 있다. 이웃하는 이종 네트워크 MAP 정보는 미리 정의되는 수직적 핸드오버 정보(Vertical Handover Information, VHI)를 이용하여 MN에게 전달될 수 있다. 정적인 L2 정보는 물론 L3 정보를 갖는 IE를 포함하는 VHI는 IS서버에서 생성되고 저장된다. IS서버에 의해 관리되는 VHI는 상응하는 도메인 프리픽스에 대한 L2 식별자 해석을 위해서 MAP들에 의해 관리되는 매핑 테이블과 유사할 것이다. 따라서, MAP은 이웃하는 이종 네트워크 MAP들과 정보 매핑 테이블을 교환할 필요가 없게 된다.

### 2.2 MAP 발견 과정 생략을 통한 Predictive Mode 동작 가능성 증가

수직적 핸드오버 정보인 VHI는 L2 트리거가 발생하기 이전의 적절한 시간에 MIIS 표준 규격 메시지를 통해서 MN에게 전달된다. 또한, MN은 향후 또 다른 이종 네트워크로의 핸드오버 발생 시 계속 사용할 수 있도록 획득한 VHI를 저장하고 유지한다고 가정한다. 따라서, MN은 핸드오버가 발생하기 이전에 이미 획득한 이웃하는 이종 네트워크 MAP들의 L3 정보를 이용하여 새로운 MAP(new MAP, nMAP)의 도메인 프리픽스를 알 수 있고, 이를 기반으로 핸드오버 준비 과정 중에 새로운 도메인 임시주소인 Regional CoA(New Regional CoA, NRCoA)와 서브넷 임시주소인 On-link CoA(New On-link CoA, NLCoA)를 생성한다. 이와 같이, 기존 FV-HMIP에서 이웃하는 이종 네트워크 MAP을 발견하기 위해 핸드오버 준비 과정 동안 MN과 MAP간에 필요하였던 MAP

정보 요청 및 응답 메시지에 대한 생성과 교환이 제안된 MFV-HMIP 메커니즘에서는 필요치 않게 된다. 다시 말해서, 핸드오버 준비를 위해서 필요하였던 MAP 발견(MAP Discovery) 관련 시그널링 메시지 생성 및 교환이 생략됨에 따라, 무선 구간에서의 시그널링 트래픽을 줄여주는 것은 물론 MN의 핸드오버 준비 시간을 줄여주게 된다. 이를 통해서, 제안된 MFV-HMIP 메커니즘에서는 L2 연결이 끊어지기 전에 L3 핸드오버 준비를 완료할 수 있는 Predictive Mode에서 동작 가능성이 높아지게 된다. 따라서, 실제적인 L3 핸드오버 지연이 줄게 되고, L2 핸드오버 시간 동안 MN으로 향하는 패킷에 대해 새로운 이종 네트워크의 MAP이 버퍼링을 수행하기 때문에 패킷 손실을 피할 수 있다. 반면, 기존 FV-HMIP 메커니즘에서는 핸드오버 준비 과정 중에 MAP 발견 과정이 포함되어 그 만큼 지연으로 인해 L2 연결이 끊어지기 전에 L3 핸드오버 준비를 완료할 수 없게 되어 Reactive Mode에서의 동작 가능성이 높아질 수 있다. 따라서, L2 핸드오버가 완료된 이후 L3 핸드오버 준비를 수행해야 하므로 실제적인 L3 핸드오버 지연이 증가하게 되고, 또한 L2 핸드오버 시간 동안 MN으로 향하는 패킷에 대해 새로운 이종 네트워크의 MAP이 버퍼링을 못하기 때문에 패킷 손실을 피할 수 없게 된다. 결국, 제안된 MFV-HMIP 메커니즘이 기존의 FV-HMIP 메커니즘에 비해 무선 구간의 자원 효율성, 핸드오버 지연 시간, 핸드오버 지연으로 인한 패킷 손실 측면에서 우수할 수 있다. 이에 대한 검증은 3절에서 해석적 성능 평가와 모의 실험을 통해서 확인한다.

### 2.3 제안된 메커니즘의 상세 동작

본 논문에서는 제안된 방식의 동작 과정을 설명하기 위해서 그림 1과 같은 이종 무선 액세스 네트

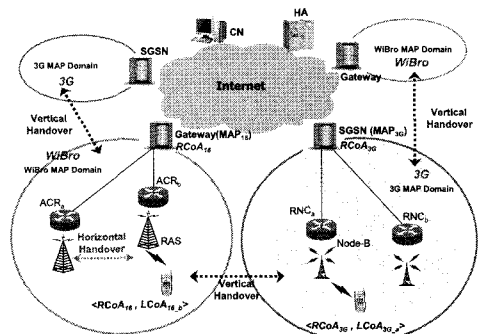


그림 1. 이종의 무선 액세스 네트워크 환경에서 수직적 핸드오버 개념도

워크 환경에서 MN이 WiBro(IEEE 802.16e) 네트워크에서 3G 네트워크로 이동하면서 수직적 핸드오버가 발생한다고 가정한다. 따라서, MN에게 있어서 현재 접속하고 있는 WiBro 네트워크의 MAP<sub>16</sub>은 기존 MAP(Old MAP, oMAP)이 되고, 이동해서 새롭게 접속할 3G 네트워크의 MAP<sub>3G</sub>은 새로운 MAP(New MAP, nMAP)이 된다.

먼저, 3G 네트워크의 nMAP에 관한 VHI를 얻기 위해서 MN은 IS 서버에게 “MIH\_Get\_Information Req” 메시지를 전송한다. IS 서버는 WiBro 네트워크의 oMAP에 존재하거나 혹은 별도의 MIIS 서버에 존재할 수 있다. 본 논문에서는 표준문서<sup>[3]</sup>에 정의된 일반적인 경우처럼 별도의 MIIS 서버에 존재한다고 가정한다. 따라서, MIIS 서버는 3G 네트워크의 nMAP에 대한 VHI를 포함하는 “MIH\_Get\_Information Res” 메시지를 MN에게 전송한다. 기존 FV-HMIP 메커니즘에서는 MAP 발견 과정이 새로운 이종 네트워크로부터의 L2 트리거가 발생된 후 핸드오버 준비 과정 중에 수행되지만 제안된 MFV-HMIP 메커니즘에서의 “MIH\_Get\_Information” 요청 및 응답 메시지 교환은 L2 트리거 발생 이전인 핸드오버 준비 과정 이전의 적절한 시간에 수행된다.

MN이 이동하면서 WiBro 네트워크와의 연결 신호가 약해지고 3G 네트워크와의 연결 신호가 강해지면, MN의 MIHF는 L2 계층으로부터 L2 트리거를 포함하는 MIES 이벤트를 수신하게 되고 이를 통해 새로운 이종 네트워크로의 핸드오버가 임박했음을 인식하게 된다. MN의 MIHF는 “MIH\_Link\_Going Down Indication”라는 이벤트 통보 메시지를 만들어 L3 계층에 전달한다. 이벤트 통보 메시지를 수신한 MN의 L3 계층은 3G 네트워크로의 L3 핸드오버를 결정하고 핸드오버 준비를 시작한다. MN은 이미 핸드오버 이전에 “MIH\_Get\_Information” 메시지 요청 및 응답을 통해 3G 네트워크의 nMAP에 대한 관련 정보를 이미 알고 있기 때문에 핸드오버 준비 과정을 줄일 수 있다. 이미 언급했듯이, 기존의 FV-HMIP에서는 nMAP 발견을 핸드오버 준비 과정 중에 수행했었다. 따라서, MN은 핸드오버 준비 과정 중에 nMAP 발견 없이 즉시 이미 알고 있던 도메인 프리픽스 “Domain Prefix”를 이용하여 새로운 도메인 임시주소 NRCoA를 생성한다. 아울러, nMAP 도메인 내부의 액세스 라우터인 RNC<sub>a</sub>가 관리하는 서브넷에서 사용할 새로운 서브넷 임시주소 NLCoA를 생성한다. NRCoA와 NLCoA는 그림 1과 같이

각각 RCoA<sub>3G</sub>와 LCoA<sub>3G,a</sub>로 표현된다. 임시 주소 생성 후, MN은 현재 접속한 WiBro 네트워크 내에서 서브넷 액세스 라우터인 AR<sub>b</sub>를 통해 oMAP에게 NRCoA와 NLCoA를 포함하는 Fast Binding Update(FBU) 메시지를 보낸다. FBU를 수신한 후, NRCoA와 NLCoA가 3G 네트워크의 nMAP에서 수용가능 여부를 결정하기 위해서 WiBro 네트워크의 oMAP은 Handover Initiation(HI) 메시지를 3G 네트워크의 nMAP에게 보낸다. nMAP은 HI 메시지 내의 NRCoA와 NLCoA가 사용하는데 유효 여부를 결정한 후 Handover Ack(HAck) 메시지를 통해 oMAP에게 응답한다. 이때, oMAP과 nMAP 사이에는 양방향 터널이 생성된다. 그 다음, oMAP은 MN에게 Fast Binding Ack(FBACk) 메시지를 보낸다. MN이 oMAP 도메인 내에서 FBACk 메시지를 수신하게 되면 L3 핸드오버 준비가 완료된다. MN의 MIHF는 “MIH\_Link\_Down Indication”이라는 이벤트 통보 메시지를 만들어 L2 계층에 전달하고 WiBro 네트워크와 L2 연결이 끊어지게 된다. L2 핸드오버 과정을 포함해 새로운 이종 네트워크에 L3 접속이 이루어질 때까지 WiBro 네트워크의 oMAP은 기존 도메인 임시주소인 ORCoA(Old RCoA) 및 서브넷 임시주소인 OLCoA(Old LCoA)로 향하는 MN의 패킷을 가로채어 양방향 터널을 통해 NRCoA 및 NLCoA로 전달되고, 3G 네트워크의 nMAP이 전달된 패킷을 수신하여 버퍼링한다. ORCoA와 OLCoA는 그림 1과 같이 각각 RCoA<sub>16</sub>와 LCoA<sub>16,b</sub>로 표현된다. L2 핸드오버가 완료된 후, MN은 새로운 이종 네트워크인 3G 네트워크와 접속을 하게 되고, MN의 MIHF는 nMAP과의 L2 접속이 이루어졌음을 알리기 위해 “MIH\_Link\_Up Indication”이라는 이벤트 통보 메시지

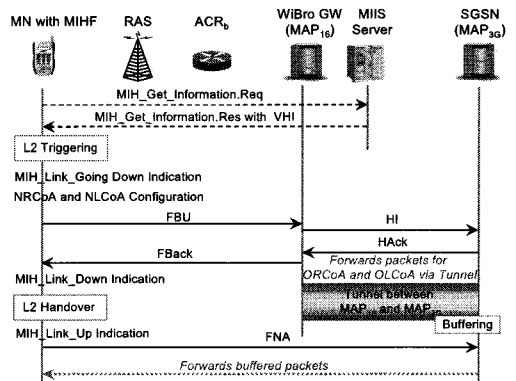


그림 2. MFV-HMIP 동작 과정 (WiBro → 3G, Predictive Mode)

를 만들어 L3에게 전달한다. MN은 즉시 Fast Neighbor Advertisement(FNA) 메시지를 nMAP에게 보내어 L3 접속 역시 이루어졌음을 알리면, nMAP은 그 동안 버퍼링했던 패킷을 MN에게 전달한다. 이로써, 제안된 MFV-HMIP 기반의 고속 L3 핸드오버 과정이 완료된다. 그림 2는 제안된 MFV-HMIP 메커니즘이 Predictive Mode로 동작하는 과정을 나타낸다.

### III. 성능 분석

#### 3.1 해석적 성능 평가

제안된 MFV-HMIP 메커니즘에 대한 검증과 기존 FV-HMIP 메커니즘과의 비교를 위해 핸드오버 준비 시간과 핸드오버 지연에 대한 해석적 성능 평가를 수행한다. 또한, 컴퓨터 모의 실험을 통해 두 메커니즘 간의 Predictive Mode 동작 가능성을 비교 분석한다.

##### 3.1.1 매개 변수 정의

- $T_{L2HL}$ : 이중 네트워크간 L2 핸드오버 지연 시간.
- $T_{MAP\ Discovery}$ : MN과 nMAP 사이의 MAP 발견 메시지 교환 시간. (양방향)
- $T_{FBU-FBack-MN-nMAP}$ : MN과 nMAP사이의 FBU 및 FBack 메시지 교환 시간. (양방향)
- $T_{FBU-FBack-oMAP-nMAP}$ : oMAP과 nMAP사이의 FBU 및 FBack 메시지 교환 시간. (양방향)
- $T_{HI-HAck}$ : oMAP과 nMAP사이의 HI 및 HAck 메시지 교환 시간. (양방향)
- $T_{FNA}$ : MN에서 nMAP으로의 FNA 메시지 전송 시간. (단방향)
- $T_{FNA(FBU)}$ : MN에서 nMAP으로의 FBU를 포함하여 전송한 FNA 메시지 전송 시간. (단방향)
- $T_{L2D}$ : L2 단절 시간. 새로운 이중 네트워크에 대한 L2 트리거 발생 시점으로부터 기존 네트워크의 L2 연결이 끊어지는 시점까지의 시간. 이 시간은 L2 트리거 발생을 위한 문턱값 설정, MN의 이동 속도, 무선 특성 등에 따라 변화하기 때문에 사실상 예측이 상당히 어려움.
- $T_{HP}$ : L3 핸드오버 준비 시간 (L3 Handover Preparation Time).
- $T_{HL}$ : L3 핸드오버 지연 시간 (L3 Handover Latency Time).

##### 3.1.2 핸드오버 준비 시간 및 지연 시간

L3 핸드오버 준비 시간은 새로운 이중 네트워크에 대한 L2 트리거 발생 시점으로부터 MN이 oMAP으로부터 FBack 메시지를 수신하는 시점까지의 시간이다. 기존 FV-HMIP 메커니즘과 제안된 MFV-HMIP 메커니즘의 L3 핸드오버 지연 시간은 다음과 같이 계산된다.

- 기존 FV-HMIP 메커니즘:

$$T_{HP-FV} = T_{MAP\ Discovery} + T_{FBU-FBack-MN-nMAP} + T_{HI-HAck} \quad (1)$$

- 제안된 MFV-HMIP 메커니즘:

$$T_{HP-MFV} = T_{FBU-FBack-MN-nMAP} + T_{HI-HAck} \quad (2)$$

L3 핸드오버 지연 시간은 MN이 기존의 네트워크에서 패킷 수신이 중단되는 시점으로부터 새로운 이중 네트워크로 이동하여 첫 번째 패킷을 수신 받는 시점까지의 시간으로, L2 핸드오버 지연 시간과 새로운 이중 네트워크 L2와의 연결 이후 nMAP으로부터 버퍼링 되었던 첫 번째 패킷을 수신하는 시점까지의 합으로 계산된다. 다만, Predictive Mode로 동작되었으나 혹은 Reactive Mode로 동작되었으나에 따라 달라지게 된다. 기존 FV-HMIP 메커니즘과 제안된 MFV-HMIP 메커니즘의 L3 핸드오버 지연 시간은 다음과 같이 계산된다.

- Predictive Mode:

$$T_{HP-MFV} = T_{HP-FV} = T_{L2HL} + T_{FNA} \quad (3)$$

- Reactive Mode:

$$T_{HP-MFV} = T_{HP-FV} = T_{L2HL} + T_{FNA(FBU)} + T_{FBU-FBack-oMAP-nMAP} \quad (4)$$

식 (3)과 (4)에서 알 수 있듯이, 기존 메커니즘 및 제안된 메커니즘의 L3 핸드오버 지연 시간은 Predictive Mode 및 Reactive Mode 각각에 대해서 동일한 결과를 보임을 알 수 있다. 물론, Reactive Mode 동작에 비해서 Predictive Mode 동작에서 L3 핸드오버 지연이 더 적음을 알 수 있다. 하지만, 여기서 주목할 점은 핸드오버 준비 시간에 대한 결과 (1) 및 (2)라고 할 수 있다. 기존 FV-HMIP 메커니즘 및 제안된 MFV-HMIP 메커니즘 모두는 핸드오버 준비 과정 동안 갑작스런 링크 품질 저하 혹은

다른 원인으로 인해 MN과 oMAP과의 연결이 예고 없이 끊어질 수 있다. 이 경우, 두 메커니즘들은 핸드오버 준비를 완료하지 못했기 때문에 Predictive Mode 동작이 아닌 Reactive Mode 동작이 수행된다. 하지만, 식 (1)과 (2)에서 알 수 있듯이, 제안된 MFV-HMIP 메커니즘에서는 L3 핸드오버 준비 과정 중에 새로운 이중 네트워크에 대한 nMAP 발견 과정이 생략됨으로써 MN의 핸드오버 준비 시간을 줄어든다. 이를 통해, L2 연결이 끊어지기 전에 L3 핸드오버 준비를 완료할 수 있는 Predictive Mode에서 동작 가능성이 기존 FV-HMIP 메커니즘에 비해 높아질 수 있다. 따라서, 실제적인 L3 핸드오버 지연이 줄게 되고, L2 핸드오버 시간 동안 MN으로 향하는 패킷에 대해 nMAP이 버퍼링을 수행하기 때문에 패킷 손실을 피할 수 있다. 또한, 제안된 MFV-HMIP 메커니즘에서는 핸드오버 준비를 위해서 필요하였던 nMAP 발견 관련 시그널링 메시지 생성 및 교환이 생략됨에 따라, 핸드오버 과정 중에 무선 구간에서의 시그널링 트래픽을 줄여준다.

### 3.2 컴퓨터 모의 실험

본 모의 실험에서는 제안된 MFV-HMIP 메커니즘이 기존의 FV-HMIP 메커니즘에 비해 Predictive Mode에서의 동작 가능성이 높음을 확인하고자 한다. 이미 언급한대로, L2 단절 시간  $T_{L2D}$ 는 L2 트리거 발생을 위한 문턱값 설정, MN의 이동 속도, 무선 특성 등에 따라 변화하는 값으로 사실상 예측이 상당히 어려운 값이다. 따라서, 표 1에서와 같이 다소 큰 범위 내에서 랜덤하게 변화하는 것으로 설정한다. 기존 FV-HMIP 메커니즘에서 핸드오버 준비 시간  $T_{HP-FVH}$ 은 Predictive Mode와 Reactive Mode 동작이 적절하게 발생할 수 있도록 랜덤하게 변화하는 것으로 설정한다. 제안된 MFV-HMIP 메커니즘에서 핸드오버 준비 시간  $T_{HP-MFVH}$ 은 기존 FV-HMIP의 설정값을 기준으로 새로운 이중네트워크의 nMAP 발견 과정이 생략되는 것을 고려하여 랜덤하게 변화하는 것으로 설정한다. 이 때, nMAP 발견 과정을 위한 시간을 다양하게 반영하기 위해서 세 가지 경우의 핸드오버 준비 시간을 고려한다.

모의 실험은 30회 반복되며, 각 모의 실험마다 50회의 핸드오버를 발생 시켜 Predictive Mode로 동작하는 횟수의 평균값을 그림 3에 나타내었다. 제안된 MFV-HMIP 메커니즘의 세 가지 모든 경우가 기존의 FV-HMIP 메커니즘 보다 Predictive Mode에서 동작 가능성이 높음을 보여주고 있다. 또한,

새로운 이중 네트워크의 nMAP 발견 과정에 필요한 시간이 큰 경우 제안된 메커니즘의 Predictive Mode 동작 가능성은 기존 메커니즘에 비해 더욱 커짐을 알 수 있다.

표 1. 모의 실험을 위한 설정 값

매개변수	설정값(랜덤)	
$T_{L2D}$	50msec~100msec	
$T_{HP-FV}$	70msec~90msec	
$T_{HP-MFV}$	Case1	60msec~80msec
	Case2	50msec~70msec
	Case3	40msec~60msec

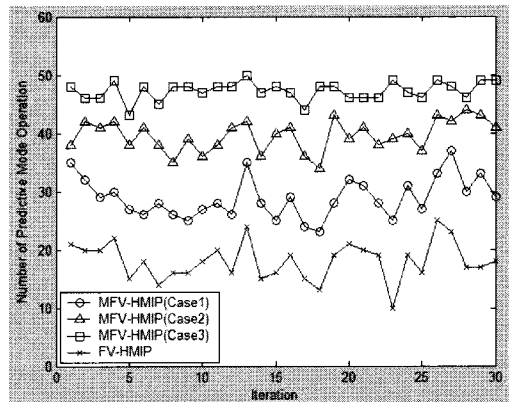


그림 3. 모의 실험 결과

## IV. 결 론

이중의 무선 액세스 네트워크 환경에서 IEEE 802.21 MIHF를 이용하여 새로운 HMIPv6 기반 고속 수직적 핸드오버 메커니즘 MFV-HMIP를 제안하였다. 이웃하는 이중 네트워크의 MAP들에 대한 도메인 프리픽스를 제공하기 위해 새로운 L3 정보를 포함하는 확장된 MIIS를 정의하였고 이를 통해 이웃하는 이중 네트워크 MAP 발견(MAP Discovery) 과정을 생략할 수 있다. 따라서, 제안된 MFV-FMIPv6 메커니즘은 핸드오버 준비 과정 중에 무선 구간에서의 시그널링 트래픽을 줄일 수 있고 Predictive Mode 동작 가능성을 높일 수 있기 때문에, 무선 자원 효율성, 핸드오버 지연, 패킷 손실 측면에서 기존 FV-HMIP 메커니즘에 비해 우수할 수 있다. 마지막으로, 핸드오버 준비 시간과 핸드오버 지연에 대한 해석적 성능 평가 및 Predictive Mode 동작 가능성에 대한 모의 실험을 통해서, 제안된 MFV-HMIP 메커니즘이 기존 FV-HMIP 메커니즘의 핸드오버 성능을 최적화하고 개선함을 보였다.

참고 문헌

- [1] A. Singhrova, N. Praksh, "A review of vertical handoff decision algorithm in heterogeneous networks," *Proc. of International Conference on Mobile Technology, Applications, and Systems*, pp.68~71, 2007.
- [2] M. Kassar, B. Kervella, G. Pujolle, "An overview of vertical handover decision strategies in heterogeneous wireless networks," *Computer Communications*, 31(10), pp.2607-2620, 2008.
- [3] IEEE802.21/D09.00, "Draft standard for local and metropolitan area networks : Media independent handover services," Feb 2008.
- [4] 엄태원, 이경희, 류원, 이병선 "Mobile IP 기반의 이중망간 이동성 제어 기술," *한국통신학회지*, 23(10), 53~62, 2006.
- [5] Q. B. Mussabbir, W. Yao, "Optimized FMIPv6 handover using IEEE 802.21 MIH services in vehicular networks," *IEEE Trans. on Vehicular Technology*, 56(6), pp.3397 - 3407, 2007.
- [6] H. Soliman et al., "Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management," IETF RFC 4140, August 2005.
- [7] L. Dimopoulou, G. Leoleis, I. S. Venieris, "Fast Handover Support in a WLAN Environment: Challenges and Perspectives," *IEEE Network*, 19(3), pp.14~20, 2005.
- [8] R. Koodly, "Fast Handovers for Mobile IPv6," IETF RFC 4068, July 2005.
- [9] P. Kim et al., "Fast vertical handover scheme for hierarchical Mobile IPv6 in heterogeneous wireless access networks," *Proc. of IASTED International Conference CSNA*, October 2007.

김 평 수 (Pyung-Soo Kim)

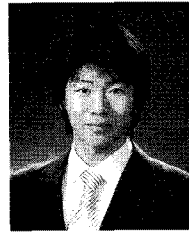
정회원



1994년 2월 인하대학교 전기공학  
학과 졸업  
1996년 2월 서울대학교 제어  
계측 공학과 석사  
2001년 2월 서울대학교 전기  
컴퓨터 공학부 박사  
2001년 3월~2005년 2월 삼성  
전자 디지털 미디어 연구소 책임연구원  
2005년 3월~현재 한국산업기술대학교 조교수  
<관심분야> 차세대 유무선 네트워크 시스템, 시스  
템 소프트웨어 솔루션, 신호처리 시스템.

이 상 규 (Sang-Kyu Lee)

준회원



2007년 2월 한국산업기술대학  
교 전자공학과 졸업  
2007년 3월~현재 한국산업기술  
대학교 전자공학과 석사과정  
<관심분야> 차세대 유무선 네  
트워크 시스템, 임베디드 소  
프트웨어 솔루션.