

다양한 IP 이동성 고속 핸드오버 기법 분석 및 새로운 고속 핸드오버 Proxy Mobile IPv6 기법 제안

김 평 수*

Review of Diverse IP Mobility Fast Handover Mechanisms and Suggestion of New Fast Handover Proxy Mobile IPv6 Mechanism

Pyung-Soo Kim*

■ Abstract ■

This paper reviews diverse IP mobility and fast handover mechanisms for seamless Internet services. Especially, fast handover mechanisms for the Proxy Mobile IPv6 (PMIPv6) are categorized according to their approaches. Then, a new fast handover PMIPv6 (FH-PMIPv6) mechanism is proposed using only L3 signaling message exchange. In the proposed FH-PMIPv6 mechanism, only local mobility anchor (LMA) exchanges L3 signaling messages with mobility access gateways (MAGs) for the fast handover operation. That is, inter-MAG signalling messages are not required for the fast handover operation. Therefore, unlike existing fast handover mechanisms, two relevant neighbouring MAGs need not set up the security association (SA) to protect fast handover related signaling messages and share SA related information. Moreover, the L3 triggering message is defined newly by standard ICMPv6 to trigger promptly the proposed mechanism. Analysis and comparison of the handover latency are performed for the proposed mechanism and existing mechanisms, which shows that the proposed FH-PMIPv6 mechanism has the favorable performance.

Keyword : IP Mobility, Proxy Mobile IPv6, Fast Handover, Handover Latency.

1. 서 론

다양한 유무선 액세스 네트워크 환경에서 네트워크 계층(Network Layer, L3) 핸드오버 솔루션으로서, 호스트 기반 IP 이동성 기법인 Mobile IPv6(MIPv6)[10, 14]가 Internet Engineer Task Force(IETF)에서 표준화되었다. 하지만, MIPv6는 실제 활용 시 몇 가지 내재적인 문제점이 제기되었고, 이를 해결하기 위해 몇 가지 관련 프로토콜이 추가적으로 제안되었다. 첫 번째로, 핸드오버 지연을 줄이고자 고속 핸드오버 MIPv6(Fast Handover MIPv6, FMIPv6)[6, 13]가 제안되었다. 두 번째로, 시그널링 트래픽을 줄이고자 계층적 MIPv6(Hierarchical MIPv6, HMIPv6)[15]가 제안되었다. 아울러, HMIPv6의 핸드오버 지연을 줄이기 위해 FMIPv6와 결합된 Fast Handover HMIPv6(FH-HMIPv6)[1, 11]가 연구되었다. 세 번째로, MIPv6 기능의 존재 유무에 관계없이 모든 호스트에게 IP 이동성을 지원하기 위해서 Proxy MIPv6(PMIPv6)[8]가 제안되었다.

네트워크 기반의 IP 이동성 기법인 PMIPv6 프로토콜에서는 액세스 라우터와 유사한 역할을 수행하는 Mobile Access Gateway(MAG)가 MN을 대신해서 홈 에이전트와 유사한 역할을 수행하는 Local Mobility Anchor(LMA)와 핸드오버 관련 시그널링 메시지를 교환함으로써 이동성 관리를 수행한다. 여러 가지 측면에서 고려할 때, 기본 MIPv6보다는 PMIPv6가 향후 무선 액세스 네트워크 환경에서 실용적인 IP 이동성 솔루션이 될 것으로 예상하고 있다. 하지만, PMIPv6 프로토콜에서 역시 MN은 두 MAG 사이를 이동할 때 일련의 핸드오버 과정이 필요하기 때문에 이로 인한 핸드오버 지연을 피할 수 없다. 핸드오버 지연을 줄이기 위해서, 비록 시작 단계이기는 하지만 최근 들어 고속 핸드오버 PMIPv6 기법 연구가 다양하게 진행되고 있다.

고속 핸드오버 PMIPv6를 위한 기존의 기법들은 접근 방식에 따라 크게 빠른 경로 최적화(Routing

Optimization)를 통한 방식[2, 12], 링크 계층(Link Layer, L2) 혹은 IEEE 802.21 미디어 무관 핸드오버 기능(Media Independent Handover Function, MIHF)[9]의 도움을 받는 방식[3, 4], 그리고 L3 메시지 교환만을 이용하는 방식[7, 16, 17]으로 나뉘어진다. L3 메시지 교환만을 이용하는 방식은 L2 혹은 MIHF의 도움을 받는 방식과는 달리 고속 핸드오버 과정 중에 기본적인 PMIPv6 구성 요소로만 동작이 가능하며 L2 혹은 MIHF와 같은 다른 계층에서의 표준 기술과의 연동이 필요 없기 때문에 실제 구현이 용이하며 비용이 절약된다. 따라서, 본 논문에서는 L3 메시지 교환만을 이용한 고속 핸드오버 방식에[7, 16, 17] 대해서 고려한다. 이 중에서, 고속 핸드오버 방식[16, 17]은 MN의 핸드오버에 관여하는 이전 MAG와 새로운 MAG가 고속 핸드오버에 관련된 시그널링 메시지를 교환한다. 두 MAG와 MN을 동시에 관리하는 LMA는 고속 핸드오버 시그널링 메시지 교환에 관여하지 않는다. 하지만, 이 방식에서 고속 핸드오버에 관여하는 MAG들이 시그널링 메시지를 보호하기 위해서 상호간에 보안 연계(Security Association, SA)를 설정하고 관련 정보를 공유하는 것을 필요로 할 수 있다. SA의 설정과 공유하는 관련 정보는 이웃하는 MAG들 사이의 숫자에 따라 증가하게 된다. 게다가, MAG가 추가되거나 제거되는 경우 이웃하는 모든 MAG들이 상호간에 일련의 SA 설정 과정을 다시 수행해야만 한다.

따라서, 본 논문에서는 기존 기법[16, 17]에서의 문제점을 해결하고자 PMIPv6를 위한 새로운 고속 핸드오버 기법을 제안한다. 제안된 기법은 이미 상호간에 안전성이 보장된 MAG와 LMA가 고속 핸드오버 설정을 위해 필요한 시그널링 메시지를 서로 교환한다. 다시 말해서, 기존 기법[16, 17]과 다르게 고속 핸드오버 설정을 위해서 핸드오버에 관여하는 두 MAG 간의 시그널링 메시지 교환이 필요하지 않다. 따라서, 이는 네트워크를 구성하는 MAG들이 고속 핸드오버 관련 시그널링 메시지를 보호하기 위해서 상호간에 SA를 설정하고

관련 정보를 공유할 필요가 없다. 또한, MAG가 추가되거나 제거되는 경우에도 일련의 보안 설정 과정이 필요하지 않다. 아울러, 고속 핸드오버 동작을 신속하게 시작하기 위해 L3 트리거링 메시지가 사용되며 표준 Internet Control Message Protocol Version 6(ICMPv6)[5]를 이용하여 정의된다.

마지막으로, 제안된 고속 핸드오버 PMIPv6 기법과 기존 기법[7, 16, 17]에 대해서 핸드오버 지연 측면에서의 해석적 비교 분석을 수행한다. 이를 통해, 제안된 고속 핸드오버 PMIPv6 기법이 기존 고속 핸드오버 기법들과 비교할 때 우수하거나 혹은 양호한 성능을 가짐을 보인다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 현재까지 연구되어 온 IP 이동성 고속 핸드오버 기법에 대한 개요와 주요 특성을 분석한다. 제 3장에서는 PMIPv6를 위한 새로운 고속 핸드오버 기법을 제안한다. 제 4장에서는 제안된 고속 핸드오버 PMIPv6 기법과 기존 기법에 대해서 핸드오버 지연을 비교 분석한다. 마지막으로, 제 5장에서 논문의 결론을 맺는다

2. 다양한 기존 IP 이동성 고속 핸드오버 기법

본 절에서는 현재까지 연구되어 온 IP 이동성 고속 핸드오버 기법에 대한 주요 내용과 특성을 분석한다.

2.1 Mobile IPv6(MIPv6)

호스트 기반 IP 이동성 기법인 MIPv6[10, 14]는 인터넷에서 IPv6 이동 노드(Mobile Node, MN)가 자신의 홈 네트워크를 벗어나 새로운 네트워크로 움직일 때 상대 노드(Corresponding Node, CN)들과 논리적 연결의 단절 없이 세션 연속성을 유지하면서 계속 통신할 수 있게 하는 프로토콜이다. MIPv6 동작은 크게 이동 검출(Movement Detection) 과정, CoA(Care-of Address) 생성 과정, 홈 에이

전트(Home Agent, HA)와의 인증 바인딩을 위한 홈 등록(Home Registrations)과정, MN과 CN사이의 직접 통신을 위한 경로 최적화(Route Optimization)과정 등으로 이루어진다.

그러나, MIPv6는 실제 활용 시 몇 가지 중요한 문제점이 제기 되었다. 첫 번째로, 핸드오버 시 MN이 HA와 등록을 완료하기 전까지 이동 검출, CoA 생성, 인증 바인딩과 같은 필연적인 지연 요소를 가지게 된다. 이러한 지연들로 인한 핸드오버 지연은 인터넷 기반 실시간 멀티미디어 서비스나 손실에 민감한 인터넷 응용에서 수용되지 못할 정도의 큰 영향을 줄 수 있다. 두 번째로, MN이 네트워크를 변경하는 경우 항상 HA와의 홈 등록을 위해 바인딩 갱신 과정을 수행하여야 한다. 아울러, 경로 최적화를 위해 CN과의 바인딩 갱신 과정을 수행하여야 한다. 만일 HA가 큰 숫자의 MN들을 관리하거나, MN이 홈 망에서 먼 거리에 위치한 경우 이러한 등록 방식은 백본 망 및 무선 구간에서의 시그널링 트래픽 증가를 야기하거나, 핸드오버 지연을 증가시켜 서비스의 단절을 유발하게 된다. 세 번째로, 최근 들어 MIPv6의 근본적인 문제점이 이슈화가 되었다. 먼저, 성능 및 자원이 한정되어 있는 MN에서 복잡한 표준 MIPv6 프로토콜을 구현함으로써 MN의 전력 사용량 증가, 핸드오버 과정에서 다양한 시그널링 트래픽으로 인한 무선 구간에서의 자원 사용량 증가 등 실제적인 문제가 이슈화 되었다. 아울러, 비록 표준 기술이기는 하지만 현재 사용되고 있는 모든 MN이 MIPv6 기능을 갖추고 있다고 볼 수는 없으므로, MIPv6 기능을 갖추고 있지 않은 MN이 네트워크를 이동할 때 핸드오버가 불가능하다는 문제가 이슈화 되었다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해서 다음에서 설명할 몇 가지 IP 이동성 및 고속 핸드오버 기법이 추가적으로 제안되었다.

2.2 고속 핸드오버 MIPv6(Fast Handover MIPv6, FMIPv6)

FMIPv6 기법[6, 13]은 MIPv6 핸드오버 지연을 최

소화하기 위하여 L2에서의 핸드오버 예상 정보를 바탕으로 L2 핸드오버가 완료되기 전에 L3 핸드오버 준비과정을 수행하고 양방향 터널을 통해 패킷 손실을 줄이면서 실시간 서비스를 지원하는 프로토콜이다. FMIPv6의 동작 과정을 구체적으로 정리하면, MN이 이전 네트워크에 존재하는 이전 액세스 라우터(Previous Access Router, PAR)에 접속하여 통신을 수행하다가 새로운 네트워크로 이동하여 새로운 액세스 라우터(New Access Router, NAR)로 접속하는 경우, MN는 L2 핸드오버 이전에 NAR의 L2 정보를 이용하여 NAR에 대한 L3 정보를 PAR에 요청한다. PAR은 미리 가지고 있는 NAR 정보를 이용하여 새로운 네트워크에서 사용될 CoA를 미리 구성하여 MN에게 알려주어 MN이 새로운 네트워크에 접속되는 즉시 바인딩 갱신을 수행할 수 있도록 해준다. 또한 새로운 CoA에 대한 바인딩 갱신이 이루어지기 전까지의 패킷 손실을 막기 위하여 PAR과 NAR 사이에 양방향 터널을 설정한다. MN이 L2 핸드오버 이전에 L3 핸드오버 준비를 완료하느냐 혹은 L2 핸드오버 이후에 핸드오버 준비를 수행하느냐에 따라 'Predictive Mode'와 'Reactive Mode'로 나뉜다.

2.3 계층적 MIPv6(Hierarchical MIPv6, HMIPv6)

HMIPv6 기법[15]은 MN의 이동을 지역적으로 관리함으로써 MN의 핸드오버로 인한 시그널링 트래픽을 줄여주는 프로토콜이다. HMIPv6는 Mobility Anchor Point(MAP)라는 새로운 구성요소를 정의하고 도메인 레벨의 CoA와 링크 레벨의 CoA를 정의하였다. 도메인 레벨의 CoA는 이동단말이 MAP 도메인의 프리픽스(Prefix)를 기반으로 생성한 CoA로써 Regional CoA(RCoA)라고 한다. 링크 레벨의 CoA는 액세스 라우터의 프리픽스를 기반으로 생성한 CoA이며 on-link CoA(LCoA)라고 한다. 서로 다른 MAP 도메인 사이를 이동하는 경우, MN은 생성한 RCoA와 LCoA를 MAP에 등록하고

RCoA를 자신의 HA와 상대 노드에게 등록한다. 만약 동일한 MAP 도메인 내의 액세스 라우터 사이를 이동하는 경우라면, MN은 LCoA만을 생성하고 MAP 도메인이 변경되지 않았으므로 새로운 RCoA는 생성하지 않는다. 그러므로 MN의 MAP 도메인 내의 이동은 MN과 HA, CN 간의 핸드오버 관련 시그널링 트래픽을 줄여준다.

2.4 고속 핸드오버 HMIPv6(Fast Handover HMIPv6, FH-HMIPv6)

HMIPv6 기법이 MN의 핸드오버로 인한 시그널링 트래픽을 줄여주는 효과를 갖더라도, 액세스 라우터를 변경하는 과정이나 MAP을 변경하는 과정에서 핸드오버 지연 문제는 여전히 남아 있다. FH-HMIPv6 기법[1, 11]은 이러한 HMIPv6의 핸드오버 지연을 줄이기 위해, 기존의 FMIPv6[13]와 HMIPv6[15]를 결합하여 제안된 프로토콜이다. 특히, 기법[1]은 이중의 무선 네트워크 환경에서의 고속 수직적 핸드오버를 제공하기 위해서 최근 표준화가 완료된 IEEE 802.21 매체 무관 핸드오버 기능(Media Independent Handover Function, MIHF) [9]을 이용한다.

2.5 Proxy Mobile IPv6

PMIPv6 기법[8]은 MIPv6 프로토콜의 탑재 유무에 관계없이 모든 호스트들을 위한 IP 이동성을 지원하기 위해서 최근 IETF에서 표준화되었다. PMIPv6 프로토콜에서는, 이동성 관리에 MN이 관여하지 않는 상황에서 MN에게 이동성을 통한 IPv6 세션 연속성을 제공한다. 액세스 라우터와 유사한 역할을 수행하는 Mobile Access Gateway(MAG)가 MN을 대신해서 홈 에이전트와 유사한 역할을 수행하는 Local Mobility Anchor(LMA)와 핸드오버 관련 시그널링 메시지를 교환함으로써 이동성 관리를 수행한다. PMIPv6의 동작 과정을 구체적으로 정리하면, MN이 PMIPv6 네트워크에 접속하면 MAG는 액세스 망에 있는 정책 저장소

(Policy Store)로부터 MN이 접속하고자 하는 LMA의 주소와 MN의 식별자 정보, 그리고 부가적으로 MN에게 할당될 네트워크 프리픽스 등의 정보를 얻는다. 정책 저장소에서 획득한 정보를 이용하여 MAG는 라우터 광고(Router Advertisement, RA) 메시지를 MN에게 전송하고, MN은 이 정보를 이용하여 자신의 IP 주소를 설정한다. MAG는 또한 정책 저장소에서 획득한 정보를 이용하여 PBU(Proxy Binding Update) 메시지를 생성하여 LMA에게 전송한다. 이 메시지에는 MN의 식별자, MN에게 할당된 네트워크 프리픽스, 그리고 MN의 IP 주소가 포함된다. PBU 메시지를 수신한 LMA는 자신의 바인딩 캐쉬 엔트리에 MN 식별자에 해당하는 정보가 있는지를 검사하여 만일 없으면 MN에 대한 정보를 추가한다. LMA는 PBA(Proxy Binding Acknowledgement) 메시지를 MAG에게 전송함으로써 등록과정을 완료한다. 등록과정이 완료된 후, LMA와 MAG 간에는 양방향 터널을 생성된다. 만일 MN이 이동을 하게 되면, 앞에서 언급한 것과 동일한 방법으로 새로운 MAG는 MN에 대한 정보를 얻게 되고, 이 정보를 이용하여 MN에게 동일한 네트워크 프리픽스 정보를 광고한다. MN이 동일한 네트워크 프리픽스 정보를 수신하게 되면, MN은 자신이 이전과 동일한 네트워크에 계속 접속되어 있다고 간주하게 된다. 새로운 MAG는 정책 저장소로부터 수신한 MN에 대한 정보를 이용하여 PBU 메시지를 만들어 LMA에게로 전송한다. PBU 메시지를 수신한 LMA는 MN의 식별자 정보와 새로운 MAG의 주소 정보를 이용하여 MN이 새로운 네트워크로 이동했다는 것을 감지하고 MN을 위한 양방향 터널을 기존의 LMA-MAG에서 새로운 LMA-MAG로 변경한다. 이와 같은 방법으로 네트워크 기반 이동성 관리 기능을 MN에게 제공한다. 성능 및 자원이 한정되어 있는 MN에 IP 이동성 프로토콜을 탑재할 필요가 없기 때문에, MN의 전력 사용량 증가, 핸드오버 과정에서 다양한 시그널링 트래픽으로 인한 무선 구간에서의 자원 사용량 증가 등 실제적인 문제가 발생되

지 않는다. 아울러, IP 이동성 기능을 갖추고 있지 않은 어떠한 종류의 MN이더라도 네트워크를 이동할 때 핸드오버가 가능해진다. 따라서, 여러 가지 측면에서 고려할 때, 기본 MIPv6보다는 PMIPv6가 향후 무선 액세스 네트워크 환경에서 실용적인 IP 이동성 솔루션이 될 것으로 예상하고 있다.

2.6 고속 핸드오버 PMIPv6(Fast Handover PMIPv6, FH-PMIPv6)

기본 PMIPv6 기법에서 역시 MN은 기존 네트워크와 새로운 네트워크에 존재하는 두 MAG 사이를 이동할 때 기존 MAG(Previous MAG, PMAG)와의 연결을 끊는 과정과 새로운 MAG(New MAG, NMAG)와의 연결 과정과 같은 일련의 핸드오버 과정이 필요하기 때문에 이로 인한 핸드오버 지연을 피할 수 없다. 핸드오버 지연을 줄이기 위해서, 비록 시작 단계이기는 하지만 최근 들어 고속 핸드오버 PMIPv6 기법 연구가 다양하게 진행되고 있다. 이러한 기존의 연구들은 접근 방식에 따라 크게 세 가지로 분류할 수 있다.

2.6.1 빠른 시간내의 경로 최적화(Route Optimization)를 통한 방식

본 접근 방식은 MN이 이동하여 NMAG에 접속한 후 경로 최적화를 통하여 CN과 직접 통신을 수행하는 시점까지의 지연 시간을 줄이는 고속 핸드오버 방식이다[2, 12].

2.6.2 L2 혹은 IEEE 802.21 MIHF의 도움을 받는 방식

본 접근 방식은 L3 뿐만 아니라 L2 장비인 무선 기지국(Base Station, BS) 혹은 별도의 표준 기술인 IEEE 802.21 MIHF[9]의 도움을 받는 방식이다 [3, 4]. 다시 말해서, PMIPv6의 기본 동작인 MN과 MAG간의 연결(MN Attached) 및 끊김(MN Detached)과 같은 단순한 L2 메시지 교환 과정뿐만 아니라, L2 혹은 IEEE 802.21 MIHF의 도움을 받아 핸드

오버 지연을 줄이고자 하는 고속 핸드오버 방식이다. 이 방식에서는 교차 계층(Cross Layer)간의 상호 작용으로 핸드오버 지연을 줄일 수 있지만, PMIPv6의 기본적인 구성 요소가 아닌 L2 장비인 BS에 별도의 기능이 탑재되어야 하고[4], 혹은 기본적인 구성 요소 모두에 IEEE 802.21 MIHF가 탑재되어야 하는[3] 비교적 강한 요구조건이 필요하다.

2.6.3 L3 시그널링 메시지 교환을 이용하는 방식

본 접근 방식은 단순히 L3 시그널링 메시지 교환만을 이용하는 방식이다[7, 16, 17]. 다시 말해서, PMIPv6의 기본 동작인 MN과 MAG 간의 연결 및 끊김과 같은 단순한 L2 메시지 교환 이외에는 L3 메시지만을 이용해서 핸드오버 지연을 줄이는 고속 핸드오버 방식이다. 따라서, 이미 설명한 방식 [3, 4]과는 달리 고속 핸드오버 과정 중에 기본적인 PMIPv6 구성 요소만으로도 동작이 가능하며 L2 혹은 MIHF와 같은 다른 계층에서의 표준 기술과의 연동이 필요 없기 때문에 실제 구현이 용이하며 비용이 절약된다.

지금까지 설명한 접근 방식을 정리하자면, 첫 번째 방식은 MN이 NMAG에 접속한 후 얼마나 빠른 시간 내에 경로 최적화를 통해서 CN과 직접 통신을 하느냐에 중점을 두는 반면에, 두 번째 및 세 번째 방식은 얼마나 빠른 시간 내에 NMAG를 통해서 CN으로부터 패킷을 받느냐에 중점을 둔다. 따라서, 첫 번째 방식과 나머지 두 방식들간에 고속 핸드오버의 개념이 다소 다르다고 할 수 있다.

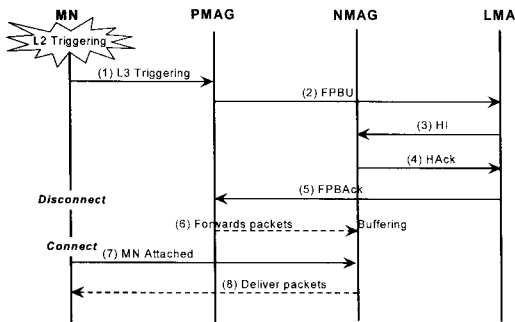
본 논문에서는 L3 시그널링 메시지 교환을 이용한 고속 핸드오버 방식[7, 16, 17]에 대해서 고려한다. L2 핸드오버 이후에 L3 핸드오버를 수행하는 'Reactive Mode'의 고속 핸드오버 방식[7]은 L2 핸드오버 이전에 L3 핸드오버를 수행하는 'Predictive Mode'의 고속 핸드오버 방식[16, 17]에 비해 핸드오버 지연이 상대적으로 길다. 한편, 고속 핸드오버 방식[16, 17]에서 제안된 방식은 MN의 핸드오

버에 관여하는 두 MAG들이 FPBU(Fast Proxy Binding Update), FPBack(Fast Proxy Binding Ack), HI(Handover Initiation), Hack(Handover Ack)와 같은 고속 핸드오버 시그널링 메시지를 교환한다. 두 MAG와 MN을 동시에 관리하는 LMA는 고속 핸드오버 시그널링에 관여하지 않는다. 하지만, 이 방식에서 고속 핸드오버에 관여하는 MAG들이 시그널링 메시지를 보호하기 위해서 상호간에 보안 연계(Security Association, SA)를 설정하고 관련 정보를 공유하는 것을 필요로 할 수 있다. SA의 설정과 공유하는 관련 정보는 이웃하는 MAG들 사이의 숫자에 따라 증가하게 된다. 게다가, MAG가 추가되거나 제거되는 경우 이웃하는 모든 MAG들이 상호간에 일련의 SA 설정 과정을 다시 수행해야만 한다.

3. 고속 핸드오버 PMIPv6 기법 제안

본 절에서는 PMIPv6를 위한 새로운 고속 핸드오버 기법을 제안한다. 제안된 기법은 이미 상호간에 안전성이 보장된 MAG와 LMA가 고속 핸드오버 설정을 위해 필요한 FPBU, FPBack, HI, Hack와 같은 시그널링 메시지를 서로 교환한다. 다시 말해서, 기존 기법[16, 17]과 다르게 고속 핸드오버 설정을 위해서 MAG간의 시그널링 교환이 필요하지 않다. 따라서, 이는 네트워크를 구성하는 MAG들이 고속 핸드오버 관련 시그널링 메시지를 보호하기 위해서 상호간에 SA를 설정하고 관련 정보를 공유할 필요가 없다. 또한, MAG가 추가되거나 제거되는 경우에도 일련의 보안 설정 과정이 필요하지 않다. 아울러, 고속 핸드오버 동작을 신속하게 시작하기 위해 L3 트리거링 메시지가 사용되며 표준 Internet Control Message Protocol Version 6(ICMPv6)[5]를 이용하여 정의된다.

제안된 기법의 동작 과정은 [그림 1]과 같으며 이를 상세하게 기술한다. MN과 PMAG를 연결해주는 무선 기지국을 Previous BS(PBS)라 부르고, MN이 이동하여 NMAG과 연결해주는 무선 기지



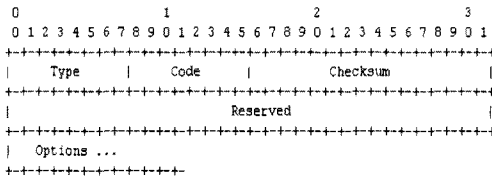
[그림 1] 고속 핸드오버 PMIPv6 과정

국을 New BS(NBS)라 부른다. 네트워크를 구성하는 모든 MAG들은 [기지국 식별자(BS-ID), Proxy-CoA] 쌍을 가지고 있다고 가정한다. 또한, L2 핸드오버가 완료되기 전에 L3 핸드오버를 수행하는 'Predictive Mode'의 고속 핸드오버를 고려한다. PMIPv6 프로토콜[8]에 근거하여, PMAG가 현재 MN을 대신해서 이동성 관련 시그널링을 처리하고, MN이 PMAG를 통해 통신 서비스를 받던 중에 이동하여 NMAG에 빠른 시간 내에 접속하는 고속 핸드오버 과정은 아래와 같다.

- (1) MN이 NBS로부터 수신된 L2 트리거링 정보를 통해 L2 핸드오버를 결정한다. 여기서, L2 트리거링 정보는 BS 간의 신호 세기 비교, 신호도 우선 순위 등과 같은 기존의 일반적인 정보를 활용할 수 있다. MN이 L2 핸드오버를 결정하면, 제안된 고속 핸드오버 기법이 신속하게 시작될 수 있도록 PMAG에게 "L3 트리거링" 메시지를 전달한다. L3 트리거링 메시지는 NBS의 식별자를 포함하며 기존의 L3 메시지인 ICMPv6 혹은 별도의 L3 메시지로 정의된다. IPv6 호환성을 위해서 L3 트리거링 메시지는 [그림 2]와 같이 표준 ICMPv6 메시지를 재활용하는 것이 유리할 것이다.
- (2) PMAG가 MN으로부터 L3 트리거링 메시지를 수신하면, PMAG는 [BS-ID, Proxy-CoA] 쌍으로부터 NMAG의 Proxy-CoA (N-Proxy-

CoA)와 같은 정보를 얻어낸다. PMAG는 MN과의 접속 과정을 통해 이미 MN의 식별자(MN-ID), HoA(MN-HoA), 홈 네트워크 프리픽스(MN Home Network Prefix, MN-HNP), Proxy-CoA(P-Proxy-CoA, P-Proxy-CoA), MAC 주소와 같은 정보를 알고 있기 때문에, PMAG는 위의 정보들을 이용해서 양방향 터널 생성을 위한 Fast Proxy Binding Update(FPBU) 메시지를 LMA에게 보낸다. FPBU 메시지에 포함되어야 할 필수적인 정보는 N-Proxy-CoA 및 MN-ID라 할 수 있다.

- (3) LMA가 FPBU 메시지를 수신한 후, LMA는 PMAG의 P-Proxy-CoA 및 MN-ID를 포함하는 Handover Initiation(HI) 메시지를 NMAG에게 보낸다.
- (4) HI를 수신한 NMAG는 LMA에게 Handover Ack(HAcK)를 응답한다. 이와 동시에 PMAG와 NMAG 사이에 양방향 터널이 생성이 되며, P-Proxy-CoA와 N-Proxy-CoA가 터널 양 끝단의 주소가 된다.
- (5) LMA가 HAcK를 성공적으로 처리하면, LMA는 PMAG에게 Fast Proxy Binding Ack(FPBAcK)를 응답한다.
- (6) 이 후, MN의 MN-HoA로 향하는 패킷들은 PMAG-NMAG간 양방향 터널을 통해 PMAG로부터 NMAG로 터널링 된다. 구체적으로 설명하면, PMAG는 LMA 사이의 기본 PMIPv6 양방향 터널로부터 수신한 패킷 Decapsulate하여 이를 고속 핸드오버 PMIPv6를 위한 PMAG와 NMAG 사이의 양방향 터널로 Encapsulate되고, NMAG로 전달된다. NMAG는 핸드오버를 수행한 MN과의 연결이 이루어질 때까지 패킷들을 버퍼링한다.
- (7) MN이 NMAG에 연결된 NBS에 접속하면 PMIPv6 표준에 따른 네트워크 액세스 인증이 수행된다(MN Attached 과정).
- (8) MN과 NMAG 사이에 L3 연결이 되면, NMAG는 버퍼링된 패킷을 MN에게 전달된다.



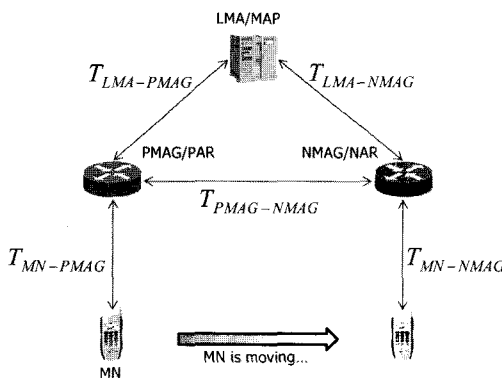
[그림 2] L3 트리거링으로 사용되는 ICMPv6 메시지

동작과정 (1)에서 MN이 PMAG에게 전송하는 L3 트리거링 메시지는 [그림 2]와 같이 ICMPv6[5]를 이용하여 새롭게 정의된다. Type 필드는 기존의 ICMPv6를 사용하는 다른 메시지들과의 구별을 위해서 현재 표준에서 사용되지 않는 적절한 값으로 설정한다. Option 필드에는 NBS의 식별자 (BS-ID)를 포함한다.

4. L3 핸드오버 지연 비교 분석

4.1 네트워크 모델링 및 가정

IP 이동성 핸드오버 지연을 해석적으로 분석하기 위해 [그림 3]와 같이 네트워크를 단순화하여 모델링 한다. PMIPv6의 경우에는 PMAG와 NMAG가 핸드오버에 관여하는 이웃하는 라우터이다. HMIPv6 및 FMIPv6의 경우에는 PAR과 NAR가 핸드오버에 관여하는 이웃하는 라우터이다. PMIPv6 및 HMIPv6의 경우 LMA와 MAP은 HA의 역할을 하며 동일한 곳에 위치한다고 가정한다.



[그림 3] 단순화 된 네트워크 모델

본 논문에서는, MN 시작(MN Initiated) 핸드오버를 고려하여 핸드오버 지연이 분석된다. 채널 액세스 및 전달 지연에 비교하여 프로세싱 지연은 무시할 수 있다고 가정하며, 업링크 및 다운링크의 경우 모두 무선 지연은 동일하다고 가정한다. 게다가, MN과 MAG/AR간에 BS를 통한 L2 트리거링을 위한 시간은 무시할 수 있다고 가정한다. 핸드오버 지연을 위한 몇 가지 매개변수가 다음과 같이 정의된다 :

- T_{L2} : L2 핸드오버를 위한 시간
- $T_{MN-PMAG}/T_{MN-NMAG}$: 무선 기지국 BS를 통한 MN과 MAG(또는 AR)간의 단방향 패킷 전송 시간(유선 구간과 무선 구간을 포함)
- $T_{PMAG-NMAG}$: PMAG(또는 PAR) 및 NMAG(또는 NAR) 간의 단방향 패킷 전송 시간
- $T_{LMA-PMAG}/T_{LMA-NMAG}$: LMA(또는 MAP) 및 MAG(또는 AR)간의 단방향 패킷 전송 시간

기존 연구[7]에 나와 있듯이, 일반적으로 LMA는 NMAG로부터 멀리 위치하지만, NMAG는 PMAG로부터 매우 가깝게 위치한다. 따라서, 다음과 같은 식이 만족한다 :

$$T_{PMAG-NMAG} < T_{MN-NMAG} \text{ or } T_{MN-PMAG} ,$$

$$T_{PMAG-NMAG} < T_{LMA-NMAG} \text{ or } T_{LMA-PMAG} .$$

4.2 핸드오버 지연 분석

본 논문에서 L3 핸드오버 지연은 MN이 PMAG/ PAR과의 통신이 중단되고 새로운 경로를 통해 NMAG/NAR로부터 첫 번째 패킷이 MN에게 도착할 때까지의 시간으로 정의한다. 참고로, 각 기법에 대한 핸드오버 지연에는 L2 핸드오버 지연 시간은 모두 포함되어 있다.

- FMIPv6[6, 13]의 핸드오버 지연 :
 - ① PAR에서 MN과 NAR으로의 FB Ack 메시지 전송 시간(큰 값)

- ② MN에서 NAR로의 FNA 메시지 전송 시간
- ③ NAR에서 MN으로의 첫 번째 데이터 패킷 전송 시간

$$T_{FMIPv6} = T_{L2} + \max(T_{MN-PMAG}, T_{MN-PMAG}) + 2T_{MN-NMAG}$$

- HMIPv6[15]의 핸드오버 지연 :

- ① NAR를 통한 MN에서 MAP으로의 LBU 메시지 전송 시간
- ② NAR를 통한 MAP에서 MN으로의 LBack 메시지 전송 시간
- ③ MAP에서 NAR로의 데이터 패킷 전달 시간
- ④ NAR에서 MN으로의 첫 번째 데이터 패킷 전송 시간

$$T_{HMIPv6} = T_{L2} + 3T_{MN-NMAG} + 3T_{LMA-NMAG}$$

- FH-HMIPv6[1, 11]의 핸드오버 지연 :

- ① MAP에서 PAR과 NAR으로의 FBack 메시지 전송 시간(큰 값)
- ② MN에서 NAR로의 FNA 메시지 전송 시간
- ③ NAR에서 MN으로의 첫 번째 데이터 패킷 전송 시간

$$T_{FH-HMIPv6} = T_{L2} + \max(T_{LMA-PMAG}, T_{LMA-NMAG}) + 2T_{MN-NMAG}$$

- PMIPv6[1]의 핸드오버 지연 :

- ① NMAG에서 LMA로의 PBU 메시지 전송 시간
- ② LMA에서 NMAG로의 PBack 메시지 전송 시간
- ③ LMA에서 NMAG로의 데이터 패킷 전달 시간
- ④ NMAG에서 MN으로의 첫 번째 데이터 패킷 전송 시간

$$T_{PMIPv6} = T_{L2} + 3T_{LMA-NMAG} + T_{MN-NMAG}$$

- 기존 FH-PMIPv6[7]의 핸드오버 지연 :

- ① NMAG에서 MN로의 RA 메시지 전송 시간
- ② NMAG에서 PMAG로의 HI 메시지 전송 시간
- ③ PMAG에서 NMAG로의 HAck 메시지 전송 시간
- ④ NMAG에서 MN으로의 첫 번째 데이터 패킷 전송 시간

$$T_{FH-PMIPv6[7]} = T_{L2} + 2T_{PMAG-NMAG} + 2T_{MN-NMAG}$$

- 기존 FH-PMIPv6[16]의 핸드오버 지연 :

- ① MN에서 NMAG로의 L2 접속 메시지 전송 시간
- ② NMAG에서 MN로의 RA 메시지 전송 시간
- ③ NMAG에서 MN으로의 첫 번째 데이터 패킷 전송 시간

$$T_{FH-PMIPv6[16]} = T_{L2} + 3T_{MN-NMAG}$$

- 기존 FH-PMIPv6[17]의 핸드오버 지연 :

- ① MN에서 NMAG로의 L2 접속 메시지 전송 시간
- ② NMAG에서 MN으로의 첫 번째 데이터 패킷 전송 시간

$$T_{FH-PMIPv6[17]} = T_{L2} + 2T_{MN-NMAG}$$

- 제안된 FH-PMIPv6의 핸드오버 지연 :

- ① MN에서 NMAG로의 L2 접속 메시지 전송 시간
- ② NMAG에서 MN으로의 첫 번째 데이터 패킷 전송 시간

$$T_{FH-PMIPv6} = T_{L2} + 2T_{MN-NMAG}$$

4.3 L3 시그널링 메시지 교환을 이용하는 FH-PMIPv6 기법의 비교 분석

기존 연구[7]과 <표 1>에서 알 수 있듯이, 기존

'Reactive Mode'에서 동작하는 FH-PMIPv6 기법 [7]이 FMIPv6[6, 13], HMIPv6[15], FH-HMIPv6 [1, 11], PMIPv6[8]과 같은 기존 기법에 비해 핸드 오버 지연 측면에서 우수함을 보였다. 따라서, 본 논문에서는 제안된 FH-PMIPv6 기법과 기존 기법[7, 16, 17]을 각각 비교한다. <표 1>에서 알 수 있듯이, 제안된 FH-PMIPv6 기법이 기존 기법[17]과 동일한 결과를 가짐을 알 수 있다. 따라서, 제안된 FH-PMIPv6 기법과 기존 기법[7, 16]을 비교한다.

- 기존 기법 [7]와 [16]의 비교 :

$$T_{FH-PMIPv6[7]} - T_{FH-PMIPv6[16]} = 2T_{PMAG-NMAG} - T_{MN-NMAG}$$

두 기법간의 핸드오버 지연 차이는 무선 구간을 포함하는 MN과 NMAG 사이의 지연 시간 $T_{MN-NMAG}$ 에 좌우된다고 볼 수 있다. 무선 구간에서의 전송 지연이 무시할 정도로 작다면 기존 기법[16]가 기존 기법[7]보다 우수할 수 있고, 그렇지 않은 경우 반대의 결과를 보일 수 있다.

- 제안된 FH-PMIPv6 기법과 기존 기법[7]의 비교 :

$T_{FH-PMIPv6[7]} - T_{FH-PMIPv6} = 2T_{PMAG-NMAG}$
 $T_{PMAG-NMAG} > 0$ 이기 때문에, 제안된 FH-PMIPv6 기법이 기존 기법[7]보다 우수하다.

- 제안된 FH-PMIPv6 기법과 기존 기법[16]의 비교 :

$$T_{FH-PMIPv6[16]} - T_{FH-PMIPv6} = T_{MN-NMAG}$$

$T_{MN-NMAG} > 0$ 이기 때문에, 제안된 FH-PMIPv6 기법이 기존 기법[16]보다 우수하다.

분석 결과를 요약하면, 제안된 FH-PMIPv6 기법은 기존 기법[7, 16]보다 우수한 성능을 보이며, 기존 기법[17]과는 동일한 성능을 보인다고 할 수 있다. 하지만, 제안된 FH-PMIPv6 기법에서는 기존 기법[16, 17]와 다르게 네트워크를 구성하는 MAG들이 고속 핸드오버 관련 시그널링 메시지를 보호하기 위해서 상호간에 SA를 설정하고 관련 정보를 공유할 필요가 없다. 또한, MAG가 추가되거나 제거되는 경우에도 일련의 보안 설정 과정이 필요하지 않다. 따라서, L3 핸드오버 지연, 보안 설정의 중요성 및 보안 설정으로 인한 오버헤드 문제를 모두 고려한다면, 제안된 FH-PMIPv6 기법의 채택이 유리하다고 할 수 있다.

<표 1> 기존 기법 및 제안 기법의 핸드오버 지연

| 기 법 | 핸드오버 지연 |
|------------------|--|
| FMIPv6[6, 13] | $T_{FMIPv6} = T_{L2} + \max(T_{MN-PMAG}, T_{MN-NMAG}) + 2T_{MN-NMAG}$ |
| HMIPv6[15] | $T_{HMIPv6} = T_{L2} + 3T_{MN-NMAG} + 3T_{LMA-NMAG}$ |
| FH-HMIPv6[1, 11] | $T_{FH-HMIPv6} = T_{L2} + \max(T_{LMA-PMAG}, T_{LMA-NMAG}) + 2T_{MN-NMAG}$ |
| PMIPv6[8] | $T_{PMIPv6} = T_{L2} + 3T_{LMA-NMAG} + T_{MN-NMAG}$ |
| 기존 FH-PMIPv6[7] | $T_{FH-PMIPv6[7]} = T_{L2} + 2T_{PMAG-NMAG} + 2T_{MN-NMAG}$ |
| 기존 FH-PMIPv6[16] | $T_{FH-PMIPv6[16]} = T_{L2} + 3T_{MN-NMAG}$ |
| 기존 FH-PMIPv6[17] | $T_{FH-PMIPv6[17]} = T_{L2} + 2T_{MN-NMAG}$ |
| 제안된 FH-PMIPv6 | $T_{FH-PMIPv6} = T_{L2} + 2T_{MN-NMAG}$ |

5. 결 론

L3 핸드오버 지연을 줄이기 위해 현재까지 연구되어 온 다양한 IP 이동성 고속 핸드오버 기법들을 분석하였다. 특히, 최근 연구가 활발히 진행되고 있는 고속 핸드오버 PMIPv6 기법을 접근 방식에 따라 세 가지로 분류하고 분석하였다. 이를 기반으로, L3 시그널링 메시지 교환을 기반으로 하는 새로운 고속 핸드오버 PMIPv6 기법을 제안하였다. 제안된 기법에서는 고속 핸드오버 설정을 위해 필요한 L3 시그널링 메시지가 LMA와 MAG 사이에서만 교환된다. 다시 말해서, 기존 기법들과 다르게, 핸드오버와 관련된 MAG들간에 정보 보호를 위한 보안 연계를 설정하고 관련 정보를 공유할 필요가 없으며, 고속 핸드오버 동작을 위한 시그널링 메시지의 교환이 필요하지 않다. 또한, 고속 핸드오버 동작을 신속하게 시작하기 위해 표준 ICMPv6를 활용한 L3 트리거링 메시지가 정의되었다. 핸드오버 지연에 대한 해석적인 비교 분석을 통해, 제안된 기법이 기존 기법과 비교할 때 우수하거나 혹은 양호한 성능을 가짐을 보였다. 따라서, L3 핸드오버 지연, 보안 설정의 중요성 및 보안 설정으로 인한 오버헤드 문제를 모두 고려한다면, 제안된 고속 핸드오버 PMIPv6 기법의 채택이 유리하다는 결론을 얻었다.

향후 연구 내용으로, 제안된 고속 핸드오버 PMIPv6 기법은 다양한 형태 및 특성을 갖는 유무선 네트워크 기술이 혼재하는 향후 상황을 고려하여 보다 복잡한 네트워크 모델 기반의 성능 평가를 통한 검증이 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] 김평수, 이상규, “매체 무관 핸드오버 기능을 이용한 HMIPv6기반 고속 수직적 핸드오버 메커니즘”, 「한국통신학회논문지」, 제34권, 제1호(2009), pp.67-73.
- [2] 박병주, 한연희, 김봉기, “Proxy Mobile IPv6 네트워크에서 Fast Handover 설계”, 「2007 한국정보과학회 가을 학술발표논문집」, 제34권, 제2호(2007), pp.138-139.
- [3] 박시현, 김영한, “MIH 서비스를 이용한 고속 NetLMM 프로토콜”, 「전자공학회 논문지」, Vol.43, No.TC-11(2006), pp.35-43.
- [4] 이욱재, 한연희, 이효범, 민성기, 정용배, “IEEE 802.16e 접근 네트워크에서 네트워크 기반 고속 IPv6 핸드오버 기법”, 「2007 한국정보과학회 가을 학술발표논문집」, 제34권, 제2호(2007), pp.514-519.
- [5] Conta, A., S. Deering, and M. Gupta, “Internet Control Message Protocol(ICMPv6) for the Internet Protocol Version 6(IPv6) Specification”, *IETF RFC 4443*, 2006.
- [6] Dimopoulou, L., G. Leoleis, and I. S. Venieris, “Fast Handover Support in a WLAN Environment : Challenges and Perspectives”, *IEEE Network*, Vol.19, No.3(2005), pp.15-20.
- [7] Fu, X., J. Lei, “Evaluating the Benefits of Introducing PMIPv6 for Localized Mobility Management”, *Proc. of Wireless Communications and Mobile Computing Conference*, Vol.1(2008), pp.74-80.
- [8] Gundavelli, S., et al., “Proxy Mobile IPv6”, *IETF RFC 5213*, 2008.
- [9] IEEE802.21/D09.00, “Draft standard for local and metropolitan area networks : Media independent handover services”, *IEEE Standards*, 2008.
- [10] Johnson, D. B., C. E. Perkins, and J. Arkko, “Mobility Support in IPv6”, *IETF RFC 3775*, 2004.
- [11] Jung, H., et al., “A Scheme for Supporting Fast Handovers in Hierarchical Mobile IPv6 Networks”, *ETRI Journal*, Vol.27, No.6(2005), pp.798-801.
- [12] Kim, P., et al., “Proactive Correspondent Re-

- gistration for Proxy Mobile IPv6 Route Optimization”, *International Journal of Computer Science and Network Security*, Vol.7, No.11(2007), pp.149-154.
- [13] Koodly, R., “Fast Handovers for Mobile IPv6”, *IETF RFC 4068*, 2005.
- [14] Le, D., X. Fu, and D. Hogrefe, “A Review of Mobility Support Paradigms for the Internet”, *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, Vol.8, No.1(2006), pp.38-51.
- [15] Soliman, H., et al., “Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management”, *IETF RFC 4140*, 2005.
- [16] Xia, F. B. Sarikaya, “Mobile Node Agnostic Fast Handovers for Proxy Mobile IPv6”, *IETF Internet Draft*, 2007.
- [17] Yokota, H., et al., “Fast Handovers for PMIPv6”, *IETF Internet Draft*, 2008.

◆ 저 자 소 개 ◆



김 평 수 (pskim@kpu.ac.kr)

인하대학교 전기공학과를 졸업하고, 서울대학교 제어계측공학과와 전기 컴퓨터공학부에서 석·박사 과정을 마쳤다. 2001년부터 4년간 삼성전자 디지털미디어연구소에서 책임연구원으로 재직하였다. 2005년부터 한국산업기술대학교 전자공학과 조교수로 재직 중이다. 주요 연구분야는 유무선 통합 네트워크 시스템, 인터넷 기반 멀티미디어 서비스, 시스템 소프트웨어 솔루션, 최적 추정 필터링 등이며 이와 관련하여 15편의 SCI급 논문을 포함한 40편 이상의 국내외 저널 논문을 게재하였다.