

분산된 인터넷 이동성 관리에 관한 연구동향

이종혁
상명대학교

요약

본 고에서는 분산된 인터넷 이동성 관리 (Distributed Mobility Management, DMM)에 관한 연구동향을 소개한다. 10여년 전부터 표준화가 시작 된 인터넷 이동성 관리 기법들이 왜 분산된 구조를 가져야 하는지 알아 보며, 기존에 개발 된 기법들을 분산된 구조로 확장 할 때 고려해야 할 사항에 대해서도 진단 한다. 또한, 분산된 인터넷 이동성 관리를 위해 제안 된 기법들을 소개 하고 기존 기법들과의 비교분석 결과를 제시한다.

I. 서론

이동 중 스마트폰과 같은 이동단말기(Mobile Node, MN)를 이용해 인터넷에 접속하고 이메일을 확인하며 인터넷 뱅킹을 통해 온라인 쇼핑을 즐기는 모습은 이제 더 이상 낯설지 않은 풍경이다. 우리집 5살 난 아이도 할머니 댁에 가는 고속도로 차 안에서 스마트폰을 이용해 유튜브에 접속을 하고 'Let It Go' 비디오를 보며 노래를 따라 부른다. 이 모든게 어찌 된 일인가? 이러한 변화에는 스마트폰이라는 요술기도 LTE라 부르는 4세대 무선 통신 기술도 있겠지만, 네트워크 아키텍처와 프로토콜 관점에서 본다면, 인터넷 이동성 관리 기술을 언급하지 않을 수 없다.

2003년 9월 인터넷 프로토콜 표준화 단체인 Internet Engineering Task Force (IETF)는 Mobility for IPv6 작업반을 만들고 차세대 인터넷에서의 이동성 보장에 관한 표준화를 시작하여 그 결과물로 호스트기반의 이동성 보장 프로토콜인 Mobile IPv6 (MIPv6) [1] 를 만들어 냈다. 그 후, 네트워크기반의 이동성 보장 프로토콜인 Proxy Mobile IPv6 (PMIPv6) [2] 를 Network-based Localized Mobility Management 작업반을 통해 표준화 하기에 이른다. 관련 된 확장 프로토콜들의 연이은 개발과 함께 이동통신 표준화 단체인 3GPP에서 MIPv6와 PMIPv6를 4세대 이동통신 네트워크인 3GPP Evolved Packet

Core (EPC)를 위한 표준 기술로 채택함으로써 IETF에서의 인터넷 이동성 관리에 관한 표준화 연구는 큰 방점을 찍었으며, 그 후속 연구도 이동성 보장에 관한 새로운 접근방법에 관한 연구보다는 MIPv6, PMIPv6와 같은 기존 프로토콜의 기능을 향상 시키기 위한 방안들이 주로 이루어 졌다.

다양한 사회관계망 서비스의 출현, 온라인 게임의 활성화, 대용량 사진/비디오의 보편화와 함께 스마트폰과 같은 이동단말기의 대중화는 이동통신 네트워크로 유입 되는 데이터 트래픽의 폭증을 야기 시키고 있다. 이에 대응하기 위해 이동통신 네트워크는 계층적 구조에서 인터넷과 같은 평평한 구조로 진화하고 있으며 대표적인 예가 4세대 이동통신 네트워크인 EPC이다. 특히, EPC는 유입 되는 트래픽 폭증을 해결하기 위한 방안으로 Selected IP Traffic Offload (SIPTO) 나 Local IP Access (LIPA)와 같은 데이터 오프로딩(Off-loading) [3][4][5] 기법을 적용하고 있기는 하지만 이동성 보장 관점에서 본다면, 평평한 구조로 진화하고 있는 EPC는 이미 중앙집중형 이동성 앵커(Mobility Anchor, MA)를 기반으로 개발 된 MIPv6, PMIPv6에게는 그 효율적인 동작을 보장 할 수 없다.

본 고에서는 폭발적으로 증가하는 이동통신 트래픽으로 인해 새롭게 대두되고 있는 분산된 인터넷 이동성 관리에 관한 연구동향을 살펴 본다. 특히, 네트워크 계층에서 동작하는 분산된 이동성 관리 기술의 필요성과 IETF DMM 작업반의 표준기술 개발 현황을 살펴 본다. 또한, 최근 발표 된 기법들을 소개하고 기존 기법들과의 비교분석 결과를 제시한다.

II. 왜 분산된 이동성 관리가 필요한가?

<그림 1>은 MIPv6와 PMIPv6에서의 기본적인 이동성 보장 과정을 나타낸다. 중앙집중형 이동성 앵커, 즉 MIPv6의 Home Agent (HA); PMIPv6의 Local Mobility Anchor (LMA)가 운용 되며 이동단말기에 대한 데이터 포워딩은 터널링을 통해 이루어 진다.

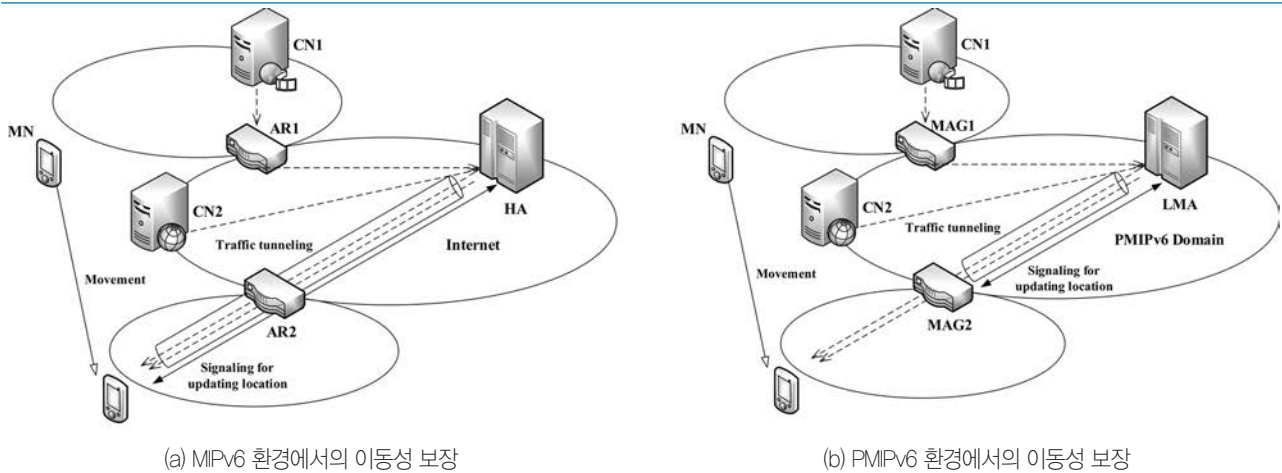


그림 1. 중앙집중형 앵커를 도입하고 있는 IETF 이동성 보장 프로토콜들의 동작

중앙집중형 앵커는 많은 경우 이동단말기의 데이터 전송 경로를 길게 만들어 단대단 통신 지연(End-to-End Communication Latency)을 증가시켜 전체적인 데이터 전송 성능을 악화시킨다. 네트워크 아키텍처의 상위 계층에 위치하게 되는 중앙집중형 앵커가 이동단말기의 데이터 포워딩에 관여 해야 하는 이유로 인해 이러한 현상이 나타난다. 또한 최근 들어 빠른 데이터 전송을 위해 많이 활용 되는 콘텐츠 전송 네트워크(Content Delivery Network, CDN)가 지원 된다 할지라도 중앙집중형 앵커를 유지하는 한 이동단말기의 데이터 전송 성능은 크게 향상 되기 어려운 실정이다.

중앙집중형 앵커는 계층적 구조를 가지는 이동통신 네트워크를 기반으로 설계 되었다. 다시 말해, 평평한 구조로 진화하고 있는 EPC에서 중앙집중형 앵커의 도입(예를 들어, Packet Data Network Gateway에 설치)은 확장성을 저하시키고 평평한 구조의 장점을 상쇄시킨다.

중앙집중형 앵커는 이동단말기의 이동 중 세션 유지를 위해 위치정보를 유지하고 관련 된 이동성 시그널링을 처리해야 한다. 예를 들어, MIPv6의 Binding Update (BU)/Acknowledgement (BA) 메시지 혹은 PMIPv6의 Proxy Binding Update (PBU)/Acknowledgement (PBA) 메시지를 처리해야 한다. 이와 더불어 터널링을 이용한 이동단말기의 데이터 포워딩이 이루어지기 때문에 중앙집중형 앵커는 과부하가 걸리기 쉽다. 급증하는 이동단말기와 기하급수적으로 늘어 나는 데이터 트래픽은 중앙집중형 앵커를 더욱 과부하 상태로 만들 것이고 동작불능 상태로 빠져 이동단말기에 대한 서비스 불능 사태를 가져 올 수 있다. 특히, 이동성 보장 앵커의 동작불능은 단순히 이동성 보장만을 제공하지 못 하는 상황 이 아니라 이동단말기의 데이터 전송까지도 불가능 하게 만 든다.

이제까지 개발 된 IETF 이동성 보장 프로토콜들은 실제적인 이동성 지원을 필요로 하는 단말기와 그렇지 않은 단말기를 구별하는 장치가 없었다. 단말기가 이동 중 통신을 하지 않기 때문에 세션에 대한 유지가 불필요함에도 불구하고 위치 정보를 유지하기 위한 이동성 시그널링이 요구 된다.

또한, 많은 경우 이동 중 세션 유지가 불필요한 어플리케이션 (예를 들어, 웹브라우저나 이메일 등)이 주로 사용 되고 있으며, 응용 계층이나 다른 계층에서의 세션 유지가 지원 되는 경우도 있다. 즉, 선별적 이동성 보장이 이루어져야 하지만 현재의 IETF 이동성 보장 프로토콜들은 이러한 지원을 하지 못한다.

현재의 IETF 이동성 보장 프로토콜은 선별적인 이동성 보장을 제공하지 못 함으로써 발생하는 불필요한 이동성 시그널링 뿐만 아니라, 직접적인 통신이 가능한 상대 노드 (Correspondent Node, CN)와의 통신을 위해서도 이동성 시그널링을 통한 세션 유지와 데이터 터널링을 설정함으로써 자원을 낭비 시킨다. 예를 들어, MIPv6의 경우 HA와 이동단말기 사이에 IPv6 캡슐화를 통한 터널링이 이루어지며, PMIPv6의 경우 LMA와 Mobility Access Gateway (MAG) 사이에 터널링 이 생성 된다.

중앙집중형 앵커를 도입하여 운영함으로써 이동성 보장에 관한 관리의 편의성을 제공 했지만, 앞서 살펴 본 바와 같이 성능적인 문제점이나 확장성의 문제점이 드러나고 있다. 게다가, 이동단말기에 대한 모든 관리가 단일 노드(즉, 중앙집중형 앵커)에서 수행 되기 때문에 악의적인 공격자에 의한 주요 공격 대상이 된다.

이외에도 MIPv6, PMIPv6 프로토콜을 위한 많은 확장 프로토콜과 기술들(예를 들어, MIPv6 환경에서 계층적 구조로 이동단말기들을 관리 할 수 있게 하는 Hierarchical Mobile IPv6 [6], 빠른 핸드오버를 지원하는 Fast Handover 프로토콜 [7], [8],

IPSec과의 보안을 설정을 돕는 프로토콜, QoS 지원을 위한 프로토콜 확장 등)이 존재하고 네트워크 계층에서의 이동성 보장 프로토콜 이외에 전송계층이나 응용계층에서의 이동성 보장 프로토콜들이 존재 하기에 다양한 프로토콜들과 기술들의 동시 운용 및 설정에 많은 어려움을 야기 시키고 있는 실정이다.

III. 분산된 인터넷 이동성 관리 기법 개발에 관한 요구사항

앞서 살펴 본 바와 같이 그 수가 급증하고 있는 이동단말기와 데이터 형그리 어플리케이션과 서비스의 출현으로 데이터 트래픽은 기하급수적으로 늘어나고 있다. 이러한 상황에서 중앙집중형 앵커를 기반으로 하는 IETF 이동성 보장 프로토콜들은 그 한계를 노출하고 있다. 이에 따라, IETF는 2012년 3월 DMM 작업반을 공식적으로 출범 시키고 분산된 인터넷 이동성 관리 기법에 관한 표준화를 진행하고 있다.

분산된 인터넷 이동성 관리를 위해 이동성 보장 앵커를 이동 단말기와 근접한 곳, 예를 들어 액세스 네트워크의 Access Router (AR)에 분산 되어 위치 하도록 한다. 이는 곧 이동 단말기의 데이터 트래픽 흐름을 나타내는 데이터 플랜(Data Plane)과 이동성 관리를 위한 시그널링 흐름을 나타내는 컨트롤 플랜(Control Plane)을 분리하고 데이터 플랜의 중앙집중화를 피하는 아키텍처를 설계하도록 요구하는 것이다. 참고로 컨트롤 플랜의 분산화는 선택적으로 구현 될 수 있다.

데이터 플랜의 분산화를 통해 이동단말기의 데이터 트래픽이 하나의 앵커에 집중 되는 것을 피하고 유연한 데이터 트래픽 경로를 설정 할 수 있도록 돕는다. 예를 들어, 한곳으로 데이터 트래픽이 집중 되지 않기 때문에 과부하 상태에 빠지거나 동작 불능 상태가 되어 이동단말기에 대한 서비스 제공 불능 상태가 발생 할 확률이 줄어 든다. 또한, 터널링과 같은 작업을 하나의 앵커에서 집중적으로 수행 하지 않기에 터널링에 의한 과부하도 줄어 든다. 게다가 중앙집중형의 단일 앵커가 존재하고 있는 곳까지 데이터 트래픽들이 전송 되었다가 이동단말기기로 포워딩 될 필요가 없기 때문에 전송 성능이 향상 된다. 즉, 낮은 단대단 통신 지연을 실현함으로써 사용자가 느끼는 체감 성능이 향상 된다.

이동성 보장이 불필요한 단말기들을 위해 선택적인 이동성을 보장 할 수 있어야 한다. 이러한 선택적인 이동성 보장은 이동단말기의 특정 어플리케이션 세션만을 위해 제공 되거나 실제 물리적인 이동에 의해 이동성 보장이 필요한 경우에만 이동

성 시그널링의 발생을 의미한다. 또한, 이동단말기의 다른 계층에서 이동성을 보장하기에 네트워크 계층에서 이동성을 보장할 필요가 없다면 불필요한 이동성 시그널링을 통한 이동성 보장을 시도하지 않아야 한다. 이를 통해 이동단말기의 자원뿐만 아니라 네트워크 자원을 효율적으로 운용 할 수 있으며, 불필요하게 설정 되는 앵커를 통한 데이터 포워딩을 줄일 수 있다.

분산된 인터넷 이동성 관리 기법은 차세대 인터넷에서의 이동성을 보장하는 것을 주목적으로 해야 하기에 그 기본 프로토콜을 IPv6로 하며, 새로운 프로토콜을 개발하기 보다는 기존의 이동성 보장 프로토콜을 활용하도록 한다. 즉, MIPv6나 PMIPv6을 재사용하여 호스트기반의 DMM 프로토콜을 개발하거나 네트워크기반의 DMM 프로토콜을 개발 할 수 있다. 이와 관련하여 몇몇 연구그룹은 이미 MIPv6나 PMIPv6을 기반으로 분산된 인터넷 이동성 관리 기법을 제안하였다 [9][10][11].

위와 같은 개발 요구사항 [12] 이외에도 기존 네트워크와의 하위호환성을 제공해야 하며 새로운 보안 문제를 야기시키지 않아야 한다. 또한 멀티캐스트 지원에 있어서 그 복잡도를 높이지 않아야 하는 요구사항이 존재 한다.

IV. 기존의 기법들을 분산된 구조로 확장한다면?

분산된 인터넷 이동성 관리 기법을 개발하기 위한 방안은 다양 할 수 있다. 본 장에서는 3GPP EPC 의 이동성 보장 프로토콜로 사용 되고 있는 MIPv6와 PMIPv6을 이용해 분산된 인터넷 이동성 관리 기법을 개발 한다면 현재 지원 가능한 기능은 무엇이고 추가적으로 개발해야 할 기능은 무엇인지 살펴 본다 [13].

먼저 분산된 인터넷 이동성 관리를 위해서는 다수의 앵커가 이동단말기와 가까운 거리에 (예를 들어, 액세스 네트워크의 AR)에 설치가 되어 운영이 되어야 한다. 현재 MIPv6와 PMIPv6의 앵커를 액세스 네트워크에 설치하여 운영하는 것이 가능하기에 분산된 앵커를 통한 트래픽 분산도 가능하다.

또한 효율적인 데이터 포워딩 관리를 위해 동적으로 앵커를 이동단말기에 할당하거나 필요 시 앵커의 재배치가 이루어질 수 있어야 한다. 현재 MIPv6와 PMIPv6는 초기 앵커 할당 과정 중 선택적으로 앵커를 할당하는 기법을 제공하지만 이동 단말기가 진행중인 세션을 가지고 있을 때 앵커를 변경 할 수 있는 방법을 제공하지 못 한다.

선택적인 이동성을 보장하기 위해서 앵커는 특정한 세션만을

위해 할당이 되거나 재배치가 될 수 있어야 한다. 이는 특정 주소(MIPv6의 경우) 혹은 네트워크 프리픽스(PMIPv6의 경우)에 선택적인 앵커 할당/재배치를 할 수 있음을 의미한다. 이를 위해서 이동단말기는 다수의 주소를 관리 할 수 있어야 하며 특정 주소나 네트워크 프리픽스와 연관된 세션이 상태 정보(예를 들어, 특정 세션이 현재 사용 중이거나 혹은 사용되지 않는 세션인지 구별)를 알 수 있어야 한다. 호스트기반의 이동성 보장 프로토콜인 MIPv6을 사용하는 이동단말기는 네트워크 접속 프로그램 등을 이용해 세션 상태 정보를 알아 낼 수 있지만 네트워크를 통해 이동성을 보장 받게 되는 PMIPv6 기반의 이동단말기는 이러한 세션 상태를 알 수 있는 표준화 된 방안은 현재 없다.

MIPv6와 PMIPv6는 개발 당시부터 IPv6환경에서의 이동성 지원을 위해 개발 되었기 때문에, MIPv6나 PMIPv6를 확장하여 분산된 인터넷 이동성 관리 기법을 개발한다면 차세대 인터넷에서 동작이 확보되며 기존의 네트워크와의 하위호환성도 쉽게 제공 된다. 또한 MIPv6와 PMIPv6을 위해 개발된 보안 기법들과 멀티캐스트 지원 기법들을 재사용 할 수 있다는 장점이 있다.

정리하자면 MIPv6와 PMIPv6의 분산된 구조로의 확장은 자연스러운 분산된 인터넷 이동성 관리 기법의 개발 방안이기는 하지만 분산된 앵커의 기능을 정의하고 현재 제공되지 못하는 기법들에 대한 프로토콜 관점의 표준화가 요구 된다. 특히, 기존 이동성 보장 프로토콜들은 데이터 플랜과 컨트롤 플랜을 명확하게 구별하여 관리하지 않았으며 앵커의 분산을 통해 데이터 플랜을 최적화 할 수 있다 할지라도 관리의 편의를 위해 이동통신망 사업자는 컨트롤 플랜의 중앙집중형 설계를 바랄 것이다.

V. 호스트기반의 DMM

본 장에서는 MIPv6를 확장하여 어떻게 호스트기반 DMM 프로토콜을 개발하는지 살펴 보도록 한다. 소개하는 기법은 [9], [11]에서 발표 되었으며, 기본 동작은 <그림 2>에 나타난다.

본 기법은 MIPv6와 비슷하게 이동단말기가 바인딩 업데이트 리스트(Binding Update List)를 유지하고 자신의 이동(즉, 핸드오버)을 감지하여 이동성 시그널링을 통해 앵커에게 직접 등록을 수행하도록 한다. 하지만, 분산된 이동성 보장을 제공하기 위해 다음과 같은 새로운 앵커와 시그널링 메시지를 정의한다.

- **Access Mobility Anchor (AMA):** MIPv6의 앵커인 HA를 확장한 AMA는 바인딩 캐쉬(Binding Cache)를 통해 이동단말기에 대한 이동성 보장과 함께 터널링을 통한 데이터 포워딩 기능을 제공한다. HA와 같이 중앙집중형으로 구성 되지 않고 이동단말기가 접속해 있는 액세스 네트워크의 AR과 같은 장비에 구현 된다. 따라서, 다수의 AMA가 분산된 형태로 도메인 내에 존재하게 된다.

- **Access Binding Update (ABU)/Acknowledgement (ABA):** 새롭게 정의된 ABU/ABA 메시지가 기존 BU/BA 메시지와 함께 이동성 보장을 위해 사용 된다. ABU/ABA 메시지는 AMA간 교환 되는 시그널링으로 이동단말기의 데이터 포워딩을 위한 터널링을 수립 할 수 있도록 해준다.

<그림 2>의 좌측은 이동단말기가 AMA1 관리 네트워크에서 AMA2 관리 네트워크로의 핸드오버를 보여 준다. 이동단말기는 AMA1으로부터 제공되는 네트워크 프리픽스(Prel::/64)를 이용하여 자신의 주소(Prel::MN)를 설정하고 BU 메시지를 통해 이를 등록한다. 설정된 주소의 상태는 "Preferred"이며, 다른 노드(예를 들어, CN1)와의 통신을 위해 자유롭게 사용된

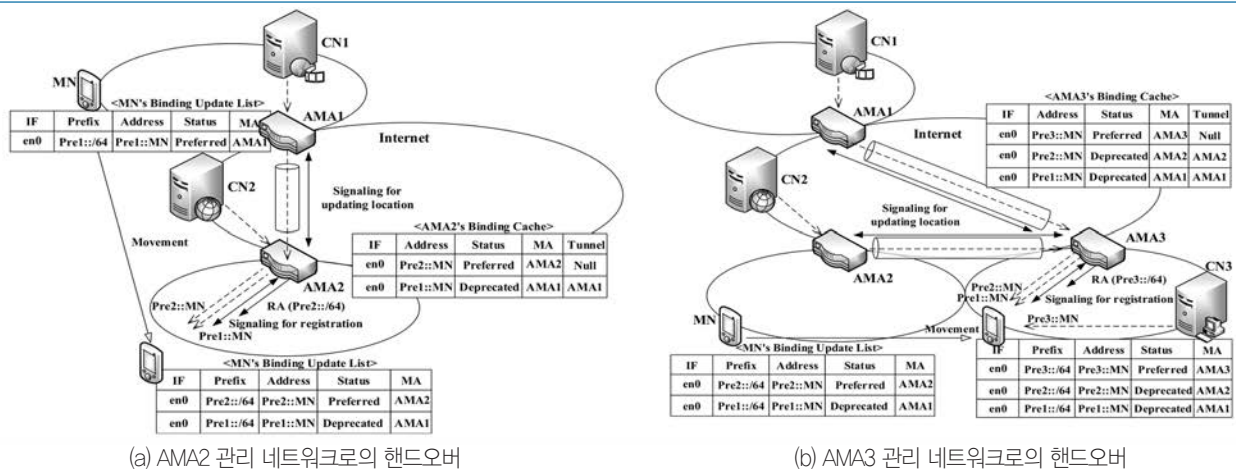


그림 2. MIPv6를 확장한 호스트기반의 DMM 동작

다. 이동단말기기가 AMA2 관리 네트워크에 접속하면 AMA2로부터 새로운 네트워크 프리픽스(Pre2::/64)를 라우터 광고(Router Advertisement, RA) 메시지를 통해 획득 한다. 그 후 새로운 주소(Pre2::MN)를 설정하고 AMA2에게 BU 메시지를 통해 등록한다. BU 메시지에는 이전 주소 정보가 함께 포함되어 AMA2에게 전달 된다. BU 메시지를 통해 등록을 요청 받은 AMA2는 등록이 가능하다면 등록을 허락하며 이전 주소 정보를 기반으로 AMA1에게 ABU 메시지를 전송하여 이동단말기기의 이전 주소(Pre1::MN)로 전송 되는 데이터 트래픽의 포워딩을 요청한다. 요청의 수락/거절은 ABA 메시지를 통해 전달되며 요청이 수락 된다면 AMA1과 AMA2 사이에는 양방향 터널이 형성 되어 이동단말기기의 이전 주소(Pre1::MN)와 관련된 트래픽의 포워딩을 위해 사용 된다.

성공적인 등록을 AMA2가 보낸 BA 메시지를 통해 확인하게 되는 이동단말기기는 자신의 네트워크 인터페이스에서 이전주소(Pre1::MN)를 삭제하지 않고 상태 정보를“Deprecated”로 변경하고 이전에 설정 된 세션과의 통신을 위해서만 사용한다. 반면, 새롭게 설정 된 주소(Pre2::MN)을 “Preferred”상태로 지정하고 새로운 통신을 위해서 사용한다.

<그림 2>의 우측은 이동단말기기가 AMA2 관리 네트워크에서 AMA3 관리 네트워크로의 핸드오버를 보여 준다. 이전 핸드오버와 비슷하게 이동단말기기는 새로운 네트워크에서 새로운 네트워크 프리픽스(Pre3::/64)를 할당 받고 새로운 주소(Pre3::MN)을 설정하여 AMA3에게 BU 메시지를 통해 등록한다. AMA3는 BU 메시지에 포함된 이동단말기기의 이전 주소 정보를 바탕으로 AMA1과 AMA2에게 ABU 메시지를 통해 데이터 포워딩을 요청한다. 성공적인 등록과정 이후, 이동단말기기는 “Preferred”상태를 가지는 새로운 주소(Pre3::MN)를 통해 새로운 통신을 설정하고 “Deprecated”상태를 가지는 이전 주소들(Pre1::MN, Pre2::MN)은 이전에 설정 된 세션들을 위해서만 사용된다.

분산된 앵커로부터 필요한 주소를 설정하고 통신을 설정하도록 하는 본 기법은 데이터 플랜의 분산화와 더불어 컨트롤 플랜의 분산까지도 시도하고 있다. 이동단말기기는 새로운 네트워크에서 새롭게 설정 된 주소를 사용해 다른 노드들과 통신을 설정하며 이때 불필요한 터널링이 수행 되지 않는다. 또한, 이동 중 세션의 유지를 위해 이전 주소로 설정 된 세션에 대해서만 앵커들간의 터널링을 통해 데이터 포워딩을 수행하도록 한다. 이러한 데이터 플랜의 분산화는 중앙집중형 앵커를 사용하는 MIPv6보다 더 짧은 라우팅 경로를 확보 할 수 있다는 장점이 있다. 게다가, 컨트롤 플랜의 분산화를 통해 완전한 형태의 분산된 이동성 보장 구조를 가진다.

VI. 네트워크기반의 DMM

PMIPv6를 확장하여 네트워크기반의 DMM를 개발한다면 호스트기반 DMM 프로토콜과는 달리 이동단말기기가 등록과정에 참여하지 않고 네트워크의 지원을 받아 이동성을 보장 받는다. 소개하는 기법은 [10], [11]에서 발표 되었으며, 기본 동작은 <그림 3>과 같다.

본 기법은 이미 소개 된 호스트기반 DMM 프로토콜과 비슷하게 앵커를 액세스 네트워크의 AR에 구현함으로써 데이터 플랜의 분산을 시도하지만 중앙집중형의 컨트롤 플랜 구조를 가짐으로써 관리의 용이성을 확보한다. 네트워크기반의 분산된 이동성 보장을 위해 다음과 같은 새로운 앵커와 중앙집중형 관리 에이전트, 시그널링 메시지를 정의한다.

- **Mobility capable Access Router (MAR):** PMIPv6의 MAG 기능을 확장한 앵커로서 네트워크에 접속하는 이동단말기기를 탐지하고 주소 설정에 필요한 홈네트워크 프리픽스를 제공한다. 또한, PMIPv6의 LMA가 이동단말기기의 이동성 보장을 위해 관리하던 바인딩 캐쉬를 확장 된 형태로 구현한다.
- **Mobility Context DB:** 이동단말기기의 이동성 정보(예를 들어, 특정 홈네트워크 프리픽스를 담당하는 MAR의 정보, 특정 이동단말기기가 접속 해 있는 MAR의 정보 등)를 중앙집중형으로 관리를 수행하는 에이전트로서 MAR의 요청에 따라 필요한 정보를 제공한다.
- **MAR Binding Update (MBU)/Acknowledgement (MBA):** 호스트기반 DMM 프로토콜의 ABU/ABA 메시지와 비슷하게, 관련 된 MAR 사이에 교환 되는 메시지로써 이동단말기기의 데이터 포워딩을 위한 터널링 생성을 위해 사용이 된다. 현재 이동단말기기가 접속해 있는 네트워크의 MAR이 MBU 메시지를 이동단말기기의 이전 MAR에게 전송하여 터널링 생성을 요청하고 그에 대한 응답은 MBA 메시지를 통해 이루어 진다.
- **Mobility Context Request (MCReq)/Response (MCRes):** MAR과 Mobility Context DB 사이에 교환 되는 메시지로써 이동단말기기에 대한 정보를 MAR이 MCReq 메시지를 통해 요청하며 그에 대한 응답으로 Mobility Context DB가 MCRes 메시지를 보낸다.

<그림 3>의 좌측은 이동단말기기가 MAR1 관리 네트워크에서 MAR2 관리 네트워크로의 핸드오버를 나타낸다. 이동단말기기의 이동은 MAR2에 의해 감지 되고, MAR2는 MCReq 메시지를 Mobility Context DB에 전송함으로써 이동단말기

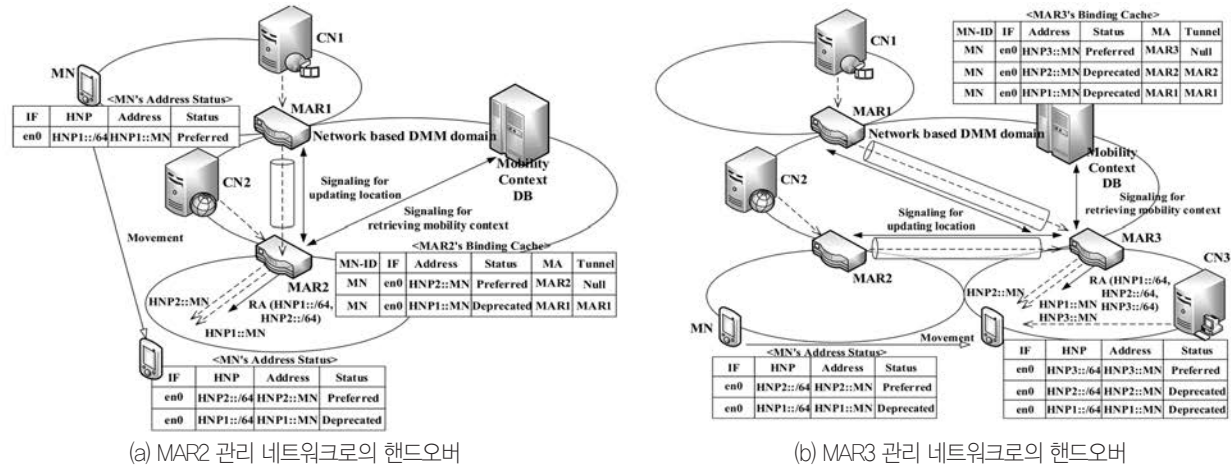


그림 3. PMIPv6를 확장한 네트워크기반의 DMM 동작

에 관한 정보를 요청한다. 그에 대한 응답으로 MCRes 메시지가 MAR2에게 전송이 되며 이동단말기의 이전 홈네트워크 프리픽스(HNP1::/64), 이전 홈네트워크 프리픽스를 담당하는 앵커(MAR1), 새로운 홈네트워크 프리픽스(HNP2::/64)와 같

표 1. 이동성 보장 프로토콜 비교 [1]

은 정보가 전달 된다. MAR2는 이러한 정보를 바탕으로 MAR1에게 MBU 메시지를 전송함으로써 이동단말기의 이전 주소(HNP1::MN)와 관련 된 데이터 포워딩을 위한 터널링을 요청한다. 이와 함께, MAR2는 이동단말기에 RA 메시지를 통해

	MIPv6 [1]	FMPv6 [7]	HMPv6 [6]	PMIPv6 [2]	FPMIPv6 [8]	호스트기반 DMM	네트워크기반 DMM
이동성 지원 형태	호스트기반	호스트기반	호스트기반	네트워크기반	네트워크기반	호스트기반	네트워크기반
이동성 제공 범위	글로벌	지역적	지역적	지역적	지역적	지역적	지역적
앵커의 형태	중앙집중형	중앙집중형	중앙집중형	중앙집중형	중앙집중형	분산형	분산형
데이터 플랜과 컨트롤 플랜의 분리	미지원	미지원	미지원	미지원	미지원	지원	지원
데이터 플랜의 분산화	불가	불가	불가	불가	불가	제공	제공
컨트롤 플랜의 분산화	불가	불가	불가	불가	불가	제공	불가
요구되는 네트워크 노드	- HA	- HA - 빠른 핸드오버 지원 AR	- HA - MAP	- LMA - MAG	- LMA - 빠른 핸드오버 지원 MAR	- AMA	- MAR - Mobility Context DB
이동단말기의 변경	요구됨	요구됨	요구됨	불필요	불필요	요구됨	불필요
이동단말기의 주소	- Home Address (HoA) - Care-of Address (CoA)	- HoA - CoA	- HoA - Regional CoA - On-link CoA	- HoA	- HoA	- 액세스 네트워크에서 설정 되는 주소	- 액세스 네트워크에서 설정 되는 주소
이동단말기에 할당되는 주소의 수	2	2	3	1	1	n개의 액세스 네트워크에서 설정 되는 주소	n개의 액세스 네트워크에서 설정 되는 주소
데이터 포워딩을 위해 요구되는 터널링 구간	- HA와 MN의 통신 구간	- HA와 MN의 통신 구간 - 이웃하는 AR간의 통신 구간	- HA와 MN의 통신 구간 - MAP와 MN의 통신 구간	- LMA와 MAG와의 통신 구간	- LMA와 MAG와의 통신 구간 - 이웃하는 MAG간의 통신 구간	- 이동단말기가 접속해 있는 AMA와 이전 AMA들간의 통신 구간	- 이동단말기가 접속해 있는 MAR와 이전 MAR들간의 통신 구간
이동단말기를 위해 생성 되는 터널링의 수	1	2	2	1	2	n-1	n-1
무선링크에서의 터널링 부하	존재	존재	존재	없음	없음	없음	없음

이전 홈네트워크 프리픽스(HNP1::/64)로 설정된 주소(HN-PI::MN)의 상태를 “Deprecated”로 변경하도록 하고 새로운 프리픽스(HNP2::/64)를 통해 새로운 주소(HNP2::MN)를 설정하고 “Preferred”상태로 지정하여 새로운 통신을 위해 사용하도록 한다.

〈그림 3〉의 우측에서 보여 주고 있는 MAR2 관리 네트워크에서 MAR3 관리 네트워크로의 이동도 비슷한 동작이 수행된다. 즉, 새로운 프리픽스(HNP3::/64)를 통해 새로운 주소(HNP3::MN)를 설정하고 새로운 통신을 연결하는데 사용된다. 반면, 기존 주소(HNP1::MN, HNP2::MN)와 관련된 데이터 트래픽은 앵커들 간에 설정된 터널링을 통해 전송된다.

PMIPv6를 확장한 네트워크기반 DMM 프로토콜은MIPv6를 확장한 호스트기반 DMM 프로토콜에 비해 이동단말기기의 수정(즉, 이동성 보장을 위한 통신 스택의 변경)을 요구하지 않으면서도, 데이터 플랜의 분산화를 통해 성능을 향상 시키고 있다. 또한, 컨트롤 플랜의 중앙집중형 설계로 인해 관리의 편의성을 제공할 수 있다.

Ⅶ. 비교 분석

본 고에서 소개된 호스트기반 DMM 프로토콜과 네트워크기반 DMM 프로토콜을 다음과 같은 IETF 이동성 보장 프로토콜들과 비교 분석을 한다.

- Mobile IPv6 (MIPv6)
- Fast Mobile IPv6 (FMIPv6)
- Hierarchical Mobile IPv6 (HMIPv6)
- Proxy Mobile IPv6 (PMIPv6)
- Fast Proxy Mobile IPv6 (FPMIPv6)

〈표 1〉은 각각의 이동성 보장 프로토콜들의 특성과 장단점을 나타낸다. 특히, 기존에 개발된 IETF 이동성 보장 프로토콜들은 중앙집중형 앵커의 도입으로 인해 대용량 트래픽이 발생되는 상황에서 쉽게 동작 불능 상황에 빠질 수 있으며 불필요한 터널링으로 인해 비효율적인 전송 경로를 만들어 낸다. 또한, 데이터 플랜과 컨트롤 플랜의 분리를 지원하지 못하고 있다.

Ⅷ. 결론

본 고에서는 분산된 인터넷 이동성 관리에 관한 연구동향을 살펴 보았다. 폭발적으로 증가하는 이동통신 트래픽으로 인해

기존 IETF 이동성 보장 프로토콜들은 그 한계점을 드러내고 있으며, 분산된 구조로의 변화가 요구되고 있다. 특히, 10여년 전부터 시작된 이동성 보장 프로토콜 개발은 이동단말기기에 대한 이동성 보장이라는 주요한 목적을 달성하기는 했지만 변화하는 이동통신 네트워크 환경에서 확장성과 성능상의 문제점을 드러내고 있다.

이에 따라, IETF는 2012년 3월 DMM 작업반을 만들고 분산된 인터넷 이동성 관리에 관한 연구와 표준화를 수행하고 있다. IETF의 표준화 연구는 아직까지 DMM 프로토콜의 요구사항 분석이나 기존 프로토콜의 문제점을 진단하는 수준에 머물러 있지만, 본 고에서 소개한 DMM 프로토콜들을 포함하여 세계 각국의 연구그룹에 의해 많은 연구가 진행되고 있다. 비록 동적인 앵커의 할당이나 재배치와 같은 요구사항을 만족시키는 기법들은 아직까지 소개되고 있지는 않지만, 추가적인 연구를 통해 필요한 요구사항들을 모두 만족시키는 DMM 프로토콜과 아키텍처들이 곧 개발될 것이며 IETF의 분산된 인터넷 이동성 표준화 연구에 일조할 것이라 생각하며 본고를 마친다.

Acknowledgement

본 논문은 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2014R1A1A1006770).

참고 문헌

- [1] C. Perkins, D. Johnson, and J. Arkko, “Mobility Support in IPv6,” IETF RFC 6275, July 2011.
- [2] S. Gundavelli et al., “Proxy Mobile IPv6,” IETF RFC 5213, Aug. 2008.
- [3] 3GPP TR 23.829 v10.0.0, Local IP Access and Selected IP Traffic Offload (LIPA-SIPTO) (Release 10).
- [4] J.-H. Lee et al., “Mobile Data Offloading: A Host-Based Distributed Mobility Management Approach,” IEEE Internet Computing Magazine, vol. 18, no. 1, pp. 20–29, January/February 2014.
- [5] C.B. Sankaran, “Data Offloading Techniques in 3GPP Rel-10 Networks: A Tutorial,” IEEE Communications, pp. 46–53, June 2012.
- [6] H. Soliman et al., “Hierarchical Mobile IPv6 (HMIPv6) Mobility Management,” IETF RFC 5380, October 2008.

- [7] R. Koodli (Ed.), "Mobile IPv6 Fast Handovers," IETF RFC 5568, July 2009.
- [8] H. Yokota et al., "Fast Handovers for Proxy Mobile IPv6," IETF RFC 5949, September 2010.
- [9] J.-H. Lee, J.-M. Bonnin, and X. Lagrange, "Host-Based Distributed Mobility Management Support Protocol for IPv6 Mobile Networks," Proc. IEEE WiMob 2012, pp. 61-68, Oct. 2012.
- [10] P. Seite, P. Bertin, and J.-H. Lee, "Distributed Mobility Anchoring," IETF Internet Draft, draft-seite-dmm-dma-07, February 2014.
- [11] J.-H. Lee, J.-M. Bonnin, P. Seite, and H. Chan, "Distributed IP Mobility Management from the Perspective of the IETF: Motivations, Requirements, Approaches, Comparison, and Challenges," IEEE Wireless Communications Magazine, vol. 20, no. 5, pp. 159-168, October 2013.
- [12] H. Chan et al., "Requirements of Distributed Mobility Management," IETF Internet Draft, draft-ietf-dmm-requirements-16, April 2014.
- [13] D. Liu et al., "Distributed Mobility Management: Current practices and gap analysis," IETF Internet Draft, draft-ietf-dmm-best-practices-gap-analysis-03, February 2014.

약 력



이 종 혁

2010년 성균관대학교 공학박사
 2009년~2012년 프랑스 INRIA 연구원
 2012년~2013년 프랑스 그랑제꼴 TELECOM
 Bretagne 조교수
 2013년~현재 상명대학교 컴퓨터소프트웨어공학과
 조교수
 관심분야: IP 이동성, 인증, 프라이버시 보호