

# 분산형 이동성 관리기법의 표준화 동향

김영한, 선경재  
송실대학교

## 요약

본고에서는 분산형 이동성 관리 기법(Distributed Mobility Management, DMM)에 대한 표준화 연구 동향 및 이를 통한 모바일 네트워크에서의 적용 방안에 대한 연구 동향을 소개한다. 특히, 국제 표준화 단체인 IETF에서 논의되고 있는 분산형 이동성 관리 기법의 방향과 함께 최근 활발하게 논의되는 소프트웨어 정의 네트워크(Software-Defined Networking, SDN) 및 네트워크 기능 가상화(Network Function Virtualization, NFV)기술과의 접목을 통한 연구들을 소개하고 다양한 기술의 접목에 따른 이슈들을 분석한다.

## I. 서론

이동성 관리 기법은 무선 단말의 이동 시에 서비스의 연결을 끊지 않고 지속적으로 통신할 수 있도록 지원하는 기법으로, 스마트폰 및 태블릿등의 등장과 함께 폭발적으로 증가하는 무선 접속 단말들을 위해 필요한 기술이다. 특히, 이동통신망에서의 이동성 관리 기법은 ALL-IP기반의 코어 네트워크 기술을 통해 기존의 전화망을 사용하던 음성 통화까지 패킷으로 처리하도록 하는 4세대 이동통신망인 Evolved Packet Core (EPC) 네트워

크에서의 음성 통화 및 데이터 처리에 필수적인 기술로써 이와 관련된 다양한 연구들이 진행되고 있다.

국제 표준화 기구인 Internet Engineering Task Force(IETF)에서는 예전부터 IP 기반의 이동성 프로토콜들을 표준화 하여 무선 단말들의 이동성을 지원하도록 하였다. Mobile IPv6(MIPv6)[1], Proxy Mobile IPv6(PMIPv6)[2]와 같은 이동성 프로토콜들은 단말이 이동 시 IP 터널을 생성하여 단말의 주소를 유지할 수 있도록 지원함으로써 서비스의 연결성을 보장할 수 있도록 설계되었으며 이미 표준화가 완료되어 실 환경에 적용되고 있다. 특히 PMIPv6 프로토콜은 모바일 네트워크인 EPC 네트워크 내 LTE와 Wi-Fi 간의 이기종 무선 기술 간의 이동성을 지원하는 프로토콜로 사용되고 있다[3].

무선 단말들의 지속적인 증가와 함께 오늘날 네트워크가 풀어야 할 또 하나의 문제는 급증하는 네트워크의 트래픽에 대한 관리이다. 사용자가 늘어남에 따라 트래픽이 증가할 뿐만 아니라, 비디오 및 음성 통화와 같은 대용량 미디어 트래픽이 증가하면서 기존의 계층적인 네트워크 구조가 이를 처리하는데 많은 부담을 주고 있다. 현재의 계층적인 모바일 네트워크 구조는 상대적으로 적은 수의 앵커(Anchor)를 두고 네트워크에서 외부로 통신하는 연결을 관리하도록 하고 있는데, 외부로부터 유입되는 트래픽과 외부로 나가는 트래픽이 증가함에 따라서 각 앵커가 처리해야 할 데이터의 양이 급격하게 늘어나게 된 것이

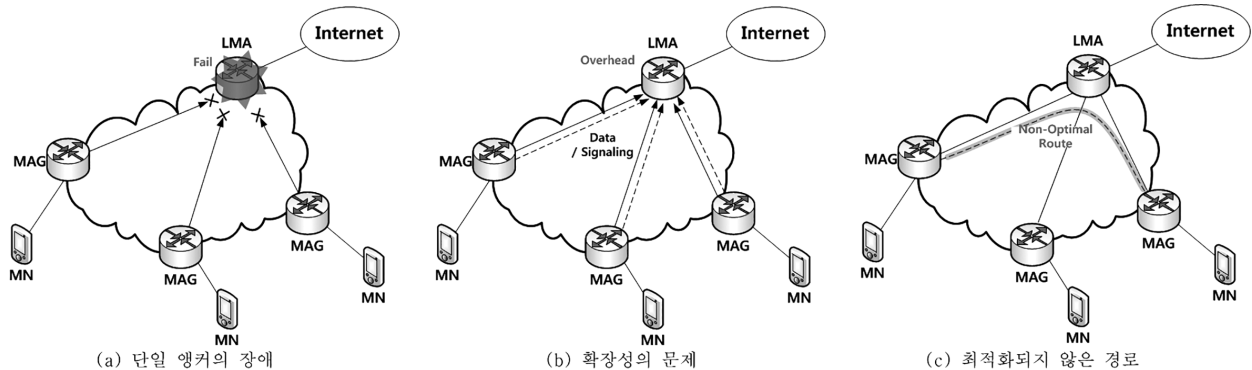


그림 1. 기존 중앙 집중형 이동성 관리 기법의 한계

다. 이러한 문제들을 해결하기 위해서, 기존의 계층적인 구조에서의 앵커 기능을 분산시켜 여러 곳에서 독립적으로 네트워크 기능들을 수행하도록 하는 분산형 구조에 대한 필요성이 논의되기 시작하였다. IETF에서는 기존 이동성 관리 기법의 중앙화된 이동성 관리 기능을 네트워크 내 분산하여 처리하도록 하는 분산형 이동성 관리 기법에 대한 표준화를 위해 Distributed Mobility Management (DMM) Working Group (WG)을 2012년 만들고 이에 대한 논의를 진행하고 있다.

본고에서는 IETF의 DMM WG를 바탕으로 분산형 이동성 관리 기법에 대한 연구 동향 및 향후 지속될 연구 방향에 대해 기술한다. 특별히, 최근 소프트웨어 정의 네트워크 (Software Defined Network)와 같은 새로운 네트워크 인프라 구조에 대한 논의가 활발하게 진행되면서 분산형 이동성 관리 기법의 논의에도 영향을 주고 있다. 따라서 새롭게 대두되는 기술에 따른 분산형 이동성 관리 기법 연구방향의 변화들도 살펴본다.

## II. 분산형 이동성 관리의 필요성

이동성 관리 기법은 단말의 이동 시 기존에 연결하고 있던 서비스의 연결성을 유지해주기 위한 것으로서, 가장 핵심적인 역할은 단말의 IP주소를 위치에 따라 바꾸지 않고 유지시키는 것이다. IETF에서 기존에 제안된 MIPv6 및 PMIPv6에서의 주소 유지 방식은 단말의 이동 시에 이동성 관리 앵커가 단말의 위치를 추적하여 단말과 직접 IP 터널을 생성하거나(MIPv6), 또는 단말이 접속한 곳의 이동성 라우터와 IP 터널을 생성하는 것이다(PMIPv6). 이러한 방식의 이동성 관리 기법은 단말의 위치 추적 및 주소 관리를 위한 이동성 앵커의 역할이 중요한데, 단말이 어느 곳으로 이동하더라도 이동성 앵커가 이를 관리하고 단말의 트래픽이 모두 이동성 앵커를 지나가도록 하기 때문에 중앙 집중형 이동성 관리 기법이라고 한다.

중앙 집중형 이동성 관리 기법은 현재의 모바일 네트워크와 같은 계층적 구조에 적용하기 쉬우며, 단말의 위치와 트래픽에 대한 처리가 한 곳에서 이루어지기 때문에 관리가 효율적인 장점이 있지만, 몇 가지 문제점을 드러내고 있다[4]. 첫째로, 중앙 집중형 이동성 관리기법에서의 이동성 앵커의 장애는 네트워크 전체적으로 치명적인 문제를 야기한다. MIPv6의 경우 같은 Home Agent에 접속하고 있는 모든 단말에 대한 연결이 중단될 뿐만 아니라, PMIPv6의 경우에는 전체 네트워크의 통신 장애가 발생할 수 있는 위험을 가지고 있다. 두 번째로, 네트워크의 확장성에 취약하다. 급증하는 단말에 대해서 이를 처리하는 이동성 앵커가 하나이기 때문에, 단말이 증가하고 단말들에 대

한 이동성 지원 시그널링 메시지 및 단말의 트래픽의 전달을 위한 처리의 수가 급증하면 단일 앵커에 부하가 걸릴 수 있다. 마지막으로, 경로의 최적화가 이루어지지 않는 문제점이 있다. 단말이 이동한 지점이 실제 데이터를 주고받는 지점과 더 가깝더라도, 기존 중앙 집중형 이동성 관리 기법에서는 중앙의 이동성 앵커를 거쳐 트래픽이 전달되어야하기 때문에 경로가 최적화될 수 없다는 한계가 있다. 이 외에도 단말이 이동하지 않는 경우라도 이동성 지원을 위한 과정을 수행함으로써 발생하는 시그널링의 부하문제 등의 여러 단점들이 존재한다.

국제 표준화 기구인 IETF에서는 이러한 문제들을 인식하고, 분산형 이동성 관리 기법에 관한 논의를 진행하고 있다. 분산형 이동성 관리 기법의 주요한 특징은 단일 이동성 앵커를 없애고, 기존의 단일 앵커가 담당하던 기능들을 네트워크의 여러 곳에 분산하여 여러 이동성 앵커들이 독립적으로 자신의 구역에 접속한 단말들의 이동성 관리를 지원하도록 하는 것이다. [6]에서는 기존 이동성 관리 기법들의 한계점과 함께 분산형 이동성 관리 기법에서 고려해야 할 요구사항들을 정리하였다. 주요 요구사항으로는 단일 이동성 앵커를 두지 않을 것, 세션에 따라 이동성을 처리할 수 있도록 할 것, 기존의 이동성 프로토콜의 확장을 우선적으로 고려할 것, 현재의 네트워크와 호환성을 고려할 것 등이 있다.

## III. 분산 방식에 따른 여러 제안들

DMM WG에서 논의되는 분산형 이동성 관리 기법의 구현 방향은 [5]에서도 명시되어 있듯이 기존의 이동성 프로토콜을 확장하는 방식을 우선적으로 고려하였다. 이미 MIPv6, PMIPv6와 같이 표준화로 정의된 프로토콜들이 있었기 때문에, 이러한 이동성 관리 기법들의 단일 앵커를 여러 곳으로 분산시키고자 하는 기법들이 중점적으로 연구되었다. 분산형 이동성 관리 기법에서 고려해야 하는 중요한 이슈 중에 하나는, 단말의 정보를 어떻게 이동성 앵커 간에 공유할 수 있는가 하는 것이다. 중앙의 단일 앵커로부터 도메인 내 단말의 정보를 일괄적으로 관리하고 위치를 추적하던 중앙 집중형 관리 기법과는 달리, 분산형 구조에서는 이러한 기능들이 여러 앵커에 독립적으로 구현이 되어야하기 때문에 단말이 접속했을 때 해당 단말이 새로 네트워크에 접속한 단말인지 다른 곳으로부터 이동한 단말인지를 파악해야 하는 절차가 필요하다.

기존에 연구된 분산형 기법들은 몇 가지 기준으로 분류될 수 있는데, 먼저 호스트 기반의 분산형 이동성 기법과 네트워크 기반의 분산형 이동성 기법으로 나눌 수 있다. 호스트 기반의 분

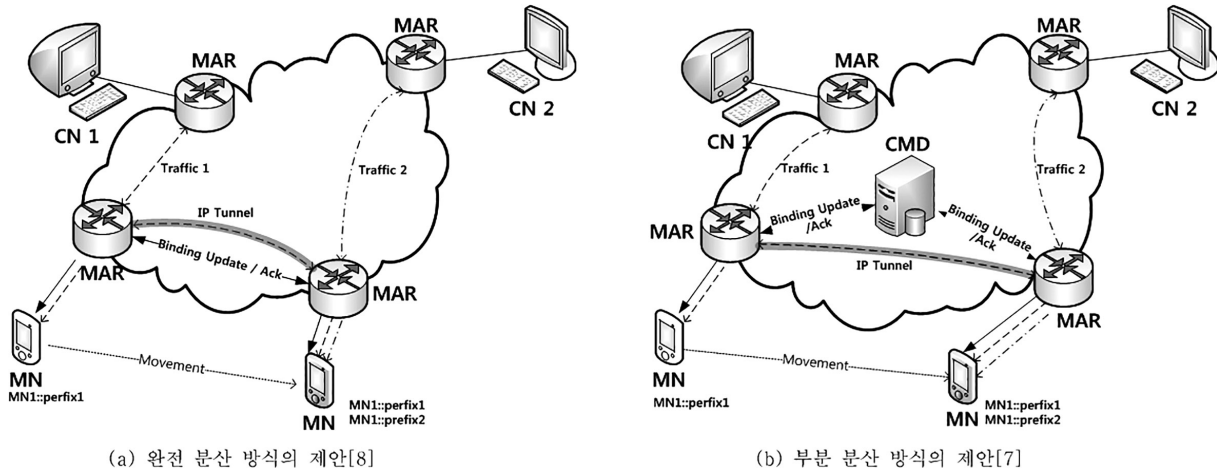


그림 2 완전 분산 방식과 부분 분산 방식

산형 이동성 기법은 단말이 직접 이동성 앵커와 바인딩 업데이트를 수행하는 MIPv6 프로토콜을 분산형 구조로 확장한 것이다. [6]은 단말이 이동하여 새로운 이동성 앵커에 접속하면 단말이 직접 기존에 자신이 접속했던 앵커와 바인딩 업데이트를 통해 IP 터널을 생성하여 기존 주소로 통신하고 있던 세션을 유지시키도록 하는 MIPv6 기반의 분산형 이동성 관리 기법을 제안하였고, [7]에서는 중앙 이동성 데이터베이스 (Centralized Mobility Database, CMD)를 두어 단말이 접속하거나 이동 시에 각 이동성 앵커들이 CMD와 바인딩 업데이트 과정을 수행하도록 제안하였다.

또 하나의 구분 기준으로, 이동성 앵커들이 관리하는 단말에 대한 정보를 공유하는 방식에 따라서 부분 분산 방식과 완전 분산 방식으로 나눌 수 있다. <그림 2>는 두 분산 방식에 대한 동작을 나타낸 것이다. 완전 분산 방식은 이동성 앵커들이 완전히 독립적으로 운영되는 방식으로, 단말의 이동 여부 또는 통신하는 상대 노드의 정보를 알기 위해서 이동성 앵커간의 시그널링을 교환한다. [8]에서는 PMIPv6 기반의 분산형 이동성 관리 구조를 제안하였는데, 네트워크 내 이동성 앵커들이 동일한 prefix를 단말에게 광고함으로써 단말의 주소를 유지시키고 단말의 기존 접속 앵커와 터널링을 형성하는 방식을 제안하였다. 또한 독립적인 앵커들 간에 접속한 단말들을 위한 경로 설정을 위해서 최적화된 앵커를 찾기 위한 매커니즘들도 연구되었다.

분산 해시 테이블을 통해 데이터를 보낼 이동성 라우터를 찾거나, 또는 전체 네트워크로 데이터 또는 시그널링 메시지를 브로드캐스트 메시지를 통해 배포함으로써 상대 노드가 접속한 이동성 앵커를 찾아내는 방법들도 제안되었다. 이러한 방식은 네트워크 내 단일 이동성 앵커가 있는 경우에 발생할 수 있는 확장성 또는 단일 앵커 장애 문제를 해결할 수 있지만, 각각의 이동성 앵커들이 완전히 독립적으로 동작하기 때문에 단말의 이동을 추적하거나 통신 노드들의 접속 지점을 알기 위해서 추가적인 통신이 필요하고, 이러한 통신 과정에서 많은 시그널링 메시지가 발생할 수 있다는 단점이 있다.

부분 분산 방식은 터널링과 같은 이동 단말에 대한 라우팅 지원 및 단말의 주소 할당과 같은 기능들은 여러 앵커들에 분산시키되, 전체 네트워크 관점에서 단말의 위치를 추적할 수 있도록 하는 데이터베이스 형태의 중앙 기능을 두어 단말의 위치를 효율적으로 파악할 수 있도록 지원하는 방식이다. 부분 분산 방식은 최근 SDN과 같은 네트워크 인프라를 변화시키는 새로운 기술들과도 연관되어 있는데, SDN은 중앙의 컨트롤러를 통해 네트워크 내 경로 설정 및 다양한 응용들을 동적이고 소프트웨어적으로 적용할 수 있는 기술로써 데이터 전달 기능과 제어 기능의 분리의 개념을 사용하고 있기 때문이다. 이러한 이유로 최근 DMM 연구 방향은 데이터 전달 기능과 제어 기능의 분리를 기본 개념으로 하여 접근하는 제안들이 많이 나오고 있다. 새로

표 1. DMM WG의 연구 주제 변화

	Previous Charter	New Charter (not fixed)
Work Items	Solution Requirements	Distributed mobility management deployment models and scenarios
	Practices	Enhanced mobility anchoring
	Gap Analysis and extensions	Forwarding path and signaling management
	Extensions to existing protocols	Exposing mobility state to mobile nodes and network nodes

운 기술들과 맞물려 제안되는 구체적인 기술들은 다음 장에서 설명한다. [7]은 부분 분산 방식의 대표적인 제안으로, 단말에의 접속 또는 이동 시에 이동성 앵커들은 CMD에 단말의 정보를 업데이트 하거나, 정보를 참조하여 경로를 설정할 수 있다. 이러한 방식은 제어 메시지와 데이터의 분리뿐만 아니라, 이동 시에도 상대 노드의 이동성 앵커와 최적화된 경로를 통해 연결성을 유지할 수 있다는 장점이 있다. 부분 분산 방식은 데이터와 시그널링을 분산시켜 데이터는 분산된 이동성 앵커 간에 전달되고, 시그널링 메시지는 중앙 데이터베이스 형태의 기능으로 집중시키는 것이 특징이다. 데이터와 시그널링 메시지의 분리를 통해 네트워크 내 특정 지점의 부하를 줄이고, 단말의 위치에 대한 추적 및 관리를 중앙의 단말 지점에서 관리하여 효율적인 네트워크 관리를 가능하게 하는 장점이 있다.

#### IV. DMM의 새로운 연구 방향 및 제안들

지금까지 앞에서 설명한 DMM 기법들은 기존의 IP 기반 이동성 프로토콜을 확장하는 방식으로 연구된 것이다. 그러나 최근에 연구되고 있는 소프트웨어 정의 네트워킹(Software-Defined Networking, SDN)과 같이 지금까지의 IP 기반의 네트워크 인프라를 혁신적으로 변화하려는 움직임에 따라, IETF의 DMM WG의 연구방향도 기존의 IP 기반 이동성 프로토콜뿐만 아니라 다양한 방법으로 확장되려는 움직임을 보이고 있다. 지난 7월에 있었던 90차 IETF 정기 회의에서는, DMM WG의 연구방향에 대한 재정을 논의하였다. 기존에 명시되었던 DMM WG의 연구 목표가 요구사항의 정의와 함께 기존 이동성 프로토콜을 분산형 이동성 관리 구조에 적용 방안 및 이에 대한 확장 가능성 연구에 초점을 맞추었다면, 이번에 새롭게 정의되는 연구 목표는 좀 더 다양하고 넓은 의미의 분산형 이동성 관리 기법을 논의하고자 하였다. 표 1에서 볼 수 있듯이, 새롭게 정의되는 DMM WG의 연구 과제는 IP 계층만의 이동성 관리 기법에서 확장되어 트래픽 제어 및 어플리케이션과 연동되는 제어 메시지 교환, 상위 레벨의 네트워크 모델 및 시나리오 제안과 같은 연구 주제를 담고 있다.

앞서 설명한 것처럼, 최근의 DMM 연구들은 데이터 전달과 시그널링 메시지의 기능 및 경로를 분리하여, 데이터 전달은 분산 앵커를 통해 최적화된 경로로 전달하고 네트워크 제어 및 이를 위한 시그널링 메시지는 중앙화하여 관리하도록 하는 기법들이 많이 제안되고 있다. 특히, 프로그래밍 가능한 네트워크를 통해 동적이고 다양하게 네트워크 인프라를 제어하는 SDN 기술과 가상화 기반의 네트워크 기능을 제공하는 NVF 기술의

등장으로 이러한 데이터 전달 과 제어의 분리를 다양한 방법으로 구현하고자 하는 연구들이 제안되었다. 그림 3 과 같이 단말의 접속 이벤트 또는 단말과 네트워크의 상태 정보들은 제어 도메인으로 전달하여 SDN 컨트롤러 또는 NFV 클라우드 내 네트워크 기능들에 의해서 처리되고, 그 결과에 따른 단말의 트래픽 경로 설정 및 이동성 지원에 따른 트래픽 전달은 분산된 라우터 또는 SDN 스위치 등으로 구성된 전달 네트워크에서 수행하도록 하는 방식이다. 이러한 방식에서, 컨트롤 도메인과 전달 네트워크 사이에 단말의 정보 및 이벤트에 따른 변경사항을 적용하기 위해 사용되어야 하는 프로토콜과 데이터 전달을 위해 사용할 프로토콜에 대한 제안들이 다양하게 논의되고 있다.

지금까지의 DMM WG에서 논의되었던 부분들이 PMIPv6와 같은 기존 이동성 프로토콜을 확장하는 방식으로 네트워크의 설정을 변경하고 IP 터널을 통해 데이터를 전달하였다면, 최근의 논의에서는 OpenFlow와 같은 SDN 기반의 프로토콜 또는 일반적인 라우팅 프로토콜을 통해 설정을 변경하고 데이터 전달을 위해서는 IP 터널이 아닌 일반적인 IP 라우팅 또는 SDN 기반의 스위치 동작을 통해 전달하는 방식까지 다양한 방법들이 제안되고 있다. [9]는 SDN 기반의 DMM 구조에서의 단말 핸드오버 시에 경로 최적화와 관련된 기법을 제안하였다. 특별히, IETF 87차 회의부터 이동성 관리 기법이 실제로 적용되는 이동통신망을 고려한 가상화 EPC 내에서의 분산형 이동성 관리에 대한 논의가 이루어지고 있다. [10]에서는 전달 네트워크 내 데이터 전달 및 이에 대한 설정 변경을 위해서 BGP 프로토콜을 사용하는 방법을 제안하였다. 네트워크에 접속 시 시그널링 메시지는 기존에 3GPP에서 정의된 GTP 프로토콜을 통해 vEPC로 전달되고, 코어 네트워크에서 단말에 대한 인증 및 경로 설정이 완료되면 이에 따른 데이터 전달은 BGP 프로토콜을 통해 수행하도록 하였다. BGP 프로토콜을 통해 단말에 대한 경

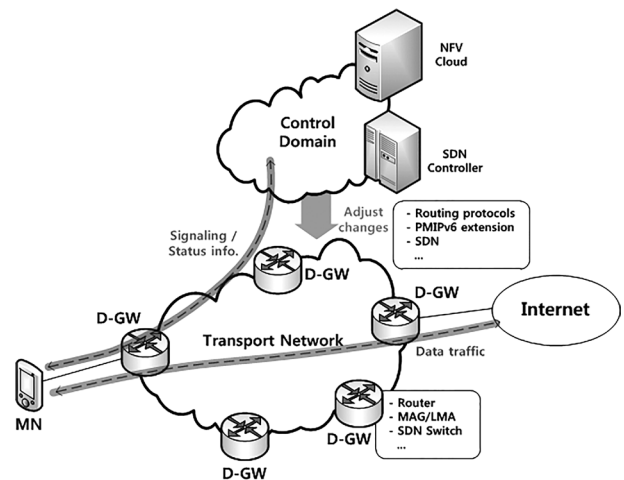


그림 3. 데이터 전달 기능과 제어 기능의 분리 구조



로를 설정해주기 때문에, 기존의 이동통신망 코어 네트워크에서 사용하는 GTP 터널은 사용하지 않으며 이에 따라 데이터 전달을 위한 네트워크 내 자원 소모가 줄어들 수 있다는 장점이 있다.

## V. 결론

지금까지 IETF 표준화 작업을 중심으로 분산형 이동성 관리 기법에 대한 연구 방향 및 최근의 새로운 연구들에 대한 내용들을 살펴보았다. 기존의 IP 이동성 관리 프로토콜을 확장하는 방향으로 시작된 표준화 연구는 호스트 기반과 네트워크 기반의 관리 기법 및 전체 분산 방식과 부분 분산 방식으로 다양하게 연구되었다. 또한, 네트워크 인프라에 대한 혁신적인 변화의 흐름에 따라서 데이터 전달 기능과 제어 기능의 분리 구조가 중점적으로 논의되었으며, IETF의 DMM WG 연구 방향의 수정과 함께 기존 IP 기반 이동성 프로토콜의 확장에서 벗어나 SDN, NFV와 같은 새로운 네트워크 기술들을 고려한 연구들이 제안되고 있다.

2012년부터 표준화를 위해 진행되고 있는 IETF DMM WG에서는 지난 8월 분산형 이동성 관리 기법에 대한 요구사항에 대한 문서 1개가 표준화 문서로 제정되었으며[5], 표준화된 요구사항에 따라 기존 IP 이동성 관리 프로토콜에 대한 적용 여부 및 비교 분석에 대한 문서[11]의 표준화 작업을 진행하고 있다. 현재까지 구체적인 프로토콜의 설계나 구현 방향에 대해서 논의되는 단계는 아니지만, 이미 다양한 제안들이 나오고 있다.

또한 분산형 이동성 관리 기법은 모바일 네트워크와 연계하여 표준화 작업 이외에도 각국의 다양한 과제들로부터 연구되고 있다. 계층적인 기존 네트워크의 구조에서 탈피하여 플랫폼 구조를 제안함으로써 모바일 네트워크의 급증하는 트래픽을 분산하려고 하는 요구들은 IP 기반의 이동성 프로토콜뿐만 아니라 SDN 등 다양한 기술들의 적용을 통해 실제로 구현되는 단계에 있다. 이에 따라 앞으로도 다양한 시나리오와 프로토콜들에 기반한 DMM에 대한 제안들이 많이 연구될 것으로 보이며, 표준화 및 관련 제안들에 대한 적극적인 참여가 필요해 보인다.

## Acknowledgement

본 연구는 미래부가 지원한 2014년 정보통신·방송(ICT) 연구개발사업의 연구결과로 수행되었음(No. 2014-044-011-002, 개방제어 기반 분산구조 모바일코어네트워크 핵심기술 개발)

## 참고 문헌

- [1] Perkins C. et al. "Mobility Support in IPv6," IETF RFC 6275, July 2011. (<http://www.ietf.org>)
- [2] Gundavelli S. et al. "Proxy Mobile IPv6," IETF RFC 5213, August 2008. (<http://www.ietf.org>)
- [3] 3GPP TS 29.275, "Proxy Mobile IPv6 (PMIPv6) based Mobility and Tunneling protocols," Rel-12, July 2014. (<http://www.3gpp.org>)
- [4] Chan H. A. et al. "Distributed and Dynamic Mobility Management in Mobile Internet: current approaches and issues," Journal of Communications, vol. 6, no. 1, pp. 4-15, 2011.
- [5] Chan H. et al. "Requirements for Distributed Mobility Management," IETF RFC 7333, August 2014.
- [6] Giust F. et al. "Flat Access and Mobility Architecture: An IPv6 Distributed Client Mobility Management Solution," Computer Communications Workshops (INFOCOM WKSHPS), 2011 IEEE Conference on, pp. 361-266, 2011.
- [7] Giust F. et al. "Analytic Evaluation and Experimental Validation of a Network-based IPv6 Distributed Mobility Management Solution," Mobile Computing, IEEE Transactions on, vol. PP, no. 99, 2014.
- [8] Jaehwoon Lee, et al. "PMIPv6-based Distributed Mobility Management," IETF Internet-draft, draft-jaehwoon-dmm-pmipv6-02, May 2014.
- [9] Hyunsik Yang, et al. "Routing optimization with DMM," IETF Internet-Draft, draft-yang-dmm-sdn-dmm-01, April 2014.
- [10] Matsushima S. et al. "Stateless user-plane architecture for virtualized EPC (vEPC)," IETF Internet-Draft, draft-matsushima-stateless-uplane-vepc-03, July 2014.
- [11] Liu D. et al. "Distributed Mobility Management: Current practices and gap analysis," IETF Internet-Draft, draft-ietf-dmm-best-practices-gap-analysis-06, July 2014.

## 약 력



김 영 한

1984년 서울대학교 전자공학 학사  
1986년 한국과학기술원 전기전자공학 석사  
1990년 한국과학기술원 전기전자공학 박사  
1994년~현재 송실대학교 교수  
2009년~현재 한국통신학회 상임이사  
관심분야: 소프트웨어 정의 네트워크(SDN),  
정보 중심 네트워크(ICN), 센서 네트워크



선 경 재

2013년 송실대학교 정보통신전자공학학사  
현재 송실대학교 정보통신공학 석박통합과정  
관심분야: 소프트웨어 정의 네트워크 (SDN),  
이동성 관리, 모바일 네트워크