

---

# PMIPv6 기반의 완전 분산형 이동성 관리 기법의 설계 및 성능 비교 분석

이한빈\* · 이종협\*\*

\*인제대학교 전자정보통신공학과 대학원, \*\*인제대학교 정보통신공학과

## Design and Comparative Performance Analysis of Fully Distributed Mobility Management Scheme on PMIPv6

Han-Bin Lee\* · Jong Hyup Lee\*\*

\*Dept. of Electronics and Telecommunications Engineering, Graduate School of Inje University

\*\*Dept. of Information and Communications Engineering, Inje University

E-mail : \*estansia20@oasis.inje.ac.kr, \*\*icjhlee@inje.ac.kr

### 요 약

스마트 폰을 중심으로 하는 이동단말들의 폭발적인 증가로 인해 모바일 데이터 트래픽 또한 기하급수적으로 증가해 왔으며 이로 인해 발생하는 네트워크의 부하를 줄이면서 동시에 이동단말의 이동시에도 서비스 제공에 영향을 주지 않기 위한 여러 이동성 관리 방안들이 Internet Engineering Task Force (IETF) 및 Third Generation Partnership Project (3GPP)를 통해 제안되어 왔다. 최근에는 이동성 관리의 주체가 되는 네트워크 시스템들을 가능한 분산시킴으로써 네트워크의 확장성 및 신뢰성을 높이기 위한 노력들이 진행 중에 있다. IETF에서는 분산형 이동성 관리 방법으로 Distributed Mobility Management (DMM) 방식을 표준화 중에 있으며 세부적으로는 부분 분산형 방식과 완전 분산형 방식을 포함하고 있다. 본 논문에서는 Proxy Mobile IPv6 (PMIPv6) 기반의 네트워크를 대상으로 Neighbor Discovery Protocol (NDP)를 확장, 적용하는 완전 분산형 이동성 관리 방법 (FuDMM)을 제안하였으며, 기존 방식들과의 정성적 비교를 통해 FuDMM에 대한 성능 측면의 장단점을 분석하였다.

### ABSTRACT

Explosive growth of smartphone-based mobile nodes has increased exponentially the mobile data traffic on the Internet. To reduce the traffic load on the network and to support the seamless mobility of the mobile nodes, the IETF and 3GPP have standardized a number of mobility management mechanisms. More recently, they are making an effort to find some schemes to distribute the networking systems that involve in the mobility management in order to assure the scalability and the reliability of the network. In IETF, DMM concept for the distributed mobility management on the Internet is being discussed. Specifically, the DMM can be classified into the partially distributed management and fully distributed management. In this paper, we propose a fully distributed mobility management scheme (FuDMM) on PMIPv6-based network by applying the extended NDP. We also present the performance of FuDMM using the comparative analysis with the existing ones.

### 키워드

PMIPv6, Distributed Mobility Management, Partially DMM, Fully DMM, Comparative Analysis

### I. 서 론

현재 표준으로 제시되어 있는 단말의 이동성 관리 규약인 PMIPv6은 이동단말이 이동성 관리에 관여하지 않는 네트워크 기반의 이동성을 지원하기 위해 만들어진 규약이다. [1] 지금까지의 중앙

집중형 이동성 관리는 하나의 노드에 네트워크의 이동단말의 관리에서 발생하는 부하가 집중되고 공격에 취약한 한계를 나타낼 수밖에 없다. 또한 이동성을 지원할 때 모든 이동단말에 대해 이동성을 위한 자원들을 할당하고 관리하게 되면 그것들을 유지하는데 많은 비용이 소모되고 이는

다른 메커니즘에 비해 불필요한 비용이 발생하는 결과를 가져온다. 따라서 이러한 문제들을 해결하기 위해 이동성 관리 네트워크를 계층적 방식에서 평면적 방식으로 바꾼 DMM이 IETF DMM WG (Working Group)에서 제안되고 있다. [2][3][4]

DMM은 핸드오버 신호 메시지를 담당하는 제어 평면과 데이터 포워딩을 담당하는 데이터 평면을 중앙 집중형으로 운영하는 것과 분산형으로 운영하는 것으로 나뉘는데, P-DMM (Partially DMM)은 제어 평면은 중앙 집중형으로 구현하고 데이터 평면은 분산형으로 운영하는 DMM을 말하며 F-DMM (Fully DMM)은 두 가지의 평면 모두 분산형으로 구현한 DMM을 말한다.[3][5]

본 논문에서는 F-DMM을 효과적으로 제공할 수 있는 방안인 FuDMM을 제안하고 기존의 P-DMM 및 PMIPv6과의 논리적인 성능 분석 사용하여 상호 비교한다.

## II. 관련 연구

현재 DMM WG에서 주로 논의되고 있는 DMM의 방식은 PMIPv6기반의 P-DMM이다. [5][6][7] PMIPv6 기반의 분산형 앵커를 제안한 드래프트에서는 도메인 내부에 존재하는 게이트웨이는 서로의 프리픽스 풀을 가지고 있어서 프리픽스만으로 다른 게이트웨이의 주소를 찾아낼 수 있으므로 이동단말이 핸드오버 했을 때 RS (Router Solicitation)에서 전송되는 IP 주소를 바탕으로 게이트웨이를 특정해 내어 게이트웨이들 사이의 터널링을 수행하는 DMM 방식을 제안하고 있다. [6] 하지만 이 드래프트에서는 각 게이트웨이가 어떤 방식으로 다른 게이트웨이의 프리픽스들을 얻고 관리하는지에 대해서는 명시되어 있지 않다. 또한 PMIPv6 기반의 DMM를 제안한 드래프트에서는 위치 관리를 하는 CMD (Central Mobility Database)를 도메인 내에 배치하여 이동단말이 MAAR (Mobility Anchor and Access Router)에 접속할 때 마다 이동단말의 정보를 CMD에 보고하고, CMD는 MAAR이 보고한 정보를 바탕으로 이동성을 관리하는 방식을 제안하였다. [7]

하나의 도메인을 여러 개의 네트워크로 나누고 각 네트워크는 외부로 나가는 하나의 게이트웨이와 위치 관리자 및 여러 개의 액세스 라우터로 구성된 네트워크 구조에서의 이동성 관리 방안을 제시한 논문도 있다. [8] 이 논문에서는 각 위치 관리자가 다른 네트워크의 프리픽스 정보와 위치 관리자의 정보를 가지고 있으면서, 내부의 액세스 라우터에 이동단말이 접속하면 이동단말의 ID (Identifier)와 프리픽스를 위치 관리자에게 업데이트하여 네트워크 내부에서의 핸드오버 이동성 지원을 하고, 네트워크 외부로 나가게 되면 업데이트되는 프리픽스 정보를 바탕으로 다른 네트워크의 이동 관리자를 특정해 내어 그곳으로 메시지를 보내어 이동성을 관리하는 형태로 동작한다.

를 보내어 이동성을 관리하는 형태로 동작한다.

P-DMM과 PMIPv6을 함께 제공하여 이동단말이 사용하는 트래픽에 따라 이동성 지원 방식을 선택할 수 있도록 하는 방식을 제안하는 논문도 있다. [9] 이 논문에서는 핸드오버를 했을 때 이동성 지원이 많이 필요한 세션이 긴 트래픽들은 PMIPv6을 우선적으로 사용하고, 세션이 짧은 트래픽들은 P-DMM을 사용하는 방식으로써, 중앙의 CMA (Central Mobility Anchor)가 LMA와 CMD의 역할을 모두 수행하는 방식을 제안하였다.

그러나 위에서 살펴본 방법들은 모두 P-DMM 방식이며 지금까지 F-DMM 방식을 제안한 논문은 없기에 본 논문에서는 완전 분산형 방식을 제안하고자 한다.

## III. 확장 NDP를 이용한 F-DMM 방식

본 논문에서는 F-DMM 방식을 고려하고 있으므로 P-DMM에서 요구되는 CMD와 같은 중앙의 데이터베이스는 없다고 가정한다.

본 논문에서 제안하는 FuDMM에서는 네트워크를 구성하는 MAAR들은 이동단말이 접속하면 자체적으로 자신이 보유하고 있는 프리픽스 풀로부터 하나의 프리픽스를 선택하여 BCE (Binding Cache Entry)에 등록한다. MAAR에서는 이동단말이 다른 MAAR로부터 핸드오버하는 것인지의 여부를 판단하여 핸드오버하는 경우에는 MAAR들 사이의 터널링을 통해 이동단말에 대한 이동성을 보장한다.

### 3.1 이동단말의 최초 접속 관리

그림 1은 이동단말이 FuDMM 방식으로 동작하는 네트워크에 최초 접속하는 경우에 대한 메시지 흐름을 나타낸 것이다.

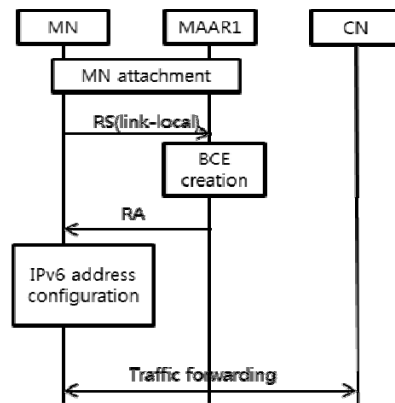


그림 1. 이동단말의 최초 접속 시 메시지 흐름

이동단말이 네트워크에 접속하게 되면, 이를 최초로 감지한 MAAR1은 이동단말이 전송한

MN-ID에 대해 HNP (예, pref1::/64)를 할당하고 BCE에 MN-ID, HNP 및 MAAR1 자신의 글로벌 IP 주소를 저장한 후 할당된 HNP와 자신의 글로벌 IP 주소를 포함하는 RA (Router Advertisement)를 유니캐스트로 이동단말에게 전송한다. RA를 통해 HNP를 수신한 이동단말은 IPv6 주소 (예, pref1::MN/64)를 생성하며, 이후부터는 RS를 송신할 때 MAAR1의 글로벌 IP 주소를 RS의 옵션으로 넣어 멀티캐스트로 전송한다.

MAAR로 접속한 이동단말이 다른 MAAR로부터 이동한 것인지 여부를 결정하는데 이 RS 옵션이 활용된다. 즉, 이동단말이 MAAR의 글로벌 IP 주소를 가지고 없을 경우에는 RS의 옵션으로 자신의 링크로컬 주소를 넣어 보내며 이를 수신한 MAAR은 이동단말이 최초 접속한 것임을 확인할 수 있다. 이동단말은 IPv6 주소 하나만을 추가로 전송하고 수신측은 RS에 대해서만 옵션을 추가로 확인하는 형태이므로 얻는 이득에 비해 큰 비용 부담은 없다고 할 수 있다. [10]

### 3.2 이동단말의 핸드오버 관리

그림 2는 이동단말이 MAAR1에서 MAAR2로 이동하는 첫 번째 핸드오버가 완료된 이후 MAAR2에서 MAAR3으로 다시 핸드오버 하는 경우의 메시지 흐름을 보여주고 있다.

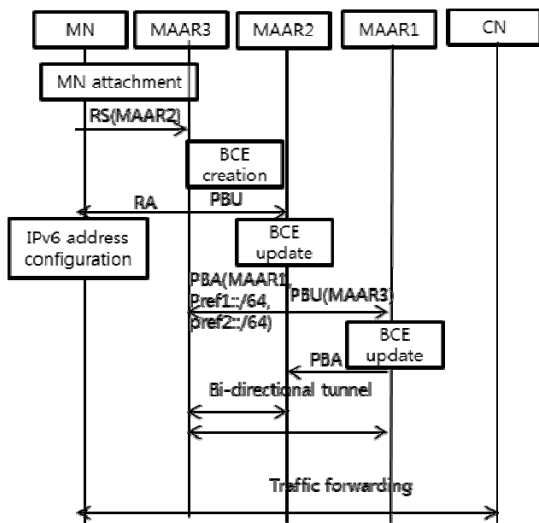


그림 2. 이동단말의 핸드오버 시 메시지 흐름

앞에서 언급한 바와 같이 이동단말은 최초의 MAAR로 접속한 이후부터는 RS를 송신할 때 가장 최근에 접속된 MAAR의 주소인 MAAR2의 주소를 RS의 옵션에 포함시켜 전송한다. RS를 수신한 MAAR3은 수신된 RS의 옵션에 들어있는 IP 주소가 글로벌 IP 주소인 경우에는 이동단말이 다른 MAAR로부터 이동한 단말로 판단한다. MAAR3은 이동단말의 MN ID에 대해서 자신이 관리하는 프

리픽스 폴로부터 선택한 HNP (예, pref3::/64)를 추가로 할당한다. 또한 이 이동단말에 대한 BCE에 MN ID, HNP 및 MAAR3 자신의 IP 주소를 저장하고 이동단말로는 MAAR3의 IP 주소와 자신이 할당한 HNP (예, pref3::/64)를 포함하고 있는 RA를 보낸다. 이동단말은 RA를 통해 수신한 HNP를 바탕으로 IPv6 주소 (예, pref3::MN/64)를 생성하고 이후부터는 RS의 옵션으로 MAAR3의 IP 주소를 넣어 멀티캐스트로 전송한다. MAAR3은 이동단말로 RA를 송신함과 동시에 RS의 옵션으로 전송되어온 MAAR2의 주소로 MN ID를 포함하는 PBU (Proxy Binding Update)를 송신한다.

MAAR2는 MAAR3으로부터 PBU를 수신하게 되면 자신의 BCE에서 MN ID를 찾아 관련 필드를 업데이트하여 이동단말이 어느 MAAR로 이동했는지에 대한 정보를 관리한다. MAAR2는 BCE 업데이트 후 MAAR3으로 PBA (Proxy Binding Acknowledgement)를 보내는데 MN ID관련 프리픽스들을 PBA에 함께 넣어 전송함과 동시에 이전 MAAR들에게는 MN ID와 MAAR3의 주소를 포함하는 PBU를 전송한다. PBU를 수신한 이전 MAAR들은 자신의 BCE에서 MN ID관련 정보를 MAAR3으로 업데이트한 후 PBA를 보낸다. MAAR2에서 보낸 PBA를 수신한 MAAR3은 수신한 정보를 바탕으로 BCE에 관련 정보를 추가하고 터널을 생성하게 된다.

FuDMM은 완전 분산형 DMM이기 때문에 이동단말이 현재 연결되어 있는 MAAR에서는 이동단말이 사용하던 프리픽스 정보를 이동단말이 이전에 연결되었었던 MAAR로부터 수신하여야 한다.

터널링이 완료되면 MAAR1은 pref1::/64으로 가는 패킷을 터널을 통해 MAAR3로 보내고, MAAR2는 pref2::/64으로 가는 패킷을 터널을 통해 MAAR3으로 보낸다. MAAR3은 자신의 BCE를 바탕으로 목적지가 pref1::MN/64, pref2::MN/64 및 pref3::MN/64인 패킷은 이동단말로 보내고 출발지가 pref1::MN/64, pref2::MN/64인 패킷은 터널을 통해 MAAR1, MAAR2로 각각 보내게 된다.

### IV. 정성적 분석

표 1은 본 논문에서 제안한 FuDMM과 PMIPv6, P-DMM들 사이의 정성적 비교 분석을 통해 상호간의 장단점을 정리한 것이다.

PMIPv6와 DMM의 가장 큰 차이는 데이터 평면의 중앙 집중 여부이다. PMIPv6에서는 중앙의 LMA로 모든 트래픽들이 집중되는 반면, DMM에서는 데이터 트래픽들이 액세스 라우터들 사이에서 전달되는 형태이다. 본 논문에서 제안한 FuDMM의 경우 P-DMM에 존재하는 중앙의 CMD까지 제거하여 제어 평면까지도 분산시킬 수 있기 때문에 이동성 관리 시 CMD에 집중되던 신호 트래픽 부하를 각 액세스 라우터들로

분산시킬 수 있는 장점이 있다.

표 1. 유사 방식들 사이의 정성적 비교 분석

구분	PMIPv6 [1]	P-DMM [7]	FuDMM
제어 평면	중앙 집중	중앙 집중	분산
데이터 평면	중앙 집중	분산	분산
이동단말에 할당되는 주소	1	K+1	K+1
이동단말의 데이터 전송에 관여하는 시스템 수	2 LMA-MAG	K+1	K+1
시스템 당 부하의 수	K+1/2	(K+1)/(K+1)	(K+1)/(K+1)
신호 처리에 사용되는 거리	LMA-MAG	CMD-MAAR	MAAR-MAAR
이동성 지원 범위	지역적	지역적	글로벌

표 1에서 K는 이동단말의 핸드오버 횟수를 의미하는데, PMIPv6에서는 이동단말에 할당된 주소를 LMA에서 관리하므로 핸드오버를 해도 이동단말에 할당된 HNP가 유지되지만 DMM에서는 핸드오버를 할 때 마다 이동단말에게 할당된 HNP가 하나씩 증가하므로 DMM에서의 IP 주소의 개수는 K+1이 된다. 또한, 핸드오버 당 세션이 하나씩 생성된다고 가정하면 데이터의 전송에 관여하는 시스템의 부하는 PMIPv6의 경우 LMA와 MAG 두 개이기 때문에 K+1의 부하가 두 개의 시스템에 걸리지만 DMM에서는 K+1개의 시스템으로 부하가 나누어지므로 시스템 당 걸리는 부하는  $(K+1)/(K+1)$ 로 낮아지게 된다.

신호 메시지들이 전달되는 거리측면에서 보면, PMIPv6에서는 LMA-MAG간의 거리가 사용되고 P-DMM에서는 CMD-MAAR간의 거리가 사용된다. 이 두 거리는 이동단말이 연결된 시스템과 중앙에 위치한 LMA나 CMD와의 거리를 뜻한다. 하지만 FuDMM에서는 MAAR-MAAR로 거리를 나타낼 수 있으며 PMIPv6과 P-DMM에서는 신호처리 메시지를 전체 도메인에 하나만 존재하는 LMA 또는 CMD와 주고받는 반면 FuDMM에서는 근접한 MAAR간에 메시지를 주고받기 때문에 신호 메시지 처리 시간이 충분히 단축될 수 있다.

## V. 결 론

본 논문에서는 PMIPv6 기반의 네트워크를 대상으로 NDP를 확장, 적용하는 완전 분산형 이동성 관리 방법인 FuDMM을 제안하였다.

정성적 비교 분석을 통해, 데이터를 전달하는 과정에서 중앙의 LMA 또는 CMD에게 부하가 집중되는 PMIPv6나 P-DMM보다는 완전 분산형인 FuDMM에서는 이동단말이나 액세스 라우터들로 부하가 분산됨을 논리적으로 확인할 수 있었다.

또한 FuDMM에서는 신호 메시지를 주고받는 시스템들 사이의 거리가 상대적으로 가깝기 때문에 네트워크 전체의 트래픽 부하도 낮출 수 있을 뿐 아니라 메시지 지연 시간도 감소시킬 수 있음을 알 수 있었다. FuDMM의 경우, 핸드오버가 계속 되면 이동단말에 할당되는 프리픽스의 수가 증가하고 그로 인해 이동성 관리를 위한 신호 메시지의 개수가 증가되지만 이는 중앙의 LMA나 CMD에 부과되는 부하로 인한 비용보다는 낮을 것으로 판단된다. 추후 수학적 분석을 통해 핸드오버 과정에서 신호 메시지의 증가가 얼마의 부하를 추가로 발생시키는지 검증할 것이며 네트워크의 규모에 따른 성능 변화 등도 분석할 예정이다.

## 참고문헌

- [1] S. Gundavelli, K. Leung, V. Devarapalli, K. Chowdhury and B. Patil, "Proxy Mobile IPv6", RFC5213 2008
- [2] The DMM working Group, <https://datatracker.ietf.org/wg/dmm/documents/>
- [3] H. Chan, D. Liu, P. Seite, H. Yokota and J. Korhonen, "Requirements for Distributed Mobility Management", RFC7333, 2014
- [4] D. Liu, J.C. Zuniga, P. Seite, H. Chan and C.J. Bernardos, "Distributed Mobility Management : Current Practice and Gap Analysis", RFC7429, 2015
- [5] H. Yokota, P. Seite, E. Demaria and Z. Cao "Use case scenarios for Distributed Mobility Management", draft-yokota-dmm-scenario-00, 2010
- [6] C.J. Bernardos, "PMIPv6-based distributed anchoring", draft-bernardos-dmm-distributed-anchoring-06, 2015
- [7] C.J. Bernardos and F. Giust, "A PMIPv6-based solution for Distributed Mobility Management", draft-bernardos-dmm-pmip-05, 2015
- [8] Petro P. Ernest, Olabisi E. Falowo and H. Anthony Chan, "Network-based Distributed Mobility Management : Design and Analysis", Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob), 2013 IEEE 9<sup>th</sup> International Conference on ,pp.499-506, 2013
- [9] Tien-Thanh Nguyen and Christian Bonnet, "A hybrid Centralized-Distributed Mobility Management for Supporting Highly Mobile Users", IEEE International Conference on, 2015
- [10] T. Narten, E. Nordmark, W. Simpson and H. Soliman, "Neighbor Discovery for IP version 6", RFC4861, 2007