

# SDN 기반 LTE/EPC 네트워크에서 하이브리드 중앙-분산 이동성 관리 기법

임 현 교\*, 김 용 환\*, 한 연 희°

## Hybrid Centralized-Distributed Mobility Management Scheme in SDN-Based LTE/EPC Networks

Hyun-Kyo Lim\*, Yong-hwan Kim\*, Youn-Hee Han°

### 요 약

최근 급격히 증가한 모바일 기기의 활성화로 인하여 CMM 기반의 LTE/EPC 네트워크에 과도한 데이터/제어 트래픽의 수용이 힘들어지는 문제가 중요 이슈로 부각되고 있다. 이를 해결하기 위하여 IETF에서는 Distributed Mobility Management (DMM) 기반의 이동성 관리 방안을 제안하였다. 하지만, DMM 기술은 중앙의 트래픽 부하 분산에 초점을 두고 있어서 과도한 제어 트래픽 수용에 관한 문제를 해결하기에는 부족하다. 따라서, 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 SDN을 기반으로 CMM과 DMM을 함께 이용하는 C-DMM LTE/EPC 네트워크 구조를 제시한다. 이를 위하여, 기존의 LTE/EPC 네트워크 구조 변경을 최소화 하면서도 효율적인 DMM을 지원하기 위하여 기존 P-GW와 유사한 기능을 수행하는 Packet Data Network Edge Gateway (P-EGW)를 LTE 단말에 근접한 위치에 분산 배치하는 새로운 LTE/EPC 모델을 제안하고, 이를 위하여 단말의 이동성 및 PDN 연결 개수에 따라서 CMM과 DMM 기법 사이 중 하나를 선택하는 방안을 제안한다. 마지막으로, ONOS 컨트롤러와 Mininet 환경에서 각 기법들 사이의 데이터 처리량 및 제어 트래픽의 처리량을 비교하여 제안하는 네트워크 구조 및 기법에 대한 타당성을 입증한다.

**Key Words** : C-DMM, SDN, CMM, DMM, LTE/EPC Network

### ABSTRACT

Recently, the great number of mobile devices causes excessive data/control traffic problems in the centralized LTE/EPC network and such dramatically increased traffic is emerging as a critical issue. In the Centralized Mobility Management (CMM) based LTE/EPC network, the Packet Data Network Gateway (P-GW) plays the centralized mobility anchor role and it accommodates most of data traffic. To solve this problem, the IETF has proposed the Distributed Mobility Management (DMM) scheme, but it has only focused on the data traffic load balancing and could not solve the control traffic overload problem. In this paper, therefore, we propose a new SDN based hybrid CMM/DMM Mobility Management (C-DMM) architecture based on Packet Network Edge Gateway (P-EGW), and introduce a selection scheme between CMM and DMM according to a device's mobility and the number of PDN connections. In order to prove the efficiency of the proposed architecture and scheme, we compare the data traffic processing load and the control traffic processing load over each scheme by emulating them in the ONOS controller and the Mininet environment.

※ 이 논문은 2016년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No. NRF-2016R1D1A3B03933355)

◆ First Author : Koreatech Department of Computer Science & Engineering, glenn89@koreatech.ac.kr, 정희원

° Corresponding Author : Koreatech Department of Computer Science & Engineering, yhhan@koreatech.ac.kr, 종신회원

\* Korea Institute of Science and Technology Information, yh.kim086@kisti.re.kr, 정희원

논문번호 : KICS2016-08-181, Received August 4, 2016; Revised March 14, 2017; Accepted March 14, 2017

## 1. 서론

최근 급격히 증가한 모바일 기기의 활성화로 인하여 CMM 기반의 LTE/EPC 네트워크 과다한 데이터/제어 트래픽의 수용이 힘들어지는 문제가 중요 이슈로 부각되고 있다. 이에 따라 네트워크 코어에 집중되는 모바일 트래픽을 효율적으로 처리하기 위한 이동성 제어 기술에 대한 관심과 수요가 증대되고 있다<sup>1)</sup>. 하지만 현재의 이동 통신망인 LTE/EPC 네트워크는 중앙 집중형 방식(Centralized Mobility Management, CMM)의 이동성 관리 방안을 채택하고 있기 때문에 방대한 양의 모바일 트래픽을 코어 네트워크에서 처리하는데 한계가 있다. 즉, 중앙 집중형 방식에서 이동성 앵커의 역할을 수행하는 Packet Data Network Gateway (P-GW)가 코어 네트워크 중앙에 위치하며 LTE/EPC 네트워크 내부 트래픽 및 내·외부 사이에서 들어오거나 나가는 모든 데이터 트래픽을 처리한다. 또한, User Equipment (UE)의 이동성 관리를 위한 제어 트래픽 또한 Mobility Management Entity (MME)와 같은 제어 평면 개체에 몰리기 때문에 급격하게 증가하는 모바일 인터넷 트래픽을 현재의 LTE/EPC 구조와 이동성 관리 방안으로 감당하기는 어려울 것으로 전망된다.

이에 따라, The 3rd Generation Partnership Project (3GPP)에서는 최근 급격히 증가하는 모바일 트래픽의 수요를 감당하기 위하여 트래픽 부하감량(Traffic Offload) 기술을 제안하였다<sup>2)</sup>. 트래픽 부하감량 기술은 단말기에서 주고받는 데이터를 가능하면 WiFi와 같은 비교적 저렴한 가격으로 구축할 수 있는 부하감량 게이트웨이(Offload Gateway)를 사용하여 트래픽 데이터 송수신이 가능하도록 하는 기술을 일컫는다. 최근 3GPP는 트래픽 부하감량에 관한 다양한 기술을 표준화 하였으며, 대표적인 트래픽 부하감량 기술에는 I-WLAN, Direct Tunnel, LIPA, SIPTO 등이 있다. 하지만, 3GPP의 이러한 노력들은 고정 UE들로부터 발생하는 데이터 트래픽에 대한 단순한 부하감량 기술에만 초점을 두고 있어 LTE/EPC 네트워크 내의 UE의 이동에 따른 적절한 메커니즘을 제공하지 못한다.

한편, Internet Engineering Task Force (IETF)에서는 현재의 이동 통신망에서 코어 네트워크 중앙으로 데이터 트래픽이 집중하는 문제를 해결하기 위하여 분산형 이동성 관리 (Distributed Mobility Management, DMM)를 제안하고 있다<sup>10-12,17)</sup>. 한편, 기존 연구<sup>3,4)</sup>에서는 IETF의 DMM을 기반으로 분산 게이트웨이 (Packet Data Network Edge Gateway,

P-EGW) 기반 LTE/EPC 네트워크를 제안하고 있다. 이는 액세스 네트워크에 위치하는 다수의 분산 배치된 게이트웨이에 데이터 트래픽을 분산시킴으로써 코어 네트워크의 데이터 트래픽의 수용력을 늘리고 데이터 처리 및 전송 비용을 줄인다. 하지만 P-EGW 이동성 앵커가 분산 배치됨에 따라 UE의 이동성 앵커의 잦은 변경이 일어난다. 이러한 상황에서 끊임없는 서비스를 제공하기 위하여 잦은 UE의 이동성 관리 (위치 관리, 핸드오버 관리) 절차를 수행해야 하며 이에 따른 상당량의 제어 트래픽이 발생하게 된다<sup>5)</sup>. 더욱이 UE의 데이터 트래픽 전송 경로의 최적화 및 핸드오버 효율성 증대를 위하여 동적 이동성 관리 (Dynamic Mobility Management) 방안을 함께 지원할 경우, UE가 지닌 각 PDN 연결마다 별도의 이동성 관리를 수행하기 때문에 발생하는 제어 트래픽 양이 더욱 증가 한다<sup>6)</sup>.

본 논문에서는 CMM/DMM 기법의 문제를 적절하게 해결하기 위하여 CMM 기법과 DMM 기법을 혼합한 Centralized-Distributed Mobility Management (C-DMM) 기반의 LTE/EPC 네트워크 모델을 제시한다. 제안하는 모델에서는 현재의 CMM 기반의 LTE/EPC 네트워크 구조와 IETF에서 제안하는 DMM 구조 사이의 합리적인 접점을 찾기 위하여 SDN 기반의 C-DMM LTE/EPC 네트워크 모델을 제시하고 이에 적합한 UE의 이동성과 PDN 연결 개수를 고려한 CMM/DMM 선택 방안을 제안한다. SDN을 통해 제어와 데이터 평면을 분리하며, LTE/EPC 장비 사이의 시그널링을 담당하는 기존 장비들과 데이터 흐름을 제어할 수 있는 분산 SDN 컨트롤러를 구성한다. 제안 방안은 컨트롤러에 수집되는 사용자 정보와 네트워크 정보를 이용하여 적절한 CMM/DMM 기반의 방식을 선택하게 된다. 사용자의 정보는 UE의 이동성 정도(Mobility Level)와 PDN 연결의 개수이며 네트워크 정보는 데이터 트래픽의 양과 제어 트래픽의 양이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 논문과 관련하여 기존의 CMM 기반의 LTE/EPC 네트워크 구조와 IETF의 DMM 기술에 대해 알아본다. 3장에서는 SDN 기반의 C-DMM LTE/EPC 네트워크 모델을 제시하고, 4장에서는 제안하는 사용자/서비스별 CMM/DMM 선택 방안을 제안한다. 5장에서는 제안 방안과 기존 방안의 성능을 비교 분석하여 제안 방안의 우수성을 입증하며 6장에서 본 논문의 결론을 제시한다.

## II. 관련 연구

### 2.1 CMM 기반의 LTE/EPC 네트워크 구조

현재 LTE/EPC 네트워크 구조는 중앙 집중형 방식인 CMM 기반으로 이루어져 있다. 중앙에 위치한 P-GW는 UE와 외부 데이터 망사이의 연결성(connectivity)을 제공하며 LTE/EPC 네트워크와 non-3GPP 네트워크 사이의 핸드오버 시 이동성 앵커의 역할을 수행하게 된다. 따라서 UE가 네트워크에 접속하게 되면 UE는 P-GW로부터 IP 주소를 할당 받아 하나의 PDN 연결을 설정 받는다. 한편, UE는 동시에 여러 PDN으로부터 각각의 PDN 연결을 가질 수 있으며, 하나의 PDN으로부터 여러 개의 PDN 연결을 가질 수도 있다. UE로부터 발생되어 PDN으로 나가는 패킷은 LTE/EPC 네트워크를 통해 P-GW를 통해 나간다. 반대로 PDN으로부터 UE로 유입되는 데이터 패킷 또한 PDN의 IP망을 통해 P-GW까지 전송되고 이후 LTE/EPC 네트워크를 통해 UE로 전송 되게 된다.

3GPP에서는 코어 네트워크 트래픽 부하감량과 관련하여 많은 표준화 작업을 하였다. 3GPP Rel-6 I-WLAN은 SIM 기반의 인증 기술을 WLAN 사용자에게도 적용할 수 있는 방안을 마련하여 WiFi 망을 통해서도 이동 통신망에 접근 가능하도록 하였다<sup>7)</sup>. 3GPP Rel-7 Direct Tunnel 기술은 최초로 트래픽 부하감량 기술을 RAN이 아닌 코어 네트워크에도 적용한 기술로서 특정 데이터 트래픽에 대하여 코어 네트워크에 위치하는 Serving GPRS Support Node (SGSN)을 통하여 대체 경로를 제공하는 기술이다<sup>8)</sup>. 이는 3GPP Rel-10의 Local IP Access (LIPA)와 Selected IP Traffic Offload (SIPTO) 기술이 나올 수 있는 토대를 마련하였다. LIPA 기술은 UE가 이동통신 사업자 망인 코어 네트워크를 거치지 않고 Femtocell 등을 통하여 가입자의 로컬 IP 네트워크 또는 외부 PDN과 직접적으로 통신할 수 있도록 해주는 기술이다. SIPTO는 특정 트래픽에 대해 코어 네트워크의 P-GW가 아닌 Local Gateway (L-GW)를 외부 네트워크로의 브레이크 포인트로 삼아 대체 경로를 제공함으로써 코어 네트워크의 트래픽 수용력을 늘리고 전송 비용을 줄일 수 있는 기술이다<sup>9)</sup>.

하지만 이러한 트래픽 부하감량 기술들은 UE의 이동성의 고려가 부족하기 때문에 그 한계는 두드러지게 나타난다. 모바일 기기의 등장으로 인하여 사람들이 한곳에서 WiFi만을 사용하는 것이 아니라 이동을 하며 LTE/EPC 네트워크에 접근 하여 새로운 PDN 연결을 하거나, 이전의 PDN 연결을 유지하며 데이터

트래픽을 만들어 내기 때문에 중앙에 위치한 P-GW에 트래픽이 집중화 되는 현상이 여전히 발생할 수 있다.

### 2.2 CMM 기반의 LTE/EPC 네트워크 구조

IETF에서는 모바일 데이터 트래픽의 급증 문제에 대한 주요 해결책으로 다양한 DMM 방안에 대하여 표준화를 진행 중에 있다<sup>10,11)</sup>. DMM 기법은 중앙 집중화의 문제를 해결하는 관점에 따라 호스트, 네트워크, 라우팅 기반의 3가지로 분류하고 있다.

#### 2.2.1 호스트 기반 DMM 기법

먼저 호스트 기반 DMM 기법<sup>12-14)</sup>들은 기본적으로 UE의 네트워크 계층 접속 지점(PoA: Point-of-Attachment)에 가깝게 Home Agent (HA)들을 분산 배치함으로써 이동성 앵커를 분산화 한다. 분산 배치된 HA를 Home Access Router (HAR)이라 명명할 때 UE가 처음 접속한 HAR로부터 프리픽스(prefix)를 받아 구성된 IP 주소 뿐만 아니라, 접근 네트워크를 이동함에 따라 새로운 HAR로부터 새로운 프리픽스를 받아 IP 주소를 추가적으로 구성하여 사용하는 동적인 이동성 관리 기술(Dynamic Mobility Management)을 제안하고 있다. UE가 이동할 때에 이전에 접속했던 HAR들로부터 생성한 IP 주소들은 해당 주소와 관련된 세션이 존재할 때에는 세션 유지의 목적으로 계속 사용되며, 세션 유지가 필요 없는 경우에는 삭제된다. 새로운 HAR에서 단말의 기존 세션들을 유지하기 위해서 기존 IP 주소와 현재 단말이 위치해 있는 HAR로부터 획득한 새로운 IP 주소 사이에 바인딩 정보가 유지되어야 한다. 이러한 바인딩 정보를 기반으로 이동 단말과 이전의 HAR들 사이에 생성된 양방향 터널을 통하여 세션의 연속성을 보장한다.

#### 2.2.2 네트워크 기반 DMM 기법

네트워크 기반 DMM 기법은 호스트 기반 DMM 기법과는 달리 UE가 이동성 관리를 위한 시그널 처리에 참여하지 않는다. 즉, 네트워크 기반 DMM 기법은 UE의 수정을 요구하지 않으며 UE를 대신하여 분산 배치된 이동성 앵커인 네트워크 장비가 UE의 이동성을 지원해 준다. 네트워크 기반 DMM 기법은 부분 분산 모델<sup>15)</sup>과 완전 분산 모델<sup>5)</sup>로 구분된다. 이러한 구분은 이동성 관리를 위한 데이터 평면과 제어평면의 분리 및 제어평면의 중앙 집중화 여부에 따라 이루어진다. 부분 분산 모델의 경우 이동성 앵커를 Mobility Access Router (MAR)로 명명할 때 이들이 접근 네트워크의 종단 지점에 분산 배치되어 데이터 평면에서

의 데이터 터널링 처리를 담당하며, 중앙의 Central Mobility Database (CMD)는 제어 평면에서의 이동성 관리를 위한 시그널 처리를 담당한다. MAR는 UE가 이동할 때에 이전의 세션을 유지하기 위한 터널의 종단점이 되며 이러한 터널은 MAR와 CMD 사이의 이동성 관리를 위한 시그널 절차를 통하여 생성된다. 완전 분산 모델에서는 분산 배치된 이동성 앵커 MAR가 이동성 관리를 위한 데이터 평면과 제어 평면에서의 필요한 역할을 모두 담당하게 된다. 즉, 이동 네트워크 내의 모든 UE에 대한 바인딩 정보를 CMD에 저장 및 관리하는 부분 분산 모델과 달리 분산 배치된 다수의 MAR가 그러한 역할을 나누어 수행하게 된다.

### 2.2.3 라우팅 기반 DMM 기법

마지막으로 라우팅 기반 DMM 기법은 터널 설정 프로토콜을 사용하는 호스트 및 네트워크 기반 DMM 기법들과는 여러 가지 면에서 상이하다. 라우팅 기반 DMM 기법은 단말의 이동성 지원을 위하여 터널 설정 프로토콜이 아닌 라우팅 프로토콜을 사용한다<sup>[6]</sup>. UE의 이동시에 네트워크 내에 존재하는 라우터들의 라우팅 테이블을 갱신하여 단말의 이동성을 지원하는 방안을 제시한다. UE는 초기에 Access Router (AR)에 접속하면 DHCP와 같은 IP 할당 프로토콜을 통해 IP 주소를 할당 받는다. 이후, 단말은 획득한 IP 주소와 자신의 호스트 이름을 Domain Name System (DNS)에 전달한다. 또한, UE가 새로운 AR에 접속하면 해당 AR은 단말의 인증과정에서 단말의 호스트 이름에 해당하는 IP 주소를 찾게 된다. 그리고 해당 IP 주소에 대한 데이터를 자신이 수신 할 수 있도록 Internal Border Gateway Protocol (IBGP)와 같은 Intra-Domain 프로토콜을 사용하여 망 내의 AR들에게 알려 라우팅 테이블을 갱신하도록 한다. 이러한 과정을 통하여 UE가 이동 후에도 항상 최적화된 경로로 데이터가 전달된다.

## III. 제안 네트워크 구조

본 논문에서는 기존의 LTE/EPC 네트워크에서 사용 중인 C-MM 기반의 네트워크 구조와 라우팅 방식의 DMM 기법에 SDN 기술을 접목하여 통합함으로써 네트워크의 확장성과 호환성 그리고 성능 측면에서 우수한 네트워크 구조를 제시하며, 이를 SDN 기반 C-DMM LTE/EPC 네트워크 구조라 명명한다.

제안하는 SDN 기반의 C-DMM LTE/EPC 네트워크 구조는 1) 기존 네트워크와의 호환성 2) 데이터 영

역의 분산 3) 제어 영역의 중앙 집중화 4) 데이터 영역과 제어 영역의 분리라는 네 가지 목표 아래 새로이 설계되었다. 기존 네트워크와의 호환성을 고려하여 현재 LTE/EPC 네트워크에서 사용 중인 P-GW나 MME 등의 기본적인 장비들의 변경을 최소화 하였으며, 데이터 영역을 분산하기 위하여 다수의 P-EGW를 UE와 근접한 위치에 분산 배치하였다. 한편, 제어 영역을 가상으로 중앙 집중화하고 이를 데이터 영역과 완벽하게 분리하기 위하여 SDN 기술을 기존의 LTE/EPC 네트워크 장비에 적용하였다. 이의 대한 상세한 구조는 그림 1과 같다.

제안하는 네트워크 구조에서의 P-GW는 현재의 LTE/EPC 네트워크의 P-GW의 다양한 기능과 더불어 SDN 스위치의 기능 또한 겸비한 장비이다. 이에 따라, UE의 PDN 연결 및 UE의 이동시 세션 유지를 위하여 SDN 컨트롤러와 라우팅 갱신 메시지를 주고받는 역할이 추가되었다. 이 때, 라우팅 갱신 메시지만 UE의 데이터 경로가 설정되지 않은 경우 SDN 스위치에서 발생하는 Packet\_In 메시지와 SDN 컨트롤러에서 해당 경로를 계산하여 SDN 스위치에 새로운 플로우 규칙을 설정하기 위해 응답하는 Packet\_Out 메시지를 일컫는다. 즉, 기존 장비의 P-GW와 제안하는 P-GW 장비의 가장 큰 차이 중 하나는 기존 P-GW 장비는 GPRS Tunneling Protocol (GTP) 터널 기반 데이터 전송을 하는 반면, 제안하는 장비는 SDN 기술을 토대로 라우팅 기반 데이터 전송을 수행한다는 점이다. 이는 각 데이터 트래픽마다 발생하는 GTP 헤더의 오버헤드를 제거함으로써 데이터 트래픽의 양을 줄여 준다. 한편, 제안하는 P-GW는 기존의 P-GW에서 수행하던 제어 관련 기능들을 SDN 컨트롤러가 담당하

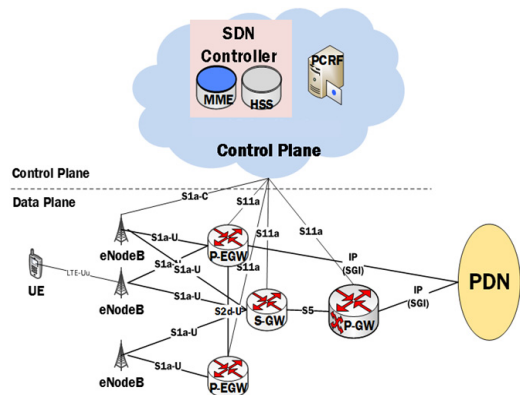


그림 1. C-DMM 기반의 LTE/EPC 네트워크 아키텍처  
Fig. 1. C-DMM based on LTE/EPC network architecture

여 처리함으로써 P-GW의 제어 평면과 관련된 부하 또한 제거할 수 있다.

한편, 이전 연구에서 새롭게 제안하였던 장비인 PDN Edge Gateway (P-EGW)는 기존의 Serving Gateway (S-GW)의 기능을 수행하면서도 P-GW와 기능적인 면에서 유사한 장비이다<sup>3,4)</sup>. 하지만, P-EGW는 중앙 집중화된 트래픽을 분산화하기 위하여 액세스 네트워크 근방에 배치되는 이동성 앵커이다. 이에 따라, P-EGW를 통하여 PDN 서비스를 이용하는 UE가 해당 P-EGW의 영역을 벗어나 이동할 경우 새로운 이동성 앵커에서 끊임없이 PDN 서비스를 제공받기 위하여 이동성 관리 절차가 요구된다. 이와 관련하여 P-EGW를 크게 2가지 유형으로 구분한다.

- Anchor P-EGW: PDN 연결을 위한 이동성 앵커의 역할 수행
- Access P-EGW: UE의 현재 위치에서 PDN 연결 유지를 위한 액세스 포인트 역할 수행

UE가 초기에 P-EGW (Anchor P-EGW)에 연결되었을 때, Home Address (HoA)라는 IP 주소를 할당받는다. 이 후, UE가 다른 P-EGW (Access P-EGW)의 영역으로 이동하면 Access P-EGW는 제어 평면의 SDN 컨트롤러를 통하여 인증단계를 거쳐 UE에게 할당된 주소를 찾아 세션 유지를 위해 Anchor P-EGW와 Access P-EGW 간에 라우팅 업데이트 절차를 수행한다.

반면에 UE의 데이터 트래픽 전송 경로의 최적화 및 핸드오버 효율성 증대를 위한 동적 이동성 관리 방안을 지원하기 위하여 새로운 P-EGW의 영역에서 UE가 새로운 PDN 연결을 시작할 때, 그 P-EGW는 Anchor P-EGW로서 새로운 PDN 연결을 생성하는 역할을 한다. 한편, 새로운 PDN 연결을 위하여 이동성 앵커로서 P-EGW가 아닌 P-GW가 선택될 수도 있다. 즉 UE는 다양한 Anchor P-EGW 혹은 P-GW를 통하여 다양한 PDN에 연결할 수 있으며 이와 관련된 다수의 IP 주소들은 제어 평면에서 관리된다.

UE의 P-EGW간 이동성 지원을 위하여 제어 평면에는 PDN 연결마다 <UE ID, UE IP Address, Anchor P-EGW ID, Access P-EGW ID>의 UE 위치 정보가 저장 및 관리된다. UE IP 주소는 Anchor P-EGW에 의해 관리되는 PDN 연결에 대한 고유한 값이다. Anchor P-EGW ID와 Access P-EGW ID는 분산형 데이터 평면에서 UE의 위치를 찾고 세션을 유지하기 위해 필요한 정보이다. 그림 2는 이러한 UE의 이동에 따른 P-EGW의 변경 및 위치 정보의 변화를 보여준다.

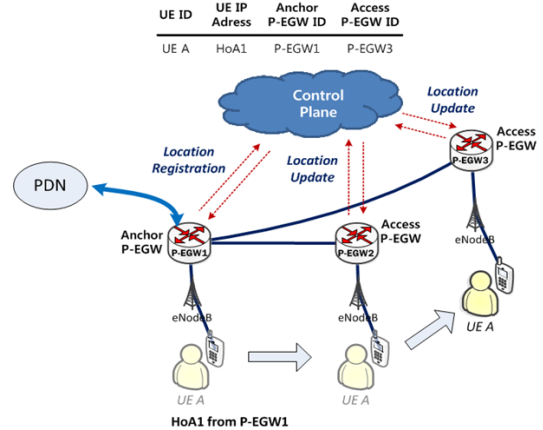


그림 2. UE의 이동에 따른 P-EGW의 변경 및 위치 정보의 변화

Fig. 2. P-EGW's alteration with UE Moving and location management

한편, UE의 새로운 PDN 연결을 시작할 때 사용자의 특성 및 네트워크의 데이터/제어 트래픽 상황을 판단하여 적절한 P-GW (CMM 기반) 혹은 P-EGW (DMM 기반)을 효율적으로 선택하고 이에 적절한 경로 선정을 수행하기 위하여 본 논문에서는 C-DMM LTE/EPC 네트워크에 SDN 기술 기반 가상 중앙 집중 방식의 제어 평면의 도입을 제안한다. 이러한 제어 평면은 네트워크 전반의 제어를 위하여 다양한 LTE/EPC 네트워크 장비 사이의 시그널링을 담당하는 MME, 사용자 단말과 인증과 권한 부여 그리고 위치정보를 관리하는 HSS, 데이터 플로우의 QoS와 과금 방침을 담당하는 PCRF로 구성되어 있다. 그리고, 높은 가용성(High Availability, HA)을 위하여 SDN 컨트롤러를 ONOS 등의 분산 컨트롤러를 활용하여 가상 중앙 집중 방식의 제어 평면 구성이 가능하다<sup>18)</sup>.

#### IV. 제안 네트워크 구조

현재 구축되어 이용 중인 CMM 기반의 LTE/EPC 네트워크의 경우, 중앙의 이동성 앵커인 P-GW로의 과도한 데이터 트래픽 집중화 문제가 발생한다. 반면에, DMM 기반의 다양한 데이터 트래픽 처리 방안들은 네트워크에 상당량의 제어 트래픽 유발 문제를 야기한다. 이에 따라, 본 논문에서는 이들 사이의 합리적인 접점을 제시하기 위하여 SDN 기반 C-DMM LTE/EPC 네트워크 모델을 제시하고 이에 적합한 효율적인 CMM/DMM 선택 방안을 제안한다.

본 논문에서는 사용자/서비스별 적절한 CMM/

DMM 선택 방안을 제시하기 위하여 SDN 컨트롤러에 수집되는 사용자 정보와 네트워크 정보를 활용한다. 제안 방안에서 활용하는 사용자의 정보는 UE의 이동성 정도(Mobility Level)와 PDN 연결의 개수이다.

우선적으로 고려해야할 사항은 UE의 이동성과 각 UE가 가지고 있는 PDN 연결의 수에 대한 고려가 필요하다. 이동이 활발한 UE의 경우, PDN 생성 및 관리를 위하여 분산 배치된 P-EGW를 이동성 앵커로 선택하여 DMM 방식으로 관리하면 UE의 이동성에 따라 잦은 P-EGW 핸드오버 절차를 수행해야 하므로 이에 대한 잦은 제어 트래픽이 발생하게 된다. 즉, 이동성이 높은 UE의 경우에는 PDN 생성 및 관리를 위하여 중앙의 P-GW를 선택하여 CMM 방식으로 관리하는 것이 제어 트래픽 측면에서 보다 효율적이다. 반면에 이동성이 낮은 UE의 경우에는 PDN 생성 및 관리를 위하여 분산 배치된 P-EGW를 선택하여 DMM 방식으로 관리하면 UE와 근접한 영역에서 데이터 트래픽이 처리되어 외부 PDN으로 데이터를 보낼 수 있다. 그러므로, LTE/EPC 네트워크 전반의 데이터 트래픽 부하를 줄일 수 있으며 P-GW에 비하여 좀 더 최적화된 경로로 해당 데이터를 송수신 할 수 있다. 또한 이동성이 낮은 UE의 경우 이동성 앵커의 변경에 따른 핸드오버 절차의 수행 빈도가 낮기 때문에 네트워크에 유발하는 제어 트래픽의 양이 타 UE의 비하여 적다.

PDN 연결의 수가 많은 UE의 경우에 분산 배치된 P-EGW를 이동성 앵커로 선택하여 DMM 방식으로 관리하면 해당 P-EGW의 수용 범위를 벗어날 때마다 각 PDN 연결에 해당하는 P-EGW 핸드오버 절차를 수행하여 이에 대한 상당량의 제어트래픽이 발생한다. 또한 이러한 제어 트래픽은 동시에 처리되어야 하기에 SDN 컨트롤러에 순간적인 제어 트래픽 부하와 함께 처리시간의 지연일 야기한다. 즉, UE의 PDN 연결의 수가 많아짐에 따라 새로운 PDN 생성 및 관리를 위하여 중앙의 P-GW를 선택하여 CMM 방식으로 관리하는 것이 효율적이다. 초기에 UE의 이동성이 낮아 DMM 방식으로 관리된다 할지라도 PDN 연결의 개수가 어느 정도 증가하면 그 이후의 PDN 생성 및 관리는 CMM 방식으로 관리하는 것이 보다 효율적이다.

DMM 방안은 초기에 UE에 근접한 P-EGW를 이동성 앵커로 선정하기 때문에 CMM 방안에 비하여 UE의 PDN에 대해 보다 최적화된 경로로 데이터 전송을 지원하지만 UE의 이동이 잦아짐에 따라 CMM 방안보다 데이터 전송 지연시간이 증가할 수 있다. 또한 DMM 방안은 CMM의 P-GW와 다르게 분산된 P-EGW의 범위가 작기 때문에, 초기에 선정한 이동성

앵커인 P-EGW를 통해 생성된 UE의 PDN 연결의 수가 많은 경우 UE의 이동성에 따라 앵커인 P-EGW의 수용 범위를 벗어나 핸드오버 절차를 수행할 때 발생하는 제어 트래픽이 증가하게 된다.

이를 위하여 UE의 새로운 PDN 연결을 위해 UE의 이동성을 고려하는 CMM/DMM 선택 방안을 위하여 SDN 컨트롤러는 각 UE에 대하여 그림 3과 같은 이동성 프로파일 (Mobility Profile)을 유지 및 관리해야 한다. 이동성 프로파일 내 유지 관리하는 각 항목에 대한 설명은 다음과 같다.

- UE ID: 사용자 단말의 고유 식별자
- UE IP Address: 컨트롤러에 의해 게이트웨이가 선택된 후 PDN 연결을 위해 사용자 단말에 할당된 IP 주소
- $M$ : UE 단말이 Subnet을 이동한 횟수
- $N_{PDN}$ : 사용자 단말이 현재 가지고 있는 PDN 연결 개수
- $T_u$ : 이전에 위치등록 요청 메시지를 보내고 현재 위치등록 메시지를 보낼 때까지의 사이 시간(이전 Subnet에서의 거주 시간(residence time))
- $T_s$ : 현재 위치한 Subnet에서의 거주시간에 대한 Exponential Moving Average (EMA)

SDN 컨트롤러가 임의의 UE에 대한 PDN 연결 생성 요청 메시지를 수신하게 되면, 위의 이동성 프로파일 정보들을 토대로 CMM 혹은 DMM 방식을 선택하고 이를 각 네트워크 인프라 장비에게 알려준다. 임의의 UE의 이동성 정도는 수식 (1)과 (2)에 따른  $T_s$ 의 값에 따라 결정한다.

$$M = M + 1, \quad \alpha = \frac{2}{M + 1} \tag{1}$$

$$T_s = (1 - \alpha) T'_s + \alpha T_u \tag{2}$$

위 수식에서  $T'_s$ 은 이전의 Subnet에서의  $T_s$  값을 의미하고 0과 1 사이의 값을 지니는  $\alpha$ 는 UE의 Subnet 이동 횟수에 반비례하는 값으로 Exponential Moving Average (EMA)의 방식으로 UE의 거주시간

UE ID	UE IP Address	Gateway ID	M	$N_{PDN}$	$T_u$	$T_s$
-------	---------------	------------	---	-----------	-------	-------

그림 3. 이동성 프로파일 구조  
Fig. 3. Mobility profile structure



을 계산하기 위해 사용된다. 이에 따라 수식 (2)를 적용하면 과거 UE의 Subnet 거주시간을 반영함과 동시에 최근 UE의 Subnet 거주시간에 조금 더 많은 가중치를 부여하여  $T_s$ 의 도출이 가능하다.

또한, PDN 연결의 개수의 고려를 위하여  $T_u$ 를 활성화된 PDN 연결의 개수( $N_{PDN}$ )로 나눈 수식을 활용함으로써 UE의 이동성 정도와 PDN 연결의 수를 동시에 고려할 수 있다. 즉,  $N_{PDN}$ 가 커짐에 가능하면 CMM 방식이 선택되도록 하여 제어 트래픽을 줄일 필요가 있으며, 반대로  $N_{PDN}$ 가 작아짐에 따라 DMM 방식이 선택되도록 하여 데이터 트래픽 부하량을 분산시킬 필요가 있다. 이를 고려한 수식은 다음과 같다.

$$\Omega = (1 - \beta)\Omega + \beta \frac{T_s}{N_{PDN}} \quad (3)$$

위 수식 (3)에서  $\beta$ 는 EMA의 방식으로 평균을 구하기 위하여 0과 1사이의 임의의 값을 가지며,  $\Omega$ 는 UE의 이동성 정도와 PDN 연결의 수를 동시에 고려한 CMM/DMM 선택의 기준 값이며,  $th_m$  임계값 파라미터를 활용하여 그러한 선택을 수행한다.

$$\begin{aligned} & \text{if } \Omega \geq th_m \text{ then select DMM} \\ & \text{else select CMM} \end{aligned} \quad (4)$$

수식 (4)에 따라  $\Omega$ 가  $th_m$ 보다 큰 경우, 즉, UE의 이동성이 낮고 PDN 연결 수가 적은 경우 DMM 방식이 선택되고 이에 따라 SDN 컨트롤러는 UE와 인접성 및 가용 네트워크 자원을 고려하여 해당 UE의 게이트웨이로서 적절한 P-EGW를 선택하여 UE의 PDN 생성 및 관리를 지원한다. 이와 반대로  $\Omega$ 가  $th_m$ 보다 작은 경우, 즉 UE의 이동성이 높고 PDN 연결 수가 많은 경우에는 CMM 방식이 선택되고 이에 따라 SDN 컨트롤러는 해당 UE의 게이트웨이로서 P-GW를 선택하여 이를 네트워크에 반영한다. 또한, 적절한 CMM 또는 DMM 기법 및 이에 해당하는 게이트웨이를 선택하여 네트워크에 발생하는 제어 트래픽의 양을 줄일 수 있으며, 하나의 게이트웨이에 몰리는 데이터 트래픽 과부하 또한 줄여 UE에게 효율적으로 데이터 트래픽을 전송할 수 있다.

## V. 실험 평가

본 장에서는 ONOS 컨트롤러 및 Mininet을 이용한 에뮬레이션을 통하여 CMM, DMM 및 본 논문에서 제안하는 C-DMM 기반의 LTE/EPC 네트워크에서 각각의 P-GW와 P-EGW에 발생하는 데이터 트래픽 부하량과 호스트 단말의 이동성, PDN 연결의 개수에 따라 SDN 컨트롤러에 미치는 제어 트래픽 부하량을 비교한다.

### 5.1 에뮬레이션 환경

실험 평가를 위하여 구축한 에뮬레이션 환경에는 그림 4, 5, 6 처럼 Mininet<sup>[19,20]</sup>을 이용하여 eNodeB 16대, P-GW 1대, P-EGW 4대, CN 2대, Host 2대를 다음과 같이 배치하였다. 한편, SDN 컨트롤러로 ONOS<sup>[17]</sup>을 배치함으로써 SDN 기반의 LTE/EPC 네트워크를 구성하였다. 본 실험에서 CMM 기반의 경우 P-EGW가 S-GW의 역할을 하도록 하여 4대의 S-GW 및 P-GW 1대로 토폴로지를 구성하였다. 또한, DMM 기반의 경우 P-GW 없이 P-EGW 4대로만 네트워크 토폴로지가 구성되며, C-DMM의 경우

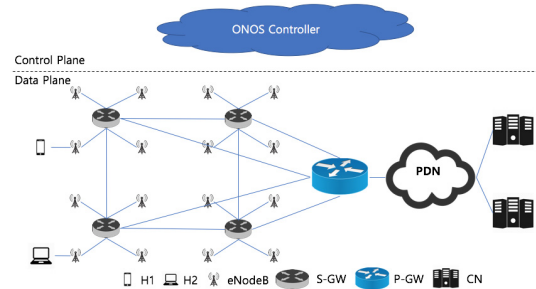


그림 4. CMM 기반 LTE/EPC 네트워크 실험 평가 환경  
Fig. 4. CMM based LTE / EPC network experimental environment

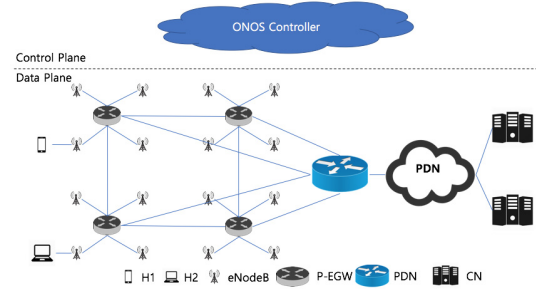


그림 5. DMM 기반 LTE/EPC 네트워크 실험 평가 환경  
Fig. 5. DMM based LTE / EPC network experimental environment

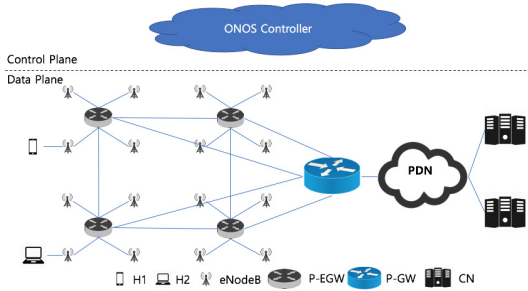


그림 6. C-DMM 기반 LTE/EPC 네트워크 실험 평가 환경  
Fig. 6. C-DMM based LTE / EPC network experimental environment

P-EGW 4대, 중앙에 P-GW 1대로 구성하였다. 본 실험에서 관심있는 데이터 트래픽 및 제어 트래픽 양을 산정하기 위해서 Wireshark를 사용하였다.

### 5.2 데이터 트래픽 부하량 비교

데이터 트래픽 부하량 비교 실험을 위해 두 개의 호스트로 하여금 각각 하나의 CN과 TCP 혹은 UDP 통신을 하도록 하였다. 이 때, 각 CMM, DMM, C-DMM 기반마다 P-GW와 P-EGW를 거쳐 지나가는 데이터 트래픽의 부하량 (데이터 패킷의 총 개수)을 비교하였다. 이때, 한 호스트는 하나의 CN과 하나의 PDN 연결을 가지기 때문에  $N_{PDN} = 1$ 이다. 호스트의 eNodeB 상주 시간은 정규분포를 따르도록 하였으며 평균은 5초로 하였고 상주 시간이 지나면 근처의 임의의 eNodeB로 이동을 한다. CMM과 DMM을 선정하기 위해 수식 (4)의  $\Omega$ 가 활용되며, 이 때 파라미터  $\alpha = 0.3$ ,  $\beta = 0.3$ ,  $th_m = 1$ 을 사용하였고 총 실험 시간은 1분이다.

그림 7과 8의 그래프는 CMM, DMM, C-DMM 기반의 P-GW 혹은 P-EGW에 발생하는 데이터 트래픽의 양을 보여준다. X축은 각 기반의 게이트웨이를 나타내며 Y축은 호스트가 CN과 PDN 연결을 통하여 발생하는 데이터 트래픽의 양을 나타낸다. 그래프에서 볼 수 있듯이 CMM 기반의 P-GW의 경우 수용 범위가 넓고 호스트가 이동을 하더라도 Subnet의 변경이 일어나지 않는다. 따라서, LTE/EPC 네트워크 중심에 존재하는 하나의 P-GW를 통해 CN과 통신을 하므로 모든 트래픽이 P-GW를 거치게 되고 데이터 트래픽의 과도한 부하량이 발생한다. 하지만 DMM의 경우 게이트웨이 역할을 하는 P-EGW가 분산되어 있기 때문에 부하량이 P-EGW의 개수만큼 감소하게 된다. 제안하는 C-DMM 기반의 경우 처음 실험 시작 시에는 DMM 기반의 P-EGW를 Anchor 사용하다가,  $\Omega$ 가

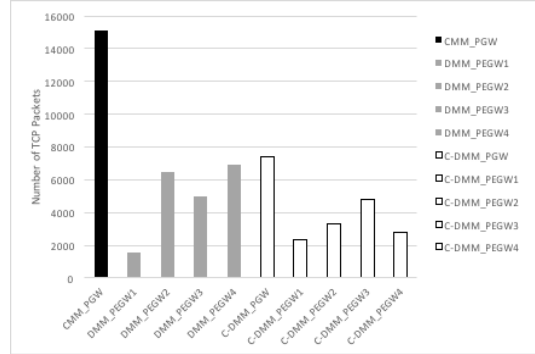


그림 7. TCP 데이터 트래픽 부하량 비교  
Fig. 7. TCP data traffic load comparison

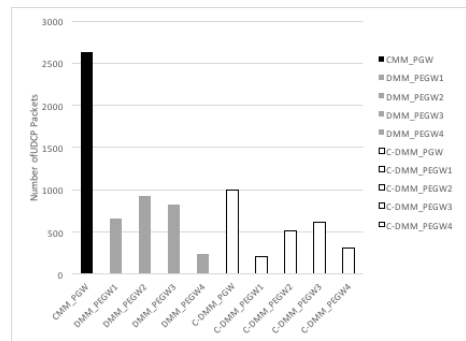


그림 8. UDP 데이터 트래픽 부하량 비교  
Fig. 8. UDP data traffic load comparison

미리 설정한 임계값을 넘어설 경우 CMM 기반의 P-GW를 Anchor로 사용하게 된다. C-DMM 기반의 경우 그 임계값으로 따라 CMM 기반과 DMM 기반을 활용을 하기 때문에 CMM 기반의 P-GW의 부하량에 비해 적은 것을 확인할 수 있다. 한편, DMM에서 각 P-EGW에 발생한 평균 데이터 트래픽 양은 TCP의 경우 4971이고, 제안하는 C-DMM에서 각 P-EGW에 발생한 평균 데이터 트래픽 양은 3316이었다. 즉, 제안하는 C-DMM이 보다 더 데이터를 분산시키는 효과가 있고 이는

제안 기법에서 P-GW도 함께 게이트웨이로 활용하기 때문이다. 그림 2는 TCP를 통해 PDN 연결을 하는 경우를 나타내며, 그림 12은 UDP를 통해 PDN 연결을 한 경우이다. TCP 통신의 경우 핸드오버가 발생하는 동안 발생하는 트래픽이 일시적으로 CNN 까지 보내지지 않기 때문에 Retransmission이 발생하게 되어 그림 3의 UDP 보다는 데이터 트래픽 양이 많다.

### 5.3 이동성에 따른 비교

이동성에 따른 실험 평가를 위해, 호스트 H1과 H2



는 임의의 eNodeB에 머무르다가 근처 eNodeB로 이동을 하도록 하였다. 임의의 eNodeB에 머무는 시간을  $\Omega$ 라고 할 때,  $\Omega$ 는 정규 분포 (Normal Distribution) 을 따르도록 설정하였으며, 각 이동성에 따라 정규 분포의 평균을 10초, 5초 및 2.5초로 설정하였다. 또한, 총 10분 동안 실험을 하였으며, 파라미터  $\alpha = 0.3$ ,  $\beta = 0.3$ ,  $th_m = 1$ 을 사용하였다. 제어 트래픽은 호스트의 이동으로 인한 핸드오버 시에 각 기법에 따라 P-GW 혹은 P-EGW가 ONOS 컨트롤러와 통신을 위하여 발생하는 트래픽이다. 발생하는 제어 트래픽의 종류는 OFPT\_FLOW\_MOD (변경된 플로우 추가), OFPT\_FLOW\_REMOVE (이전 플로우 제거), OFPT\_PACKET\_IN (새로운 플로우 유입 통보), OFPT\_PACKET\_OUT (변경된 플로우 통보), OFPT\_PORT\_STATUS (게이트웨이 포트 상태 확인), OFPT\_STATS\_REQUEST (게이트웨이 통계정보 요청), OFPT\_STATS\_REPLY (게이트웨이 통계정보 확인) 메시지들이다.

그림 9와 10은 호스트의 이동성 정도에 따른 CMM, DMM, C-DMM 기반에서 발생하는 제어 트래픽의 양을 나타낸 그래프이다. 그래프에서 볼 수 있듯이 이동성의 정도가 0.5로 작은 경우 각 기법에서 생성되는 제어 트래픽의 양에는 큰 차이는 없다. 하지만, 이동성 정도가 커짐에 따라서 DMM과 C-DMM의 경우 CMM에 비해 제어트래픽의 양이 많아지는 것을 알 수 있으며, 그 이유는 이동성 정도가 커짐에 따라 분산되어 있는 P-EGW에서 발생하는 제어트래픽이 추가적으로 더 많이 발생하기 때문이다. CMM의 경우 하나의 P-GW에서 수용하는 범위가 DMM의 P-EGW에 비해 넓기 때문에 발생하는 제어 트래픽의 양이 적으며, DMM에서는 분산되어 있는 P-EGW의

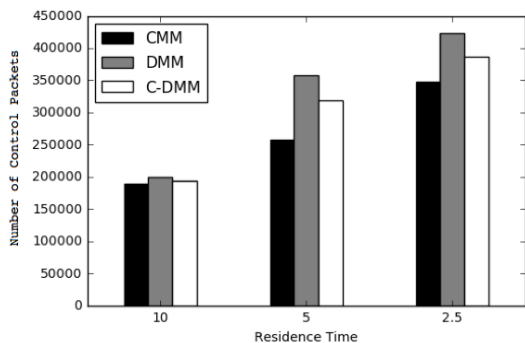


그림 9. TCP 통신에서의 이동성에 따른 제어 트래픽 비교  
Fig. 9. Comparison of control traffic according to mobility in TCP

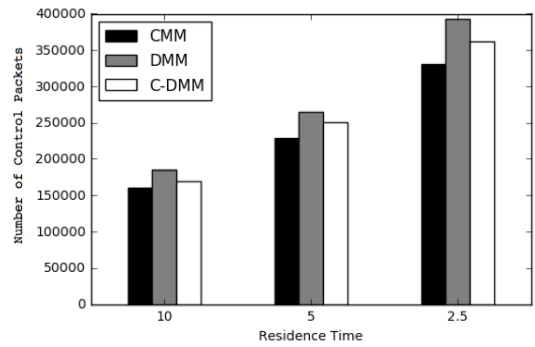


그림 10. UDP 통신에서의 이동성에 따른 제어 트래픽 비교  
Fig. 10. Comparison of control traffic according to mobility in UDP

수용 범위가 작기 때문에 제어 트래픽의 양이 매우 많고 이동성의 정도가 커짐에 따라 그 양이 더 많아짐을 알 수 있다. 하지만 제한하는 기법인 C-DMM의 경우에는 미리 선택한 이동성 정도의 임계값에 따라 임계값이 넘어 설 경우, Anchor을 P-EGW에서 P-GW로 변경하기 때문에 발생하는 제어 트래픽의 양이 DMM 기반에 비해 적은 것을 확인 할 수 있다. 따라서 이동성이 증가할 경우 단순히 DMM 기반의 네트워크를 이용하는 것 보다는 C-DMM 기반의 네트워크를 구성하는 것이 ONOS 컨트롤러에 영향을 덜 미치게 된다.

#### 5.4 PDN 연결의 수에 따른 비교

PDN 연결 수에 따른 실험 평가를 위해서, 임의의 호스트가 최초로 임의의 CN과 1, 3, 5, 7 및 9개 ( $N_{PDN} = 1, 3, 5, 7, 9$ )의 PDN 연결을 만들어서 TCP 혹은 UDP 통신을 하게 하였다. 이때, 한 호스트는 eNodeB 상주 시간은 정규분포를 따르도록 하였으며 평균은 5초로 하였고 상주 시간이 지나면 근처의 임의의 eNodeB로 이동을 한다. CMM과 DMM을 선정하기 위해 수식 (4)의  $\Omega$ 가 활용되며, 이 때 파라미터  $\alpha = 0.3$ ,  $\beta = 0.3$ ,  $th_m = 1$ 을 사용하였고 총 실험 시간은 10분이다. 이러한 상황에서 CMM, DMM 및 C-DMM 기반의 P-GW 혹은 P-EGW에서 발생하는 제어 트래픽의 양을  $N_{PDN}$  따라 비교하였다.

그림 11과 12은 각 호스트가 갖는 PDN 연결의 개수에 따른 제어트래픽의 양을 나타내는 그래프이다. 그래프에서 볼 수 있듯이 PDN 연결의 개수가 증가함에 따라 DMM의 경우 발생하는 제어 트래픽의 양이 증가함을 볼 수 있다. 이에 비해 CMM의 경우 제어 트래픽의 양이 증가는 하지만 DMM과 비교하여 발생하는 제어 트래픽의 양이 적은 것을 확인 할 수 있다.

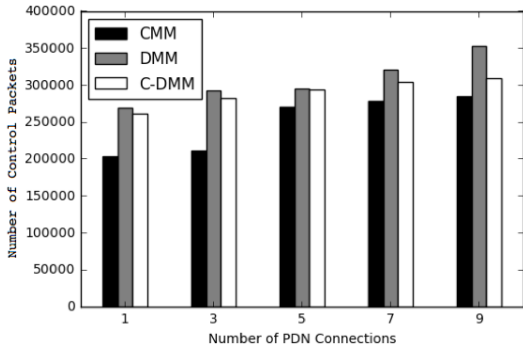


그림 11. TCP 통신에서의 PDN 연결 수에 따른 제어 트래픽 비교  
 Fig. 11. Comparison of control traffic according to the number of PDN connections in TCP

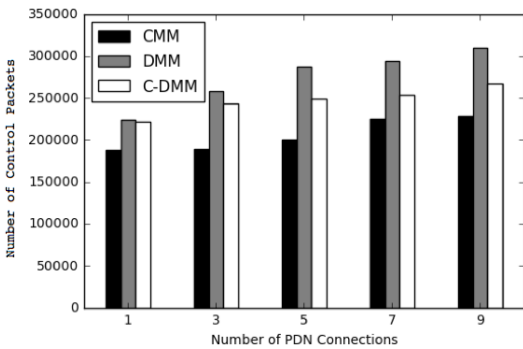


그림 12. UDP 통신에서의 PDN 연결 수에 따른 제어 트래픽 비교  
 Fig. 12. Comparison of control traffic according to the number of PDN connections in UDP

제안하는 C-DMM의 경우 PDN 연결의 개수가 적은 경우에는 DMM과 비슷한 제어 트래픽 양을 갖지만 PDN 연결의 개수가 많아짐에 따라 DMM에 비해 보다 적은 제어 트래픽 양을 가짐을 알 수 있다.

### 5.5 임계값 변화에 따른 비교

임계값의 변화에 따른 실험 평가를 위해, 호스트 4 대를 두었으며 임의의 호스트는 C-DMM의 실험 환경에서 DMM과 DMM을 선정하기 위한 수식 (4)에 따라  $th_m$ 의 값을 0.5, 1, 2로 변화를 주어 데이터의 트래픽의 양과 제어 트래픽의 양을 비교하는 실험이다. 실험을 위하여 파라미터  $\alpha = 0.3$ ,  $\beta = 0.3$ ,  $N_{PDN} = 1$ 을 사용하였고, 각 이동성에 따라 정규 분포의 평균을 데이터 트래픽 비교의 경우 1초이며 총 실험 시간은 1분이다. 또한, 제어 트래픽 실험의 경우 정규 분포의 평균은 5초이며, 총 실험 시간은 10분이다.

그림 13, 14는 임계값  $th_m$ 에 따라 C-DMM 기법에

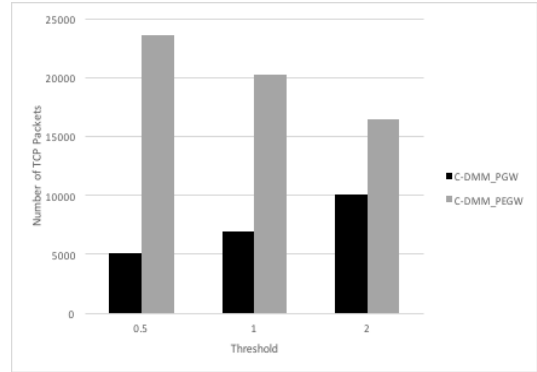


그림 13. TCP 통신에서의 임계값에 따른 데이터 트래픽 비교  
 Fig. 13. Comparison of data traffic according to Threshold in TCP

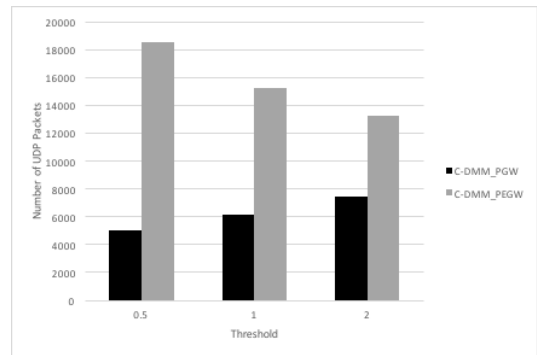


그림 14. UDP 통신에서의 임계값에 데이터 제어 트래픽 비교  
 Fig. 14. Comparison of data traffic according to Threshold in UDP

서 CMM의 P-GW 혹은 DMM의 P-EGW를 Anchor로 선택하여 이용할 때 발생하는 데이터 트래픽 양의 비교를 보여준다. 이 그래프에서 C-DMM\_PEGW의 경우 총 4대의 P-EGW를 지난 전체 트래픽 양을 보여준다. 제안하는 기법의 수식 (4)에 따라  $th_m$ 의 값이 작을 경우 DMM의 P-EGW를 Anchor로 이용하는 경우가 많기 때문에, P-EGW를 지나는 데이터 트래픽이 P-GW를 지나는 데이터 트래픽보다 많은 것을 알 수 있다. 이와 반대로  $th_m$  값이 커지게 될 경우 CMM의 P-GW를 Anchor로 이용하는 경우가 많아지기 때문에 P-GW를 지나는 데이터 트래픽이 P-EGW를 지나는 데이터 트래픽 보다 많은 것을 알 수 있다.

그림 15, 16는 임계값  $th_m$ 에 따라 C-DMM 기법에서 CMM의 P-GW 혹은 DMM의 P-EGW를 Anchor로 선택할 때 발생하는 제어 트래픽 양의 비교

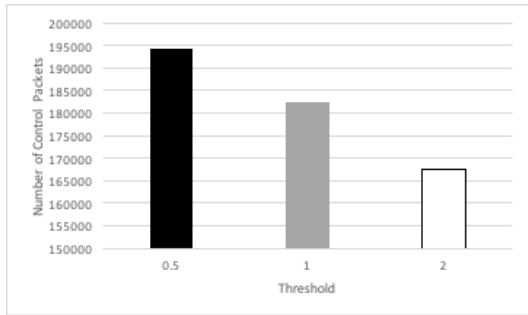


그림 15. TCP 통신에서의 임계값에 따른 데이터 트래픽 비교  
Fig. 15. Comparison of control traffic according to Threshold in TCP

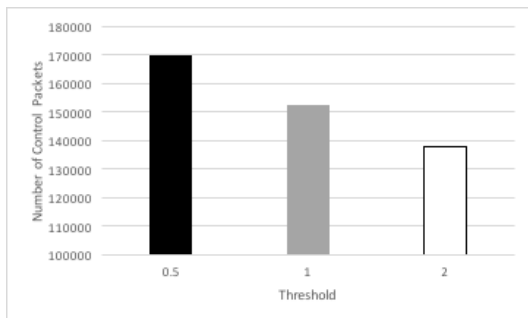


그림 16. UDP 통신에서의 임계값에 따른 데이터 제어 트래픽 비교  
Fig. 16. Comparison of control traffic according to Threshold in UDP

를 보여준다. 제안하는 기법의 수식 (4)에 따라  $th_m$ 의 값이 작을 경우 DMM의 기법을 사용하는 경우가 더 많아진다. 따라서 분산된 P-EGW를 더 많이 이용하는 경우 제어 트래픽 양은 CMM을 이용하는 경우보다 더 많아진다. 이와 반대로  $th_m$ 의 값이 큰 경우 CMM을 이용하는 경우가 더 많기 때문에 제어 트래픽이 덜 발생하게 되는 것을 알 수 있다.

본 장의 실험 평가를 통하여 각 기법에 대한 데이터 부하량과 제어 트래픽의 부하량을 비교하였다. 호스트 이동성 정도가 적고 PDN 연결의 개수가 적은 경우 데이터 트래픽을 분산시켜 중앙의 데이터 트래픽의 과부하를 줄일 수 있는 DMM 기반의 네트워크가 적절함을 확인 하였다. 하지만, 호스트 이동성의 정도가 높고 PDN 연결의 수가 많을 경우 CMM 기반에 비하여 DMM 기반의 네트워크가 제어 트래픽을 더 많이 발생시키는 것을 확인 할 수 있었다. 따라서 제안하는 C-DMM 기법의 경우 호스트의 이동성 정도와 PDN 연결의 개수에 따라 적절히 CMM과 DMM

을 선택하여 데이터와 제어 트래픽의 과부하를 막을 수 있다.

## VI. 결 론

본 연구에서 제안하는 네트워크 구조 및 이동성 관리 방안은 LTE/EPC 네트워크 운영자들에게 다음의 예상 효과를 가져다 줄 것이라 기대한다. DMM은 기존의 CMM 기반의 LTE/EPC 네트워크의 단점인 중앙에 위치한 P-GW에 데이터 트래픽의 몰림 현상을 P-EGW의 분산 배치를 통하여 트래픽의 분산시킴으로써 장점이 있다고 알려져 있지만, 본 논문에서 밝힌 바와 같이 분산 배치되어 있는 P-EGW의 경우 UE의 이동성과 PDN 연결의 개수에 따라 제어 평면에 위치한 컨트롤러에 과도한 제어 트래픽을 발생시킨다. 따라서, UE의 사용자 정보와 네트워크 정보를 활용하여 적절한 CMM 또는 DMM 기법을 택함으로써 데이터 트래픽 및 제어 트래픽 관점에서 보다 원활한 서비스를 제공할 수 있음을 실험 평가를 통해 보였다.

## References

- [1] Cisco, *Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update*, Cisco White Paper, 2011-2016, Feb. 2010.
- [2] Gabriel Brown, *White Paper: Internet Offload for Mobile Operators*, Heavy Reading, Sept. 2011.
- [3] Y.-h. Kim, H.-K. Lim, K.-H. Kim, Y.-H. Han, and J.-S. Youn, "A distributed mobility support in SDN-based LTE/EPC architecture," *The 10th KIPS Int. Conf. Ubiquitous Inf. Technol. Appl. (CUTE 2015)*, pp. 1-6, Dec. 2015.
- [4] Y.-H. Kim, Y.-H. Han, M. Kim, S. Y. Park, S. J. Moon, J. H. Lee, and D. K. Choi, "Distributed mobility management scheme in LTE/SAE networks," *J. KICS*, vol. 38B, no. 11, pp. 879-894, 2013.
- [5] F. Giust, et al., "Analytic evaluation and experimental validation of a network-based IPv6 distributed mobility management solution," *IEEE Trans. Mob. Compute.*, Nov. 2014.
- [6] H. A. Chan, et al., "Distributed and dynamic

mobility management in mobile internet: current approaches and issues,” *J. Commun.*, vol. 6, no. 1, pp. 4-15, Feb. 2011.

[7] 3GPP, *Mobility between 3GPP wireless Local Area Network (WLAN) interworking (I-WLAN) and 3GPP systems; General Packet Radio System (GPRS) and 3GPP I-WLAN aspects*, 3GPP TS 24.327

[8] 3GPP, *Direct tunnel deployment guideline*, 3GPP TR 23.919

[9] 3GPP, *Local IP Access and Selected IP Traffic Offload (LIPA-SIPTO)*, 3GPP TS 23.829

[10] D. Liu, et al., *Distributed Mobility Management: Current Practices and Gap Analysis*, IETF RFC 7429, Jan. 2015

[11] C. J. Bernardos, *PMIPv6-based Distributed Anchoring*, IETF Internet Draft, draft-bernardos-dmm-distributed-anchring-05, Mar. 2015.

[12] B. Sarikaya, *Distributed Mobile IPv6*, IETF Internet draft, Feb. 2013.

[13] F. Giust, A. de la Oliva, and C. J. Bernardos, “Flat access and mobility architecture: An IPv6 distributed client mobility management solution,” *IEEE Mobicom 2011, in conjunction with IEEE INFOCOM 2011*, Apr. 2011.

[14] H. Ali-Ahmad, et al., “Distributed dynamic mobile IPv6: Design and evaluation,” *IEEE WCNC*, Apr. 2013.

[15] C. Bernardos, et al., *A PMIPv6-Based solution for distributed mobility management*, IETF Internet draft, draft-bernardos-dmm-pmip-01 (work in progress), Mar. 2012.

[16] P. McCann, *Authentication and Mobility Management in A Flat Architecture*, IETF Internet-Draft, draft-mccann-dmm-flatarch-00 (work in progress), Mar. 2012.

[17] Yeunwoong Kyung, Kiwon Hong, Sungho Pakr, Jinwoo Park, “Load Distribution Method over Multiple Controllers in SDN,” the Journal of Korean Institute of Communications and Inforamtion Science, Vol.40, No.06, Jun, 2015.

[18] P. Berde, et al., “ONOS: towards an open,

distributed SDN OS,” *ACM HotSDN '14*, pp. 1-6, Chicago, Illinois, Aug. 2014.

[19] <http://mininet.org/>

[20] Jonghoon Oh, Minho Park, “Linked Implementation of Legacy Network Using Mininet and ONOS Controller,” KICS int. Conf. Commun, pp.435-436, Jan, 2017.

**임 현 교 (Hyun-Kyo Lim)**



2015년 2월 : 한국기술교육대학교 컴퓨터공학부 졸업  
 2015년 3월~현재 : 한국기술교육대학교 컴퓨터공학부 석사 과정  
 <관심분야> Mobility Management, SDN, Machine Learning, Future Internet

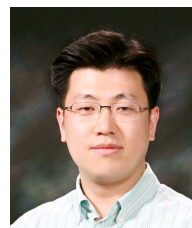
**김 용 환 (Yong-hwan Kim)**



2010년 8월 : 한국기술교육대학교 정보미디어공학과 석사  
 2014년 2월~2014년 8월: 미국 SUNY at Albany, Department of Computer Science 방문 연구원  
 2015년 8월 : 한국기술교육대학교 컴퓨터공학과 박사

2016년 2월~현재 : 한국과학기술정보연구원(KISTI) 선임연구원  
 <관심분야> SDN/NFV, Network Virtualization, Mobility Management, Social Networks

**한 연 희 (Youn-Hee Han)**



1998년 5월 : 고려대학교 컴퓨터학과 석사  
 2002년 2월 : 고려대학교 컴퓨터학과 박사  
 2002년 2월 : 삼성종합기술원 전문연구원  
 2013년 9월~2014년 8월 : 미국 SUNY at Albany, Department

of Computer Science 방문 교수  
 2006년 3월~현재 : 한국기술 교육대학교 정교수  
 <관심분야> Mobility Management, Machine Learning, Social Networks, Future Internet