

이동성 관리를 위한 SDN 기반 LTE/EPC 네트워크 모델 제안 및 실험

임현교, 허주성, 김주봉, 한연희+
한국기술교육대학교 컴퓨터공학과
e-mail:{glenn89, goslim, rlawnqhd, yhhan}@koreatech.ac.kr

SDN based LTE/EPC Networks Model and Experiment for Mobility Management

Hyun-Kyo Lim, Joo-Seong Heo, Ju-Bong Kim, Youn-Hee Han
Korea University of Technology and Education, Korea

요 약

최근 급격히 증가한 모바일 기기와 Over The Top (OTT) 서비스의 활성화로 인하여 CMM 기반의 LTE/EPC 네트워크에 과도한 데이터/제어 트래픽의 수용이 힘들어지는 문제가 중요 이슈로 부각되고 있다. 이를 해결하기 위하여 IETF는 Distributed Mobility Management (DMM) 기반의 이동성 관리 방안을 제안하였다. 하지만 DMM 기술은 중앙의 트래픽 부하 분산에 초점을 두고 있어 단말의 이동과 관련하여 발생하는 과도한 제어 트래픽 수용에 관한 문제를 해결하기에는 부족하다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 SDN 기반으로 CMM과 DMM을 함께 이용하는 HMM (Hybrid Mobility Management) LTE/EPC 네트워크 모델을 제시한다. 또한 HMM 기반의 LTE/EPC 네트워크 모델은 CMM 및 DMM 기법의 선택을 위해 단말의 이동성과 PDN 연결의 개수를 고려한 선택방안을 제시하며, 제안하는 HMM 기반의 LTE/EPC 네트워크 구조에서의 데이터 트래픽 부하량과 단말의 이동성과 PDN 연결 개수에 따라 제어 트래픽의 양을 비교하는 그래프를 제시하며 제안하는 네트워크 모델의 타당성을 입증한다.

1. 서론

최근 스마트폰을 비롯한 태블릿 PC 등 이동성이 높은 모바일 기기들의 등장과 Over The Top (OTT) 서비스의 활성화로 인하여 모바일 트래픽의 양이 급격하게 증가하고 있다. 이에 따라 네트워크 코어에 집중되는 모바일 트래픽을 효율적으로 처리하기 위한 이동성 제어 기술에 대한 관심과 수요가 증대되고 있다 [1]. 하지만 현재의 이동통신망인 LTE/EPC 네트워크는 중앙 집중형 방식 Centralized Mobility Management (CMM)의 이동성 관리 방안을 채택하고 있기 때문에 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 단말의 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 네트워크 구조

와 이동성 관리 방안으로 감당하기 어려울 것으로 전망된다.

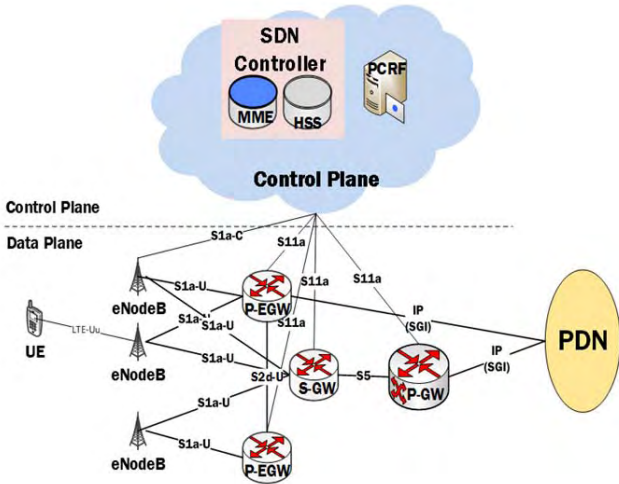
이에 따라, Internet Engineering Task Force (IETF)에서는 현재의 이동통신망에서 코어 네트워크 중앙으로 데이터 트래픽이 집중하는 문제를 해결하기 위하여 분산형 이동성 관리 (Distributed Mobility Management, DMM)를 제안하고 있다 [2, 3]. 하지만 DMM 기반의 LTE/EPC 네트워크의 경우 단말의 이동성과 PDN 연결의 개수가 많은 경우 끊임 없는 서비스를 제공하기 위하여 잦은 단말의 이동성 관리 절차를 수행해야 하므로 제어 트래픽이 발생하게 된다.

따라서 본 논문에서는 CMM/DMM 기법의 문제를 적절하게 해결하기 위하여 CMM 기법과 DMM 기법을 혼합한 Hybrid Mobility Management (HMM) 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 HMM LTE/EPC 네트워크 모델을 제시하고 이에 적합한 단말의 이동성과 PDN 연결 개수를 고려한 CMM/DMM 선택 방안을 제안한다.

제안하는 네트워크 모델의 타당성을 증명하기 위하여 본 논문에서는 제안 방안과 기존 방안의 성능을 Mininet

+ 교신저자: 한연희

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



(그림 1) HMM 기반의 LTE/EPC 네트워크 모델

과 ONOS를 활용하여 HMM 네트워크 모델을 구성, 실험을 수행한다.

2. 제안 네트워크 모델

본 논문에서는 기존의 LTE/EPC 네트워크에서 사용 중인 CMM 기반의 네트워크 모델과 라우팅 방식의 DMM 기법에 SDN 기술을 접목하여 통합함으로써 네트워크의 확장성과 호환성 그리고 성능 측면에서 우수한 네트워크 구조를 제시하며, 이를 SDN 기반 HMM LTE/EPC 네트워크 모델이라 명명한다.

제안하는 SDN 기반의 HMM LTE/EPC 네트워크 모델은 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 단말과 근접한 위치에 분산 배치하였다. 한편, 제어 영역을 데이터 영역과 완벽하게 분리하기 위하여 SDN 기술을 기존의 LTE/EPC 네트워크 장비에 적용하였다. 이의 대한 상세한 모델은 그림 1과 같다.

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. 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. 이동성 관리 절차로 인하여 CMM에 비해 DMM 기법의 경우 제어 트래픽이 과도하게 발생하게 된다. 따라서 해당 네트워크 모델의 최적화를 위하여 단말의 이동성과 PDN 연결의 개수를 함께 고려한 CMM/DMM 선택 방안이 요구된다.

3. CMM/DMM 선택 방안

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 HMM LTE/EPC 네트워크 모델을 제시하고 이에 적합한 효율적인 CMM/DMM 선택 방안을 제안한다.

단말의 이동성 정도를 위하여 컨트롤러에서는 단말의 고유 식별자에 따라 이동횟수, 현재 서브넷의 거주시간, 이전 서브넷의 거주시간을 이용하여 이동성 정도를 계산한다. 이를 위하여 현재 서브넷의 거주 시간은 이전의 서브넷 거주시간을 Exponential Moving Average (EMA)를 통해 계산된 결과로 T_s 로 표현한다. 또한 이동성 정도와 추가로 단말의 PDN 연결 개수 N_{PDN} 를 이용하여 다음의 수식 (1)을 통해 단말의 이동성과 N_{PDN} 에 따른 CMM/DMM 선택의 기준 값 Ω 를 계산한다.

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

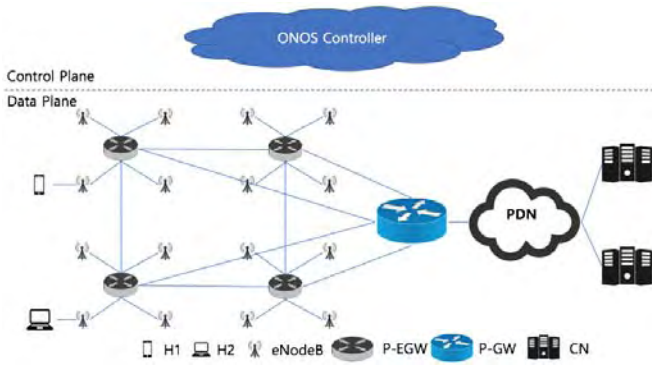
위 수식 α 는 EMA의 방식으로 평균을 구하기 위하여 0과 1사이의 임의의 값을 갖는다. Ω 는 th_m 임계값 파라미터를 활용하여 선택을 수행한다.

$$\text{if } \Omega \geq th_m \text{ then select DMM} \\ \text{else select CMM} \quad (2)$$

수식 (4)에 따라 Ω 가 th_m 보다 큰 경우, 즉, 단말의 이동성이 낮고 PDN 연결 수가 적은 경우 DMM 방식이 선택되고 이에 따라 SDN 컨트롤러는 단말과 인접성 및 가용 네트워크 자원을 고려하여 해당 UE의 게이트웨이로서 적절한 P-EGW를 선택하여 UE의 PDN 생성 및 관리를 지원한다. 이와 반대로 Ω 가 th_m 보다 작은 경우, 즉 단말의 이동성이 높고 PDN 연결 수가 많은 경우에는 CMM 방식이 선택되고 이에 따라 SDN 컨트롤러는 해당 단말의 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 단말에게 효율적으로 데이터 트래픽을 전송할 수 있다.

3. 실험 및 평가

본 장에서는 ONOS 컨트롤러 [4] 및 Mininet [5]을 이용한 에뮬레이션을 통하여 CMM, DMM 및 본 논문에서 제안하는 HMM 기반의 LTE/EPC 네트워크에서 각각의 P-GW와 P-EGW에 발생하는 데이터 트래픽 부하량과 호스트 단말의 이동성과 PDN 연결의 개수에 따라 중앙의 SDN 컨트롤러에 미치는 제어 트래픽 부하량을 비교한다.

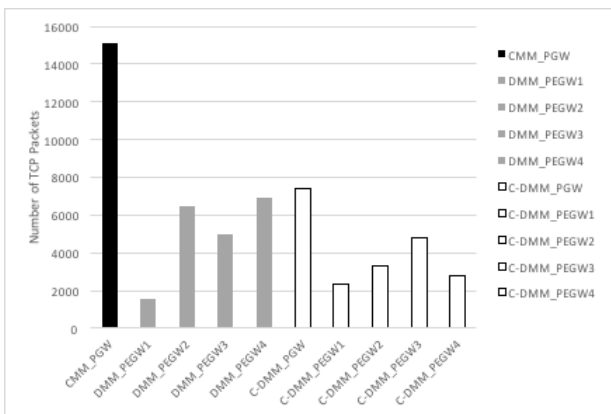


(그림 2) SDN 기반의 LTE/EPC 네트워크 실험 모델

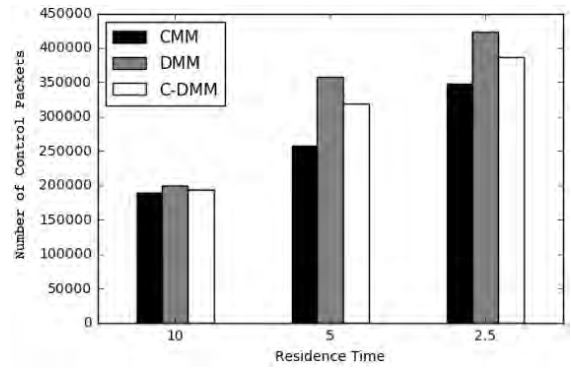
실험 평가를 위하여 구축한 에뮬레이션 환경에는 그림 2 처럼 Mininet [5]을 이용하여 eNodeB 16대, P-GW 1대, P-EGW 4대, CN 2대, Host 2대를 다음과 같이 배치하였다. 한편, SDN 컨트롤러로 ONOS [4]를 배치함으로써 SDN 기반의 LTE/EPC 네트워크를 구성하였다. 본 실험에서 관심있는 데이터 트래픽 및 제어 트래픽 양을 산정하기 위해서 Wireshark를 사용하였다.

데이터 트래픽 부하량 비교 실험의 경우 두 호스트로 하여금 각각 하나의 CN과 TCP 통신을 하도록 하였다. 이때, CMM, DMM 및 HMM 기반마다 P-GW 혹은 P-EGW를 거쳐 지나가는 데이터 트래픽의 부하량을 비교하였다. 이때 한 호스트는 하나의 CN과 하나의 PDN 연결을 가지고 있으며, 상주 시간은 5초로 하였고 상주 시간이 지나면 근처의 eNodeB로 이동을 한다. CMM과 DMM을 선정하기 위해 수식 (2)의 Ω 가 활용되며, 이때 파라미터는 $\alpha = 0.3$ 과 $th_m = 1$ 을 사용하였고 총 실험 시간은 1분이다.

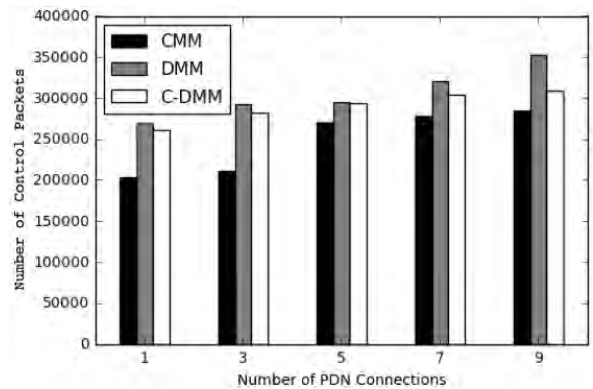
이동성에 따른 실험을 위해 호스트는 임의의 eNodeB에 머물러있다가 근처 eNodeB로 이동을 하도록 하였고, 임의의 eNodeB에 머무르는 시간을 Ω 라고 할 때, Ω 는 정규 분포에 따르도록 설정하였다. 각 이동성에 따라 정규 분포의 평균을 10초, 5초 2.5초로 설정하였으며, 또한, 총 10분동안 실험을 진행 하였다. 파라미터는 $\alpha = 0.3$ 과 $th_m = 1$ 을 사용하였다. 제어 트래픽은 호스트의 이동으로



(그림 3) 데이터 트래픽 부하량 비교



(그림 4) 이동성에 따른 제어 트래픽 부하량 비교



(그림 5) PDN 연결 개수에 따른 제어 트래픽 부하량 비교

인한 핸드오버시에 각 기법에 따라 P-GW 혹은 P-EGW가 ONOS 컨트롤러와 통신을 위하여 발생하는 트래픽이다.

PDN 연결 수에 따른 실험을 위하여, 이동성에 따른 실험과 비슷하게 파라미터를 설정하였다. 단, 한 호스트가 eNodeB에 머무르는 시간은 5초로 고정 하였으며 하나의 호스트가 하나의 CN과 TCP 통신을 통하여 PDN 연결의 개수를 1, 3, 5, 7 및 9개 ($N_{PDN} = 1, 3, 5, 7, 9$)로 변화를 주어 실험을 진행했다.

그림 3은 단말의 일정한 이동성과 PDN 연결 개수를 갖는 경우 각 CMM, DMM 및 HMM에서 발생하는 데이터 트래픽 부하량을 비교하는 그래프 이다. 그래프에서 볼 수 있듯이 CMM 기반의 P-GW의 경우 호스트가 이동을 하더라도 서브넷의 변경이 없기 때문에 데이터 트래픽이 P-GW를 통해 통신을 하게 된다. 따라서 데이터 트래픽의 부하량이 DMM과 HMM 기반의 경우에 비해 증가하게 되는 것을 확인할 수 있다. D-MM과 HMM의 경우 게이트웨이 역할을 하는 P-EGW가 분산되어 있기 때문에 데이터 트래픽의 부하량이 개수만큼 감소하게 된다. 하지만 HMM의 경우 실험 시작시에 설정한 Ω 값에 따라 CMM과 DMM 기반을 활용하기 때문에 DMM에 비하여 부하량이 더 감소함을 확인할 수 있다.

그림 4와 그림 5는 이동성과 PDN 연결 개수에 따른 제어 트래픽 양을 비교한 그래프 이다. 그래프에서 볼 수

있듯이 서브넷에 머무르는 시간이 길수록 (단말의 이동성이 작은 경우) 핸드오버와 새로운 데이터 플로우를 설정하는 제어 트래픽의 발생이 적기 때문에 각 기반의 제어 트래픽 양이 적은 것을 확인할 수 있다. 하지만 단말의 이동성이 커지거나 PDN 연결의 개수가 증가함에 따라 CMM의 경우 제어 트래픽의 발생량이 DMM에 비하여 적은 것을 확인할 수 있다. DMM의 경우 서브넷의 변경이 자주 일어나기 때문에 핸드오버와 새로운 데이터 경로 설정에 따른 제어 트래픽이 발생하기 때문이다. 하지만 HMM의 경우 이동성이 커지거나 PDN 연결의 개수가 증가 하더라도 CMM 기반과 DMM 기반을 적절히 이용하기 때문에 DMM 기반에 비하여 제어 트래픽이 덜 발생하는 것을 확인할 수 있다.

4. 결론

제안하는 네트워크 모델 및 이동성 관리 기법은 LTE/EPC 네트워크 운영자들에게 다음의 예상효과를 가져다 줄 것으로 기대한다. DMM은 기존의 CMM 기반의 LTE/EPC 네트워크의 단점인 중앙에 위치한 P-GW에 데이터 트래픽 과부하 현상을 분산된 P-EGW를 통해 분산시키는 장점이 있다. 하지만 분산 배치된 P-EGW의 경우 단말의 이동성과 PDN 연결 개수에 따라 발생하는 제어 트래픽이 증가하게 된다. 따라서 단말의 네트워크와 사용자 정보를 활용하여 적절한 CMM 또는 DMM 기법을 선택함으로써 데이터 및 제어 트래픽의 관점에서 보다 원활한 서비스를 제공 할 수 있음을 실험을 통해 보였다.

참고문헌

- [1] Cisco, Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update , Cisco White Paper, 2011-2016, Feb. 2010.
- [2] D.Liu, et al., "Distributed Mobility Management: Current Practices and Gap Analysis," IETF RFC 7429, Jan. 2015
- [3] C. J. Bernardos, "PMIPv6-based Distributed Anchoring," IETF Internet Draft, draft-bernardos-dmm-distributed-anchoring-05, March 2015.
- [4] <http://onosproject.org/>
- [5] <http://mininet.org/>