

5G 모바일 네트워크를 위한 가상화 기반의 게이트웨이 관리 기법 시뮬레이션

김현석*, 전세일*, 정재훈†

*성균관대학교 컴퓨터공학과

†성균관대학교 인터랙션사이언스학과

E-mail: {paulsuk123, seiljeon, pauljeong}@skku.edu

Simulation of Virtual Gateway Placement with User QoE Enhancement for 5G Mobile Networks

Hyun-Suk Kim*, Seil Jeon*, Jaehoon (Paul) Jeong†

*Department of Computer Engineering, Sungkyunkwan University

†Department of Interaction Science, Sungkyunkwan University

요 약

본 논문은 가상화 네트워크에서의 게이트웨이 선택 알고리즘을 제안한다. 예전에 비해 급격하게 늘어난 트래픽 양을 처리하기 위해 증가된 운영비용을 “클라우드화”와 “지리학적 거리”를 이용하여 감소시킬 수 있는 방법을 제시한다.

1. 서론

모바일 네트워크 망에서의 트래픽의 양이 급격하게 증가하고 있다. 트래픽 양이 증가하는 이유는 망 사용자들이 늘어나는 것도 있지만, 패킷이 전달하는 데이터의 형태가 텍스트에서 이미지로, 이미지에서 영상으로 점차 용량이 큰 형태로 변화하기 때문이다. 트래픽의 양이 증가하는 만큼 네트워크 망의 사용 및 유지보수에 들어가는 비용 또한 점점 늘어나고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 키워드 중 하나는 “클라우드화”이다[1]. The 3rd Generation Partnership Project(3GPP)의 Long-Term Evolution(LTE) 망에서의 코어 네트워크인 Evolved Packet Core(EPC)를 가상화한 개념인 Virtualized EPC(vEPC)는 기존의 음성 및 데이터 서비스 지원을 뛰어 넘는 다양한 네트워크 서비스에 관련된 다양한 문제를 해결하기 위해 네트워크 기능 가상화(Network Functions Virtualization, NFV) 기반 클라우드 플랫폼 상에서 동작한다[2,3]. 이러한 소프트웨어 기반 가상 네트워크 기능(Virtual Network Functions, VNF)으로 효과적인 해결책을 제안할 수 있다. 반면 트래픽의 사용량으로 인한 할당 알고리즘에서의 비용절감 이슈는 아직 뚜렷하게 해결되지 않고 있는 상황이다. 따라서 본 논문은 할당 알고리즘과 같은 연구들을 보조할 수 있는 네트워크 시뮬레이션 기능을 포함한 클라우드 기반 이동 네트워크 프레임워크를 제안한다. 따라서 본 논문은 이동 네트워크 환경에서 User Equipment(UE)를 서비스할 Public Data Network Gateway(PGW)에 할당하는 방법으로 Random Selection 과 Voronoi-based Selection 알고리즘을 제안하고 네트워크 시뮬레이션을 통해 성능평가를 한다.

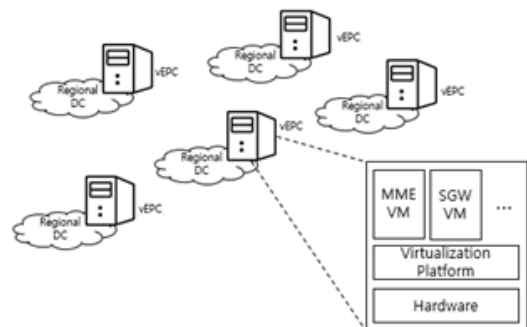


그림 1. 데이터 센터에 분포된 vEPC 배치

2. 본론

모바일 네트워크의 트래픽 양이 급격하게 늘어나면서 네트워크 망의 설치 및 유지보수에 대한 비용절감을 위해 연구가 활발하게 진행되고 있다. 하드웨어 부분에서는 가상화 기반의 네트워크를 주제로 연구가 진행되고 있으나 트래픽의 사용량에 대한 UE 할당 알고리즘에서의 비용절감 이슈는 아직 뚜렷하게 해결되지 않고 있다. Serving Gateway(SGW)의 수를 최소화하여 SGW의 재배치 비용을 감소시키는 연구 [4]나 PGW의 로드 밸런싱에 대한 연구 [5]가 진행된 선행 연구가 있으나 UE를 각 PGW에 할당하는 알고리즘 자체에 대한 연구는 찾아보기 힘들다. 이에 두 가지의 알고리즘인 Random-based Selection 알고리즘과 Voronoi-based Selection 알고리즘을 비교하여 효율적인 방법을 제시하려 한다.

2-1. 가상화 네트워크에서의 게이트웨이 선택

그림 1 은 vEPC 배치를 위한 가상화 기반 네트워크의 구조를 보여주고 있다. 데이터 센터(Data Center, DC)는 클라우드 서비스를 위한 하드웨어 장치의 집합이며, Public Data Network(PDN) 서버와 기지국(eNodeB, eNB)를 연결해 주는 역할을 한다. vEPC 가 그 역할을 위하여 DC 에 배치되어 있으며 각각의 vEPC 는 PGW, SGW, MME 등의 가상화 네트워크 기능을 가상머신의 형태로 포함하고 있다. 클라우드와 모바일 네트워크를 통합하려는 노력은 여러 연구 및 개발을 통해 진행이 되고 있다[6,7]. VNF 는 모바일 네트워크를 사용자 혹은 서비스제공자의 요구에 따라 사용량을 유동적으로 바꿀 수 있게 만든다[8]. 네트워크 모듈의 배치 전략은 전체적인 네트워크 성능 및 기회 비용과 직결된다. 최소화된 수의 가상화 PGW 는 효과적으로 운영비용을 감소시키지만 이는 사용자 경험 품질(User Quality of Experience, QoE)에 영향을 줄 수 있다[4]. 이를 보완하기 위해 어플리케이션 및 서비스 타입과 지리학적 위치를 고려한 가상화 PGW 를 할당하는 네트워크 모듈 배치 알고리즘이 연구되었다[5].

종단간지연(End-to-End Delay)을 감소시키는 것은 5G 네트워크 사용이 시작되고 있는 현재 부각되고 있는 이슈이며, 이는 UE 와 PGW 사이의 지리학적 거리와도 관련이 깊다. 이에 본 논문에서 성능평가에 이용될 알고리즘은 “지리학적 거리”를 고려하여 설계되었다.

2-2. Random Selection 알고리즘

UE 가 서비스를 요청할 때, 최초 요청 메시지의 Round-Trip Time(RTT) 이내의 DC 가 무작위로 선택된다. 이는 너무 멀리 있는 DC 또는 혹은 너무 긴 패킷 전달 시간을 가진 DC 를 선택하는 것을 방지한다. 이후 다른 UE 로부터의 후속 서비스 요청은 가상화 PGW 의 가용량이 채워질 때까지 PGW 인스턴스에 할당된다. 첫 네트워크 초기화 과정 이후의 시나리오에서 UE 가 모바일 네트워크에 새로 진입할 때, UE 에게 가동되고 있는 PGW 인스턴스 중 무작위로 선택하여 할당한다.

2-3. Voronoi-based Selection 알고리즘

DC 는 모든 UE 에 대한 거리정보에 기초하여 할당된다. 이 거리 정보는 접속 요청 메시지의 RTT 를 의미하며, UE 는 가장 가까운 DC 에 접속하게 된다. 단 가상화 PGW 는 DC 내에서 가동되고 있는 PGW 중 랜덤으로 선택된다. 첫 네트워크 초기화 과정 이후의 시나리오에서 UE 가 모바일 네트워크에 진입할 때 해당 알고리즘에 따라 PGW 에 접속하게 된다.

3. 성능평가

기존의 시뮬레이션 도구는 가상화 기반 네트워크가 아닌 기존의 비가상화 네트워크 기반으로 설계되어있다. 그림 2 는 가상화 기반 네트워크와

기존의 비가상화 네트워크의 차이를 보여주고 있다. 본 논문에서의 성능평가를 위하여 가상화 기반 네트워크 시뮬레이션 도구를 구현하였다. 두 가지의 알고리즘인 Random Selection 과 Voronoi-based Selection 을 가상화 기반 네트워크 시뮬레이션 도구를 이용하여 성능평가를 진행한다.

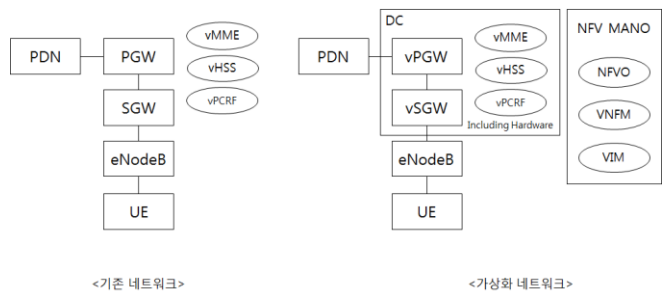


그림 2. 기존 네트워크와 가상화 네트워크 구조

3-1. 시뮬레이션을 위한 가정

SGW 와 PGW 의 배치는 Network Functions Virtualization Orchestra(NFVO) 모듈이 결정한다. 이 결정은 핸드오버 기능을 위한 네트워크 모듈로 전달되게 된다. SGW 와 PGW 는 [9]에 기술된 대로 결합 및 분리될 수 있다. 이렇게 결합된 SGW 와 PGW 내부 처리과정 및 통신 지연 시간은 전체 UE 서비스 지연 계산에서 무시할 수 있을 정도로 작아지게 된다. 그러므로 본 논문에서는 게이트웨이 선택이 가상화 PGW 선택을 의미한다고 가정한다.

본 논문에서는 성능평가를 위하여 전력 사용량을 측정한다. UE 가 할당된 개수의 비율만큼 가동률을 계산하여 전력 사용량을 계산한다. 가동률에 비례한 전력 사용량의 구체적인 수치는 해당 논문[10]를 이용하여 사용되었다.

3-2. 시뮬레이션 도구 개발

시뮬레이션에 이용된 도구는 Linux 기반의 네트워크 시뮬레이터인 OMNeT++이다[11,12]. 기존의 LTE 시뮬레이션 도구[12]는 비 가상화 시뮬레이션을 가정하고 만들어 졌기 때문에 본 논문의 취지에 맞는 가상화 시뮬레이션을 위하여 수정 및 개발을 진행하였다. 또한 섹션 3-1 에서 가정한 내용을 바탕으로 시뮬레이션을 작성하였으며 필요한 정보를 얻기 위하여 코드를 수정하였다.

3-3. 네트워크 토폴로지

사용된 네트워크 망은 그림 3 과 같으며, 10 개의 eNB, 6 개의 DC, 18 개의 PGW 으로 구성된다. 완전 메시 네트워크가 아닌 부분 메시 네트워크로 구성되어 있다. UE 는 일정한 시간에 비례하여 동일한 속력으로 무작위한 방향으로 움직이며 일정 주기로 연결 해제 및 연결을 반복한다.

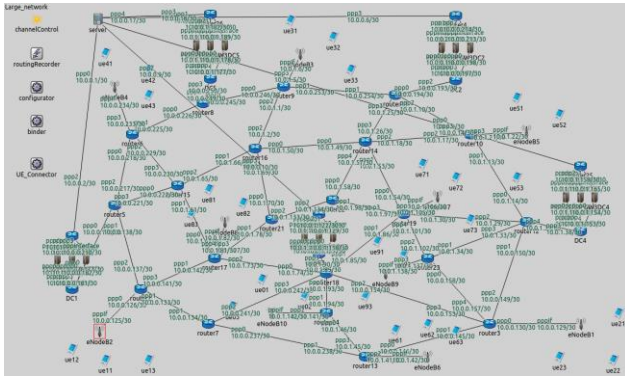


그림 3. 시뮬레이션에 이용된 네트워크 토폴로지

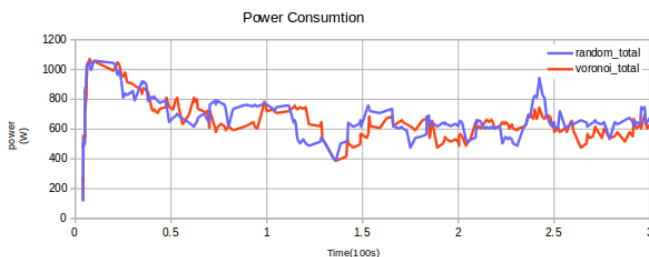


그림 4. 각 알고리즘의 전력 사용량 차트

해당 UE는 DC와의 연결을 위하여 Ping Message를 보내며, 각 DC에 보내고 받은 메시지의 RTT 정보를 저장 후 알고리즘을 이용하여 각 DC의 PGW에 할당된다. 본 논문에서 제시한 두 알고리즘을 각각 일정 횟수만큼 실행하여 평균값으로 차트를 작성하였다.

3-4. 시뮬레이션 결과

대체적으로 Voronoi-based Selection 알고리즘이 Random Selection 알고리즘에 비해 거의 모든 구간에서 전력 효율이 좋은 것을 볼 수 있다. 그림 4의 차트에서 연결된 UE의 수가 안정된 100 초부터 300 초까지 전력사용의 평균값은 Random Selection은 630.2W, Voronoi-based Selection은 607.6W이다. 약 3.5%의 차이를 보이는데 이 결과는 좀 더 거대한 네트워크에서는 엄청난 운영비용 감소를 보여줄 것이다. 이는 지리학적 거리를 고려한 네트워크 모듈 배치 방법뿐만 아니라 선택 알고리즘 또한 운영비용을 줄일 수 있다는 것을 보여준다.

5. 결론

점점 늘어나는 트래픽의 홍수 속에서 서비스 제공자들은 운영비용 감소를 위하여 연구를 계속하고 있다. 본 논문은 “모바일 네트워크의 클라우드화”라는 키워드에 맞추어 운영비용 감소에 대한 방법을 강구하였다. 하드웨어 부분에서의 비용절감을 적용하기 위해 VNF 상에서 시뮬레이션을 진행하기 위하여 도구 선택 및 수정을 진행하였고, “지리학적 거리”를 고려한 네트워크 모듈 배치뿐만 아니라 이를 게이트웨이 선택 알고리즘에도 적용시켜

긍정적인 결과를 얻을 수 있었다. 향후 연구로 5G 네트워크에서 본 연구를 확장할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기술진흥센터의 SW 중심대학지원사업의 연구결과로 수행되었음(2015-0-00914). 고신저자는 정재훈임.

참고문헌

- [1] T. Taleb and A. Ksentini, “Follow Me Cloud: Interworking Federated Clouds and Distributed Mobile Networks,” IEEE Networks, vol. 27, no. 5, pp. 12-19, Sep. 2013.
- [2] F. Z. Yousaf, J. Lessmann, P. Loureiro, and S. Schmid, “SoftEPC - Dynamic instantiation of mobile core network entities for efficient resource utilization,” Proc. of IEEE ICC 2013, Jun. 2013.
- [3] R. Jain and S. Paul, “Network Virtualization and Software Defined Networking for Cloud Computing: A Survey,” IEEE Communications Magazine, vol. 51, no. 11, pp. 24-31, Nov. 2013.
- [4] T. Taleb and A. Ksentini, “Gateway Relocation Avoidance-Aware Network Function Placement in Carrier Cloud,” Proc. of ACM MSWIM 2013, Nov. 2013.
- [5] M. Bagaa, T. Taleb, and A. Ksentini, “Service-Aware Network Function Placement for Efficient Traffic Handling in Carrier Cloud,” Proc. of IEEE WCNC 2014, Apr. 2014.
- [6] T. Taleb, M. Corici, C. Parada, A. Jamakovic, S. Ruffino, G. Karagiannis and T. Magedanz, “EASE: EPC as a Service to Ease Mobile Core Network Deployment over Cloud,” IEEE Network, vol. 29, no. 2, pp. 78-88, Mar-Apr, 2015.
- [7] A. Csaszar et al., “Unifying Cloud and Carrier Network: EU FP7 Project UNIFY,” Proc. of IEEE/ACM International Conference on Utility and Cloud Computing (UCC) 2013, Dec. 2013.
- [8] R. Krishnan, T. Hinrichs, D. Krishnawamy, and R. Krishnawamy, “Policy-based Monitoring and Energy Management for NFV Data Centers,” Proc. of CoCoNet, Dec. 2015.
- [9] 3GPP TS23.401, “GPRS Enhancements for E-UTRAN Access,” v14.2.0, Dec. 2016.
- [10] R. Krishnan, T. Hinrichs, D. Krishnawamy, and R. Krishnawamy, “Policy-based Monitoring and Energy Management for NFV Data Centers,” Proc. of CoCoNet, Dec. 2015.
- [11] OMNeT++, Discrete Event Simulator, “https://www.omnetpp.org/”
- [12] SimuLTE, LTE User Plane Simulation Model for INET and OMNeT++, “https://simulte.com/”