

가상 네트워크를 위한 OpenFlow 기반 가상 게이트웨이

이도영*, 김희곤*, 유재형†, 홍원기*

† 포항공과대학교 정보통신대학원

{dylee90, sinjint, styoo, jwkhong}@postech.ac.kr

OpenFlow-based Virtual Gateway for Virtual Networks

Doyoung Lee*, Heegon Kim*, Jae Hyoung Yoo†, James Won-Ki Hong*

*Department of Computer Science and Engineering, POSTECH

† Graduate school of Information Technology, POSTECH

요 약

네트워크 가상화는 물리 네트워크 자원을 가상화한 후 복수의 가상 네트워크를 통해 효율적으로 네트워크를 운영하도록 돕는 기술이다. 최근에는 가상 네트워크 생성 및 운영을 위해 소프트웨어 정의 네트워킹을 활용한다. 효과적인 가상 네트워크 운영을 위한 요구사항 중 하나는 가상 네트워크가 외부 네트워크와 통신할 수 있도록 외부 연결성을 가지는 것이다. 하지만 기존 SDN 기반 네트워크 하이퍼바이저들은 자체적으로 가상 네트워크의 외부 연결성을 위한 기능을 제공하지 않고, 다른 소프트웨어들과 연동을 통해 가상 네트워크를 외부 네트워크와 연결한다. 본 논문에서는 네트워크 하이퍼바이저가 외부 연결성을 지원할 수 있도록 OpenFlow 기반 가상 게이트웨이와 가상 게이트웨이 임베딩 기능을 구현하였다. 구현한 임베딩 기능은 기계학습을 활용하여 가상 게이트웨이를 위한 플로우 룰을 물리 네트워크 스위치들 사이에 분산 설치함으로써 다수의 가상 네트워크를 외부 네트워크와 연결할 때 생기는 성능 저하를 최소화한다.

I. 서 론

네트워크 가상화 (Network Virtualization)는 효율적인 네트워크 운용을 위해 가상 네트워크를 생성하고 운용하는 기술로써 최근에는 소프트웨어 정의 네트워킹 (Software-Defined Networking, SDN)을 활용한 네트워크 가상화 기법이 주목받고 있다. SDN 기반 네트워크 하이퍼바이저 (Network Hypervisor)는 SDN 을 활용해 네트워크 가상화를 실현하는 플랫폼으로, 물리 네트워크 위에 복수의 가상 네트워크를 생성한다.

가상 네트워크를 효과적으로 운용하기 위한 요구사항 중 하나는 가상 네트워크가 외부 네트워크와 통신할 수 있도록 외부 연결성을 갖는 것이다. 하지만 기존 SDN 기반 네트워크 하이퍼바이저들은 자체적으로 가상 네트워크를 위한 외부 연결성을 지원하지 못하며, 별도의 소프트웨어 설치 및 연동을 통해 가상 네트워크와 외부 네트워크를 연결한다. 이처럼 별도로 소프트웨어를 설치하고 네트워크 하이퍼바이저와 연동하는 것은 복잡할 뿐만 아니라 네트워크 관리자에게 부담을 주는 요소이기 때문에 네트워크 하이퍼바이저가 자체적으로 가상 네트워크를 외부 네트워크와 연결할 수 있도록 기능을 제공하는 것이 필요하다.

본 논문에서는 SDN 기반 네트워크 하이퍼바이저로 생성한 가상 네트워크를 별도의 소프트웨어 도움 없이 외부 네트워크와 연결하는 OpenFlow 기반 가상 게이트웨이 (Gateway)를 제안한다. 가상 게이트웨이는 네트워크 하이퍼바이저에 의해 각 가상 네트워크의 구성 요소로 생성되며, 가상 게이트웨이를 배치한 가상 네트워크에게 외부 연결성을 제공한다. 또한, 임베딩

(Embedding) 과정에서 Feedforward Neural Network (FNN)을 활용해 가상 게이트웨이를 위한 플로우 룰 (Flow rule)을 물리 네트워크 스위치들 사이에 분산 설치함으로써 가상 네트워크의 외부 연결성으로 인한 부하를 분산시켰다.

II. 관련 동향 및 연구

기존의 SDN 기반 네트워크 하이퍼바이저들은 생성한 가상 네트워크의 외부 연결성을 지원하기 위해 별도의 소프트웨어를 설치하고 연동한다. 예를 들어, 네트워크 하이퍼바이저로 활용 가능한 SDN 컨트롤러들인 Open Network Operating System (ONOS) [1]와 OpenDayLight (ODL) [2]은 각각 Quagga 와 OpenStack 의 Distributed Virtual Router (DVR)을 통해 가상 네트워크와 외부 네트워크를 연결한다. 하지만 Quagga 는 다수의 가상 네트워크의 외부 연결성을 지원하기 위해서는 수작업으로 복잡한 설정이 필요하며, OpenStack 은 외부 연결성만을 위해 별도로 설치하여 활용하기에는 규모나 제약 사항이 많다는 단점이 있다.

III. 본 론

제안하는 OpenFlow 기반 가상 게이트웨이는 별도의 소프트웨어 도움 없이 네트워크 하이퍼바이저에 의해 생성된다 (그림 1). 생성된 가상 게이트웨이는 선행 연구 [3]에서 구현한 방법에 따라 ARP 를 통해 물리 게이트웨이 포트를 식별하고 가상 게이트웨이의 가상 포트를 매핑 (Mapping)한다. 가상 게이트웨이는 외부 연결성 지원을 위한 Network Address Translation (NAT) 기능과 가상 네트워크로 유입되는 트래픽을

제어하기 위한 Traffic shaping 및 Firewall 기능을 제공한다. 네트워크 하이퍼바이저는 해당 기능들을 위한 가상 플로우 룰을 생성해 가상 플로우 테이블 (Virtual Flow rule table)에 저장한다.

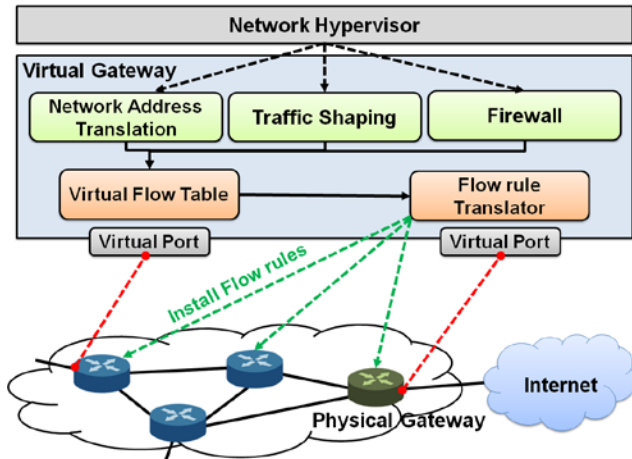


그림 1. OpenFlow 기반 가상 게이트웨이 구조

가상 플로우 룰들은 플로우 룰 변환기 (Flow rule translator)에 의해 물리 플로우 룰로 변환되어 물리 스위치들에 설치되는데, 복수의 가상 네트워크가 존재할 경우 FNN 을 통해 각 가상 네트워크 별 플로우 룰들을 분산 설치해 특정 물리 스위치에 부하가 집중되는 것을 방지한다. 이 때, FNN 은 물리 네트워크 토폴로지와 각 물리 스위치들에 저장된 플로우 룰들을 입력 값으로 받아 가상 게이트웨이 플로우 룰들이 설치될 최적의 물리 스위치를 선택한다.

OpenFlow 기반 가상 게이트웨이는 ONOS 기반 네트워크 하이퍼바이저인 ONVisor [4]에 생성 및 관리될 수 있도록 구현하였으며, 이를 위한 CLI 를 구현하였다. 또한, 가상 게이트웨이를 포함한 가상 네트워크 운영을 위해 ONVisor 에서 실행되는 Reactive forwarding application 을 추가로 구현하였다.

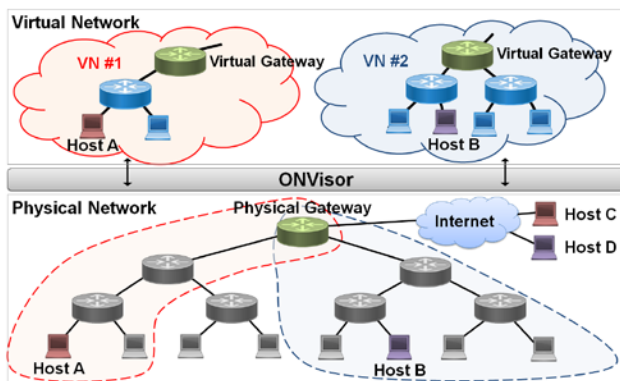


그림 2. 테스트베드 구성도

구현한 가상 게이트웨이의 기능 검증 및 성능 측정을 위해 Mininet 에뮬레이터를 활용해 테스트베드를 구축하였다 (그림 2). Mininet 으로 생성한 SDN 환경을 물리 네트워크로 가정하고, ONVisor 를 통해 가상 게이트웨이를 가지는 가상 네트워크 VN#1, VN#2 를 생성하였다. 각 가상 네트워크가 외부 네트워크와 연결이 가능함을 보이기 위해 Google 클라우드 플랫폼 서비스를 통해 외부에 가상 머신 (Virtual Machine, VM)를 생성하고, 세 가지 시나리오로 외부 연결성을 지원하여

가상 네트워크 내 VM 들과 SSH 로 연결했다 (Host A ↔ Host C, Host B ↔ Host D).

첫 번째 시나리오에서는 가상 게이트웨이 없이 물리 게이트웨이에서 수작업으로 iptables 의 설정을 변경해서 NAT 기능을 구현한 후 가상 네트워크 내 VM 들을 외부 VM 들과 연결하였다. 두 번째 시나리오에서는 FNN 을 활용하지 않은 기본 임베딩 기능으로 가상 게이트웨이를 생성했고, 세 번째 시나리오에서는 FNN 을 활용한 임베딩 기능으로 가상 게이트웨이를 생성했다. 각 시나리오에서 SSH 연결 후에는 가상 네트워크 내 VM 에서 외부 VM 에 저장된 대용량 비디오 파일을 다운로드하고, 다운로드 과정에서 Host A 와 Host B 에서 평균 Throughput 을 측정하였다.

실험 결과, 시나리오 별로 측정된 Throughput 은 각각 4.46MB/s, 2.65MB/s, 3.48MB/s 이었다. 이를 통해 가상 게이트웨이로 가상 네트워크와 외부 네트워크를 연결했을 때, Throughput 은 가상화 오버헤드로 인해서 다소 떨어지는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 이와 같은 Throughput 저하는 FNN 을 활용한 임베딩 기능으로 각 가상 게이트웨이의 플로우 룰을 분산시킴으로써 일정 부분 완화시킬 수 있는 것을 확인하였다. 결과적으로, 본 논문에서 제안하는 OpenFlow 기반 가상 게이트웨이는 비록 Throughput 은 떨어질 수 있지만 별도의 소프트웨어 설치와 수동 설정 없이 외부 연결성을 지원함으로써 네트워크 관리자의 부하를 줄일 수 있다는 장점이 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 가상 네트워크의 외부 연결성 지원을 위한 OpenFlow 기반 가상 게이트웨이를 제안하였다. 네트워크 하이퍼바이저는 가상 게이트웨이를 통해 자동으로 가상 네트워크를 외부 네트워크와 연결할 수 있다. 향후 연구로는 최적의 임베딩 알고리즘 연구와 가상 게이트웨이의 성능 개선이 있다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신·방송 연구개발사업의 일환으로 수행하였음. [2018-0-00749, 인공지능 기반 가상 네트워크 관리기술 개발]

참고 문헌

- [1] P. Berde, M. Gerola, J. Hart, Y. Higuchi, M. Kobayashi, T. Koide, B. Lantz, B. O' Connor, P. Radoslavov, W. Snow et al., "Onos: towards an open, distributed sdn os," in Proceedings of the third workshop on Hot topics in software defined networking. ACM, 2014, pp. 1- 6.
- [2] J. Medved, R. Varga, A. Tkacik, and K. Gray, "Opendaylight: Towards a model-driven sdn controller architecture," in World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM), 2014 IEEE 15th International Symposium on a. IEEE, 2014, pp. 1- 6.
- [3] Lee, Doyoung, Yoonseon Han, and James Won-Ki Hong. "Design of virtual gateway in virtual software defined networks." Network and Service Management (CNSM), 2017 13th International Conference on. IEEE, 2017.
- [4] Han, Yoonseon, et al. "ONVisor: Towards a scalable and flexible SDN-based network virtualization platform on ONOS." International Journal of Network Management 28.2 (2018): e2012