

SDN 기반 네트워크 가상화 환경에서의 트래픽 정형 기법 병목 분석

강전진, 유연호, 양경식, 유혁
정보대학 컴퓨터학과, 고려대학교

jeonjine@korea.ac.kr, yhyoo@os.korea.ac.kr, ksyang@os.korea.ac.kr, chuckyoo@os.korea.ac.kr

An Analysis of Traffic Shaping Bottlenecks in SDN-based Network Virtualization

Jeonjin Kang, Yeonho Yoo, Gyeongsik Yang, Chuck Yoo
Department of Computer Science and Engineering, Korea University

요약

최근 SDN 기반의 네트워크 가상화 기술이 In-network computing 등 차세대 네트워크 시스템의 핵심 기술로 주목받고 있다. 본 논문은 SDN 기반의 네트워크 가상화 환경에서 네트워크 하이퍼바이저의 처리 성능을 개선하기 위한 트래픽 정형 기법을 분석한다. 특히 대기시간을 기준으로 트래픽 정형을 수행하는 Sincon 모델을 기반으로 본 연구에서는 트래픽 정형 방식을 상세히 분석하고, 모델에 필요한 파라미터 산정에 따른 트래픽 정형 기법의 병목 변화를 분석한다. 분석 결과를 통해, 향후 개선된 트래픽 관리 기법 구현을 위한 기반을 확립하고자 한다.

1. 서론

SDN(Software Defined Network) 기술은 기존 네트워크 스위치에서 결합된 제어 평면과 전송 평면을 서로 분리하고, 제어 평면을 소프트웨어의 형태로 중앙화(centralize)하여, 전체 네트워크를 중앙의 소프트웨어 컨트롤러를 기반으로 관리하는 기술을 의미한다. SDN 기술은 스위치를 구성하는 기술의 요소별 독립적인 발전 및 소프트웨어를 기반으로 한 유연한 연구를 가능하게 하여, 차세대 소프트웨어 시스템의 기반 철학으로 채택되고 있다[1].

SDN 기반의 네트워크 가상화는 단일한 물리 네트워크 위에 SDN 기술을 활용한 네트워크 하이퍼바이저를 기반으로, SDN 형태의 가상 네트워크를 다수 생성하는 기술이다[2-3]. 현재 수많은 사용자(테넌트)가 존재하는 데이터센터에서는 사용자별로 고립된 네트워크를 제공하기 위해, SDN 기반의 네트워크 가상화(SDN-NV)를 통해 사용자별로 하나의 가상 네트워크 및 하나의 컨트롤러를 갖고 자신의 가상 네트워크를 관리할 수 있도록 한다.

이때, 모든 테넌트의 컨트롤러는 각자의 가상 네트워크를 제어하기 위해 메시지를 발생시키는데, 이 메시지들은 네트워크 하이퍼바이저가 모두 일괄처리하기 때문에 효율적인 트래픽 관리가 필수이다. 본 논문에서는, 위와 같은 SDN-NV 환경에서 네트워크 하이퍼바이저가 효율적인 트래픽 관리를 위해 사용하는 기법 중 하나인 트래픽 정형 기법에 대한 동작 방식을 분석하고, 트래픽 정형 기법의 파라미터가 변할 때마다 정형 기법에 따른 병목인 메시지의 대기 지연을 측정한다. 이를 통해, 향후 개선된 트래픽 관리 기법 구현을 위한 기반을 제공하려 한다.

2. SDN-NV 환경에서의 트래픽 정형기법

SDN-NV 환경에서의 대표적인 트래픽 정형 모델로 이전 연구에서 Sincon 이 제안되었다[4]. Sincon 은 오픈소스 네트워크 하이퍼바이저인 OpenVirteX(OVX)를 기반으로, 컨트롤러로부터 발생한 메시지 처리 시 적절한 대기를 통해 트래픽을 정형한다. 본 논문에서는 Sincon 을 활용하여 SDN-NV 환경에서 트래픽 정형의 성능을 분석하고자 한다.

먼저, Sincon 에서 트래픽 정형을 하기 위해 필요한 2 가지 인자(파라미터)가 있다. 첫째, 구간(interval)은 메시지 처리의 간격을 의미하는데, Sincon 은 interval 만큼의 간격을 두고 각 스위치별로 처리할 메시지가 존재하는지 확인한다. 두 번째 파라미터인 최대 대역폭은 트래픽 정형 기법의 목표로서, 최대 메시지 처리 대역폭을 의미한다. 즉, 특정 시점의 메시지 처리 시 최대 대역폭을 넘지 않도록 한다.

상기 두 가지 파라미터를 기반으로, 트래픽 정형은 그림 1 과 같은 방식으로 수행된다. 첫 번째로, 누적 메시지들의 크기를 확인한다. 두 번째로, 파라미터로 주어진 최대 대역폭을 기준으로 누적 메시지를 처리하는 데 소요되는 시간(t)을 계산한다. 이때, 소요 시간이 interval 파라미터를 넘지 않는다면, interval 동안 누적 메시지들을 다 처리할 수 있으므로, 추가 지연 없이 바로 처리한다. 만약 소요 시간이 interval 을 넘는다면, 이는 해당 시간 내에 누적 메시지들을 모두 처리하려면 대역폭이 매우 크게 발생함을 뜻하고, 최대 대역폭 이상의 메시지 처리(throughput)이 발생할 것을 시사한다. 따라서, interval 동안 메시지들을 다 처리할 수 없으므로, $|t - interval|$ 만큼 추가로 지연시킨 후 누적 메시지들을 처리하고 다음 확인까지 대기한다. 이때, $|t - interval|$ 만큼 추가로 지연시킨 이유는, 메시지를 확인할 때마다 기본으로 interval 만큼의 처리 시간이 주어지기

때문이다. 즉, 메시지 입장에서 보면 메시지가 수신된 이후 바로 처리되지 않고 대기하게 되는데, 이 때 발생하는 추가적인 지연이 일종의 병목이며, 이를 본 논문에서는 구분하여 “대기 지연”이라고 지칭한다. 위와 같은 방식을 반복하여, 최대 대역폭을 유지한다.

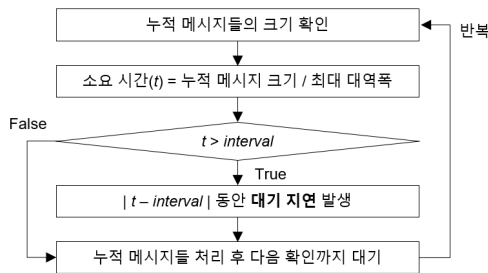


그림 1. Sincon의 트래픽 정형 순서도

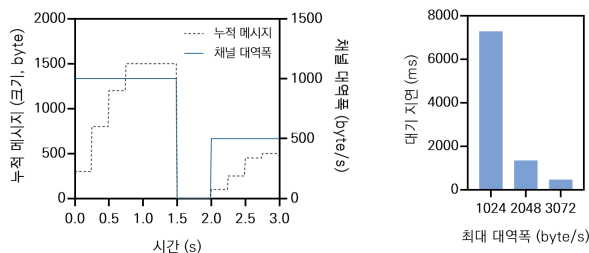


그림 2. 트래픽 정형 예시

그림 3. 대기 지연 시간

예를 들어, 그림 2와 같은 상황에서 최대 대역폭이 1000 byte/s, interval이 1초이고 Sincon 모델이 1초, 2초, 3초에서 처리할 메시지를 확인한다고 가정하자. 먼저, 1초에서 누적 메시지들의 크기는 1500 byte이고, 최대 대역폭 기준으로 소요 시간은 1.5초로 계산되며 이는 interval인 1초보다 크다. 즉, 주어진 interval 내에 모두 처리할 수 없는 크기이므로 누적 메시지들은 0.5초 간의 대기 지연을 겪은 뒤 처리되게 된다. 이러한 방식으로, 0.5초 및 1초에도 최대 대역폭을 넘지 않는 1000 byte/s의 일정한 대역폭을 유지한다.

다음으로, 3 초에서 누적 메시지들의 크기는 500 byte 이고, 최대 대역폭 기준으로 소요 시간은 0.5 초로 계산되며 이는 interval 인 1 초보다 작다. 즉, 주어진 interval 내에 모두 처리할 수 있는 크기이므로 대기 지연 없이 누적 메시지들을 처리한다. 이러한 방식으로, 2 초 및 3 초에도 최대 대역폭을 넘지 않는 500byte/s의 일정한 대역폭을 유지한다.

3. 실험 및 분석

실험에서 물리 네트워크는 Mininet을 기반으로 Open vSwitch 및 컨테이너를 이용하여 에뮬레이트한다. 물리 네트워크와 별도의 서버 머신에 각각 Sincon과 테넌트별 컨트롤러를 구동하여, 총 세 대의 서버 머신으로 실험을 수행한다. 세 대의 서버 머신은 10 GbE로 연결되어 있으며, CPU나 서버 머신 간의 네트워크는 실험에 병목이 되지 않음을 확인하였다. 또한, 가상 네트워크로는 2개의 가상 스위치를 갖는 선형 토폴로지 1개를 생성한다. 그리고,

iperf를 통해 가상 네트워크의 한쪽 끝에 연결된 호스트가 다른 쪽 끝에 연결된 호스트에게 TCP/IP를 통해 10초에 한번씩 100 byte 패킷을 전송하도록 설정한다. 마지막으로, Sincon 모델의 파라미터는 interval 값을 1000 ms로 고정하고, 최대 대역폭을 변화시키면서 90초 동안 메시지 처리 시 발생하는 대기 지연을 측정한다.

그림 3은 트래픽 정형 기법의 인자인 최대 대역폭을 변화시킬 때, 대기 지연 시간의 평균값을 나타낸다. 최대 대역폭이 1024byte/s 일 때 보다 2048byte/s 일 때 평균대기 지연 시간이 약 81.4% 감소하며, 2048byte/s 일 때보다 3072byte/s 일 때 약 65.4%로 감소한다. 이처럼, 최대 대역폭이 커질수록 평균대기 지연 시간이 크게 감소하는 것을 확인할 수 있다. 이는, 최대 대역폭이 커질수록 Sincon에서 처리하는 가상 네트워크 제어 메시지에 대한 대기 지연 시간이 감소하며, 각 메시지들이 적은 지연을 겪고 빠르게 처리될 수 있음을 의미한다.

III. 결론

본 논문은 SDN-NV 환경에서 트래픽 정형 기법을 분석하고, 파라미터에 따른 병목을 실험을 통해 확인한다. 실험 결과, 트래픽 정형 기법 사용 시 높은 대역폭 제한을 주는 상황에서 기법으로 인한 병목인 메시지 별 대기 지연이 감소하는 것을 확인하였다. 네트워크 하이퍼바이저는 가능한 테넌트의 컨트롤러의 네트워크 제어 요청을 추가적인 지연 없이, 실시간성을 보장하면서 처리하는 것이 바람직하다. 이러한 측면에서, 향후에는 스위치별 최대 대역폭을 줄이지 않으면서 다수의 스위치 간 공평성을 유지할 수 있는 기법에 관한 연구가 필요하다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2021년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원(No. 2015-0-00280, (SW 스타랩) 성능 및 보안 SLA 보장이 가능한 차세대 클라우드 인프라 SW 개발)과 한국연구재단-차세대 공학 연구자 육성사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2019H1D8A2105513).

참고 문헌

- [1] Feamster, Nick, Jennifer Rexford, and Ellen Zegura. "The road to SDN: an intellectual history of programmable networks." ACM SIGCOMM Computer Communication Review 44.2 (2014): 87-98.
- [2] Yang, Gyeongsik, et al. "Libera for programmable network virtualization." IEEE Communications Magazine 58.4 (2020): 38-44.
- [3] Blenk, Andreas, et al. "Survey on network virtualization hypervisors for software defined networking." IEEE Communications Surveys & Tutorials 18.1 (2015): 655-685.
- [4] Yoo, Yeonho, et al. "Adaptive Control Channel Traffic Shaping for Virtualized SDN in Clouds." 2020 IEEE 13th International Conference on Cloud Computing (CLOUD). IEEE, 2020.