

클라우드 환경을 위한 동적 가상 네트워크 구축 기술 연구

윤석민¹, 남재현²

¹단국대학교 컴퓨터공학과 학부생

²단국대학교 컴퓨터공학과 교수

ysm3221@dankook.ac.kr, namjh@dankook.ac.kr

A Study on Dynamic Virtual Network Construction for Cloud Environments

Seokmin Yoon¹, Jaehyun Nam²

¹Dept. of Computer Engineering, Dankook University (Undergraduate Student)

²Dept. of Computer Engineering, Dankook University (Professor)

요 약

클라우드 컴퓨팅의 발전으로 IaaS는 네트워크 가상화 기술을 통해 물리적 자원을 안전하고 효율적으로 공유할 수 있는 멀티 테넌시 환경을 지원한다. 그러나 현재의 네트워크 가상화 기술은 테넌트별 서비스 접근성만 제공하며, 네트워크 구성의 유연성과 세세한 네트워크 격리 측면에서 여전히 한계를 보이고 있다. 본 연구는 이러한 문제를 해결하기 위해 안전하고 재구성 가능한 동적 가상 네트워크 구축 시스템을 제안하며, 실시간으로 유연한 네트워크 구성을 가능하게 하고자 한다.

1. 서론

최근 IaaS(Infrastructure as a Service)의 도입 및 확산은 클라우드 환경에서 멀티 테넌시 요구 사항을 충족시키는 핵심 기술로 자리 잡았다. IaaS는 네트워크 가상화(Network Virtualization, NV) 기술을 통해 물리적 인프라의 네트워크 자원을 추상화함으로써, 여러 테넌트가 동일한 물리적 자원을 안전하고 효율적으로 공유할 수 있는 환경을 제공한다. 이는 클라우드 서비스 제공자가 다양한 테넌트의 요구에 맞춰 유연하고 확장 가능한 네트워크 서비스를 제공할 수 있는 토대를 마련한다.

그러나 현재 클라우드 환경에서의 네트워크 가상화는 주로 테넌트별 서비스 접근성에 초점을 맞추고 있어 여러 측면에서 한계를 보이고 있다. 특히, 네트워크 구성의 유연성과 세세한 네트워크 격리 측면에서 다양한 네트워크 환경의 복잡한 요구를 충분히 수용하지 못하고 있다.

본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 새로운 동적 가상 네트워크 구축 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 네트워크 터널링 기술을 활용하여 클라우드 환경 내에서 테넌트들이 요구하는 안전성과 재구성 가능성을 갖춘 가상 네트워크를 제공하는 것을 목표로 한다. 이 시스템은 가상 네트워크 구성을 실시간으로 동적으로 조정할 수 있을 뿐만 아니라,

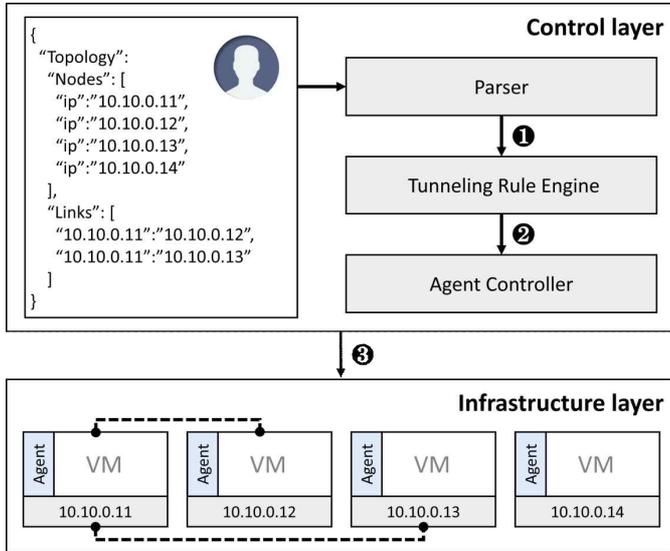
네트워크 트래픽을 효율적으로 처리하면서도 각 테넌트 간의 네트워크 격리와 보안을 강화하는 기술적 기반을 제공한다. 이를 통해 보다 신뢰성 있고 효율적인 네트워크 가상화 환경을 구현하고자 한다.

2. 현 네트워크 가상화의 한계점

구성 유연성: 현 네트워크 가상화 기술은 네트워크 환경을 설정하는 과정에서 복잡한 절차를 요구하며, 이는 클라우드 환경에서 테넌트가 원하는 네트워크를 신속하고 간편하게 구성하는 데 큰 장애물이 되고 있다. 특히, 클라우드 서비스 제공자가 각 테넌트의 요구에 따라 네트워크 자원을 동적으로 할당하고 재구성해야 하는 상황에서 이러한 유연성 부족은 심각한 문제를 일으킬 수 있다.

네트워크 격리: 멀티 테넌시 환경에서는 테넌트 간 네트워크 활동뿐만 아니라, 테넌트 내부의 개별 서비스 간 네트워크 활동도 엄격히 격리해야 한다. 그러나 현재 네트워크 가상화는 이러한 세부적인 격리 요구를 충분히 만족시키지 못하고 있다. 예를 들어, 각 테넌트의 개별 서비스 간 네트워크 활동을 격리하는 데는 복잡한 네트워크 정책 설정이 필요하며, 잘못된 정책 설정으로 네트워크 격리가 제대로 이루어지지 않으면 데이터 유출이나 네트워크 공격과 같은 보안 취약성이 발생할 수 있다.

3. 동적 가상 네트워크 구축 시스템 설계

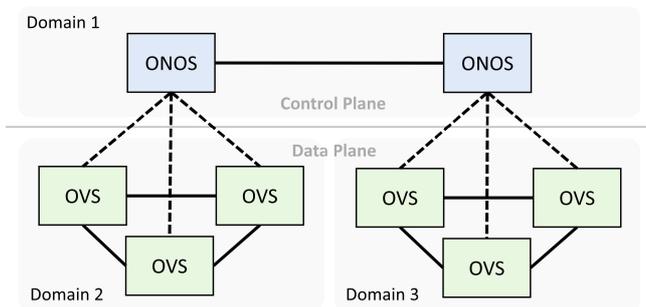


(그림 1) 제안 시스템의 전체 구조 및 예시

(그림 1)은 제안된 시스템의 전체 아키텍처를 보여주며, 이는 제어 계층과 인프라 계층의 두 가지 주요 구성 요소로 이루어져 있다. 제어 계층은 중앙 집중형 구조로, 인프라 계층을 관리하고 제어하며, 가상 네트워크를 구성하기 위한 명령을 생성한다. 인프라 계층은 다수의 가상머신(VM)들로 구성되어 있으며, 제어 계층에서 받은 명령을 실행한다.

가상 네트워크 구성 절차는 다음과 같은 순서로 진행된다. 먼저, Parser가 입력된 네트워크 토폴로지를 분석하여 각 도메인별 네트워크 그래프를 생성한다. 그 다음, Tunneling Rule Engine이 각 네트워크 정점 간 통신을 위해 가상 인터페이스를 생성하고 IP를 할당하며, VXLAN 프로토콜을 사용하여 가상 터널을 구성할 수 있는 규칙을 생성한다. 마지막으로, Agent Controller는 생성된 규칙들을 각 네트워크 노드에 전달하여 올바르게 적용되도록 한다.

4. 실험 및 결과



(그림 2) 실험 토폴로지

제안된 시스템을 검증하기 위해 클라우드 환경에서 세 개의 가상 네트워크를 통해 분산 소프트웨어 정의 네트워킹(SDN) 환경[1]을 (그림 2)와 같이 구

축하였다. 하나의 가상 네트워크는 제어 평면으로 2개의 Open Network Operating System (ONOS)[2] 컨트롤러가 각 스위치 그룹을 제어할 수 있도록 구성하였으며, 나머지 가상 네트워크들은 각각 데이터 평면으로 3개의 Open vSwitch (OVS)[3] 그룹이 서로 연결될 수 있도록 구축하였다.

```

onos@root > links
src=of:00001a69f36da749/2, dst=of:000066c3ad4e8f4e/2, type=DIRECT,
src=of:00001a69f36da749/3, dst=of:00003efffd3f7048/3, type=DIRECT,
src=of:00003efffd3f7048/2, dst=of:000066c3ad4e8f4e/3, type=DIRECT,
src=of:00003efffd3f7048/3, dst=of:00001a69f36da749/3, type=DIRECT,
src=of:000066c3ad4e8f4e/2, dst=of:00001a69f36da749/2, type=DIRECT,
src=of:000066c3ad4e8f4e/3, dst=of:00003efffd3f7048/2, type=DIRECT,
    
```

(ONOS 1)

```

onos@root > links
src=of:00006631e365454f/2, dst=of:0000e2ca23879e44/3, type=DIRECT,
src=of:00006631e365454f/3, dst=of:0000ea94d2e21c43/3, type=DIRECT,
src=of:0000e2ca23879e44/2, dst=of:0000ea94d2e21c43/2, type=DIRECT,
src=of:0000e2ca23879e44/3, dst=of:00006631e365454f/2, type=DIRECT,
src=of:0000ea94d2e21c43/2, dst=of:0000e2ca23879e44/2, type=DIRECT,
src=of:0000ea94d2e21c43/3, dst=of:00006631e365454f/3, type=DIRECT,
    
```

(ONOS 2)

(그림 3) 실험 결과

(그림 3)에서 볼 수 있듯이 주어진 토폴로지 요구 사항에 맞게 가상 네트워크들이 구성되어, 각각의 ONOS 컨트롤러에 3개의 OVS로 구성된 데이터 평면이 연결되었음을 확인하였다.

5. 결론

본 연구에서는 클라우드 환경에서 멀티 테넌시 요구를 충족하기 위한 새로운 네트워크 가상화 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템은 네트워크 터널링 기술을 활용하여 가상 네트워크의 유연한 구성과 보안을 강화하며, 실험을 통해 SDN 환경에서의 성공적인 가상 네트워크 구성을 확인하였다. 이를 통해 제안된 시스템이 클라우드 데이터 센터에서 안전하고 효율적인 네트워크 가상화 솔루션을 제공할 수 있음을 확인하였다.

Acknowledgement

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학ICT연구센터사업의 연구결과로 수행되었음(IITP-2024-RS-2023-00258649)

참고문헌

[1] Kreutz, Diego, et al., "Software-defined networking: A comprehensive survey," Proceedings of the IEEE, 103, 1, pp. 14-76, 2014.
 [2] Berde, Pankaj, et al. "ONOS: towards an open, distributed SDN OS." Proceedings of the workshop on Hot topics in software defined networking. 2014.
 [3] "Open vSwitch" [Internet], <https://www.openvswitch.org/>