

네트워크 가상화 기술 연구 동향

현종환, 홍원기

포항공과대학교 컴퓨터공학과

{noraki, jwkhong}@postech.ac.kr

요 약

네트워크 가상화 기술은 물리 네트워크 상에 여러 개의 가상 네트워크를 생성하여 멀티 테넌시(multi-tenancy)를 제공한다. 또한 SDN/NFV 와 함께 사용될 수 있으며, 네트워크에 유연성 및 확장성을 제공하고, CAPEX 와 OPEX 절감 등의 장점을 바탕으로 클라우드 및 데이터센터 등 많은 곳에서 네트워크 가상화 기술을 도입하였거나 도입을 검토하고 있다. 본 논문에서는 네트워크 가상화 기술을 슬라이스(slice) 기반 가상화 기술과 오버레이 기반 가상화 기술로 나누어 설명하고, 각 가상화 기술의 연구 동향 및 솔루션, 앞으로의 연구 방향에 대해 정리한다.

1. 서론

네트워크 가상화 기술은 최근 활발한 연구가 이루어지고 있는 분야 중 하나로, 물리 네트워크 위에 가상의 노드와 가상의 링크로 구성된 가상 네트워크를 생성할 수 있고, 하나의 물리 네트워크 위에 여러 개의 격리된 가상 네트워크를 생성할 수 있게 해 준다. 또한 각 가상 네트워크를 테넌트에게 할당해 줌으로써 멀티 테넌시(multi-tenancy)를 제공할 수 있다는 특징이 있다. 또한, 네트워크 운영에 있어 유연성과 확장성을 제공하고, CAPEX(Capital Expenditure) 및 OPEX(Operational Expenditure)를 줄일 수 있는 장점이 있다[1].

네트워크 가상화 기술은 슬라이스(slice) 기반과 오버레이(overlay) 기반의 두 가지 방식으로 분류할 수 있다. 슬라이스 기반 가상화 기법은 OpenFlow 와 같은 프로토콜을 사용하여 네트워크 페브릭을 직접 프로그래밍하는 방식이다. 오버레이 기반 가상화 기법은 가상 네트워크에 속한 엣지 스위치들끼리 VXLAN, NVGRE 등의 터널링 기법을 사용하여 물리 네트워크 위에서 터널을 구성하여 패킷을 주고받는 방식이다.

본 논문에서는 두 가지 방식의 네트워크 가상화 기술에 대해 소개하고, 대표적인 연구 및 솔루션에 대해 비교 분석한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 네트워크 가상화 기술의 개요 및 슬라이스 기법과 오버레이 기법에 대해 살펴보고, 3 장에서는 각 기술 별 연구 동향 및 주요 연구 내용에 대해 정리한다. 4 장에서는 연구 동향 요약 및 향후 연구 이슈에 대해 기술한다.

2. 네트워크 가상화 기술

네트워크 가상화 기술은 크게 슬라이스 기반

가상화 기술과 오버레이 기반 가상화 기술로 분류된다. 본 장에서는 두 가지 가상화 기술에 대한 설명과 장단점에 대해 살펴본다.

2.1. 슬라이스 기반 네트워크 가상화

슬라이스 기반 네트워크 가상화 기술은 네트워크 페브릭을 직접 프로그래밍하는 방식으로, OpenFlow 프로토콜을 주로 사용하여 구현한다. 이 방식에서는 SDN 의 제어 평면과 데이터 평면 사이에 가상화 계층을 추가하며, 가상화 계층에서는 네트워크 물리 자원들을 추상화하고 네트워크 슬라이스를 생성하는 역할을 수행한다.

네트워크 슬라이스는 추상화된 네트워크 물리 자원들의 부분집합으로 이루어지며, 네트워크 토폴로지, 링크 별 대역폭, 스위치 CPU, 포워딩 테이블(forwarding table), FlowSpace 등이 포함된다. FlowSpace 는 물리 계층(Layer 1) 에서 전송 계층(Layer 4)에 해당하는 모든 패킷 헤더의 부분집합으로 정의된다. 또한 하나 이상의 FlowSpace 가 하나의 슬라이스에 할당될 수 있다. 가상화 계층은 각 슬라이스 별로 물리 자원과 이에 대응되는 가상 자원의 매핑을 관리한다. 테넌트 컨트롤러에서 발생한 메시지는 가상화 계층에서 해당 슬라이스의 물리 자원에만 적용되도록 수정되며, 스위치로부터 발생한 메시지는 해당 물리 자원이 속해있는 테넌트의 컨트롤러로만 전달된다.

슬라이스 기반 네트워크 가상화 기술의 장점은 오버레이 기반 방식과 달리 별도의 패킷 인캡슐레이션 과정이 필요하지 않다는 점이다. 또한, hop-by-hop 라우팅과 QoS, SLA 관리가 가능하다는 장점이 있다. 하지만, 대부분의 슬라이스 기반 가상화 기술이 OpenFlow 프로토콜을 사용하기 때문에 전체 네트워크 장비를 OpenFlow 를 지원하는 장비로 교체하여야 하는 단점이 있다.

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신·방송 연구개발사업의 일환으로 수행하였음. [B0190-15-2011, 한·미 SDN/NFV WAN 네트워크 안전성 기술연구 및 Test bed 구축]

2.2. 오버레이 기반 네트워크 가상화

오버레이 기반 네트워크 가상화 기술은 L3 터널링 기법을 사용하여 물리 네트워크 위에 가상의 토폴로지를 생성하는 방식이다. 터널링 기법은 주로 VXLAN 과 NVGRE 가 사용된다. 이 방식에서는 엣지 스위치에서 터널 생성 및 다른 엣지 스위치와의 연결, 패킷 인캡슐레이션 및 디캡슐레이션을 수행한다.

오버레이 기반 네트워크 가상화 기술은 주로 데이터센터 네트워크에 적용된다. 이는 각 호스트가 가상 머신들과 함께 가상 스위치를 구동하고, 가상 스위치가 엣지 스위치의 역할을 수행할 수 있기 때문이다.

이 방식을 도입한 솔루션으로는 VMware NSX, Microsoft Hyper-V, Juniper OpenContrail 등이 있으며, 대부분의 솔루션은 가상화된 네트워크와 가상화되지 않은 외부 네트워크와의 연결을 지원하기 위해 게이트웨이 기능을 포함하고 있다. 또한 방화벽, 로드밸런싱, IDS/IPS 등의 NFV 기능과 이를 활용한 서비스 체이닝 등의 기능도 지원한다.

이 기술의 장점은 기존에 구축된 IP 네트워크 인프라 상에 바로 배포가 가능하기 때문에 추가적인 네트워크 장비의 구입이 필요하지 않다는 점이다. 하지만 터널링 기법의 사용으로 인한 오버헤드가 발생한다.

3. 네트워크 가상화 기술 연구 동향

슬라이스 기반 네트워크 가상화 방식에는 FlowVisor[2], FlowN[3], VeRTIGO[4], OpenVirteX [5]등의 연구가 진행되었으며, 표 1 에 각 기술 별 비교 분석 내용을 정리하였다.

FlowVisor 는 슬라이스로 격리된 가상 네트워크를 구현하였으나 IP 주소 가상화 및 토폴로지 가상화 등이 지원되지 않는다는 단점이 있다. FlowN 은 IP 주소 가상화 및 토폴로지 가상화를 구현하였으며, 관계형 데이터베이스를 사용하여 시스템의 확장성을 높였다. 하지만 자원 격리를 지원하지 않는다. VeRTIGO 는 임의의 가상 토폴로지를 생성할 수 있는 것이 특징이다. OpenVirteX 에서도 물리 네트워크에 의존적이지 않은 가상 네트워크를 생성할 수 있으며, IP 주소 가상화 기능도 제공한다.

표 1 슬라이스 기반 가상화 기술 비교

슬라이스 기반 가상화 기술	FlowVisor (Stanford, 2009)	FlowN (Princeton, 2012)	VeRTIGO (CREATE-NET, 2012)	OpenVirteX (ON.Lab, 2014)
IP주소 가상화	X	O (VLAN Tunneling)	X	O (IP Rewriting)
토폴로지 가상화	X	O	O	O
제어평면 인스턴스 격리	X	O (Threads)	X	X
데이터 평면 자원 격리	O (Flow Table, CPU, BW)	X	X	O (Flow Table, CPU, BW)
오픈소스 여부	O	X	X	O

표 2 오버레이 기반 가상화 기술 비교

오버레이 기반 가상화 기술	OpenDOVE (Open DayLight)	Hyper-V (Microsoft)	NSX (VMWare)	OpenContrail (Juniper Networks)
오버레이 기법	VXLAN	NVGRE	VXLAN	MPLS over GRE/UDP, VXLAN
Underlay 네트워크	IP Transport Network			
엣지 스위치 종류	OpenDOVE vSwitch	Hyper-V Virtual Switch	Open vSwitch, vSphere Distributed Switch	OpenContrail vRouter
오픈소스 여부	O	X	X	O

오버레이 기반 네트워크 가상화 방식에는 OpenDOVE[6], Microsoft Hyper-V, VMWare NSX, Juniper OpenContrail 등의 솔루션이 있으며, 각 기술 별 비교 분석 내용을 표 2 에 정리하였다.

오버레이 기법으로는 VXLAN 과 NVGRE 를 주로 사용하며, 엣지 스위치는 각 솔루션 별로 구현하여 사용하며, NSX 의 경우 Open vSwitch 도 지원한다. 또한, 모두 IP 네트워크 상에서 동작한다.

4. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 네트워크 가상화 기법에 대해 살펴보고, 슬라이스와 오버레이의 두 가지 접근법 및 장단점에 대해 정리하였다. 그리고 각 접근법 별로 연구 동향 및 솔루션에 대해 비교 분석하였다.

향후 연구 이슈로는 네트워크 하드웨어 자원 격리 및 추상화 기법 연구, 가상화로 인해 발생하는 오버헤드 감소, 가상 네트워크를 명세할 수 있는 언어 개발 등이 있다.

5. 참고 문헌

- [1] “2015 Special Report: Network Virtualization in the Data Center,” SDxCentral, 2015
- [2] R. Sherwood, G. Gibb, K. K. Yap, G. Appenzeller, M. Casado, N. Mckeown, and G. Parulkar, “FlowVisor: A network virtualization layer,” OpenFlow Consortium, Tech. Rep., 2009
- [3] D. Drutskey, E. Keller, and J. Rexford, “Scalable network virtualization in software-defined networks,” IEEE Internet Computing, vol. 17, no. 2, pp. 20–27, 2013.
- [4] R. D. Corin, M. Gerola, R. Riggio, F. De Pellegrini, and E. Salvadori, VeRTIGO: Network virtualization and beyond,” in Proc. Eu. Workshop on Software Defined Networks (EWSNDN), pp. 24–29, 2012.
- [5] A. Al-Shabibi, M. De Leenheer, M. Gerola, A. Koshibe, W. Snow, and G. Parulkar, “OpenVirteX: a network hypervisor,” in Proc. Open Networking Summit (ONS), Santa Clara, CA, Mar. 2014.
- [6] K. Barabash, R. Cohen, D. Hadas, V. Jain, R. Recio, and B. Rochwerger, “A Case for Overlays in DCN Virtualization,” in Proc. 3rd Workshop on Data Center-Converged and Virtual Ethernet Switching, pp. 30-37, 2011.