



SDN 기술 동향과 발전 전망

+ 양선희 한국전자통신연구원 실장

들어가며

최근 많은 관심을 끌고 있는 Software Defined Networking(SDN) 기술의 구조와 핵심 요소 기술의 동향을 분석하고, SDN 기반의 다양한 응용과 발전 전망을 소개하고자 한다.

I. 서론

지난 10여 년 간 네트워크 기술은 음성, 데이터, 영상 등 모든 사용자 서비스들을 인터넷 망에서 통합 지원할 수 있도록 대용량 고품질 스위칭과 전달 하드웨어 기술 위주로 발달해 왔으며, 이러한 네트워크 기술발달에 힘입어 인터넷 기반 정보화 사회가 성공적으로 실현되어 왔다.

그런데 최근 들어 모바일 멀티미디어 데이터의 폭증과 일간 트래픽의 동적변이 심화, 클라우드 컴퓨팅 및 빅데이터 수용을 위한 대규모 데이터 센터의 확산, IT 기반의 다양한 서비스 요구 증가에 따른 비즈니스 신속성 요구 증가 등 ICT 기술산업 환경이 급속히 바뀌고 있다.

이에 따라 ICT 인프라는 대규모 멀티미디어 정보의 고품질 전달을 넘어서서 트래픽의 동적 변화와 新비즈니스 수요에 손쉽게 적응할 수 있는 유연하고 효율적인 스마트 인프라로의 패러다임 전환이 요구되고 있다.

SDN은 인프라에 요구되는 이러한 구조적 유연성을 제공할 수 있는 개념으로써, 마치 컴퓨터 프로그램을 짜듯이 망의 동작과 기능을 소프트웨어적으로 프로그램화할 수 있는 개념을 지향한다[1].

SDN은 하드웨어 기반 데이터 전달기능과 소프트웨어 제어기능이 밀결합되어 있는 기존의 네트워크(스위치/라우터)에서 제어기능을 분리하여 중앙 집중화시키고, 개방형 API를 통해 네트워크의 트래픽 전달 동작과 기능을 소프트웨어 기반 컨트롤러(SDN Operating System)에서 제어·관리한다[2]. 이처럼 스위칭 하드웨어와 제어 소프트웨어를 분리하고 개방함으로써 네

트워크 운영자와 서비스 사업자는 비즈니스 요구에 따라 인프라 정책과 다양한 계층 4~7의 네트워킹 서비스를 손쉽게 개발 지원할 수 있게 됨으로써 서비스 혁신을 가속화할 수 있게 되었다.

SDN 개념은 2007년 스탠포드 대학이 주축이 된 OpenFlow 기술 연구에서부터 시작되었으며, 2011년 Open Networking Foundation(ONF)이 설립된 후 산업화로 급속히 전환되고 있다. 개방형 프로그래머블 네트워킹을 지향하는 SDN의 산업적 발전 가능성으로 인해, SDN 기술은 2010년 전후의 연구망 적용에 이어 클라우드 센터, 유무선 사업자망, 엔터프라이즈망 등으로 단계별 확산될 것으로 전망된다. 앞으로 네트워크 산업의 에코 시스템 및 관련 이해 당사자들의 기능과 역할을 혁신해 갈 것으로 전망된다. SDN 기술 도입을 통해 인프라는 서비스 지향의 단순하고 유연한 구조(Flexible Architecture)를 지원하게 되어, 신규 서비스 도입 시간이 단축되고 망 자원의 가상화와 공유를 통한 효율 개선으로 망 구축 및 운용 비용 절감이 가능해 질 것으로 기대된다.

본 지면에서는 이처럼 열린 가능성을 가진 SDN 기술에 대해 기본 구조를 소개하고, 핵심요소 기술의 동향과 발전 전망 및 SDN 기반 스마트 네트워킹 응용들을 소개한다.

II. 개방형 프로그래머블 인프라를 지향하는 SDN 개념구조

앞서 언급했듯이 SDN은 마치 컴퓨터 프로그램을 짜듯이 망의 동작과 기능을 소프트웨어적으로 프로그램화할 수 있는 개념을 지향한다. SDN은 이러한 유연성을 제공할 수 있도록 중앙집중의 개방형 제어 구조를 기반으로 인프라 가상화와 프로그램화 개념으로 요약될 수 있다.

SDN 구조는 [그림 1]에서 보듯이 인프라계층(Infrastructure), 제어계층(Control), 응용계층(Application)의 3계층 개방형 구조로 구성된다.

인프라계층에는 L0 ~ L3 스위칭 박스로 구성되는 데이터 전달 장치들이 놓이고, 제어 및 응용계층에는 전체 망 상태에 대한 글로벌 뷰를 가지고 망 동작을 제어하는 네트워크 컨트롤러와 그 상위에서 동작하는 응용이 각각 위치하게 된다. 계층간 연동을 위해서 사우스바운드 인터페이스(Southbound Interfaces, SBI)와 노스바운드 인터페이스(Northbound Interfaces, NBI)가 존재한다[2]. 또한 [그림 1]에는 나타나 있지 않지만 SDN 도메인간 연동을 위한 컨트롤러간 상호 연동용 이스트-웨스트 인터페이스(East-West Interface, EWI)가 필요하다.

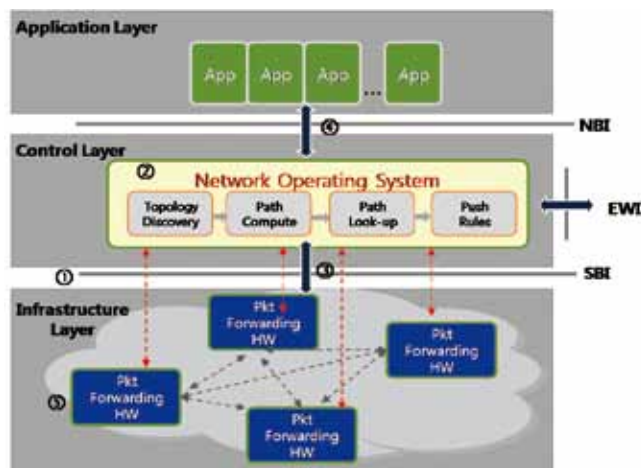


그림 1. SDN의 개방형 3계층 구조

SDN 구조와 동작은 다음과 같이 개방화, 단순화, 응용지향의 프로그램화의 핵심 개념들을 지향하고 있다.

- ① 제어와 포워딩의 분리
- ② 인프라 구성 및 상태에 대한 글로벌 뷰와 통합 제어권을 갖는 네트워크 운영체제
- ③ 오픈 인터페이스 기반의 포워딩 제어(Southbound Interfaces)
- ④ 오픈 인터페이스 기반의 비즈니스 민첩성(Northbound Interfaces)
- ⑤ 데이터 전달 계층은 패킷 포워딩 중심의 단순화된 하드웨어 박스화

이러한 3계층의 개방형 구조에서 패킷 전달이 이루어지는 과정은 다음과 같다.

- SDN 컨트롤러(Network Operating System, NOS)는 데이터 전달 계층을 구성하고 있는 디바이스 자원들과 연결성 정보를 발견하여 전체 인프라에 대한 토폴로지의 글로벌 뷰를 파악한다.
- 데이터 전달 계층의 두 노드(호스트) 간에 트래픽이 발생하면, 네트워크의 인입 노드는 자신이 해당 패킷에 대해 어떻게 처리해야 하는지에 대

한 룰을 가지고 있는지 점검한 후

- 만약 룰을 가지고 있지 않은 경우 컨트롤러에 문의한다. 컨트롤러는 자신이 파악하고 있는 글로벌 뷰 정보를 기반으로 경로와 패킷 처리 룰들을 결정하고, 이를 API를 통해 경유 인프라 노드에 내려줌으로써
- 인프라 노드들이 특정 패킷들을 어떻게 다루고 전달해야 하는지 프로그램되는 방식으로 동작한다.

SDN에서 중앙집중의 개방형 제어구조를 지원하기 위해 기술적으로는 NOS에 해당하는 SDN 컨트롤러 기술, 개방형 디바이스 기술, 개방형 API 기술, 가상화와 프로그램화 등이 개발, 표준화되고 있으며, 이에 대해서는 3장에서 다시 소개하기로 한다.

III. SDN 핵심기술 동향

앞에서 언급했듯이 SDN의 핵심 기술요소로는 NOS를 기능을 담당하는 SDN 컨트롤러, 개방형 장비 및 API 기술, 대규모 네트워크 가상화의 통합적 제어관리 기술, 프로그램화 기술, SDN 기반의 스마트 유무선 네트워킹 응용 및 기존 망 연동 기술 등이 있다.

(1) SDN 컨트롤러 기술

SDN 컨트롤러는 망 상태에 대한 글로벌 뷰를 기반으로 포워딩 제어, 토폴로지 및 자원의 상태 관리, 라우팅 제어 등 중앙집중적인 망 제어를 위한 NOS 기본 기능을 수행한다. 컨트롤러는 상위의 응용이나 정책 요구에 따라 차별화된 포워딩 및 패킷 처리 룰을 결정하여 하위의 SDN 스위치 박스들에 내려줌으로써 망을 소프트웨어 적으로 매우 유연하게 제어 운용할 수 있게 하는 핵심 요소이다.

SDN 컨트롤러의 기능 범위는 기본적인 인프라 제어 기능 외에 적용 도메인에 따른 특화된 응용의 포함 여부에 따라 다양한 형태가 있을 수 있다. 일반적으로 SDN 컨트롤러는 스위치와의 통신 및 이벤트 처리를 담당하는 컨트롤러 코어, 장치, 링크 및 토폴로지 관리 등 응용에서 공통으로 필요한 기능을 제공하는 공통 컴포넌트 모듈, 응용 지원을 위한 라이브러리 및 API 등으로 구성된다. [그림 2]는 클라우드 네트워킹을 위한 SDN 컨트롤러 및 그 상위의 응용들의 구성 예를 보여준다.

현재까지 공개 혹은 출시된 컨트롤러는 연구망 혹은 클라우드 네트워크이나 소규모 엔터프라이즈 적용을 목표 시장으로 하고 있으며, 대부분 OpenFlow 기반의 공개소스를 지향하고 있다. 따라서 플로우 처리 확장성, 안정성 및 응용 확장성에 한계가 있다. Big Switch, NEC, IBM, CPlane 등 SDN 기술 산업화에

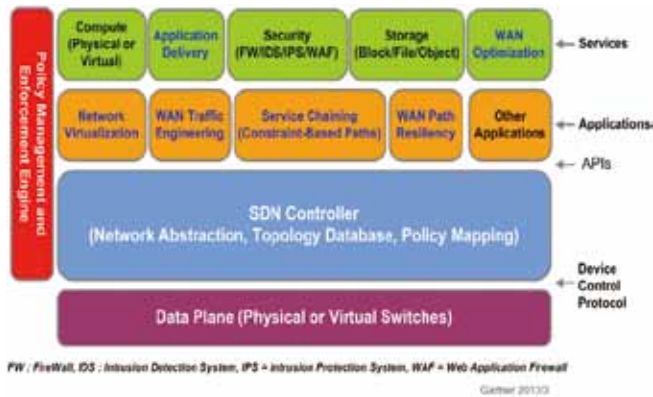


그림 2. 클라우드 네트워킹을 위한 SDN 컨트롤러 예 (출처: Gartner)

적극적인 벤더들에서 엔터프라이즈급의 상용 컨트롤러를 출시하고 있다[7]. 대규모 엔터프라이즈나 유무선 통신 사업자망으로 2단계 확산을 위해서는 대규모 네트워크를 지원할 수 있는 구조적 확장성 및 플로우 처리 성능 향상, 다중 컨트롤러 간 연동, 신뢰성 및 고가용성 지원, 컴퓨팅/스토리지/네트워크의 통합 제어, 다양한 응용의 용이한 확장을 지원할 수 있는 모듈러 구조, 보안 이슈 등을 지원할 수 있도록 컨트롤러가 진화되어야 한다.

근래들어 이러한 캐리어급 컨트롤러 개발이 연구계 및 산업계에서 활발히 이루어지고 있다. 대표적으로 미국 스탠포드 대학의 On.Lab은 확장성 및 고신뢰성을 지원하는 SDN 컨트롤러 프레임워크(MiniNet, Flowvisor, OnOS)를 연구개발 중이다[8]. 산업계에서도 NEC, 시스코, HP 등 SDN 대표 산업체들이 참여하여 엔터프라이즈 및 캐리어 환경을 모두 지원하는 컨트롤러 솔루션을 제공하는 OpenDaylight 컨소시엄을 구성하여, OpenDaylight Hydrogen[9]을 2월에 공개한 바 있다.

국내에서도 ETRI를 중심으로 다수의 통신사업자 및 산업체가 공동으로 참여하여 캐리어급 SDN 컨트롤러 프레임워크인 IRIS를 개발 중에 있으며 OpenFlow 1.3 규격을 지원하는 컨트롤러를 공개하였다[10].

(2) 개방형 디바이스 기술

개방형 디바이스는 SDN의 적용도메인에 따라 L0~L3의 다양한 유무선 하드웨어 및 소프트웨어 장비로 구분된다. 최근까지 클라우드 데이터 센터 위주의 엔터프라이즈급을 목표로 했으나, 점차 사업자망으로 영역이 확장되어 가고 있는 추세이다. 전자의 경우 이더넷 스위칭 기반 OpenFlow 스위치가 주 대상이었으며, 후자의 경우 액세스 스위치, 광/패킷 통합 코어망 전송 장치 및 모바일 코어 전송 장치 등이 그 대상이다.

※ 개방형 SDN 물리 디바이스

SDN 물리장치는 SDN 컨트롤러의 지시에 따라 패킷 처리 및 전달 기능을 하드웨어적으로 수행한다. SDN 물리 장치의 핵심 기술로는 고속의 플로우 테이블 매칭, 네트워크 가상화를 위한 디바이스 자원 가상화, 개방형 API 기반 네트워킹 지원을 위한 Pluggable SDN agent 등이 있다. 현재 NEC, HP, IBM, Arista, Huawei 등 다수의 벤더들이 엔터프라이즈급 하이브리드 유형의 SDN 물리 장치를 발표하였다. 기본적으로 OpenFlow Spec. 1.0을 지원하며, 일부는 1.3을 지원하고 있다.

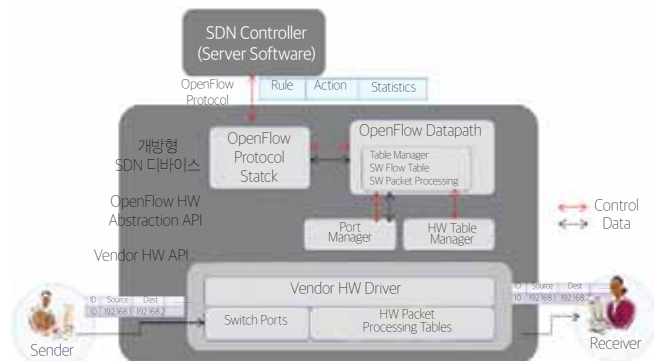


그림 3. 개방형 SDN 물리 디바이스 개념도

그러나 응용이 다양화 되고 QoS 보장이나 보안 기능 등 전송 계층에서의 지능적 처리 요구가 증가함에 따라 SDN 물리 장치의 기능 구조는 초기의 단순 포워딩 기능만을 갖는 “덤 스위치 (dumb switch)” 구조에서 QoS, DPI(Deep Packet Inspection), 보안 기능 등을 추가한 “스마트 스위치(smart switch)”로의 진화가 예상된다. 이러한 고도화 기능은 SDN 표준의 진화와 더불어 OpenFlow 규격에 포함된 각 업체별 차별성을 부각하기 위한 벤더 확장 (Vendor Extension) 기능의 활용을 통해 구현될 수 있을 것으로 전망되고 있다. 한편, Ciera, Inferia, Cyan 등 전통적 광통신 벤더들은 패킷 및 광 통합 멀티 계층 제어 및 관리 기능을 프로그래머블하게 제공하기 위한 캐리어급 기술을 개발 중이다. 국내에서도 ETRI를 중심으로 Transport SDN 기술 개발을 2014년부터 시작한 상태이다.

※ SDN 가상 장치(Open Virtual Switch)

하드웨어 기반 SDN 물리 장비 업체들의 진화 방향과 별도로 네트워킹 기능을 소프트웨어적으로 처리한 개방형 가상스위치 기술도 빠르게 발전 중이다. 가상스위치는 [그림 4]에서 보듯이 서버 가상화의 확산에 따라 서버 내

가상 머신들 간의 통신을 지원하거나 또는 물리 NIC에 연결되어 가상 머신과 물리 네트워크 간의 통신을 지원할 수 있는 소프트웨어 스위치이다. 일반 서버의 고성능화와 가상화 기술 발달에 힘입어 클라우드 네트워킹에 빠르게 확산되고 있는데, L2~L4 네트워킹 기능을 물리 스위처처럼 처리할 수 있다. SDN에서 가상스위치 기술이 중요한 이유는 클라우드 센터와 같이 서버 가상화를 통해 수백~수천에 해당하는 다수의 가상 머신들이 생성되고 이들간의 통신이 빈번히 필요한 환경에서 외부 스위치를 통하지 않고, 가상 머신간의 트래픽을 효과적으로 전달할 수 있기 때문이다. 각 물리 서버에 분산되어 있는 가상 스위치들은 SDN 컨트롤러에 의해 중앙 집중식으로 통합 제어된다.

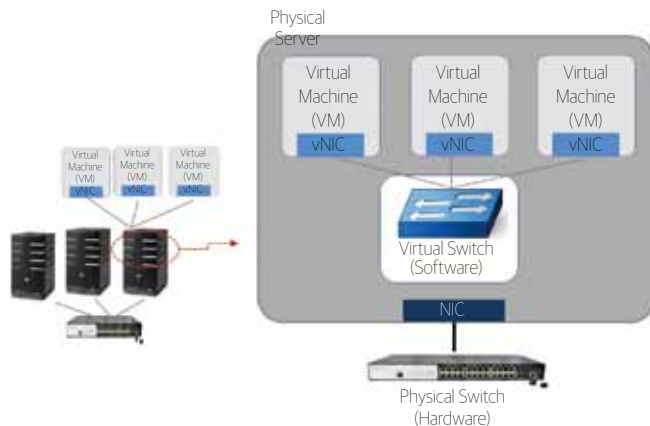


그림 4. 가상스위치 개념도

현재 BigSwitch, Nicira, Microsoft 등에서 Open vSwitch를 비롯하여 다양한 가상 스위치 솔루션을 제공하고 있으며, 성능 측면에서 하드웨어 스위치에 비해 개선이 필요한 상태이다. 앞으로 서버 가상화 및 가상스위치 기술을 기반으로 L4~L7 네트워킹 응용을 NFV(Network Function Virtualization) 개념의 동적으로 제공할 수 있는 프로그래머블 노드에 대한 기술개발과 산업화가 활성화될 것으로 기대된다.

(3) 개방형 API 기술

[그림 1]의 3계층 SDN구조에서 각 요소들을 연결하는 인터페이스를 정의되고 있는데, 인터페이스의 방향성에 따라 제어계층과 인프라계층 사이의 South-bound Interface(SBI), 응용계층과 제어계층 간의 North-bound Interface(NBI) 그리고 제어계층의 컨트롤러들간을 연결하는 East-West Interface로 구분된다.

※ 인프라계층 제어를 위한 API(OpenFlow)

제어계층과 인프라계층간의 SBI는 SDN 디바이스를 프로그래밍하기 위한 개방형 API이다. 즉, 하부 물리망 장비에 대한 세부적인 정보를 모르더라도 마치 x86 프로그래밍을 하듯이 라우터나 L2/L3 스위치에 대해 포워딩 동작의 제어와 각종 통계 및 상태 정보의 수집을 지원하는 API이다. SBI의 대표적인 API는 ONF에서 정의하고 있는 OpenFlow 규격이다. ONF는 IPv4 플로우 처리 용 OpenFlow 1.0을 2010년 4월 발표한 이래로 OpenFlow 1.4까지 확장한 상태로서, IPv6, MPLS, 광 포트 등을 지원할 수 있다[3]. 현재 광 네트워크 및 모바일 디바이스 지원, NFV 개념 등을 지원하기 위한 규격 확장 논의가 활발히 진행 중이다.

한편, ONF의 OpenFlow 중심 접근 방식에 대응하여 시스코와 주니퍼 등의 기존 장비 제조업체를 중심으로 I2RS(Interface to the Routing System)에 대한 논의도 진행 중이다. I2RS는 기존 장비의 라우팅 시스템 요소들에 대해 외부에서 접근이 가능하도록 API를 정의, 개방하는 것을 지향한다. 즉, 외부 응용에서 기존 라우터 장비의 내부 모듈에 접근하여 상위의 요구(정책, 응용, 플로우, 시간, 외부 환경 변화 등)에 기반하여 유연하게 라우팅을 결정할 수 있도록 함으로써 개방형을 표방한다. I2RS의 경우 기존 라우터 업체들이 채택할 수 있는 가장 현실적인 대안이나, SDN에서 궁극적으로 지향하는 개방형 프로그래머블 네트워킹으로의 진화에는 한계가 있을 것으로 예상된다.

SDN에서 데이터 플레인에 대한 개방형 API는 인프라 사업자의 벤더 종속성 문제를 해결하는데 중요한 관건이다. 즉, 인프라 사업자들이 다양한 벤더의 장비들을 구매 활용하되, 개방형 API를 통해 상위에서 제어 관리할 수 있도록 지원하는 핵심이다. 이러한 개방형 API의 준수는 SDN 산업에 코시스의 확장 및 발전에 매우 중요하나, 최근 들어서 OpenFlow 이외의 Netconf, SNMP를 비롯한 기존 Legacy 제어관리 프로토콜, 벤더 고유 API 확장 등을 포괄적으로 수용하는 움직임이 있다. 이는 초기 SDN 시장의 확산에 있어서 불가피한 부분이기도 한데 궁극적으로는 개방형 산업생태계를 통한 네트워크 장비 산업 혁신의 한계로 작용할 수도 있을 것이다.

※ 응용계층 API

응용계층 API는 SDN 솔루션(클라우드 가상 네트워킹, WAN트래픽 엔지니어링, 서비스 체이닝, 보안 등) 개발을 위해 하부 제어계층 혹은 인프라계층에서 제공되는 API이다. 전적으로 소프트웨어 영역에 해당하며, 솔루션의 다양성을 고려할 때 표준 중심의 네트워크 산업 특성 보다는 소프트웨어 산업 특성이 강한 영역이다. 이로 인해 표준화 필요성에 대해 논란이 있어 왔

으나, 최근 ONF에서 공통 응용 시나리오 위주로 표준화 논의를 시작했다. 한 예로, 최근 Unified Communications Interoperability Forum(UCIF)의 UC SDN Task Group과 ONF의 North-bound API WG이 상호 협력 하에 UC 응용을 위한 응용 API 표준 개발을 시작했는데, 이는 SDN 기반의 최종 사용자 응용 개발에 대해 시장이 관심을 갖기 시작한 좋은 예라고 할 수 있다. 응용계층 인터페이스는 SDN을 통한 비즈니스 창출 기회가 있는 부분으로 대부분의 솔루션 지향 업체들이 자체 응용에 맞는 인터페이스 개발에 집중하고 있다.

※ 컨트롤러간 연동 인터페이스

EWI는 제어계층 간의 인터페이스로서 서로 다른 SDN 도메인간 또는 동일 도메인내의 서로 다른 SDN 컨트롤러 간의 인터페이스이다.

현재까지의 SDN 기술은 주로 단일 클라우드 센터나 엔터프라이즈 위주의 제한된 규모의 인프라를 대상으로 함에 따라 다종의 컨트롤러가 필요한 환경은 아니었다. 그러나 초대형 클라우드나 사업자망으로 SDN이 확산되기 위해서는 확장성, 관리 편의성, 응용이나 사용자별 가상인프라 지원, 점진적 SDN 확산 등의 이유로 SDN 도메인의 분할이 불가피해진다.

SDN 도메인간 인터페이스는 [그림 5]처럼 SDN 컨트롤러간 토폴로지와 네트워크 상태 정보, 라우팅 정보, 응용 특성 등의 정보를 교환하기 위한 필수적인 인터페이스이다[11].

SDN에 대한 표준화는 IETF에서 초기 논의가 시작되고 있으며, 현재까지 토폴로지 정보의 손쉬운 교환을 위해 IGP(Interior Gateway Protocol)나 EGP(Exterior Gateway Protocol)를 기본으로 하되, XMPP(Extensible Messaging and Presence Protocol), IF-MAP(The Interface for Metadata Access Points), ALTO(Application Layer Traffic Optimization) 같은 응용계층 프로토콜을 지원하는 시도들이 있다.

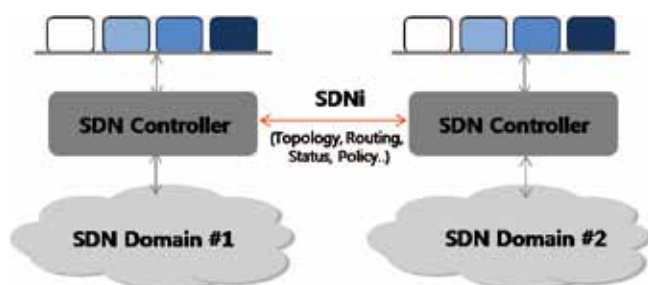


그림 5. SDN 도메인간 연동 인터페이스

(4) 네트워크 가상화

네트워크 가상화는 단일 물리 네트워크 자원과 기능을 논리적으로 구분·할당하여 [그림 6]처럼 독립적인 가상 네트워크를 구성해 주는 개념이다. 마치 클라우드에서 단일 물리 서버를 논리적으로 수백 수천의 가상 서버로 만들어 주듯이 SDN 구조에서는 다양한 비즈니스 요구에 따른 수많은 가상 네트워크들을 동적으로 만들어준다. 이를 통해 혁신적 비즈니스 응용들이 단일 물리 인프라 상에서 동시에 제공될 수 있도록 NaaS(Network as a Service) 플랫폼이 지원된다.

개념적으로 가상네트워크는 마치 물리적으로 완전히 분리된 별도의 네트워크처럼 구성 운용될 수 있어야 한다. 즉, 인프라계층 자원과 제어계층 및 가상인프라 관리 기능들이 독자적으로 할당되어 개별 정책과 서비스 지원이 가능해야 한다.

이를 위해서 SDN 기반 네트워크 가상화의 핵심요소 기술은 다음과 같은 요구사항을 지원할 수 있어야 한다.

- 가상 네트워크별 인프라계층 및 제어계층 자원의 할당(슬라이싱)
- 가상 네트워크별 L2~L4 네트워킹 기능의 구성
- 가상 네트워크별 운용 정책(품질, 보안, 주소, 응용)의 지원
- 가상네트워크의 구성과 제어, 상태 모니터링, 성능, 장애 등의 독자적 관리 지원
- 가상 네트워크 별 부하 증가나 장애 발생 등이 다른 가상 네트워크에 영향을

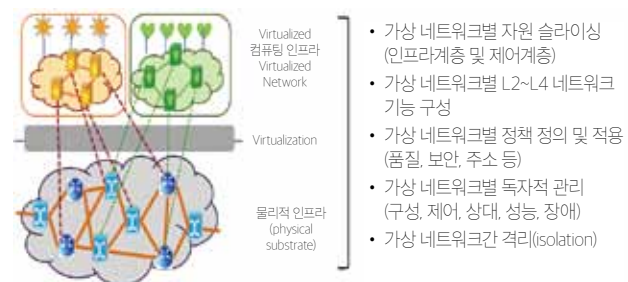


그림 6. SDN 기반 네트워크 가상화 개념

미치지 않도록 격리(isolation) 지원

현재 네트워크 가상화 기술은 가상화 대상 자원과 가상화 정도, 지원되어야 하는 응용에 따라 몇 가지 방식들이 발표되고 있다. 현재까지 소개된 방식으로는 크게 플로우 영역 기반 가상 네트워크 슬라이싱 구조와 오버레이 기반 가상 네트워크 방식이 소개되고 있다. 이들 기존 기술들은 확장성, 성능,

사용 편의성, 격리의 정도 등에서 기술적 한계를 갖고 있다.

※ 플로우 영역 분할에 의한 가상 네트워크 슬라이싱 방식

이 방식은 OpenFlow 망에서 사용자나 응용에 따라 데이터 플레인을 플로우 영역으로 슬라이싱하고 플로우 영역별로 컨트롤러를 구분해 주는 플로우바이저 기반의 가상화 구조이다. 다양한 응용의 동시 동적 적용을 위한 가상화 구조로 주로 미래인터넷 연구망에서 많이 사용되어 왔다. 이 구조는 데이터 플레인에서의 자원 격리가 보장되지 않고, 모든 플로우들이 플로우바이저를 거쳐서 응용별 컨트롤러로 전달되는 구조로써 성능과 안정성에

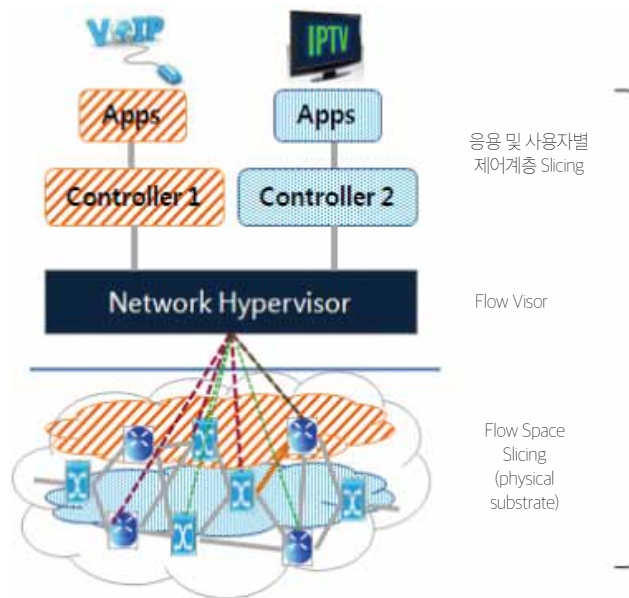


그림 7. 플로우 영역 슬라이싱에 의한 가상화 구조

한계가 있는 구조이다.

※ 오버레이 기반 가상 네트워크

또 다른 방식으로서는 데이터 플레인에 대해서는 터널링을 통해 경로 서비스를 제공하되, 가상 네트워크 별로 L2~L4 네트워킹을 지원할 수 있도록 소프트웨어 기반의 가상라우터들을 두는 오버레이 기반 가상화 구조이다. 클라우드 네트워크에서 많이 사용되는 방식이다.

기존 터널링의 확장성이나 성능 한계를 극복하기 위해 VXLAN(Virtual Extensible LAN), NVGRE(Network Virtualization using Generic Routing Encapsulation) 등의 터널링 확장 기술이 개발 적용되고 있다.

OpenStack, VMware, Nicira 등 대부분의 클라우드 관련 솔루션들은 현재 이 방식을 지원하고 있으며, 구조적 단순성과 기존 기술과의 호환성 등의

장점으로 인해 당분간 이 방식이 시장을 끌어갈 것으로 전망된다.

※ 다계층 인프라 가상화와 엄격한 격리의 지원

인프라 가상화 기술은 앞으로 컴퓨팅 및 스토리지, 네트워킹 등의 ICT 인프라 가상화와 IT 서비스의 가상화를 통합적으로 연계 제어하고 자동화하는 방향으로 발전할 전망이다.

네트워크 가상화 측면에서는 특히, 다양한 액세스 및 패킷, 광, 이동망 코어 네트워크로 복잡하게 구성된 유무선 통신사업자의 다계층 네트워크 자원의 실시간 관리 및 가상화, 스위치나 라우터 장비 자원 및 제어계층까지 완벽하게 격리되는 수준의 가상화 기술에 대한 초기 연구개발이 시작되고 있다. 또한 가상 인프라의 구성, 성능, 장애 관리 등의 관리 이슈들이 통합적으로 자동화되어 지원되도록 발전할 것이다.

(5) 인프라 프로그래밍

인프라 프로그래밍은 인프라 운영자의 정책이나 비즈니스 요구에 따라 인프라의 동작과 기능을 소프트웨어적으로 유연하게 프로그램 하는 것을 지향한다. 가상화 개념처럼 프로그래밍 역시 대상과 수준에 따라 점진적으로 기술이 발전하고 있다.

[그림 8]에서 보듯이 기본적인 수준은 트래픽 포워딩 룰을 API를 통해 내려 줌으로써 패킷을 어떻게 처리해서 어디로 전달할지를 프로그램하는 수준으로 기본적 SDN에서 지원하는 개념이다. 이에 더하여 응용이나 사용자에 따라 트래픽 처리 룰을 세분화하는 DPI 기반의 플로우 제어 룰의 프로그래밍으로 발전하고 있다. 보안이나 멀티미디어 전달 최적화, 부하 분산 등을 고려한 네트워크 차원의 서비스 체이닝, NFV 기반의 네트워크 기능 프로그래밍



그림 8. 네트워크 프로그래밍의 발전

화 등의 개념으로 진화하고 있다.

최근 많은 관심을 끌고 있는 NFV 기반 인프라 프로그래밍은 마치 스마트폰에 각 개인이 필요로 하는 응용을 동적으로 설치하는 것처럼 인프라 기능에 대해서도 동적 네트워킹 App 설치를 지원하는 진보된 개념이다. 소프트웨어적인 네트워킹 App을 적정 위치에 설치하고 나면 필요시 패킷들이 설치된 네트워킹 App을 거쳐 갈 수 있도록 서비스 체이닝이 지원된다. NFV의 한 예로서 DDoS 공격이 의심되는 상황이 발생하는 경우 망의 운영자는

IDS/IPS(Intrusion Detection System/Intrusion Prevention System) 응용을 망 내의 필요한 지점에 동적으로 다운로드 하여 실시간으로 대응하는 것이 가능해 질 것이다.

NFV는 기존의 고가의 하드웨어 장비 기술을 소프트웨어 기반의 응용으로 대체함으로써 CAPEX의 획기적 절감이 가능하여 사업자들이 많은 관심을 갖고 있다.

인프라 프로그램화는 인프라에 유연성을 지원하는 대신에 성능이나 안전성에 문제를 발생시킬 수도 있는 개념이다. 고성능의 NFV 지원 미들박스, 네트워킹 App의 라이프 사이클 전반에 대한 통합적 제어관리 기술이 필요하다. 또한 네트워크 App들이 동적으로 설치, 폐기되는 환경에서 네트워크 전체의 자원과 기능을 통합적으로 보며 최적 관리와 활용을 지원하는 오케스트레이션 및 서비스 체이닝 기술, 신뢰성 보장 등의 기술적 이슈들이 해결되어야 한다.

IV. SDN Use Cases

SDN 기술은 현재 산업화 초기 단계로서 다양한 응용이 보편화되기에는 아직 이른 시점이다. 그동안 주로 클라우드 센터, 엔터프라이즈 네트워크 및 캐리어 인프라, NFV 기술과 연계한 스마트 유무선 네트워킹 인프라 서비스 관점에서 논의가 활발히 이루어지고 있다.

※ 클라우드 네트워크에의 적용

데이터 폭증으로 인한 클라우드 네트워크 규모와 복잡성의 기하급수적 증가, 기존 L2/L3 네트워킹 기술의 유연성 제한으로 인한 자원 사용의 비효율성, 컴퓨팅과 네트워크 자원 관리의 이원화로 인한 운용의 난맥상 등의 현 클라우드 네트워크의 현안을 해결할 수 있는 대안으로 SDN 기술 도입이 적극적으로 추진되고 있다. SDN 기술을 적용함으로써 구조를 단순화하고, ICT 가상 자원의 사용 효율을 개선할 수 있다. 응용이나 사용자별로 다종의 가상 클라우드 인프라를 제공하는 멀티-테넌트 응용, 트래픽 엔지니어링이나 부하분산, 에너지 저감형 라우팅 알고리즘을 적용함으로써 자원 사용 효율 개선, 자동화를 통한 운용관리 효율화, 가상 머신 마이그레이션 시 경로의 자동 재설정 등의 스마트 클라우드 서비스를 제공할 수 있다. 아울러 가상 클라우드 별로 라우팅이나 보안, 주소 정책 등을 다르게 적용할 수 있다. 또한 데이터 센터간 연결을 위해 SDN을 접목함으로써 트래픽 변이나 망 운용 정책 변화를 동적으로 고려하여 대역폭과 경로 등을 최적으로 지원할 수 있다.

[그림 9]는 OpenStack 기반의 클라우드 센터에 SDN 기술을 접목하여 가상

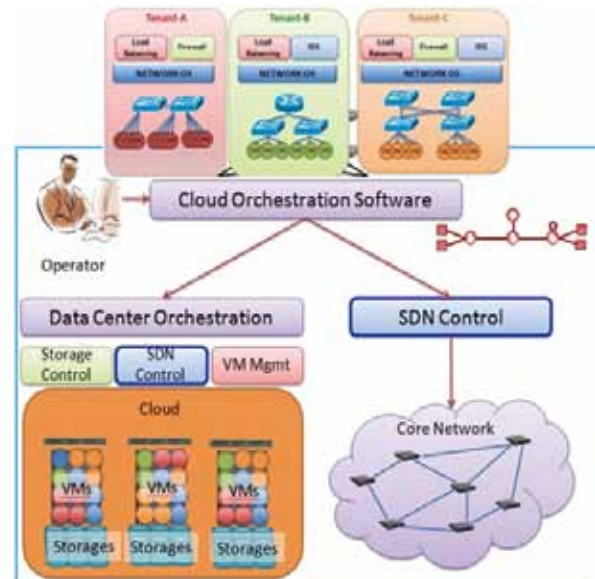


그림 9. SDN 멀티-테넌트 기반 가상 클라우드 구성

클라우드를 만들어주는 응용의 예이다.

※ 엔터프라이즈 네트워크에의 적용

금융, 의료, 국방, 캠퍼스와 같은 미션 크리티컬 인프라의 경우 비즈니스 도메인에 따른 차별화된 요구사항(품질, 보안, 망신뢰도 등)의 자원과 대규모 사용자 그룹 및 다양한 단말의 효과적 수용이 가능한 유연한 인프라로의 진화가 요구되고 있다. SDN기술을 적용함으로써 다양한 비즈니스 응용 별 가상 인프라를 통해 보안, 품질, 신뢰성 등 차별화된 사용자 요구를 신속하게 지원할 수 있다. 또한 중앙집중형의 SDN 컨트롤러 상에 엔터프라이즈에서 요구되는 ICT 인프라와 IT 정보 서비스를 통합하여 BYOD, Unified Communications, 유무선 스마트엑세스 서비스, 인프라에 대한 구성 및 모니터링 자동화 등의 다양한 사용자 및 네트워킹 응용을 유연하게 지원할 수 있다.

※ 유무선 사업자망

유무선 사업자 망의 경우 SDN적용을 통해 새로운 수익모델의 창출, 인프라의 단순화와 효율화를 통한 비용절감, 기존 장비 벤더의 종속성 문제 해결 등을 지향하고 있다. 사업자망을 위한 새로운 수익모델로는 다양한 비즈니스 응용을 신속하게 지원할 수 있는 가상 인프라(경로) 서비스, 홈이나 중소 엔터프라이즈 가입자에 대한 SDN 기반 원격 제어 및 모니터링, 품질이나 보안 서비스 차별화 등 다양한 사례들이 논의되고 있다. 사업자들은 SDN 기반 가상인프라를 이용하여 VDI, UHD급 초고품질 방송서비스, UC를 비롯한 스마

트위크 서비스, 품질보장형 콘텐츠 서비스, IoT와 같은 혁신적 사용자 응용과 연계함으로써 새로운 수익 모델을 창출할 수 있을 것으로 기대하고 있다.

또한 SDN 구조를 도입하여 인프라를 단순화하고 효율화함으로써 인프라 구축 및 운용 비용의 절감도 가능할 것으로 기대하고 있다. 한 예로 모바일 데이터 오프로딩은 이중 유무선 액세스망 환경에서 SDN의 중앙집중적 액세스 자원 관리를 기반으로 해서 최적 액세스 방식을 선택하여 접속을 지원할 수 있다. 아울러, 메트로 이더넷 및 광 전송망을 비롯한 장거리 전달망에서 다계층, 다종 벤더 전달 인프라의 수직적 수평적 통합제어를 통한 인프라 단순화와 운용 효율화도 사업자들이 관심을 갖고 있는 분야이다.

최근 들어서는 L2~L4 네트워킹 하드웨어 장비들을 소프트웨어 응용화하고 필요에 따라 동적으로 망 내에 설치하는 서비스 체이닝 응용에 대해 CAPEX 절감이 가능한 솔루션으로서 사업자들이 최근 많은 관심을 갖고 있다.

V. 결론

본 고에서는 SDN의 구조와 핵심기술 및 응용 시나리에 대해 기술개발 동향과 발전 전망을 살펴 보았다.

현재 SDN 은 클라우드 네트워킹 적용에 대해 초기 산업화 단계로 진입 중이나, SDN 개념의 성공적 확산을 위해서는 사업자 망에의 적용이 가능하도록 기술이 진화되어야 한다. 확장성과 신뢰성 개선, 보안문제, 망관리 체계와의 조율, 다계층 인프라 및 컴퓨팅 자원 가상화의 통합적 제어관리, SDN 도메인간 연동 등 다양한 이슈들에 대한 연구개발이 필요한 상태이다. 또한, 산업적으로는 개방형 SDN 시스템, 컨트롤러, 응용 SW, 칩을 비롯한 컴포넌트 기술을 선순환적으로 연계할 수 있는 개방형 프로그래머블 네트워킹 에코 시스템 전반의 동반 발전이 필요하다.

개방형 프로그래머블 인프라를 지향하는 SDN 기술은 네트워크 산업을 지금까지의 하드웨어간 호환성 및 연결성 중심의 폐쇄형 장비 시장에서 비즈니스 다양성 및 민첩성을 제공할 수 있는 개방형 API 기반의 소프트웨어 산업으로의 혁신을 가속화 시키게 될 것이다.

궁극적으로 SDN 개념의 확산은 IT 인프라 산업에 대해 개별 네트워크 장비 중심에서 “개방형 네트워크 장비 기반의 차별화된 IT 인프라 네트워킹 서비스 산업” 으로의 전환을 가져오게 될 것이다. 따라서 우리나라도 경쟁력이 취약한 개별 네트워크 장비 산업에서 탈피하여 관련 IT 인프라 산업 생태계 전체를 아우르는 “네트워킹 서비스” 산업에서 경쟁력을 강화할 수 있는 기회로서 개방형 네트워킹 기술개발에 대한 연구개발 투자와 산업화를 적극적으로 추진할 필요가 있다. 

* 참고문헌

- [1] Nick McKeown et al, “OpenFlow: enabling innovation in campus networks,” ACM SIGCOMM Computer Communication Review, Vol. 38, pages 69-74, April 2008
- [2] ONF White Paper, “Software-Defined Networking: The New Norm for Networks,” April, 2012
- [3] ONF, “OpenFlow Switch Specification Version 1.3.0,” June, 2012
- [4] ETRI 기획보고서, “SDN 산업 및 기술 전망 분석보고서,” 2013년 1월
- [5] 강세훈, 김영하, 양선희, “SDN 핵심기술 및 진화 전망 분석,” 한국통신학회지(정보와 통신), 2013년 3월
- [6] 신명기, 남기혁, 최윤철, 김형준, “SDN 표준 참조구조 기반의 개방형 인터페이스, 추상화 기술 및 컨트롤러 언어 분석,” 한국통신학회지(정보와 통신), 2013년 1월
- [7] <http://onlab.us>, “Bringing Openness & Innovation to Cloud Infrastructure”
- [8] <http://www.bigswitch.com/products/SDN-Controller>
- [9] <http://www.opendaylight.org>
- [10] <http://www.openiris.com>
- [11] Hongtao Yin, Haiyong Xie 외, “The Cases for SDN controller interconnection based on draft-yin-sdn-sdni”, IETF84
- [12] J. He, R. Zhang-Shen, Y. Li, C.-Y. Lee, J. Rexford, M. Chiang, Davinci: dynamically adaptive virtual networks for a customized internet, in: ACM CoNEXT, 2008.
- [13] ETSI White Paper, “Network Functions Virtualization ” October, 2012.
- [14] Gartner, Forecast Overview: SDN and NFV in Carrier Infrastructure, Worldwide, 2013”, October, 2013.
- [15] Transparency Market Research, “Software Defined Networking Market: Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends and Forecast 2012-2018”, 2013.

