

2020. 10.



오픈소스 기반 SD-WAN

2020 AI NETWORK LAB BASIC

발표자: 안종석

2020. 10.

오픈소스 기반 SD-WAN



발표자: 안종석
JS Lab

오픈소스 기반 SD-WAN

Session 1: SD-WAN 동향

- SD-WAN 발전
- SD-WAN 시장

Session 2: 오픈소스 SD-WAN

10.15(목)

14:00 ~ 16:00

- 오픈 하드웨어 시장
- 소프트웨어 프로젝트 Eco-system

Session 3: SD-WAN 기술 응용 방향

- 국내 10Giga 인터넷 서비스
- 퍼블릭 클라우드 등

목차

james@jslab.kr

- I. SD-WAN 동향
- II. 오픈소스 SD-WAN
- III. 오픈 SD-WAN 응용 방향

I. SD-WAN 동향

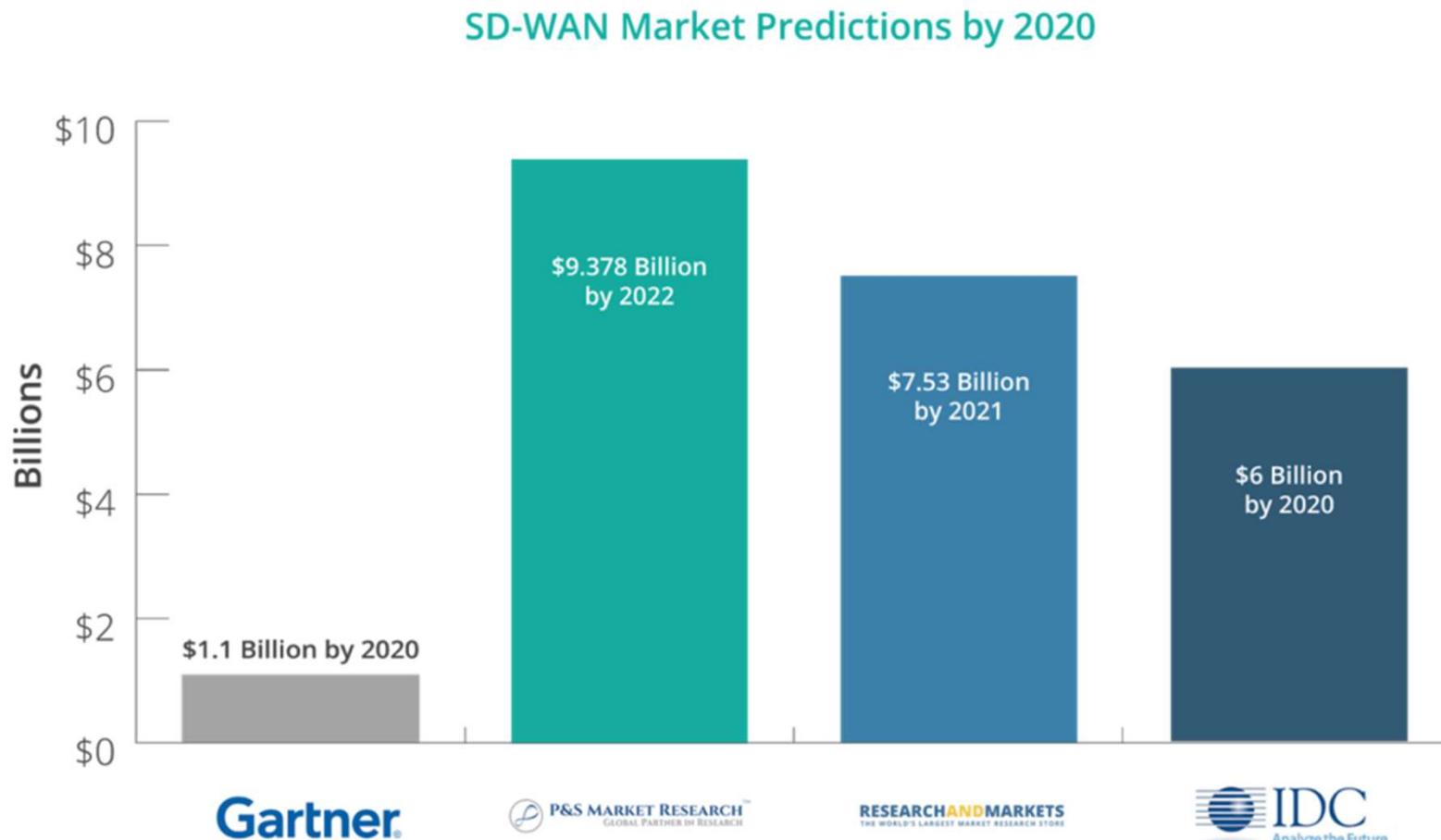
- SD-WAN Market
- WAN과 SD-WAN 차이점
- SD-WAN의 진화

II. 오픈소스 SD-WAN

III. 오픈 SD-WAN 응용 방향

I. SD-WAN 동향

- ❖ SD-WAN market by 4 leading analyst firms.



I. SD-WAN 동향

❖ Is Open Source the Way Forward for SD-WAN? (May 2020, SDx Central)

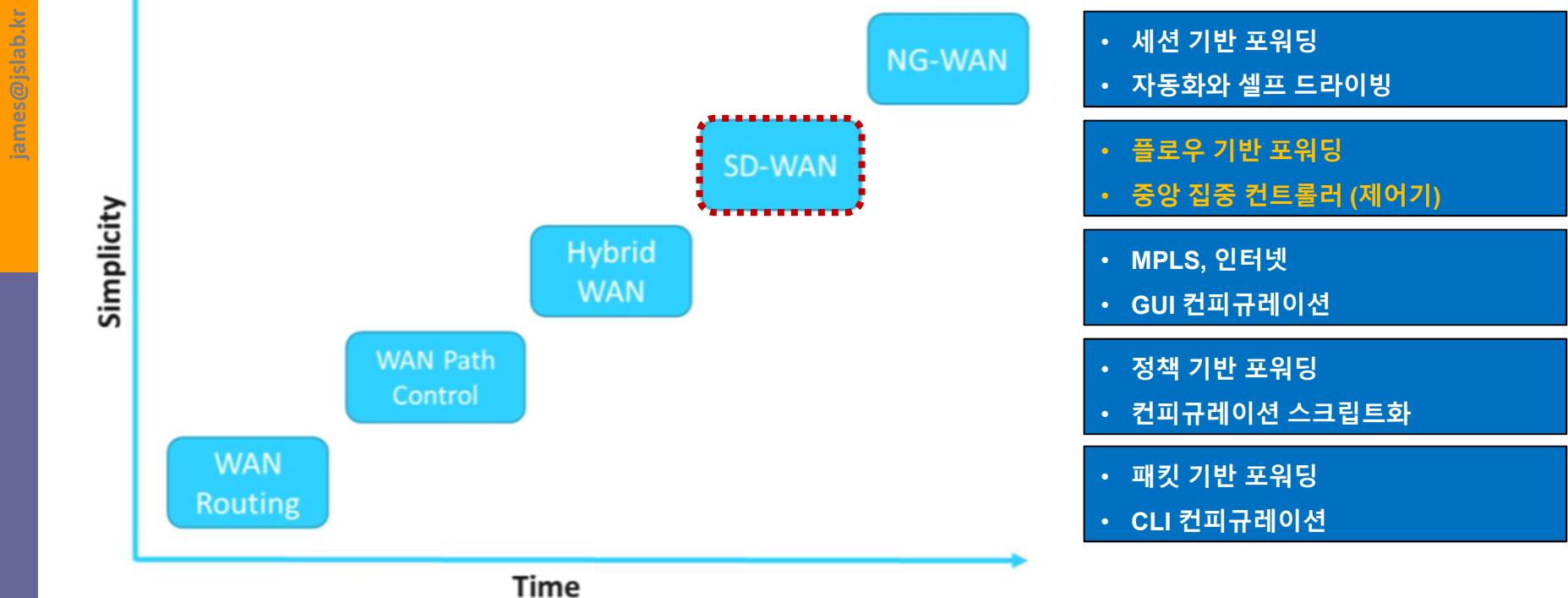
- The Interoperability Problem: 오픈소스는 호환성 이슈 낮음
- Breaking Free: 벤더 락인(Lock-in) 이슈 해결

“One reason that there are **60-plus SD-WAN vendors** is each of these SD-WAN vendors is not going out and writing their code from scratch. What they’re doing is **they’re going out and taking all these open source components, bundling them together, adding their additional stuff, and selling it as a proprietary solution**,” he said, adding that there is an opportunity to break the cycle and develop an entirely open SD-WAN framework.

I. SD-WAN 동향

❖ WAN의 진화

- WAN 기술의 단순화를 위해 발전 중
- SD-WAN은 4세대 WAN (플로우 기반 포워딩, 중앙 제어기)
- WAN 설계, 구축, 관리등 전반적인 변화의 발전



I. SD-WAN 동향

❖ WANs 과 SD-WAN의 차이점

아키텍처	Today	Tomorrow
보안 모델	경계(Perimeter), Trusted Inside	Zero Trust, 무(無)경계
Routing & SLA	정적(Static) / Based on Link	동적 (Dynamic) / Based on Apps
프로비저닝 (Provisioning)	수동	자동 / Zero Touch
서비스제공자 (Service Provider)	소수 선정 제공사	Any Provider
용량 할당 (Capacity Allocation)	선(先)구매	탄력적(Elastic), On-Demand
전송	MPLS	MPLS, EPL, Internet, LTE, 5G
관리	온프레미스	클라우드
하드웨어	Proprietary	Commoditized (오픈소스 기반)
확장을 위한 요구	지사에서 데이터센터로	클라우드, 모바일, IoT, 에지
설계 기반	Hairpin through Data Center	Direct User to Application
신뢰성	99.9%	99.999%
애플리케이션 가시화	Probe & 3 rd Party Tools	Built into SD-WAN Router

I. SD-WAN 동향

❖ SD-WAN Market (Gartner , 2019)

Figure 1. Magic Quadrant for WAN Edge Infrastructure

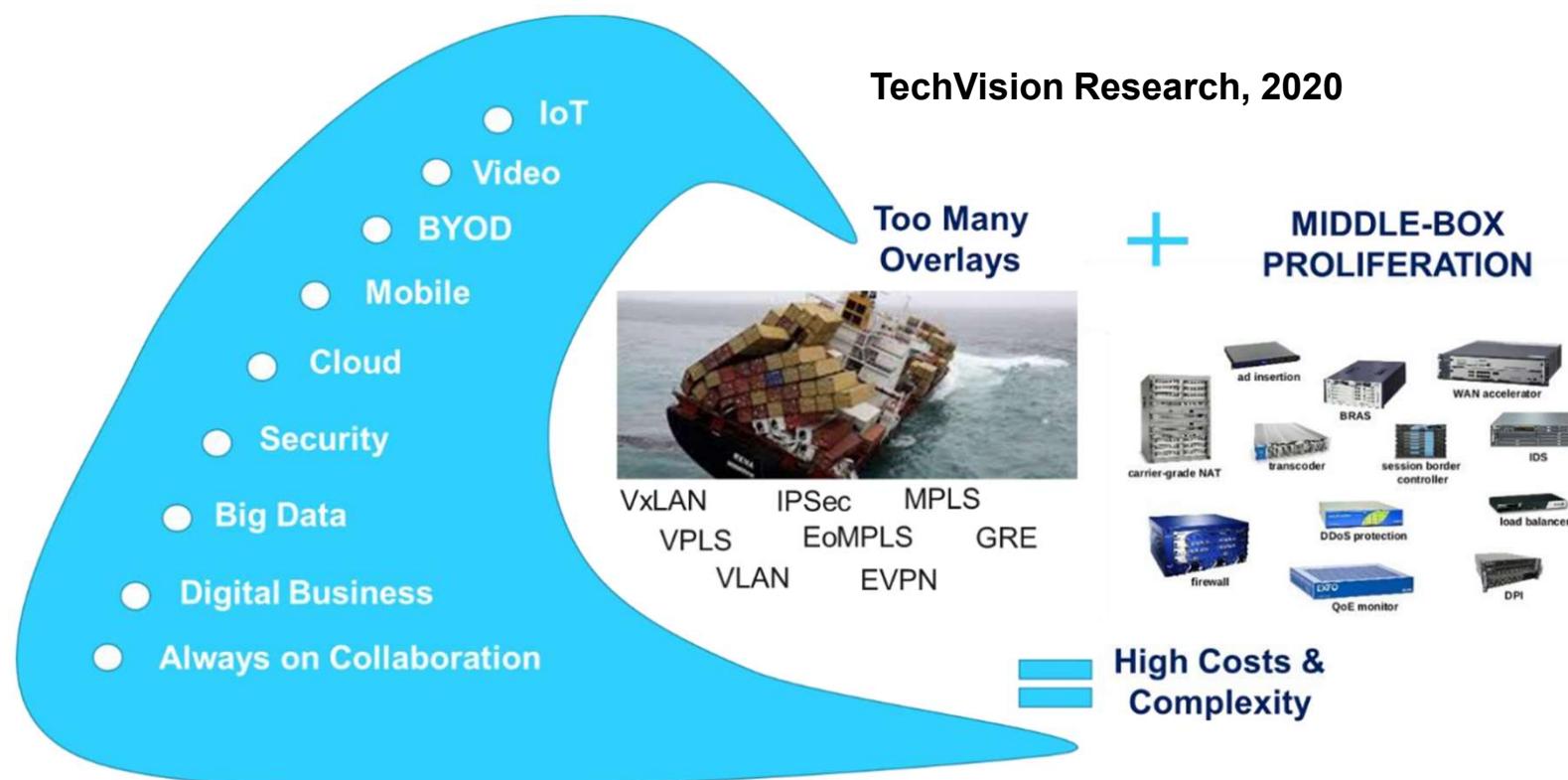


Source: Gartner (November 2019)

I. SD-WAN 동향

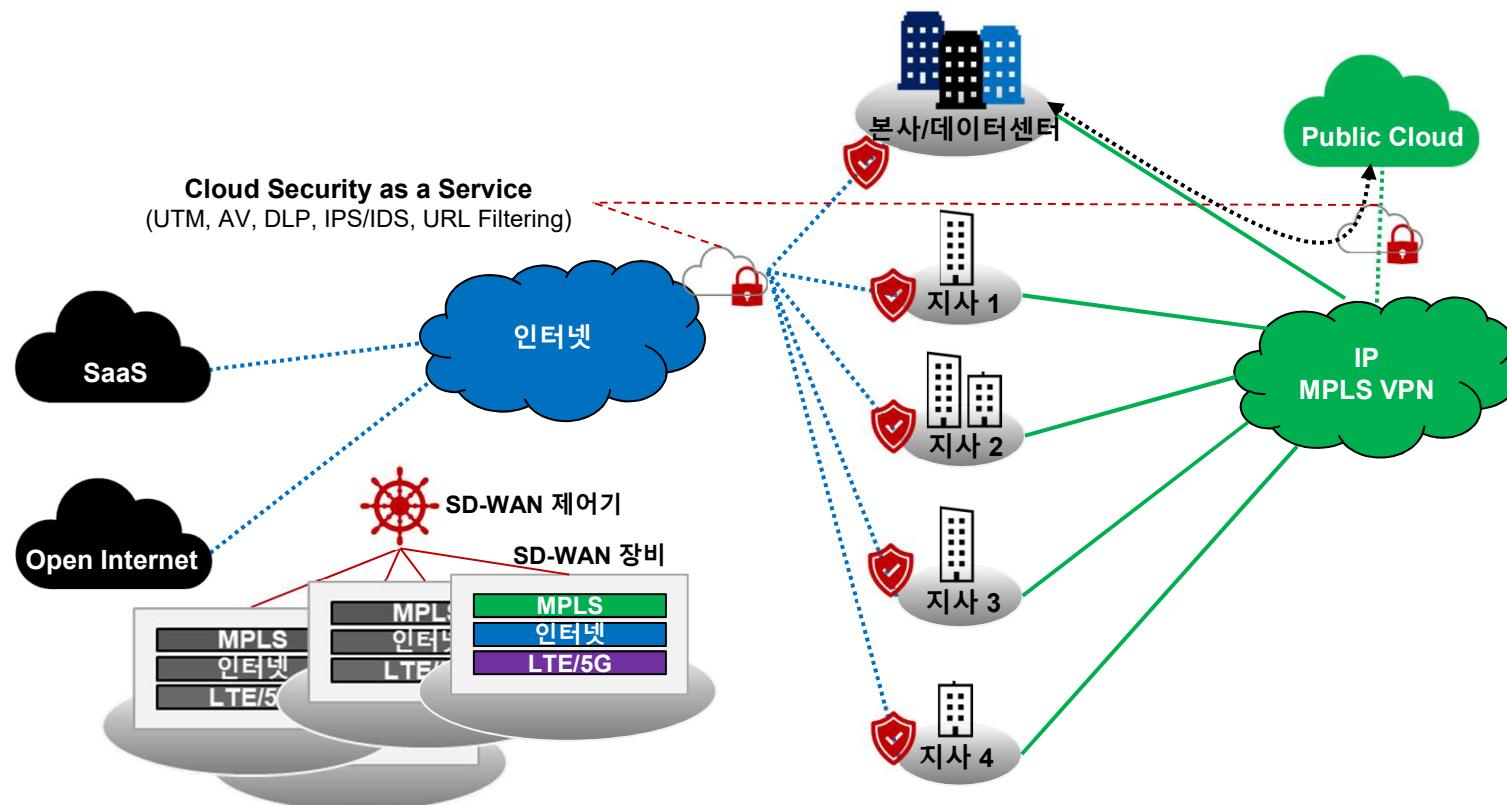
- ❖ 엔터프라이즈 인터넷 접속요구와 Multi-Cloud 연계 증가
- ❖ 기존 WAN 네트워크 이슈
 - 엔터프라이즈 서비스의 클라우드 이동
 - 서비스를 위한 종단간 연결 경로
 - Tsunami Converging on Legacy WANs

james@jislab.kr



I. SD-WAN 동향

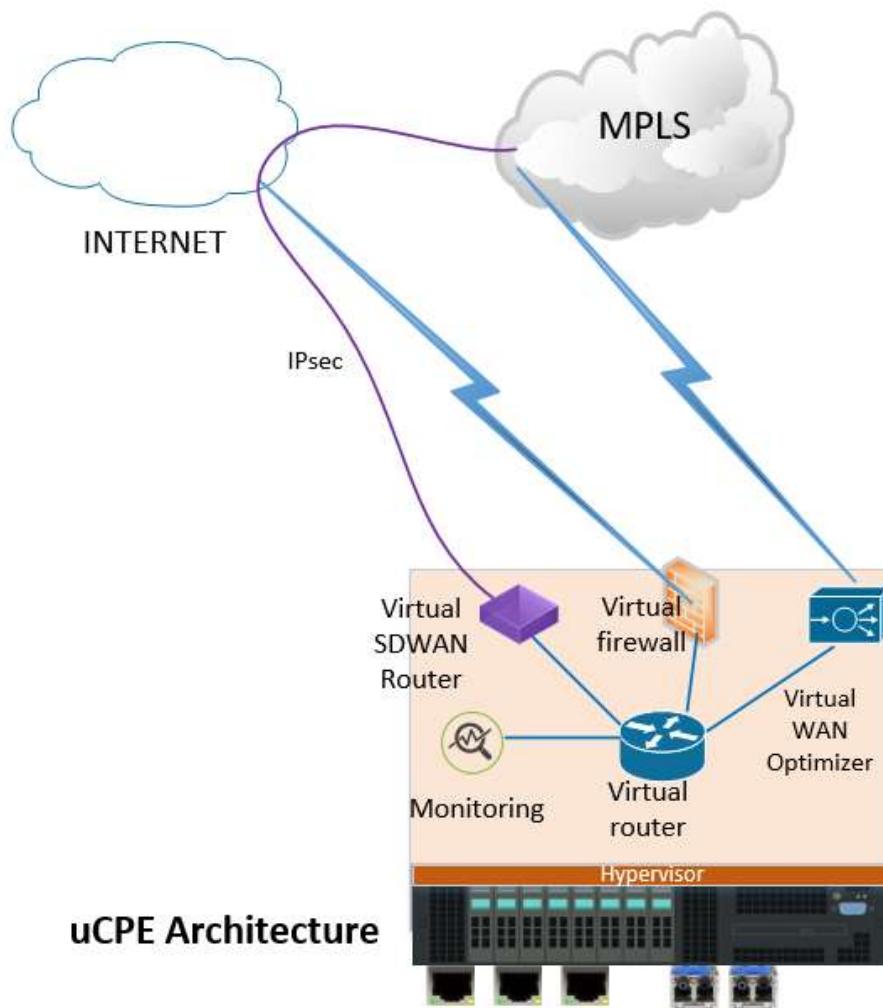
- ❖ SD-WAN의 발전
- ❖ Multi-Cloud 를 위한 엔터프라이즈 인터넷 접속 (하이브리드 클라우드)
- ❖ Cloud Security as-a-Service



I. SD-WAN 동향

❖ 통신 서비스용 uCPE (Universal Customer Premises Equipment)

james@jslab.kr



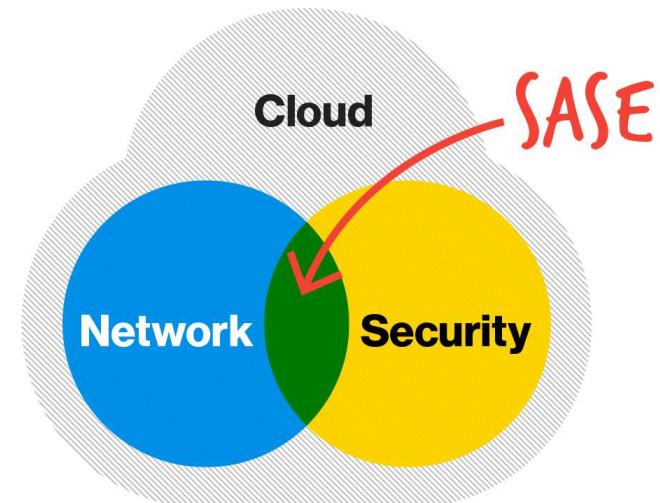
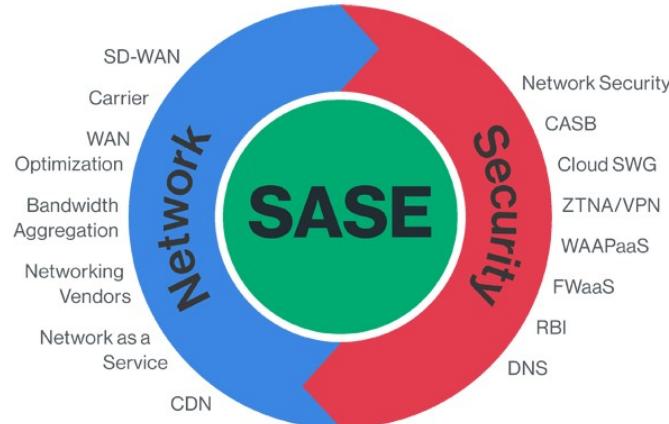
- **Virtual routers**
- **Virtual firewalls**
- **Virtual load balancers**
- **Virtual WAN optimizers**
- **SD-WAN routers**

I. SD-WAN 동향

❖ SD-WAN vs SASE (Secure Access Service Edge)

- SASE는 클라우드 관점
- SASE는 보안과 네트워킹 도구 모두 고려
- SASE는 하이레벨 트래픽 검사
- SASE is still an emerging technology.

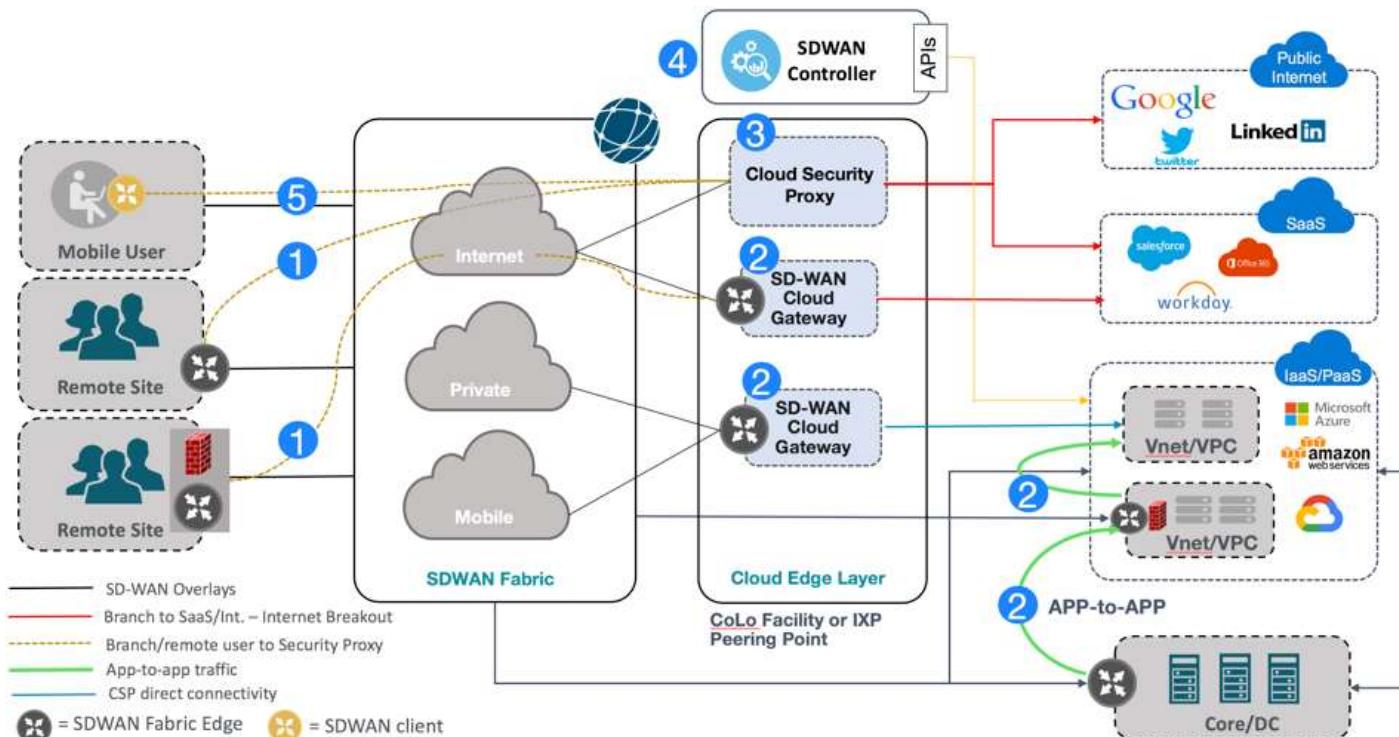
SECURE ACCESS SERVICE EDGE (SASE)



I. SD-WAN 동향

❖ SD-WAN 2.0 Reference Architecture (ONUG)

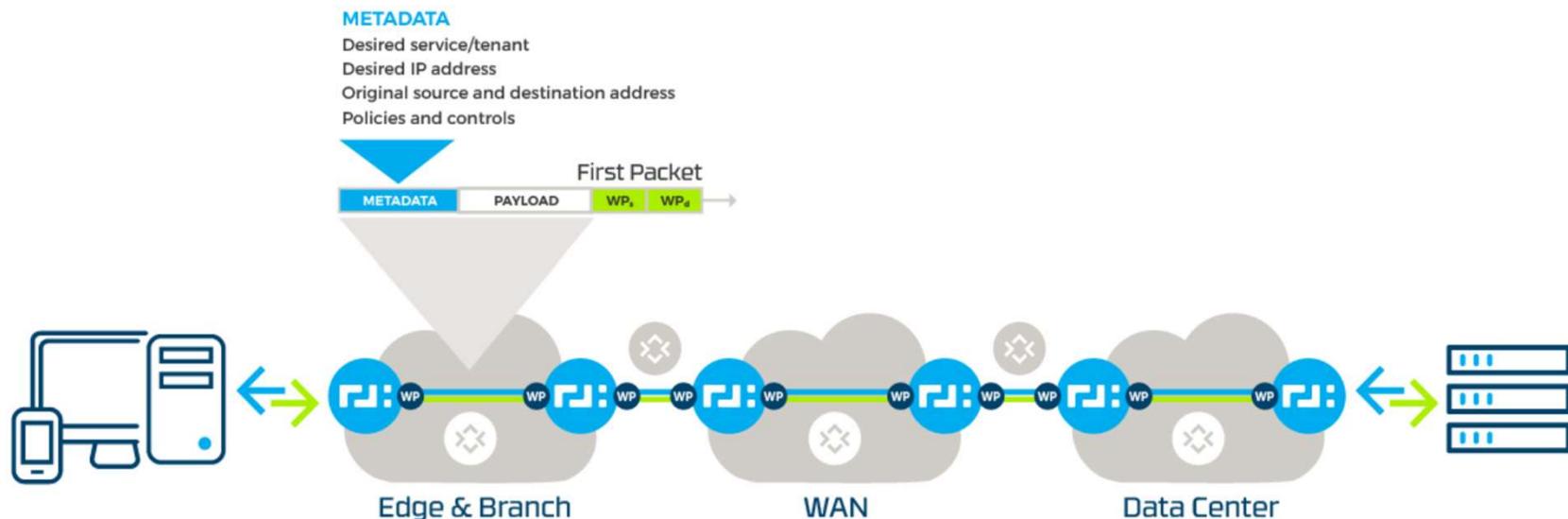
- **지사의 클라우드 직접경로** (Branch office direct access to SaaS and IaaS)
- **멀티클라우드 연결** (Multi-cloud attachment to the SD-WAN fabric)
- **지사를 위한 클라우드 보안** (Security for branch offices and the cloud)
- **클라우드 API 제공** (Integrated cloud APIs via SDWAN controllers)
- **SD-WAN 클라이언트** (SD-WAN client for end users)



I. SD-WAN 동향

❖ Tunnel-Free SD-WAN

- Tunnel-free SD-WAN은 SVR(Secure Vector Routing) 사용 (establish unique sessions on the network)
- 캡슐화(encapsulation) 연결보다 대역폭 점유율 적음
- More scalable, dynamic and secure
- Session-aware Data Plane

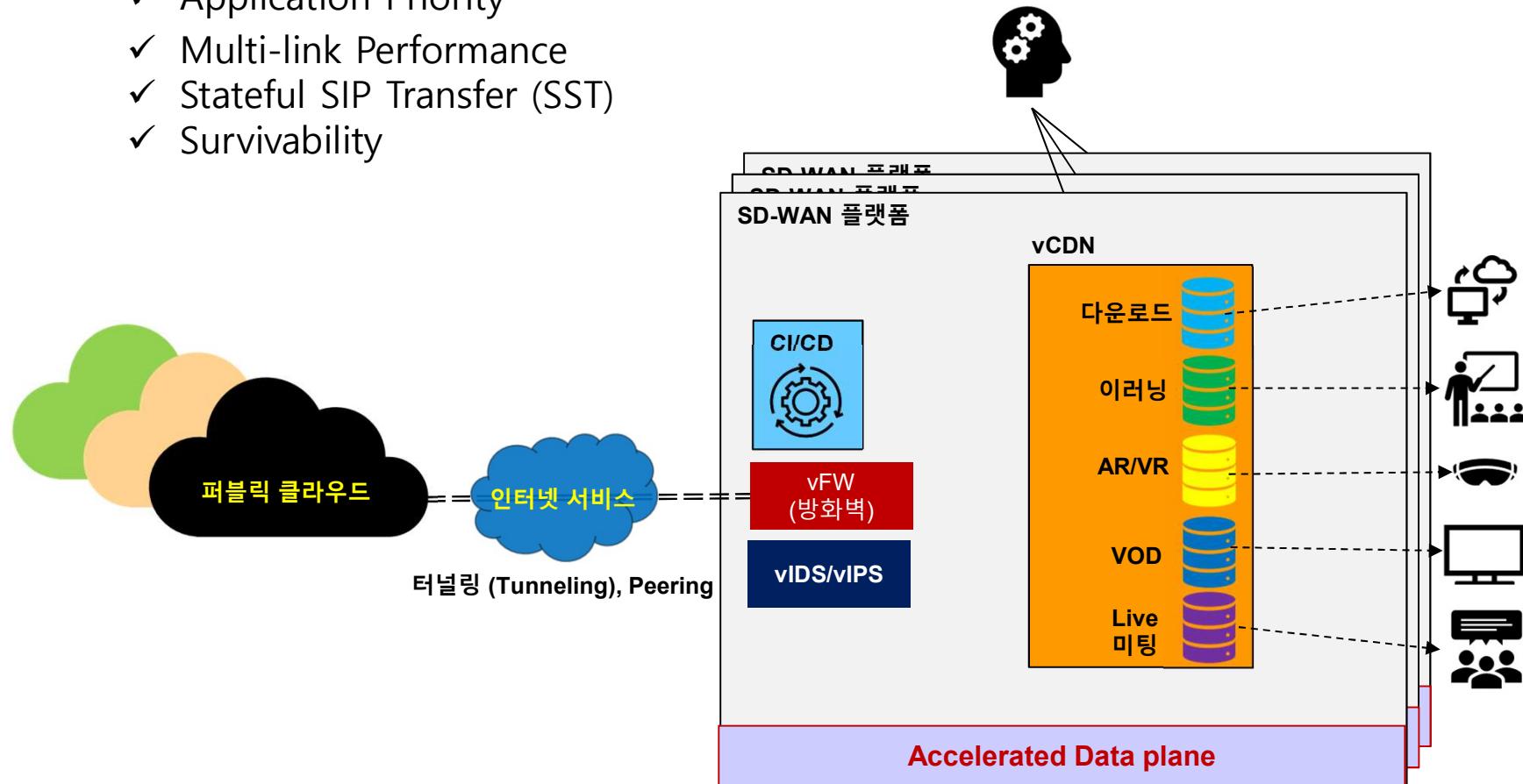


I. SD-WAN 동향

❖ Open Source based SD-WAN (예)

▪ 화이트박스 기반의 하드웨어에 원하는 오픈소스 기능 추가 가능

- ✓ Application Priority
- ✓ Multi-link Performance
- ✓ Stateful SIP Transfer (SST)
- ✓ Survivability



I. SD-WAN 동향

❖ 오픈소스의 역할 (Open Source's Role) – 오픈소스 진영

- 제조사 추가 (Additional Vendors) – 국내 개발가능 사업자
- 낮은 마진 (Lower Margins) – 사용자, 제조사, Managed Services
- 빠른 진화 (Faster Evolution) – 고객 요구 수용 개발 추가
- 보안 (Better Security)
- 호환성 (Better Interoperability)

I. SD-WAN 동향

II. 오픈소스 SD-WAN

- 하드웨어
- 소프트웨어
- 통신 환경 오픈소스

III. 오픈 SD-WAN 응용 방향

II. 오픈소스 SD-WAN

❖ 오픈소스 SD-WAN 하드웨어

- EdgeCore
- Lanner
- Whitebox Solutions™



❖ 오픈소스 SD-WAN 소프트웨어

- FlaxiWAN
- WANOS
- Cloudify
- ONAP
- pfSense
- OPNsense

II. 오픈소스 SD-WAN

❖ SD-WAN 소프트웨어 제조사의 Hardware Partner

- SILICOM
- LANNER
- ADVANTECH



- uCPE with Intel® Atom™ Processor C3000
- Intel® Atom® C3000 System-on-Chip with Intel® QuickAssist Technology at 10Gbps and Intel® AES-NI and VT-d Support
- Supports SR-IOV on all ports by Intel SOC integrated MAC and Intel i350 Ethernet Controller
- Optional dual-SIM, 3G, 4G LTE module and WiFi module
- Optional PoE+ kit to support up to two 25.5W ports

II. 오픈소스 SD-WAN

❖ 화이트박스 기반 SD-WAN 하드웨어

- uCPE (universal CPE): 저전력 CPU, 이더넷 컨트롤러 내장
- vCPE or virtualized CPE: 가상화, DPDK, QAT



Intel D-1500 Series SoC (Broadwell-DE 14nm)
Max 32GB DDR4 2133 MHz SODIMM
Ethernet-
1x GbE RJ-45/SFP Combo port WAN via 2x Intel I210 Controllers
1x SFP+ 10 GbE via CPU Ethernet Controller
8 x GbE RJ45 LAN, thru MRVL 88E6190x supporting 4x POE PSE
2x mini PCI Express Expansion Slot
FIPS 140-2 Level 2 in Chassis

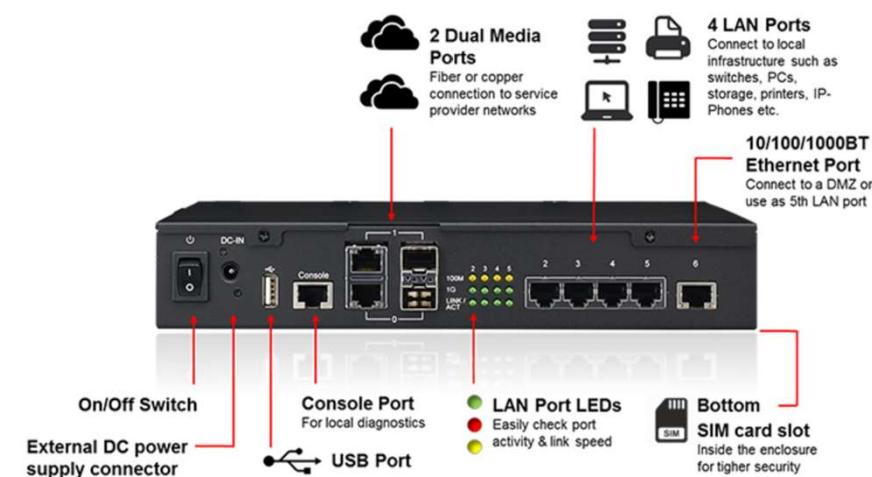
Storage-
1x M.2 SATA SSD
2x Hot-swappable 2.5" HDD/SSD
Advanced Technology
Intel QuickAssist Technology
Virtualization - VT-d, VT-x, SR-IOV
Security – H/W TPM 1.2, AES-NI
DPDK

II. 오픈소스 SD-WAN

❖ SD-WAN 하드웨어 소프트웨어 협력 생태계 조성

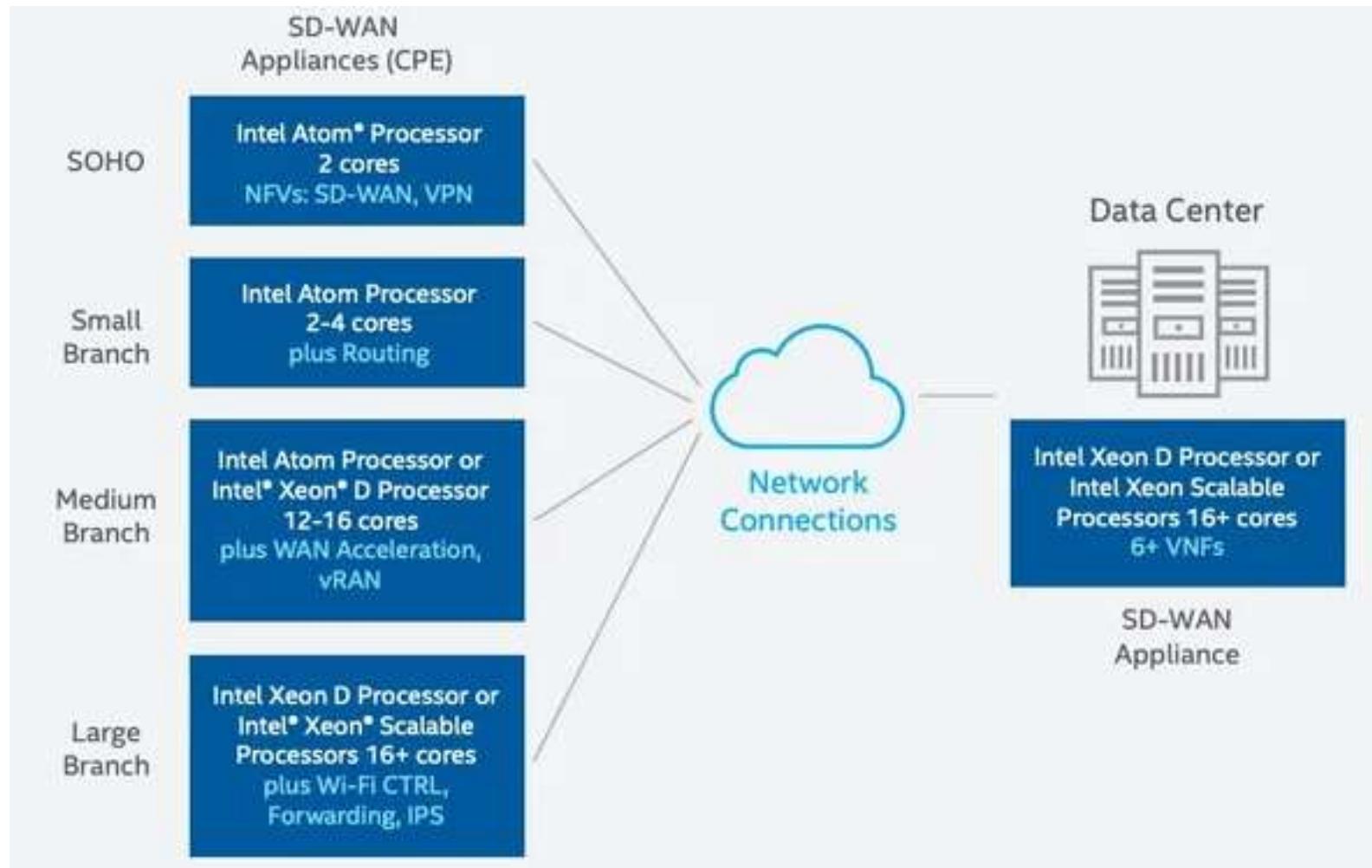
Lanner, Enea and Intel Showcase Firewall Protected Open Source SD-WAN

james@jislab.kr



II. 오픈소스 SD-WAN

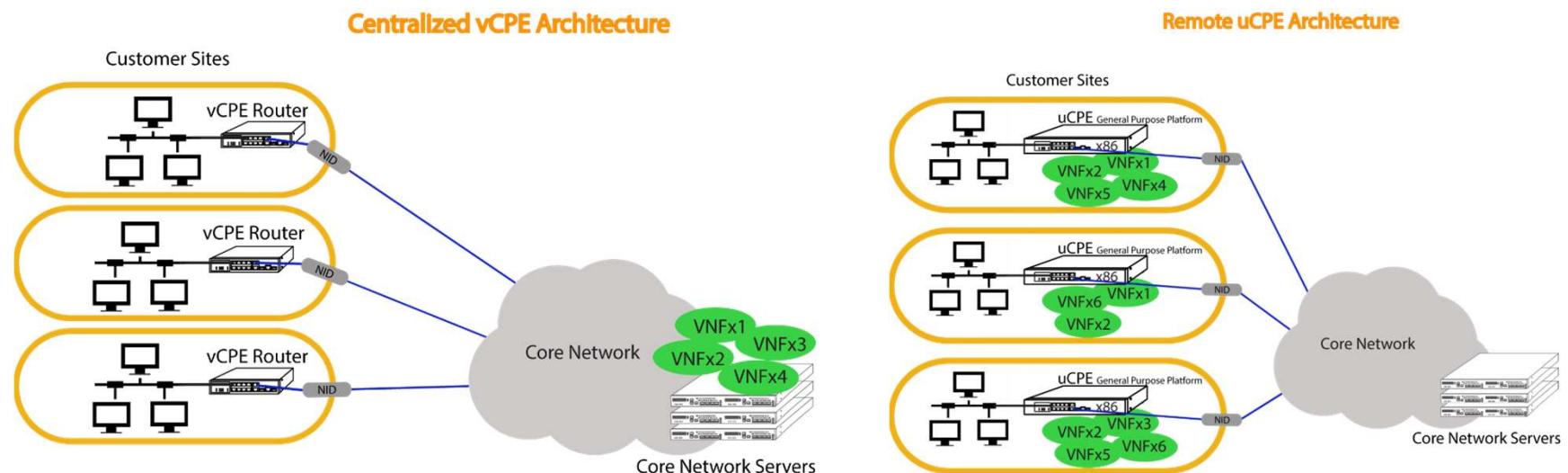
❖ 레퍼런스 하드웨어



II. 오픈소스 SD-WAN

❖ 가상화 네트워크 기능 배포 기반 SD-WAN 구성

- 지역 배포 (예): uCPE (universal CPE)
 - ✓ 고사양 SD-WAN 하드웨어
 - ✓ 환경 변화에 따른 설계의 유연성
- 중앙 서비스 (예): vCPE or virtualized CPE
 - ✓ 저사양 SD-WAN 하드웨어
 - ✓ 데이터센터 집중 관리



II. 오픈소스 SD-WAN

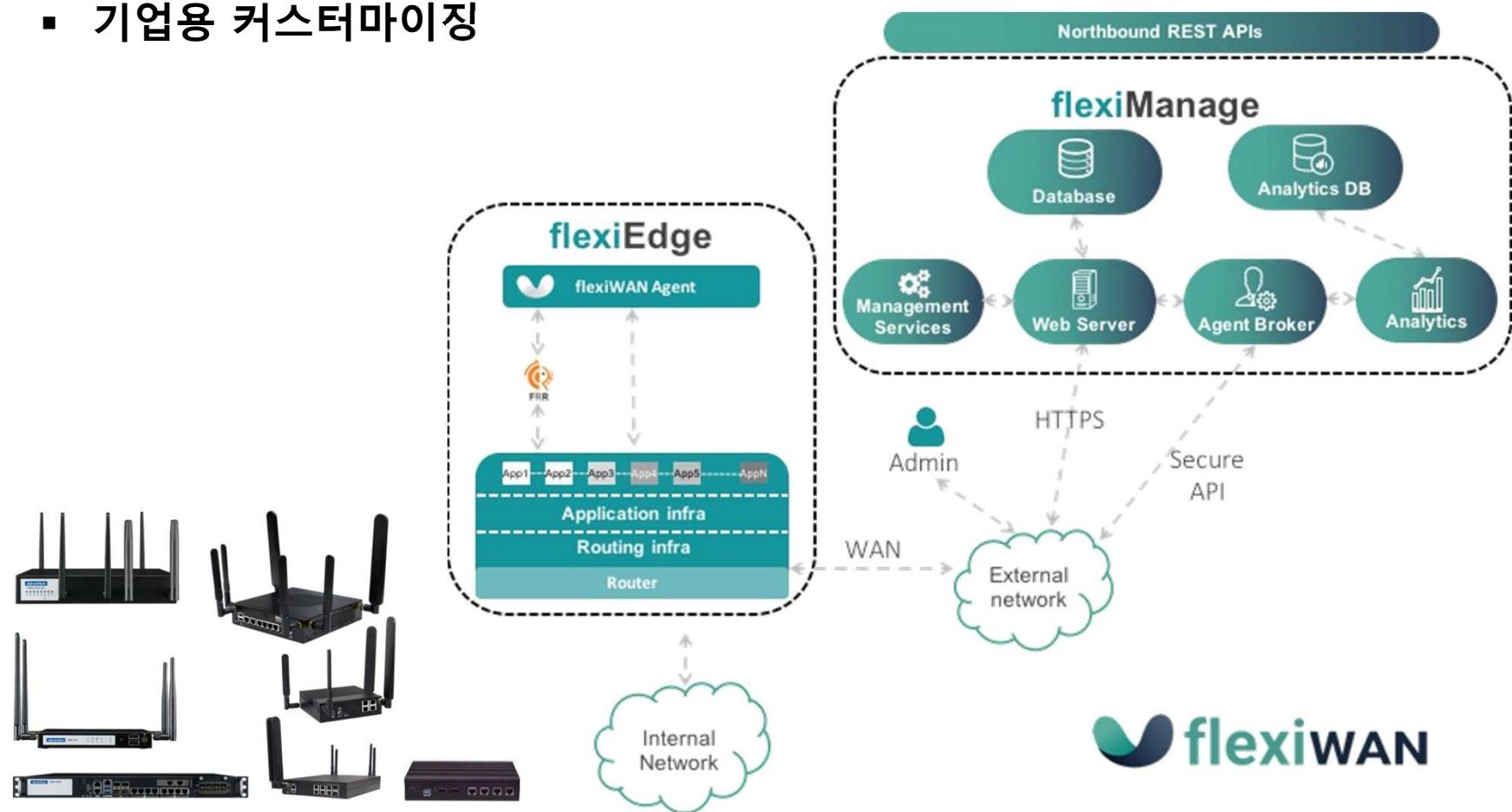
❖ flexiWAN: SD-WAN 오픈소스 소프트웨어

- 클라우드 기반 SD-WAN 컨트롤러 제공



II. 오픈소스 SD-WAN

- ❖ flexiWAN: SD-WAN 오픈소스 소프트웨어
 - 방화벽, WAN 최적화, 음성/화상 최적화, DPI 등의 제공
 - As a Service Cloud Providers
 - 기업용 커스터마이징



II. 오픈소스 SD-WAN

❖ WANOS: SD-WAN 오픈소스 소프트웨어

- **WAN Optimization:** 네트워크 대역폭 사용비 감소와 애플리케이션 가속
- **VMware 하이퍼바이저 기반 기능 제공**
 - ✓ The OVA Image on VMware systems.
 - ✓ ESXi 5.1-5.5, Fusion 5-6, Workstation 9-10

james@jislab.kr

The screenshot shows the WANOS MultiSite Policies interface. On the left, there's a navigation sidebar with options like Home, Network, System, Configure (selected), System Settings, Traffic Policies, MultiSite (selected), Reset, Diagnostics, Maintenance, License, and Support. The main area has a title 'MultiSite' and a sub-section 'MultiSite Policies'. It displays a table with three rows of data:

Rule #	Remote Site Subnet	Site Number	Peer IP	Description	Delete
1	192.168.2.0/24	1	Auto	Office Two	
2	10.0.0.0/8	2	Auto	Data Center Two	

Below this is a modal dialog titled 'Add Site' with fields for Rule # (set to 4), Remote Site Subnet, Site Number (set to 0), Peer IP (example: 10.10.20.254), and Description. At the bottom of the dialog are 'Cancel' and 'Submit' buttons.

참조: <http://wanos.co/wan-optimization/download/>

OTHER RELEASES

[Update v.4.2.9 Prod](#)
[Update v.5.1.0 Beta](#)
[Free Express v.3.2.3](#)
[Linux Container LXD](#)

MINIMUM REQUIREMENTS

2 GB Memory
64 GB Storage
1-2 Ethernet Interfaces
2 CPU Threads

RECOMMENDED

4 GB Memory
64 GB SSD
2 Ethernet Bypass Interfaces
4 CPU Threads

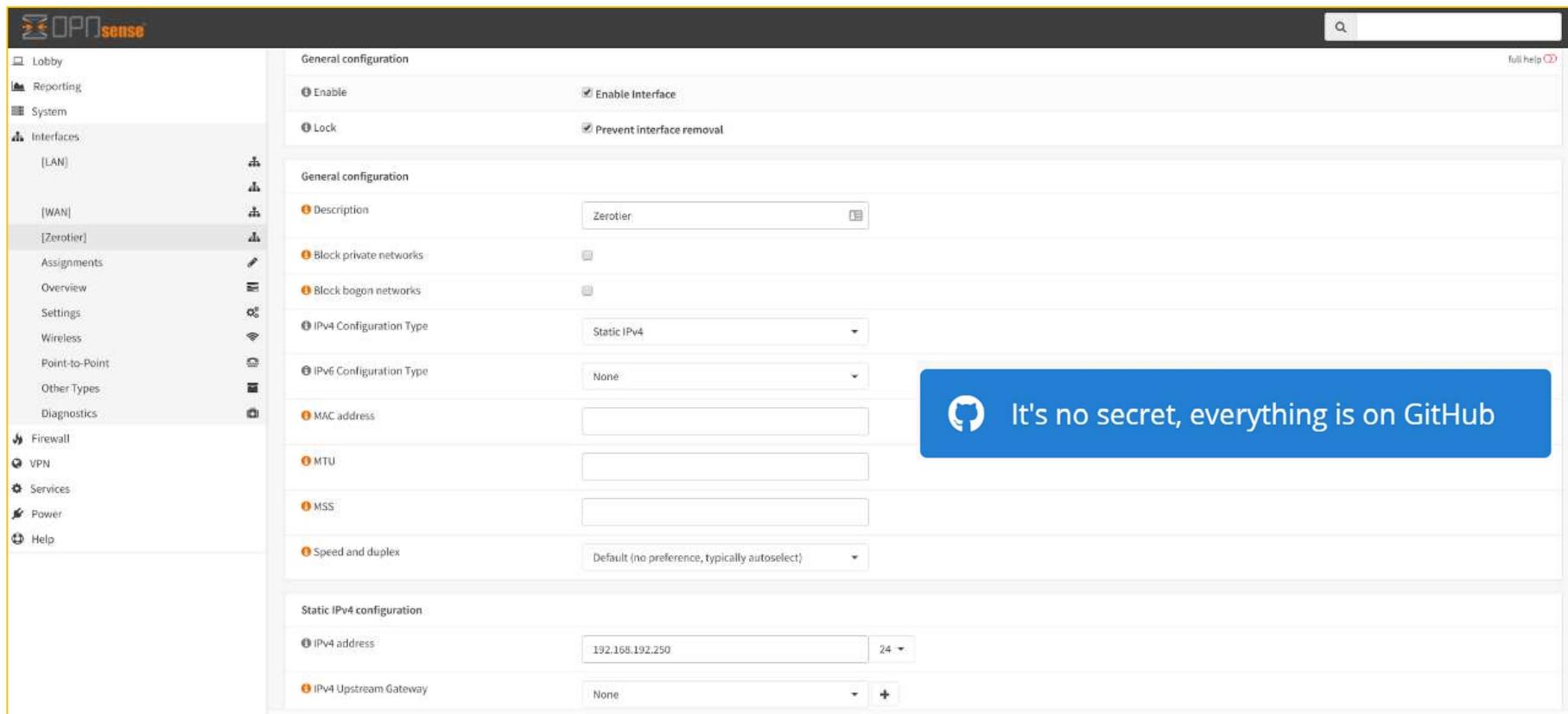
JS Lab

II. 오픈소스 SD-WAN

❖ OPNsense: SD-WAN 오픈소스 소프트웨어

▪ Community Plugins for SD-WAN

- ✓ VPN & Connectivity (SD-WAN 컨트롤러 연결)
- ✓ DNS, Web, Reporting



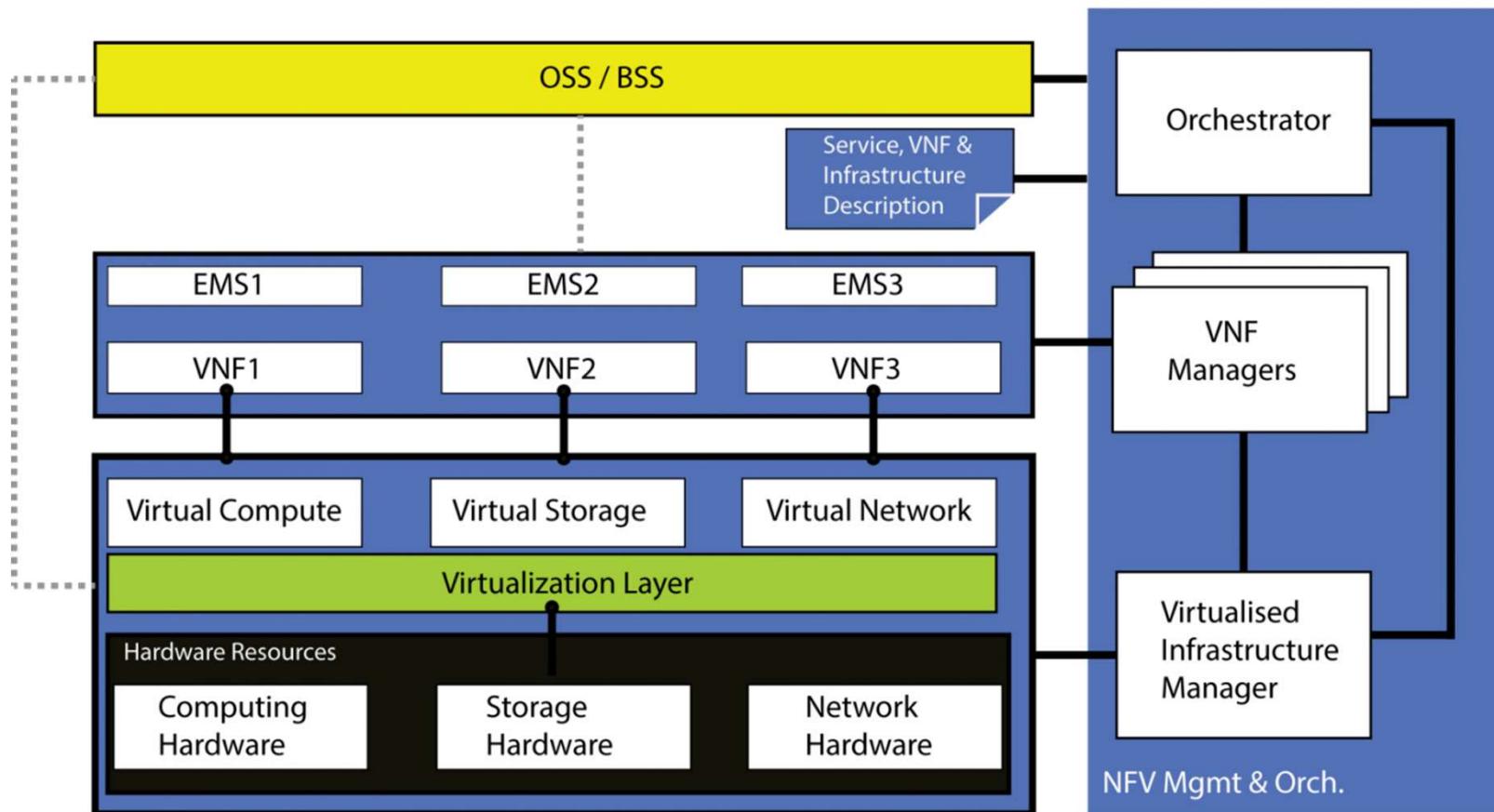
참조: <https://opnsense.org/>

JS Lab

II. 오픈소스 SD-WAN

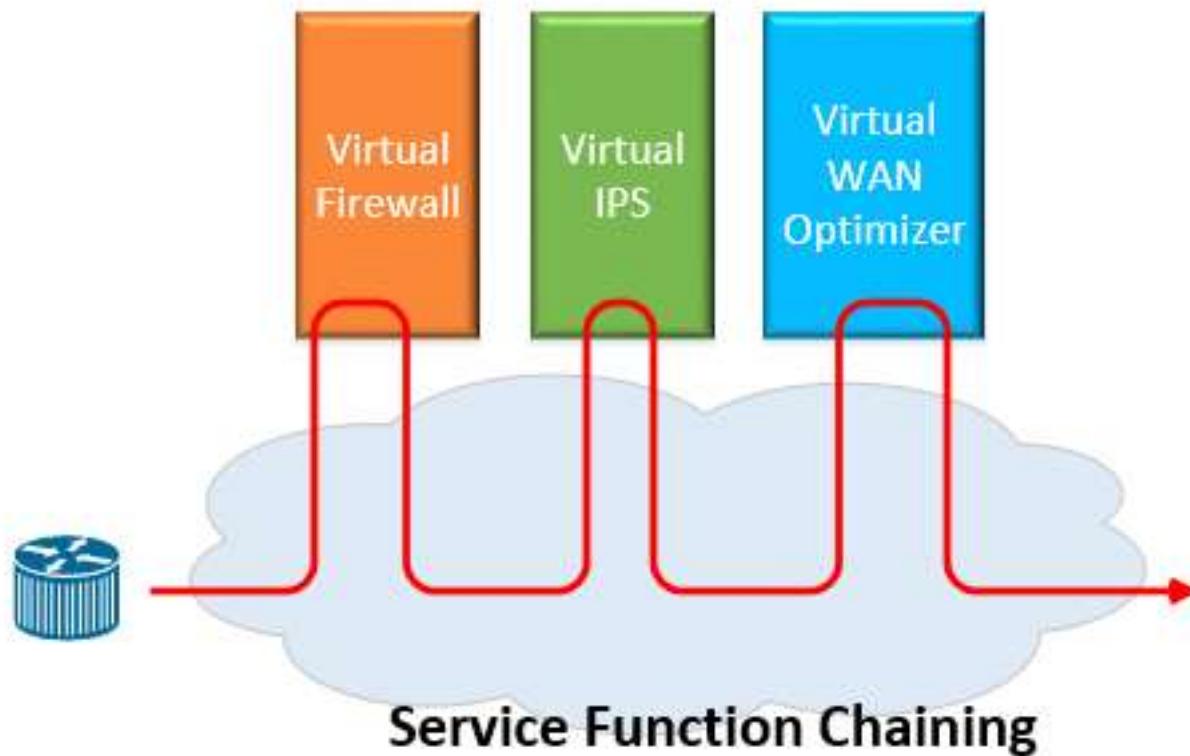
❖ 네트워크 가상화(NFV)

Standard NFV Architecture (reproduced courtesy: ETSI)



II. 오픈소스 SD-WAN

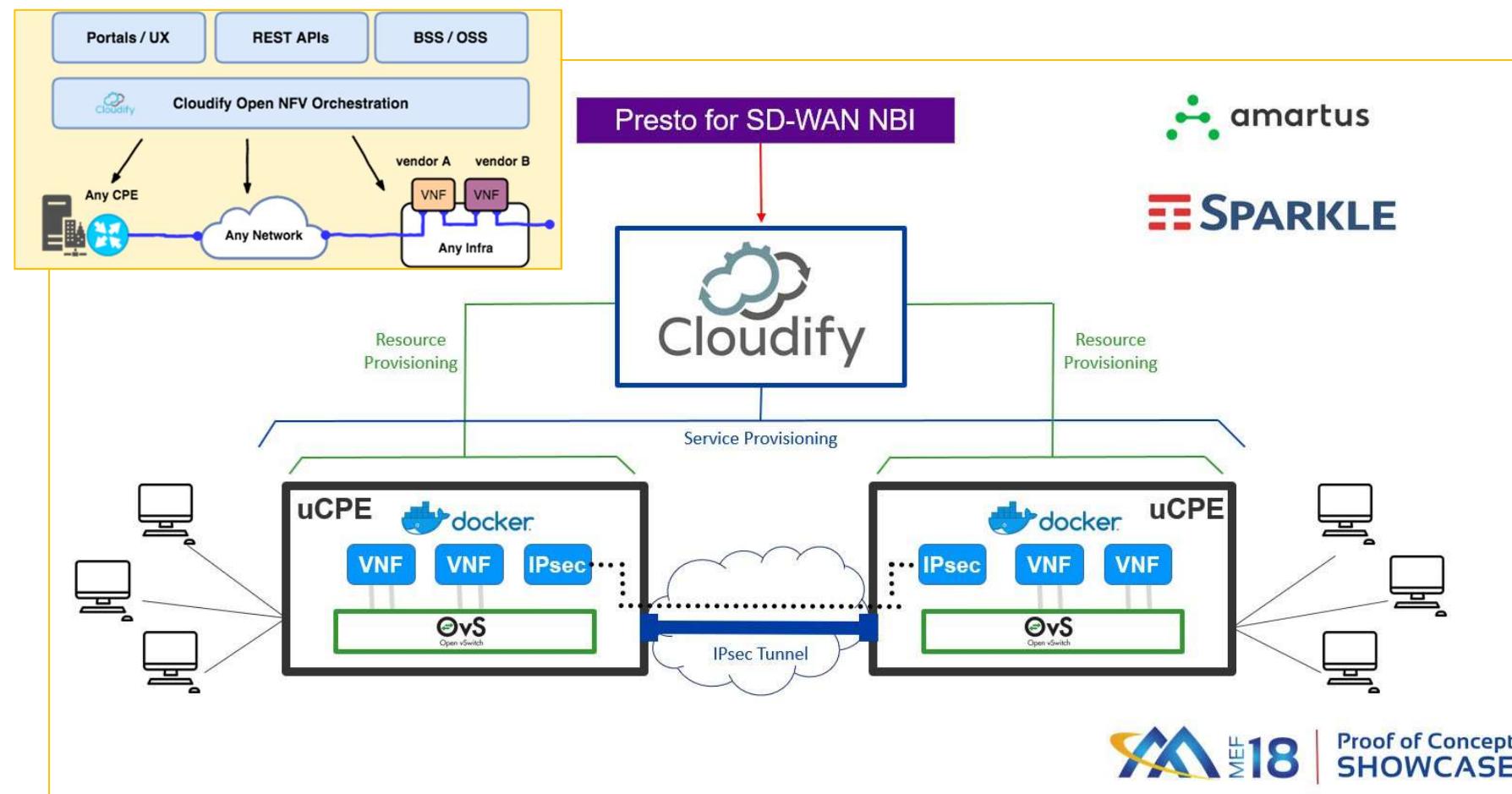
❖ 네트워크 가상화(NFV)의 SD-WAN Service Chaining



II. 오픈소스 SD-WAN

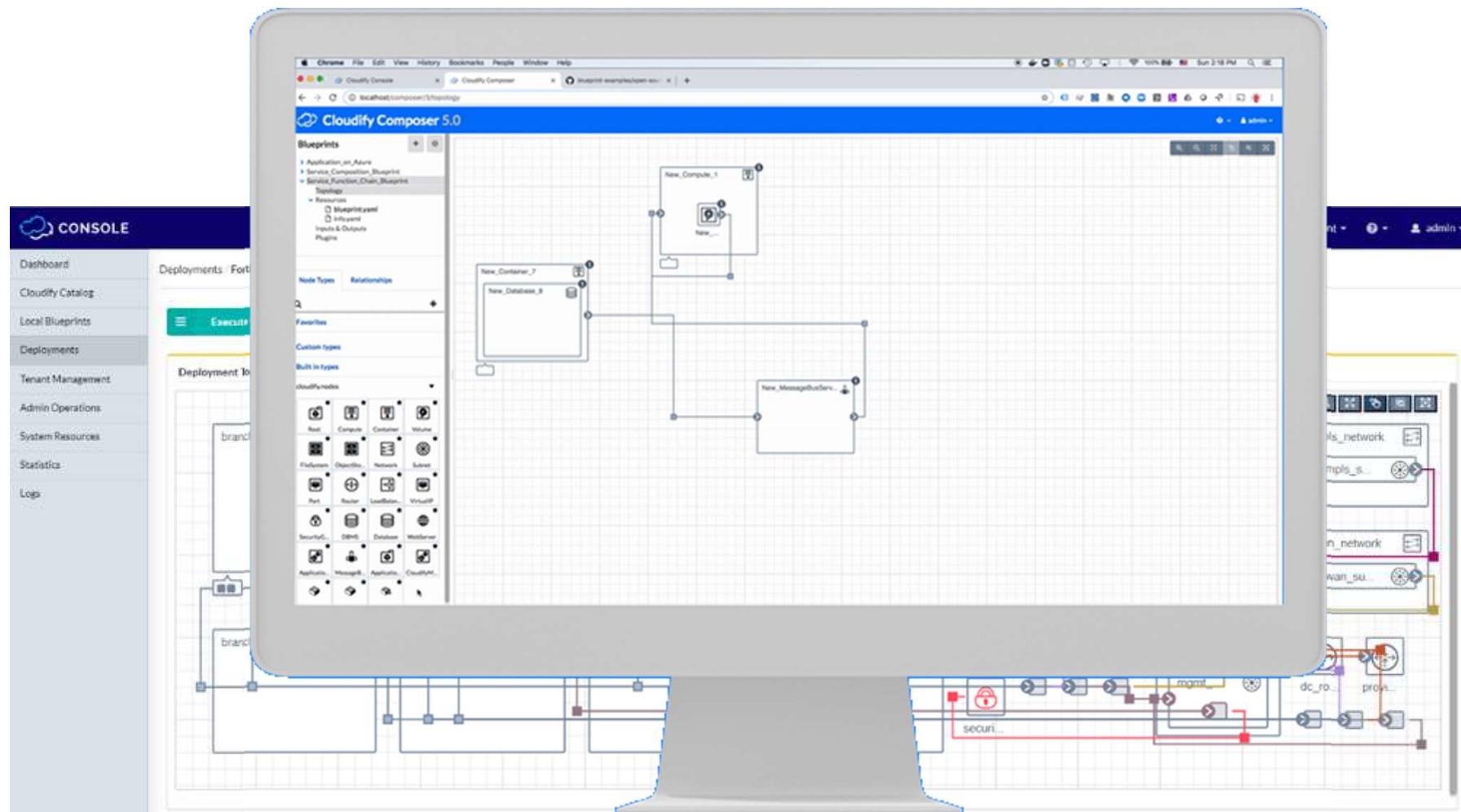
- ❖ Cloudfy – Open NFV Orchestration
- ❖ 통신을 위한 오픈소스는 관련사들의 공통 주제를 시험하는 생태계 역할

james@jislab.kr



II. 오픈소스 SD-WAN

❖ Cloudfy - Configuration



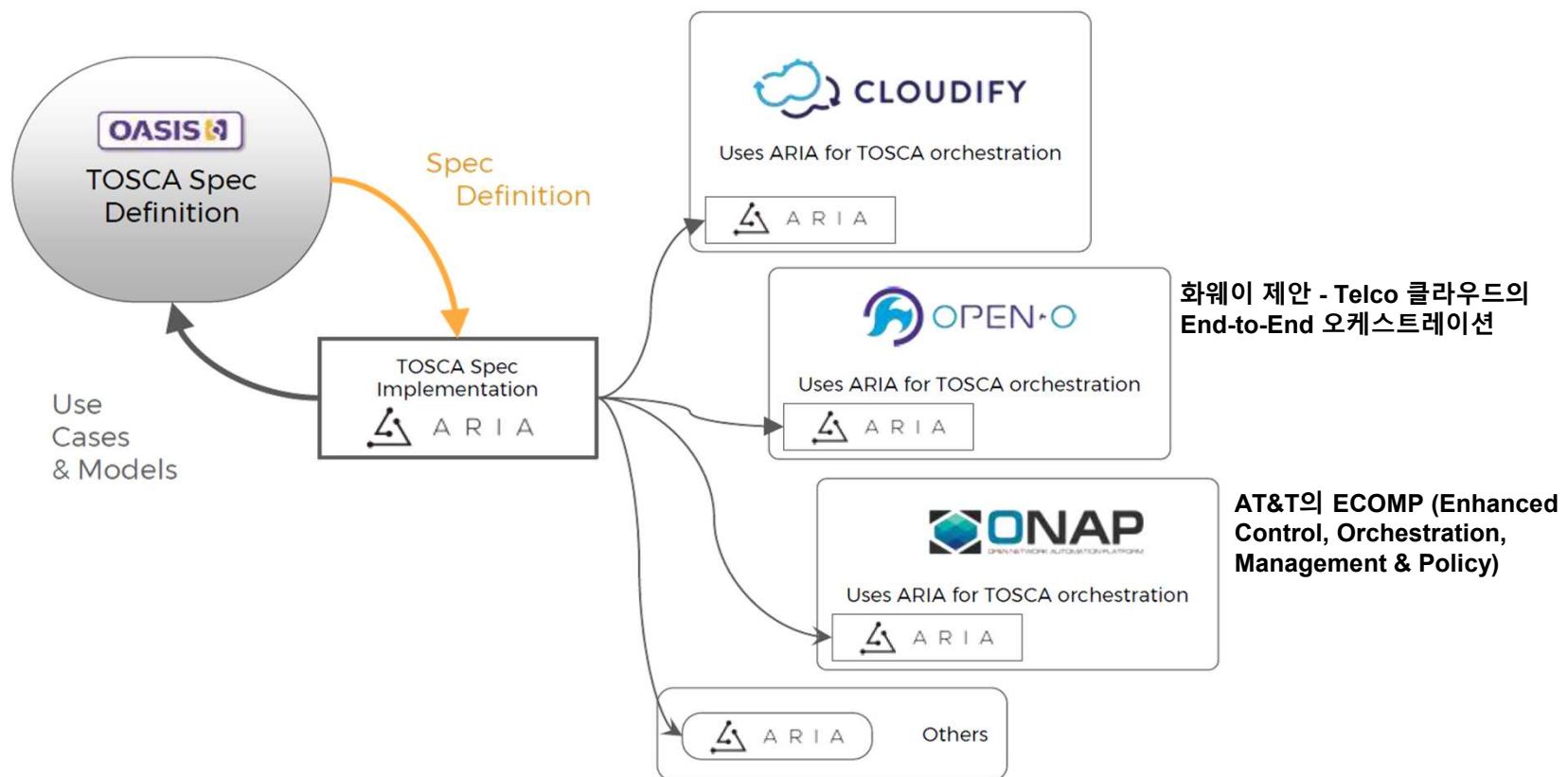
참조: <https://www.wwt.com/article/cloudfy-i-call-it-ansible-for-cloud>

JS Lab

II. 오픈소스 SD-WAN

❖ 표준 TOSCA 스펙 적용 오픈소스 'ARIA'

1. 오케스트레이션이 TOSCA 프로파일 지원을 위한 Python 라이브러리
2. TOSCA 애플리케이션 생성을 위한 SDK
3. CLI Tools: 오케스트레이션을 위한 TOSCA 템플릿



II. 오픈소스 SD-WAN

❖ ONAP: Open Networking Automation Platform

▪ SD-WAN Use Case

Architecture

1. Basic Use Case:

- ZTP
- VPN connectivity over WAN1 interfaces
(Edge1-VL-Edge2)

OSS/BSS Applications

SD-WAN Orchestrator

SD-WAN Controller

Next Sub-Use Cases:

2. Active/Standby
3. Active/Active
4. Star Topology
5. Full-Mesh Topology
6. On-Site SFC: FW and NAT
7. On-Cloud SFC: DPI and Application-aware routing
8. WAN Optimization



ZTP - Zero Touch Provisioning

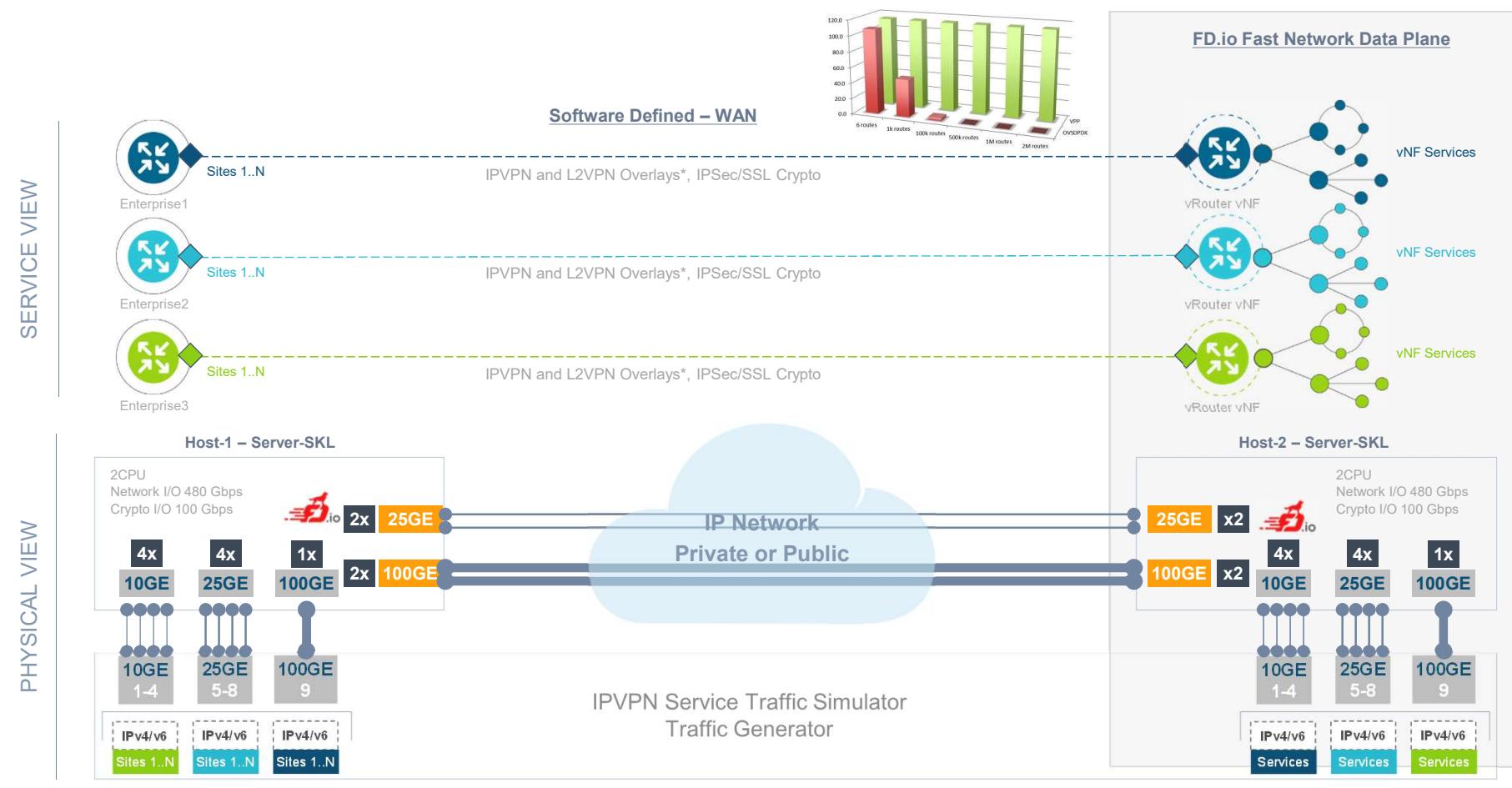
ISP - Internet Service Provider

vBG - virtual Business Gateway, BBF WT-328pBG - phisical Business Gateway, BBF WT-328

SFC - Service Function Chaining

II. 오픈소스 SD-WAN

❖ SD-WAN – with FD.io Universal Fast Data Plane



참조: <https://fd.io/>

JS Lab

II. 오픈소스 SD-WAN

❖ SD-WAN 가시화 요소

- **In-depth Internet visibility** : SD-WAN exposes companies to Internet unpredictability
- **Ability to drill into the network underlay** : Per ISP, per node, per link
- **App-aware network visibility for SaaS** : Ability to easily correlate between app performance and network level
- **View of historical data-set** : Benchmark, plan and set KPIs
- **Easy and quick fault isolation** : Internal wide area, ISP, IaaS / SaaS?

9 Best Bandwidth Monitor and Network Usage Monitoring Tools

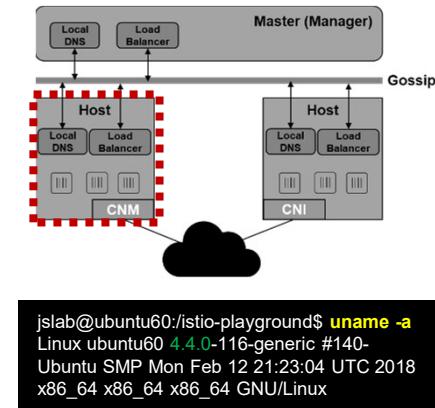
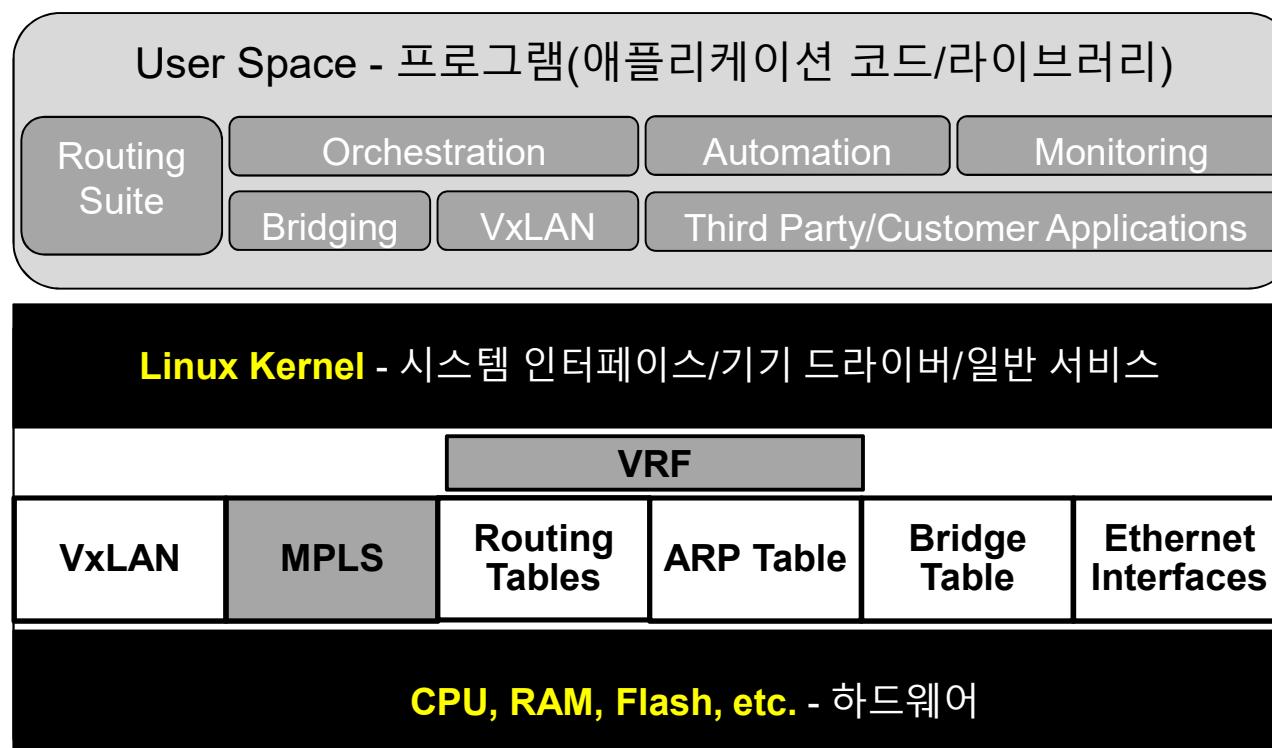
		Free Trial?	Best Use	Visual Analytics	Policy Optimization	Intuitive Use	Bottom Line
SolarWinds Network Bandwidth Analyzer Pack	 solarwinds	Free 30-day Trial	Bandwidth monitoring and network performance analysis	★★★★★	★★★★★	★★★★★	Robust solution for analyzing network performance and traffic patterns.
SolarWinds NetFlow Traffic Analyzer	 solarwinds	Free 30-day Trial	Traffic analysis	★★★★★	★★★★★	★★★★★	Ideal for analyzing continuous streams of network traffic and flow data.
Paessler PRTG Network Monitor	 PAESSLER	Free 30-day Trial	Application monitoring	★★★★★	★★★★★	★★★★★	A great all-in-one network and application monitoring tool.
ManageEngine NetFlow Analyzer	 ManageEngine	Free 30-day Trial	Traffic analysis	★★★★★	★★★★★	★★★★★	Glean a comprehensive, holistic overview of your network traffic with this tool.
SolarWinds Real-Time Bandwidth Monitor	 solarwinds	Free tool	Bandwidth monitoring	★★★★★	—	★★★★★	A simple way to perform interface bandwidth polling.
SolarWinds Network Bandwidth Analyzer Pack	 solarwinds	Free tool	Bandwidth monitoring	★★★★★	—	★★★★★	Leverage this platform to see traffic by conversation, app, domain, and endpoint.
ntopng		None	High-level traffic analysis	★★	—	★★★	A straightforward approach to simple traffic sorting and analysis.
Cacti		Free tool	Data logging and graphing	★	—	★★	Dig into graphs to get the high-level bandwidth data you need.
BandwidthD		Free tool	High-level traffic analysis	★	—	★	Traffic analysis without all the bells and whistles.

-
- I. SD-WAN 동향
 - II. 오픈소스 SD-WAN
 - III. 오픈 SD-WAN 응용 방향**
 - 오픈소스
 - 10Giga 인터넷
 - 퍼블릭 클라우드
 - 5G
 - SASE

III. 오픈 SD-WAN 응용 방향

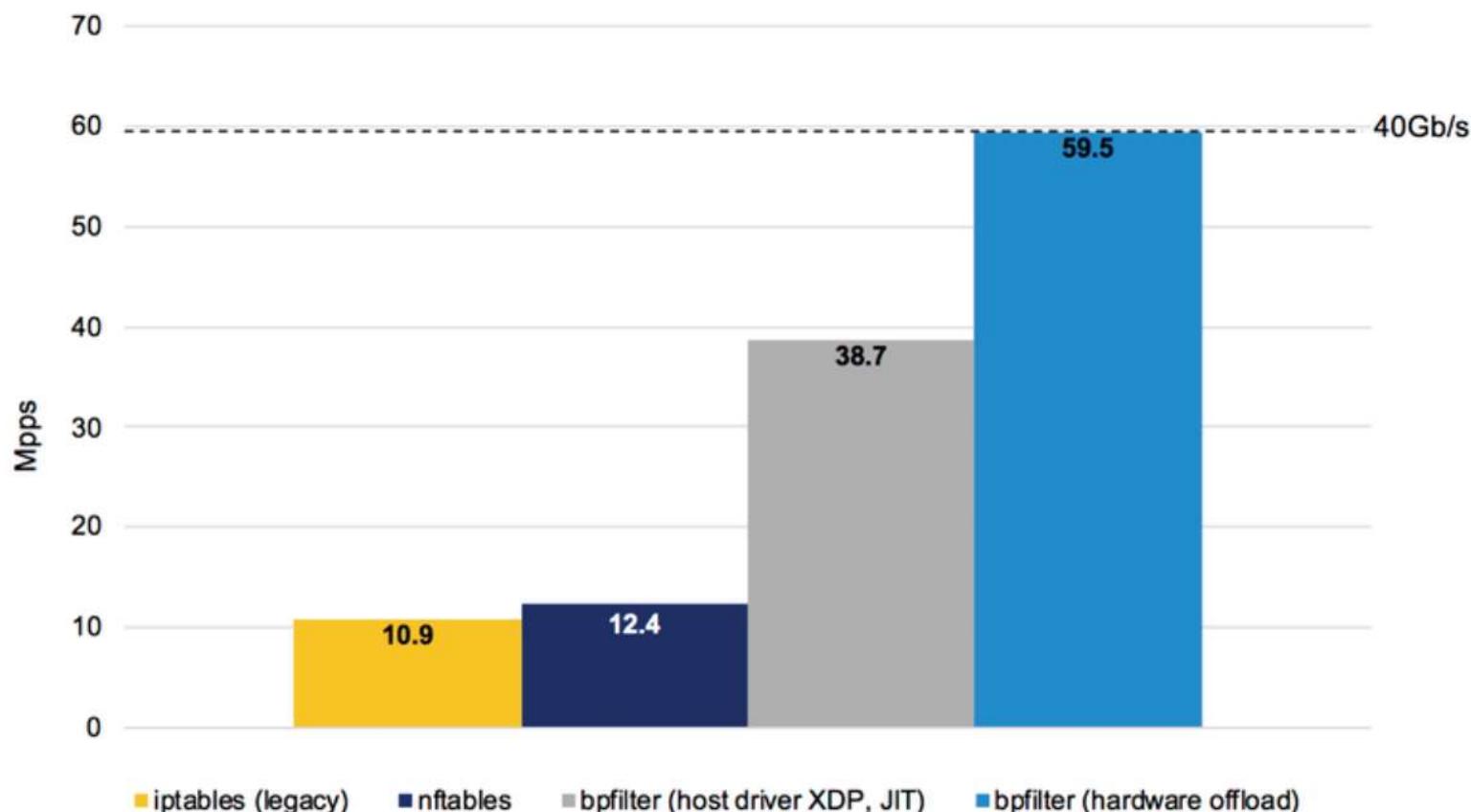
❖ Linux Kernel 4.x 이상의 네트워크 지원

- **MPLS LSR 지원:** v4.1
- **LWT / MPLS IP tunnel 지원:** v4.3
- **MPLS multipath 지원:** v4.5
- **MPLS VRF의 IP 명령어 지원**



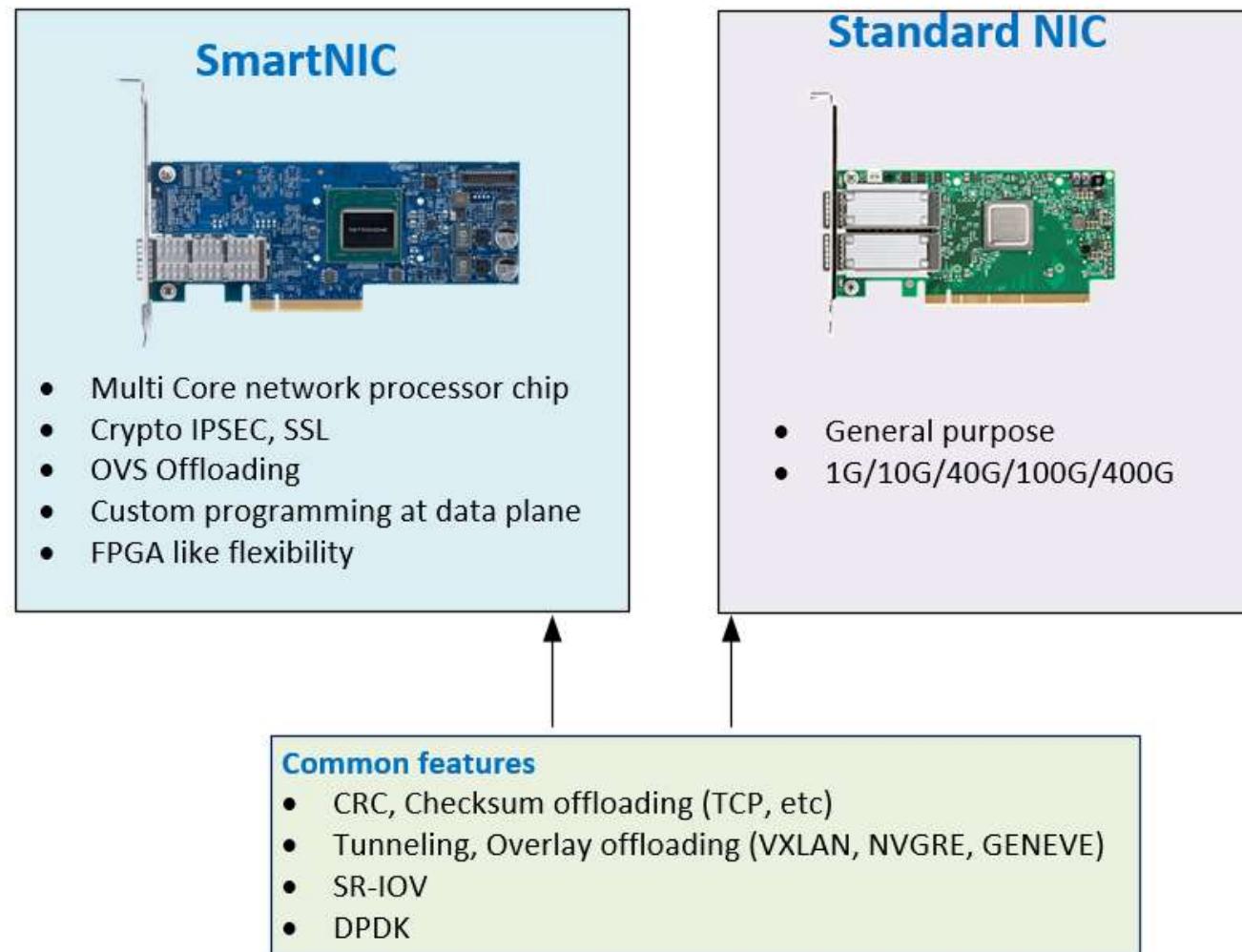
III. 오픈 SD-WAN 응용 방향

- ❖ eBPF XDP Linux 4.8+
- ❖ 소프트웨어 기반 성능 가속
- ❖ 성능 가속 전용 하드웨어 발전 (스마트 NIC, HCI, 컨테이너 가속 Storage 등등)



III. 오픈 SD-WAN 응용 방향

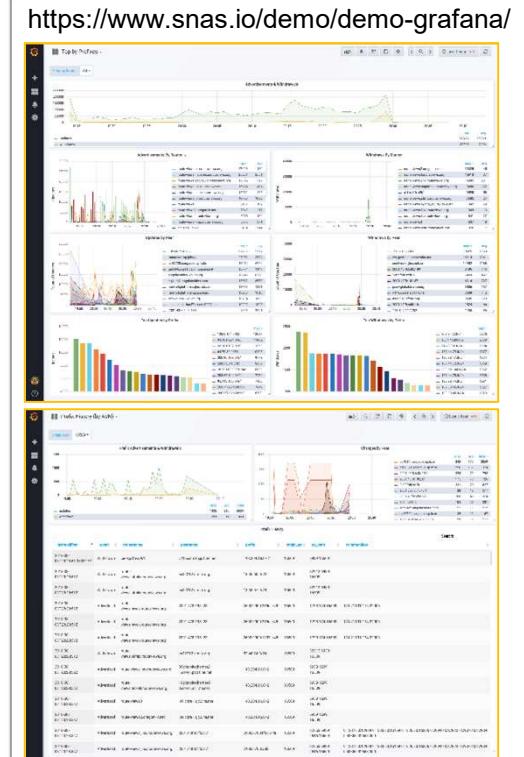
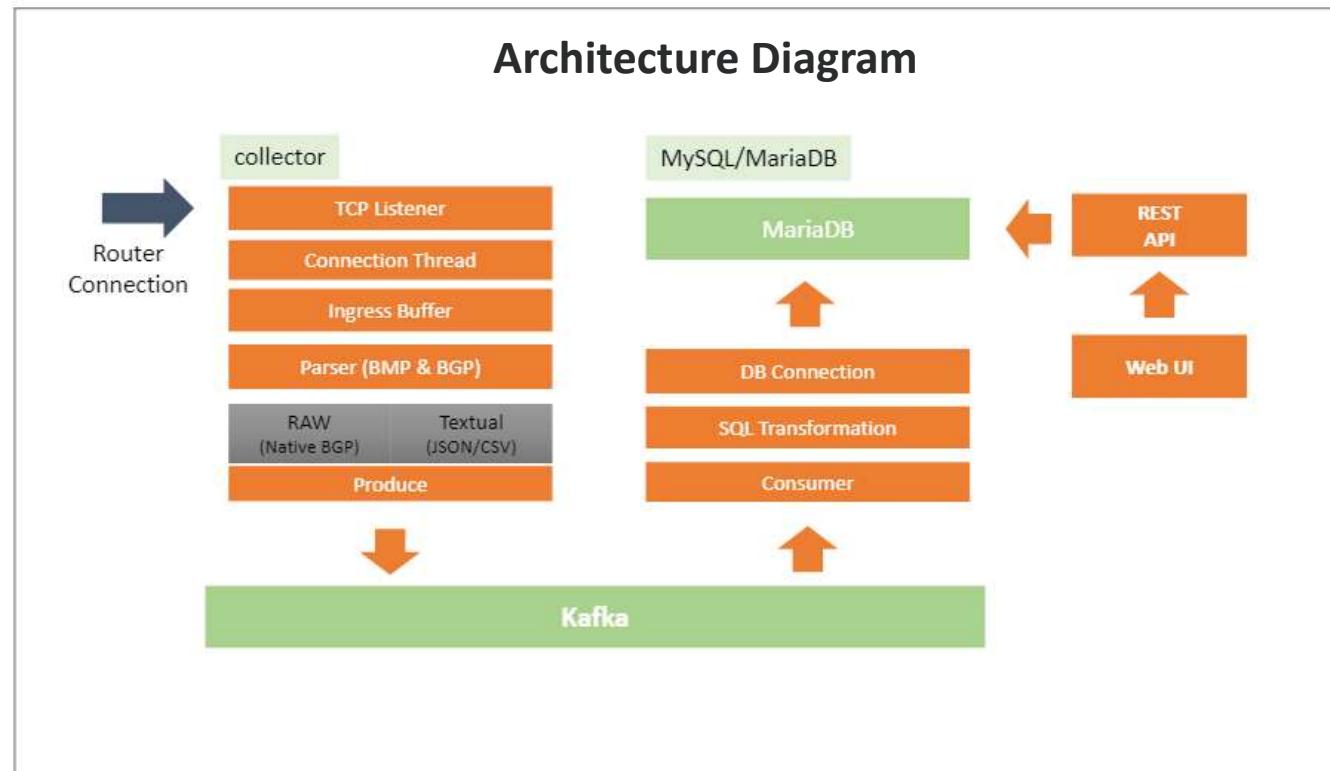
❖ 클라우드 연동 하드웨어 기반 가속 (예: SmartNICs)



III. 오픈 SD-WAN 응용 방향

- ❖ 분석 모니터링
- ❖ 예: SNAS (Streaming Networks Analytics System)

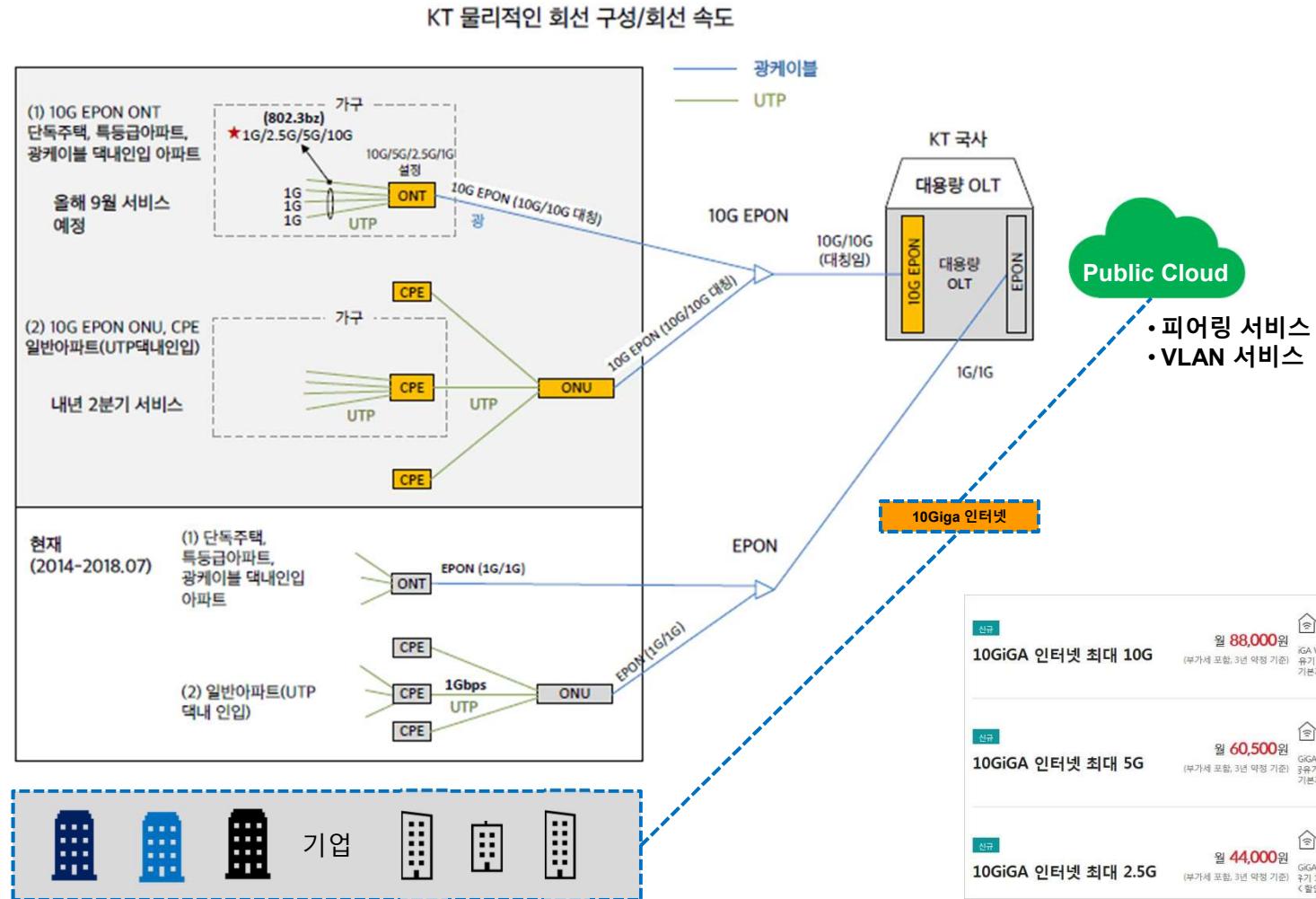
james@jslab.kr



III. 오픈 SD-WAN 응용 방향

❖ 기업형 10Giga 인터넷 확장중

james@jislab.kr

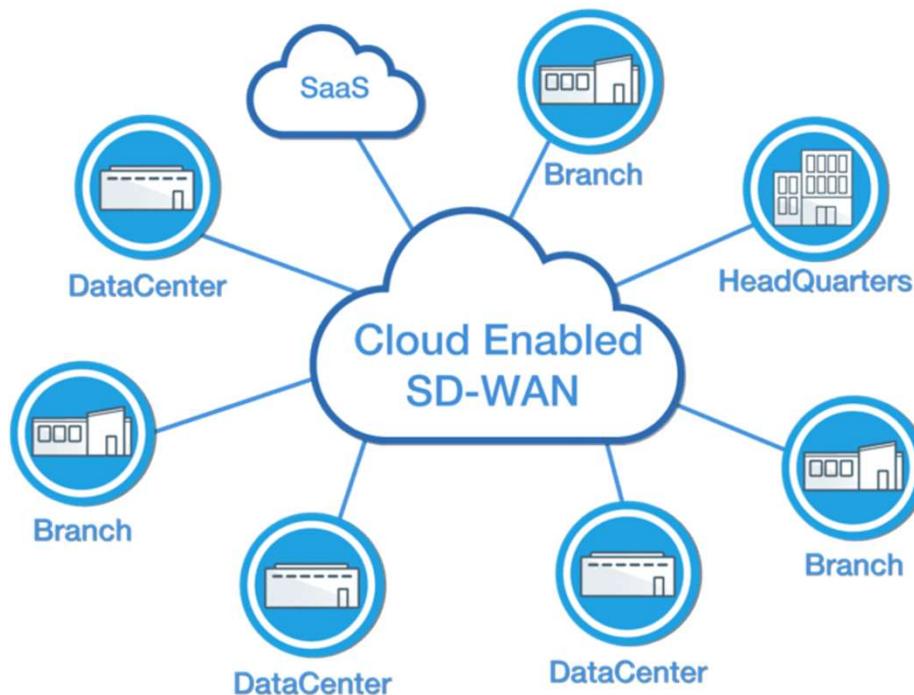


출처: <https://www.netmanias.com/ko/post/blog/13860/gigabit-internet-kt-sk-telecom/10g-internet-in-korea>

JS Lab

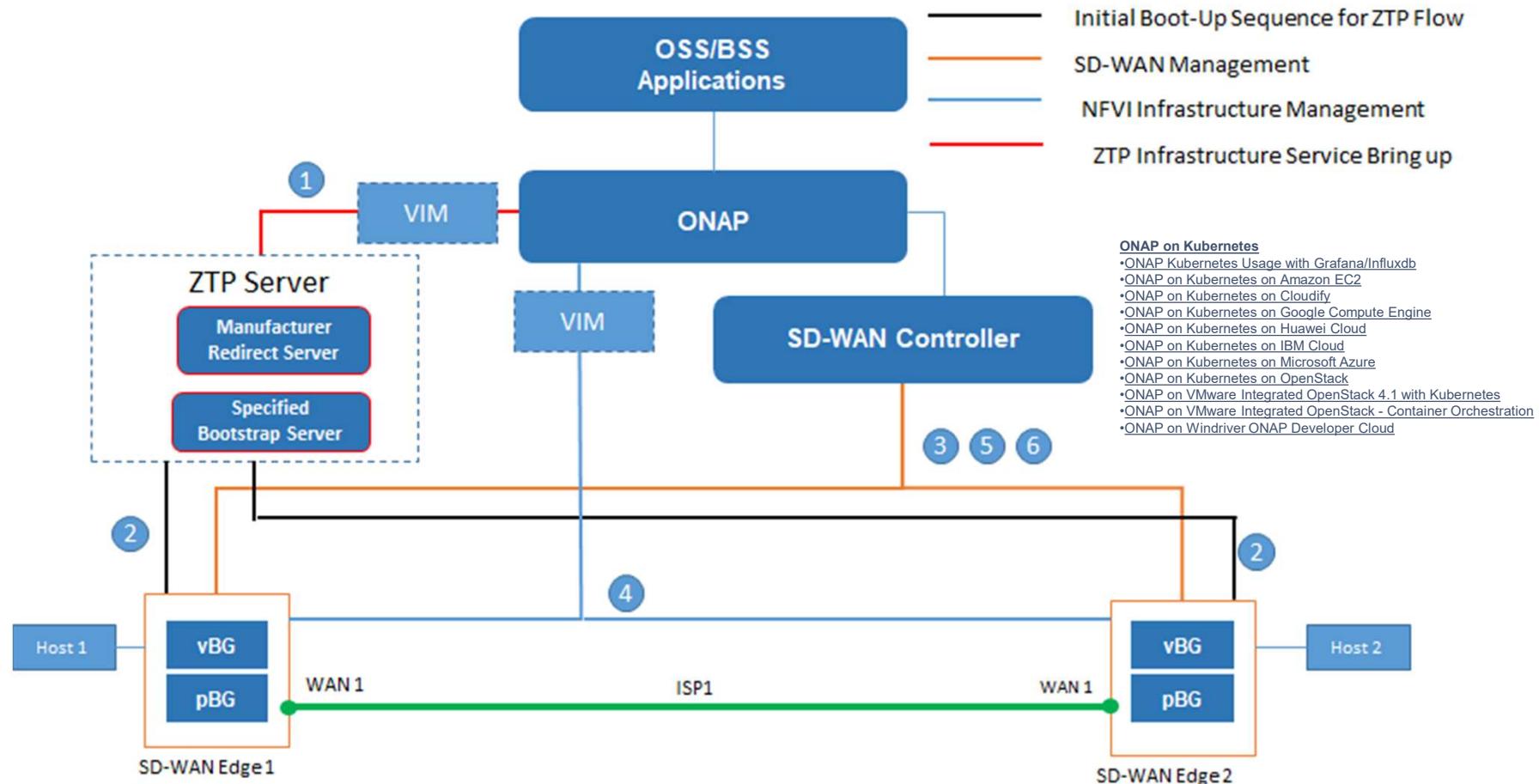
III. 오픈 SD-WAN 응용 방향

- ❖ 오픈소스 방화벽 소프트웨어 기반 솔루션의 발전
- ❖ SD-WAN Fabric에 연결하는 멀티/하이브리드 클라우드 환경



III. 오픈 SD-WAN 응용 방향

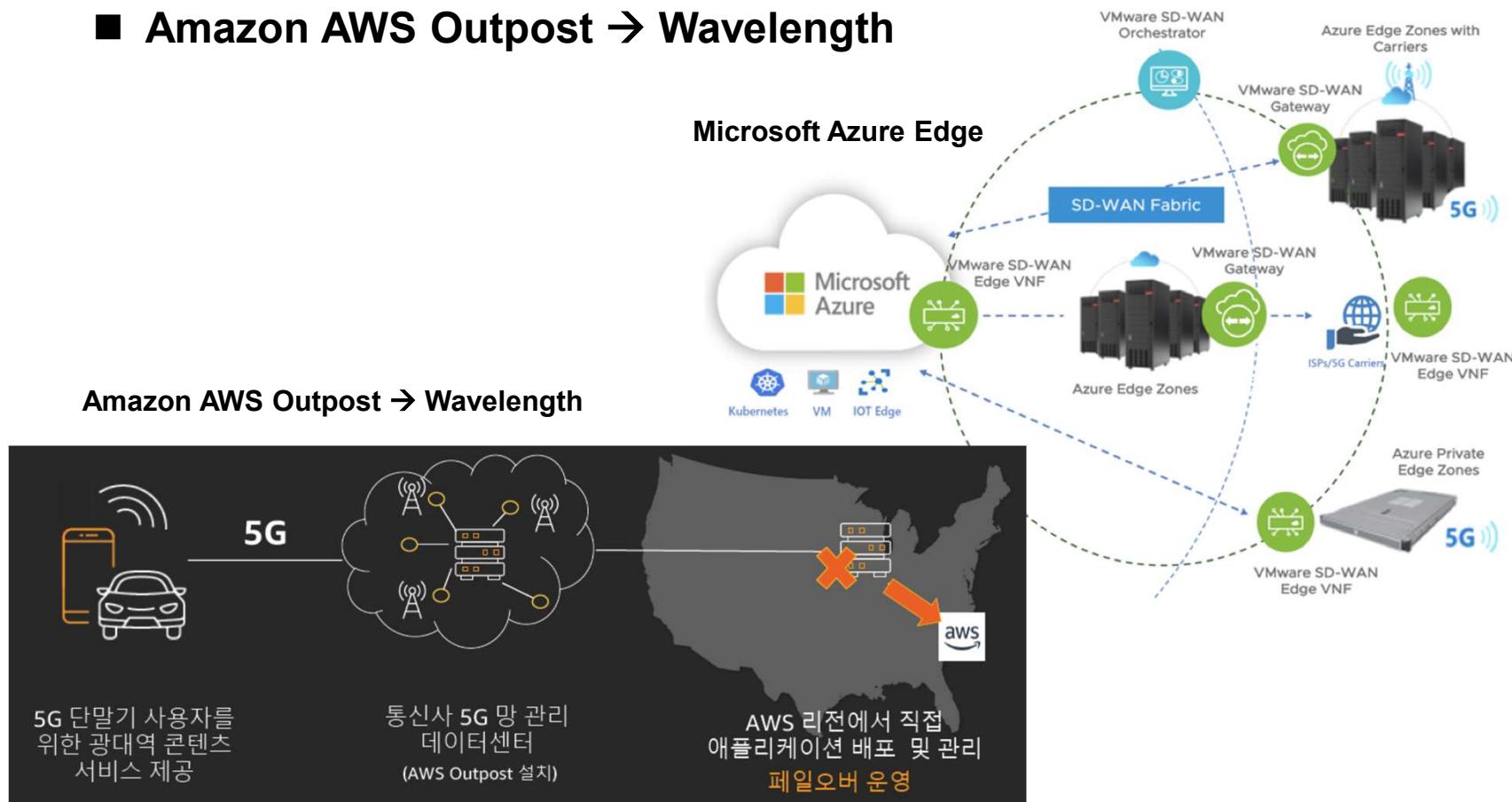
- ❖ ONAP(Open Networking Automation Platform)
- ❖ ONAP은 Kubernetes 기반으로 발전 중
- ❖ ONAP의 SD-WAN over 5G Use Case (El Alto)



III. 오픈 SD-WAN 응용 방향

- ❖ SD-WAN Fabric에 연결하는 에지 솔루션의 5G 통신사 MEC 기반 기업에 설치 (예: AWS와 Azure)

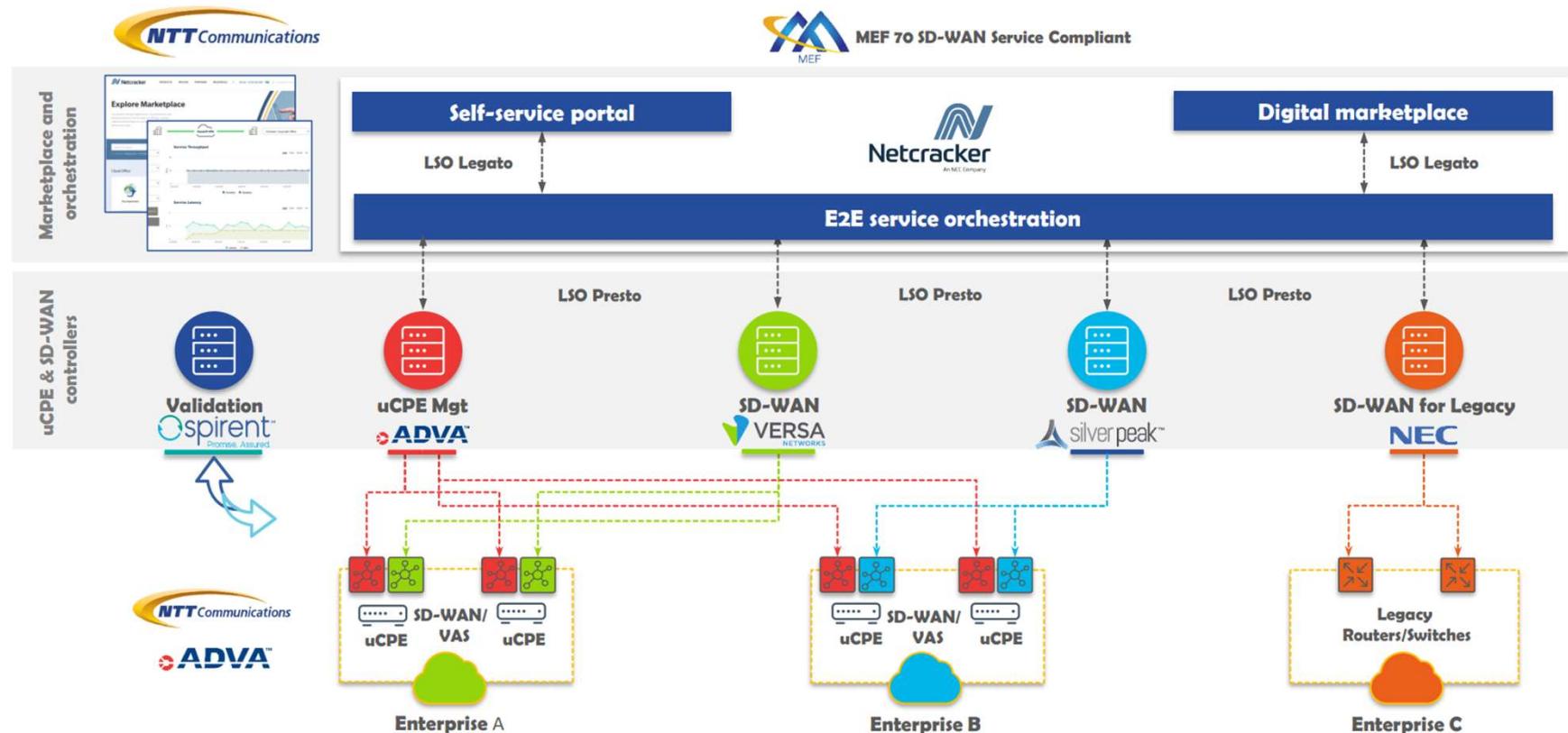
- Microsoft Azure → Edge
- Amazon AWS Outpost → Wavelength



III. 오픈 SD-WAN 응용 방향

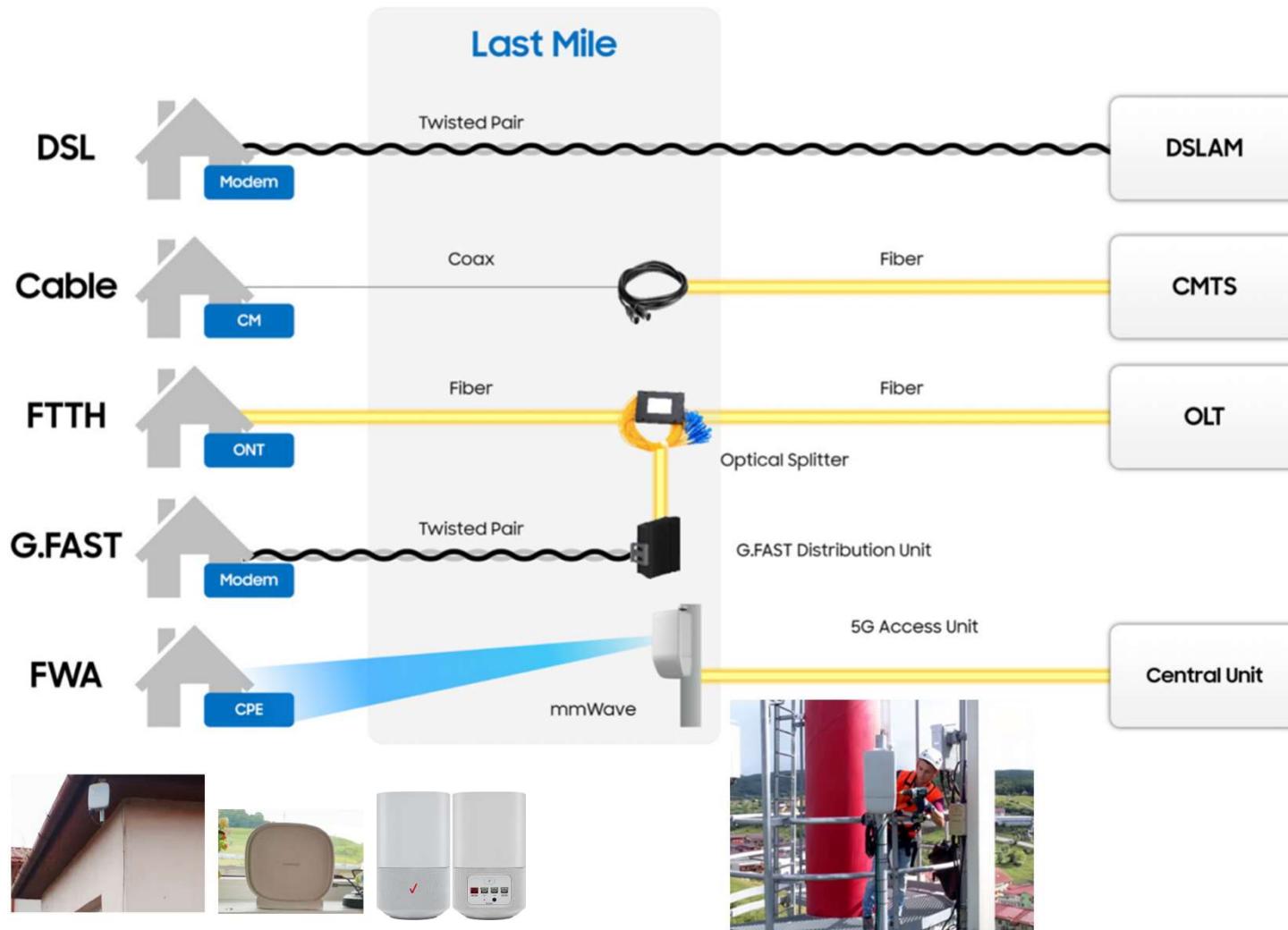
- ❖ 통신사 기반 SD-WAN PoC(예)
- ❖ 멀티 벤더 환경

james@jislab.kr



III. 오픈 SD-WAN 응용 방향

- ❖ 유선망의 5G 전환 고려 / mmWave FWA (Fixed Wireless Access)

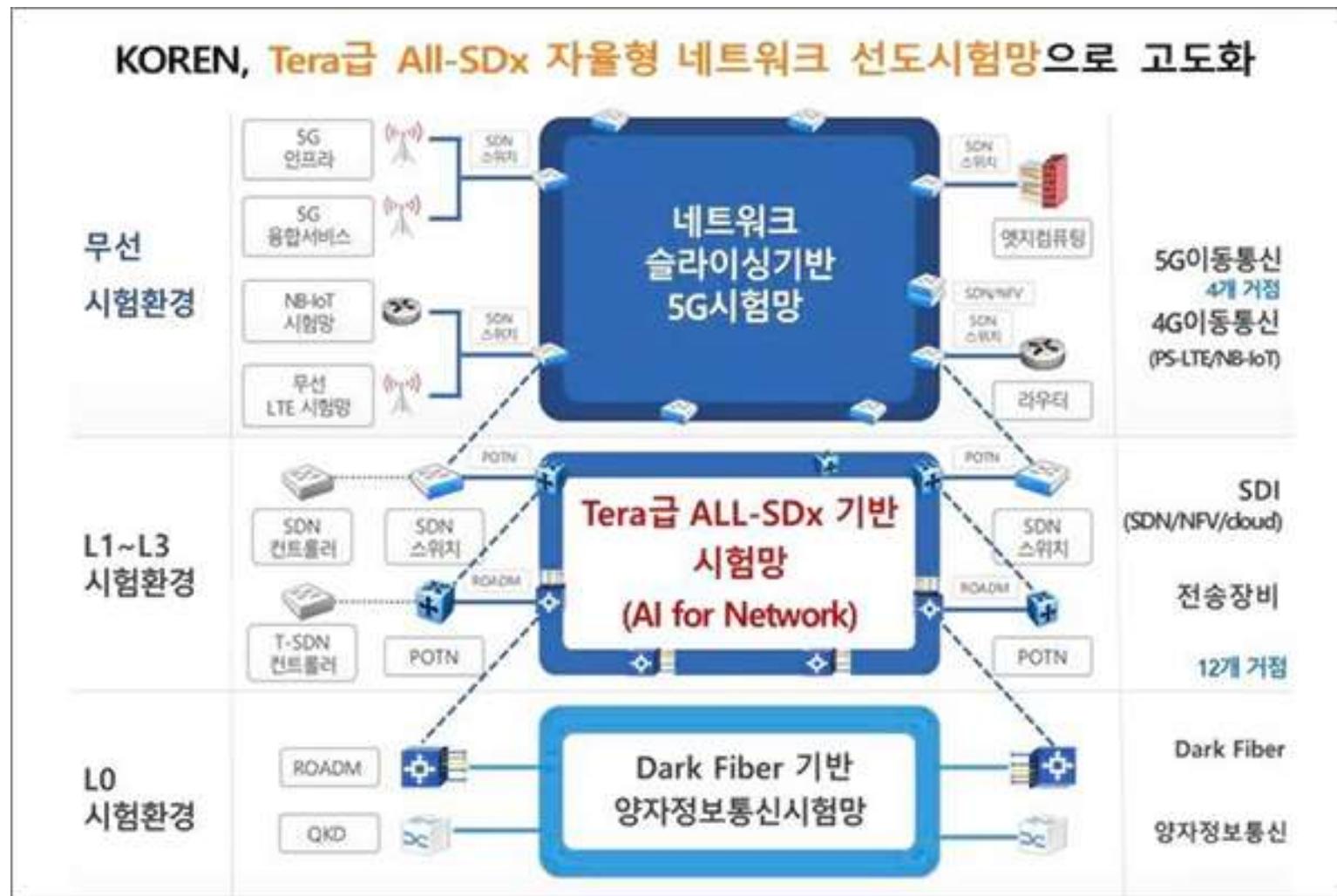


출처: Case study: Orange Romania, Samsung

JS Lab

III. 오픈 SD-WAN 응용 방향

❖ 4개 지역 연결 5G 테스트베드 진행중



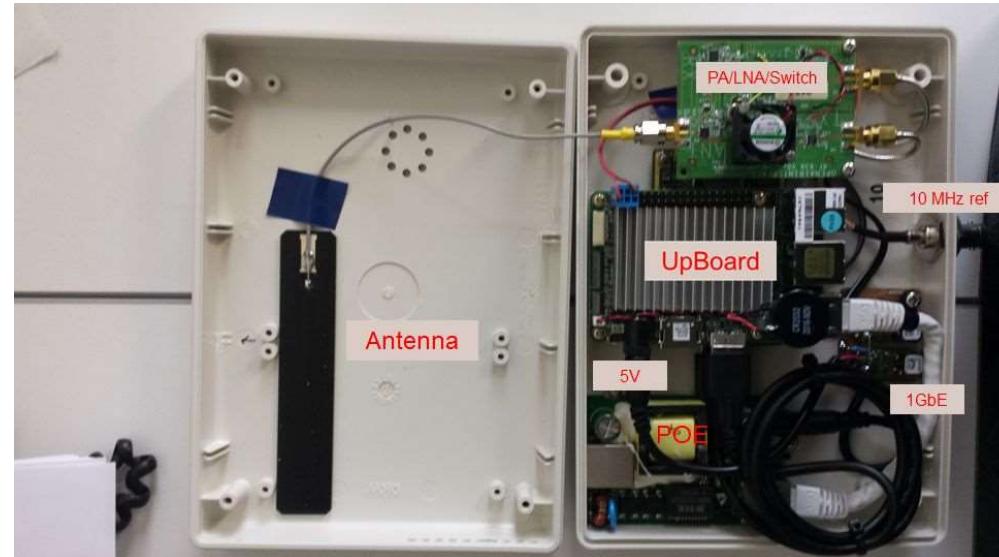
III. 오픈 SD-WAN 응용 방향

- ❖ 오픈 기반 무선 하드웨어 장비 (필요한 기능 배포 가능)
- ❖ 오픈소스 사용

구매 리스트 (Shopping List):

- USRP B200-mini (\$500) - up to 50 MHz BW
- custom 20 dBm PA/LNA/Switch (\$300) - band 38, 42/43, n38/n77-78
- Upboard/Upboard2 (low-end \$90 PC)
- GbE fronthaul POE+
- Antenna
- optional GPSDO

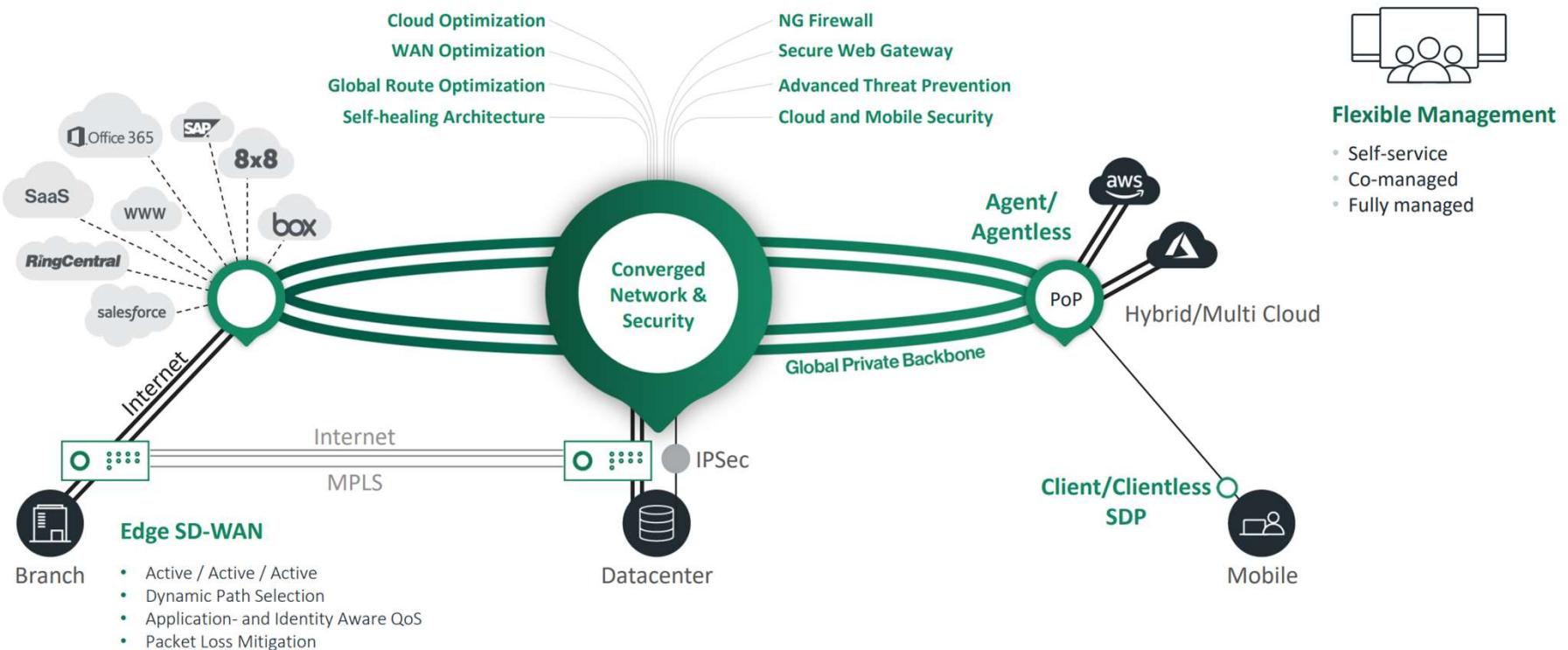
출처: Red Hat



III. 오픈 SD-WAN 응용 방향

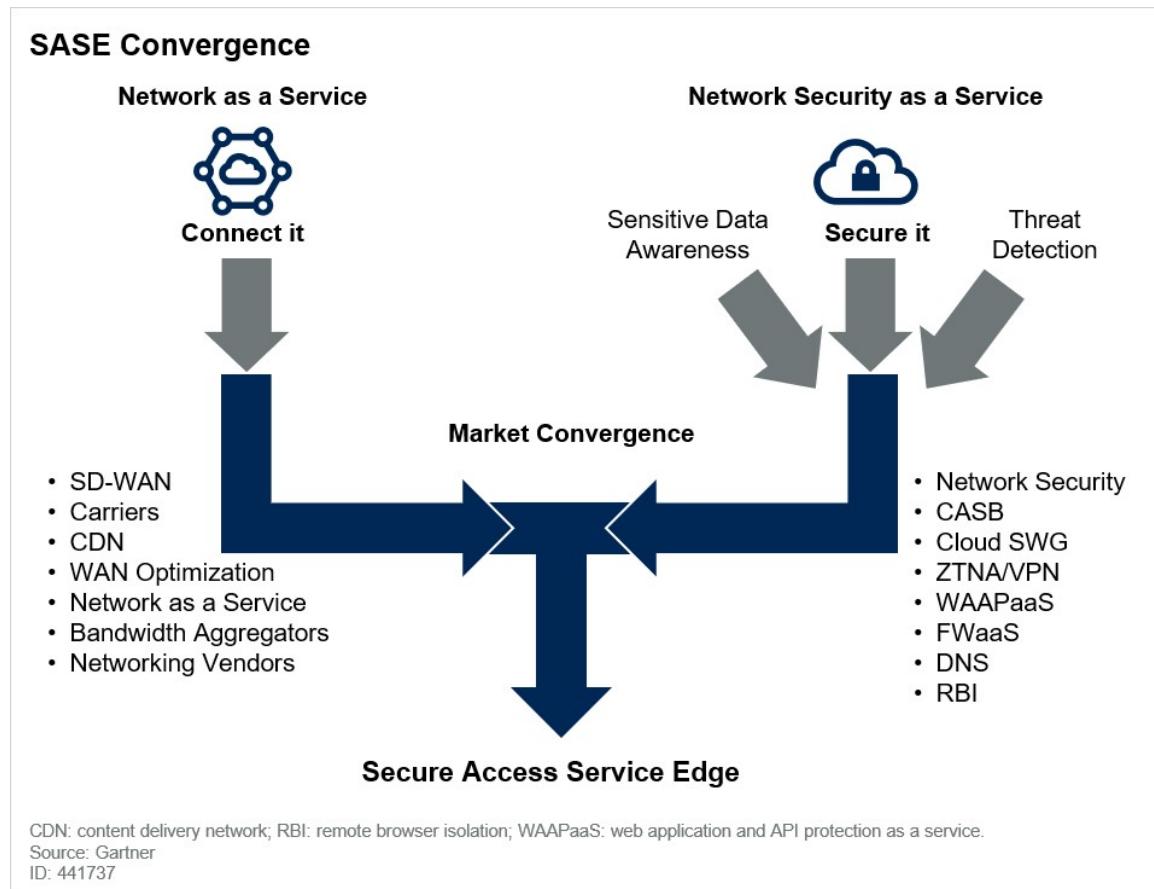
- ❖ SD-WAN 의 멀티클라우드 환경 확장
- ❖ 멀티클라우드 네트워킹 이슈 해결 필요

james@jislab.kr



III. 오픈 SD-WAN 응용 방향

- ❖ 가트너는 SASE를 독립적인 시장으로 구분 시작
- ❖ Market Trends: How to Win as WAN Edge and Security
- ❖ Converge Into the Secure Access Service Edge, 2019



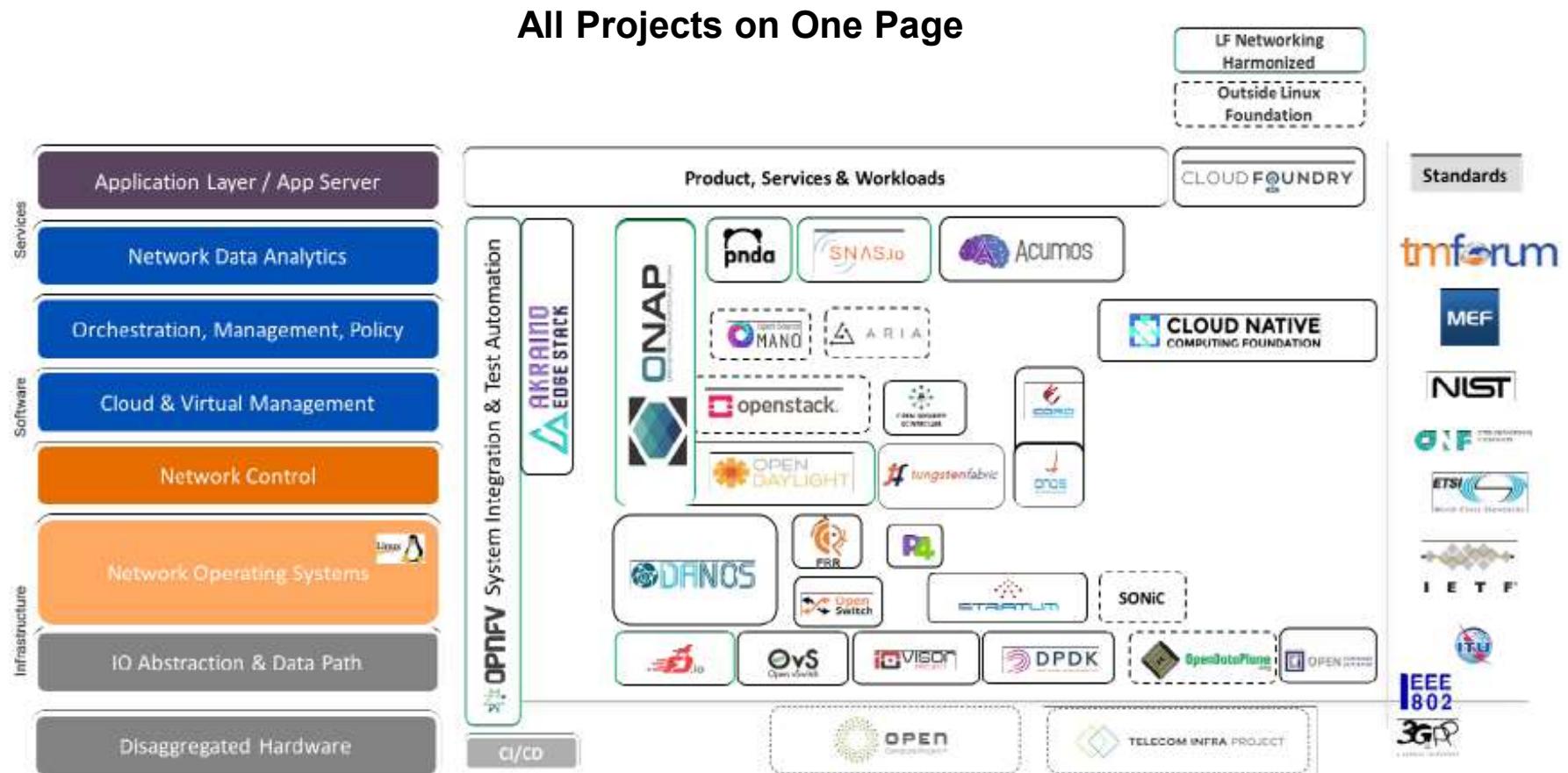
III. 오픈 SD-WAN 응용 방향

❖ SD-WAN 응용 가능 오픈 소스

오픈소스 이름	구분	웹서비스 주소
Cloud Router	라우터	https://github.com/cloudrouter/cloudrouter
VyOS	라우터/방화벽	https://www.vyos.io/
Quagga	라우터	https://quaggaproject.org/
DPDK	acceleration techniques	http://dpdk.org
VPP	acceleration techniques	https://fd.io
ONAP	Management & Control	https://www.onap.org
Open vSwitch	스위치	https://www.openvswitch.org
HA Proxy	로드밸런서	http://www.haproxy.org/
pfSense	방화벽	https://www.pfsense.org/
Snort	IDS	https://www.snort.org/
KeyCDN	CDN	https://www.keycdn.com/open-source-cdn

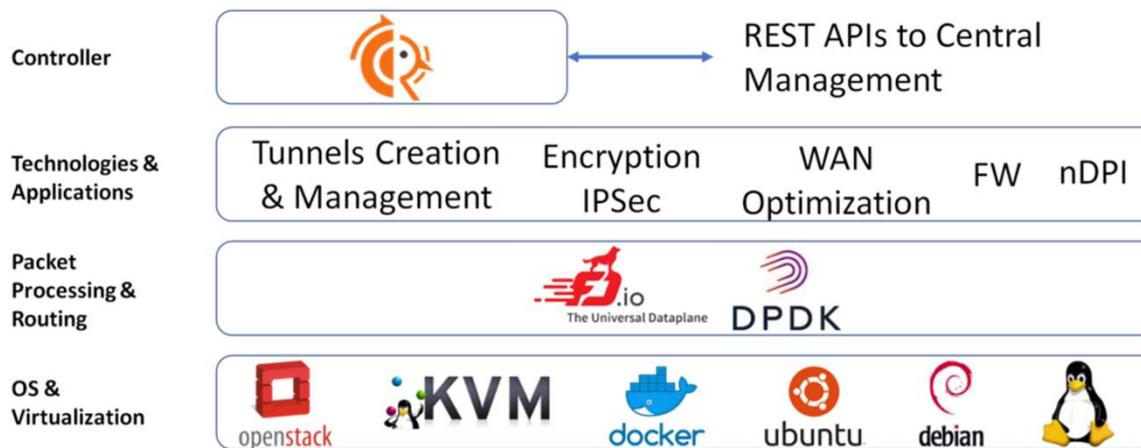
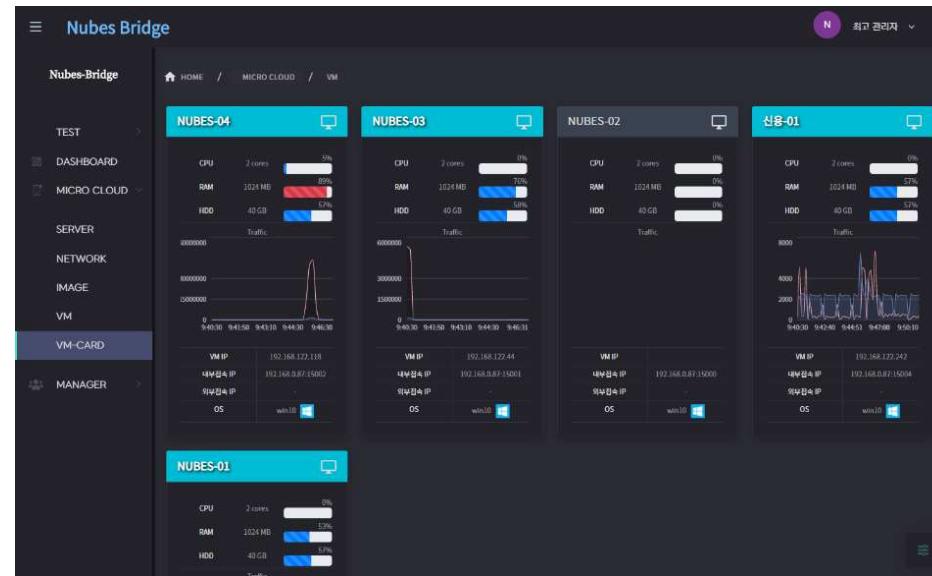
III. 오픈 SD-WAN 응용 방향

❖ 리눅스재단의 네트워킹 프로젝트



III. 오픈 SD-WAN 응용 방향

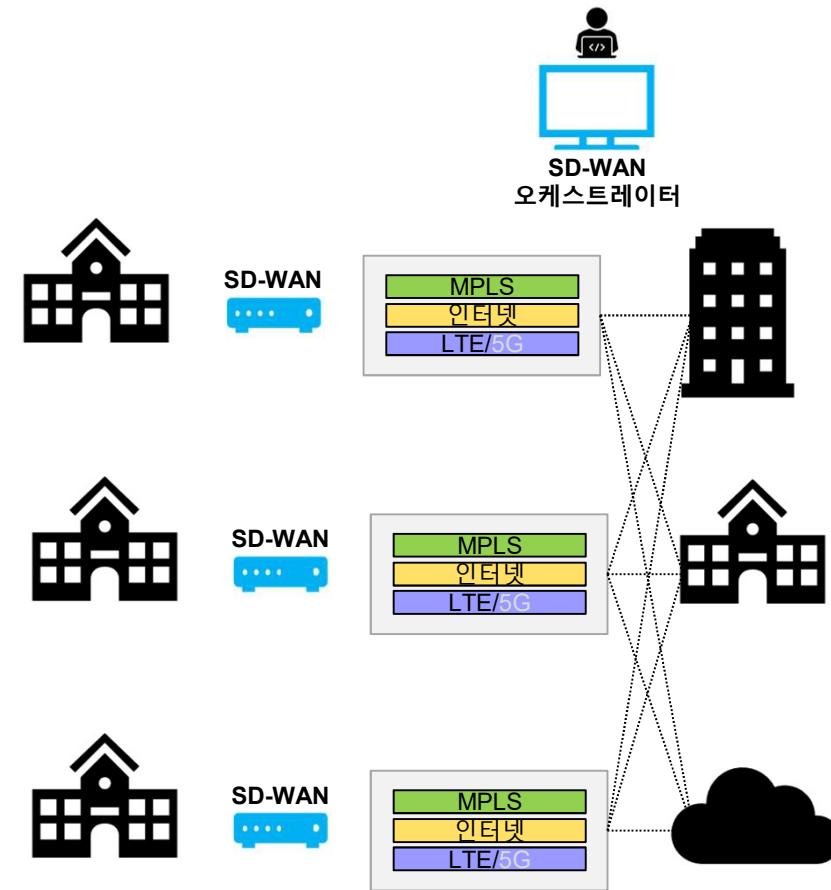
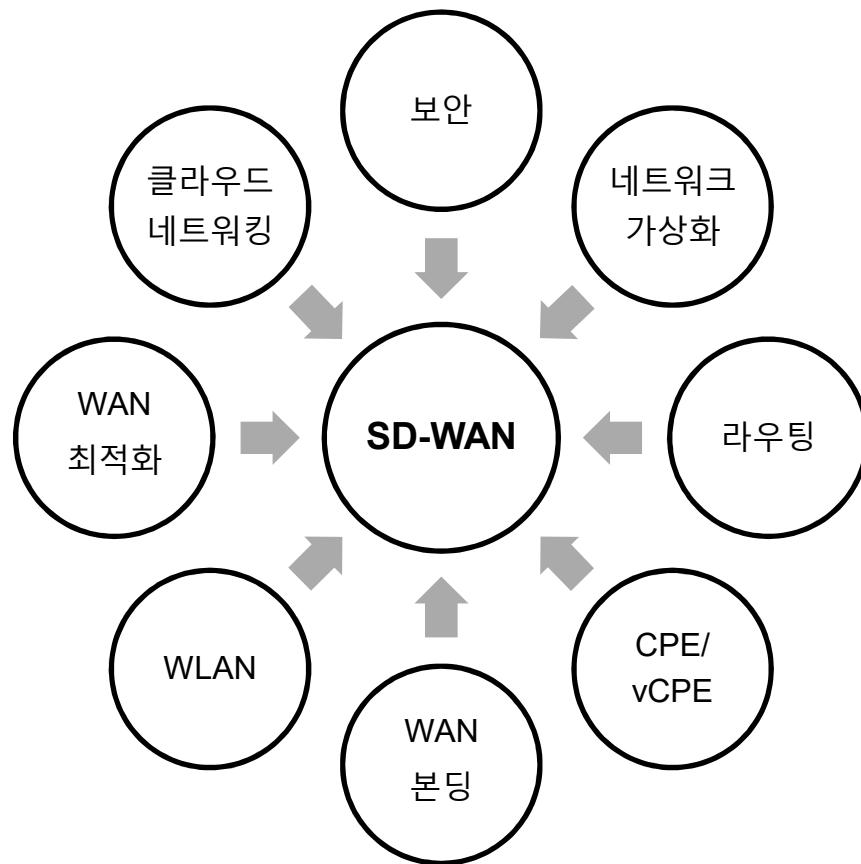
❖ 오픈소스 기반 SD-WAN 모니터링 소프트웨어 (개발 예)



III. 오픈 SD-WAN 응용 방향

- ❖ SD-WAN is sometimes viewed as a catch-all marketing term for next-gen enterprise edge solutions (www.sdxcentral.com SDxCentral, 2019)

james@jslab.kr



감사합니다