



지능형 에지 네트워크 컴퓨팅

목차

- **Edge Computing** 개요
- **Edge Computing** 기술 동향
- 지능형 에지 네트워크 컴퓨팅(**ETRI**) 소개
- 핵심 연구개발 기술 및 방향

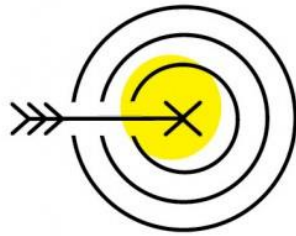
"Enter the era of the intelligent cloud and intelligent edge"

Satya Nadella CEO Microsoft, Mobile World Congress (MWC) 2019



Edge Computing: A Disruptive Technology for Industrial Manufacturing, Frost & Sullivan 2018/5
Intelligence at the Edge—An Outlook on Edge Computing, Frost & Sullivan 2017/9
The Edge Will Eat the Cloud, Gartner Maverick Research 2017/9

Top 10 Strategic Technology Trends for 2018



Intelligent



AI Foundations



Intelligent Apps and Analytics



Intelligent Things



Digital



Digital Twins



Cloud to the Edge



Conversational Platform



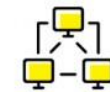
Immersive Experience



Mesh



Blockchain



Event-Driven



Continuous Adaptive Risk and Trust

gartner.com/SmarterWithGartner

Source: Gartner
© 2017 Gartner, Inc. and/or its affiliates. All rights reserved. Gartner is a registered trademark of Gartner, Inc. or its affiliates. PR_512654

Gartner

Top 10 Strategic Technology Trends for 2019

Intelligent



Autonomous Things



Augmented Analytics



AI-Driven Development

Digital



Digital Twin



Empowered Edge



Immersive Experience

Mesh



Blockchain



Smart Spaces



Privacy and Ethics



Quantum Computing

Keywords: Post App Era, Digital Mesh, Ambient User Experience

2019 ICT 10대 이슈

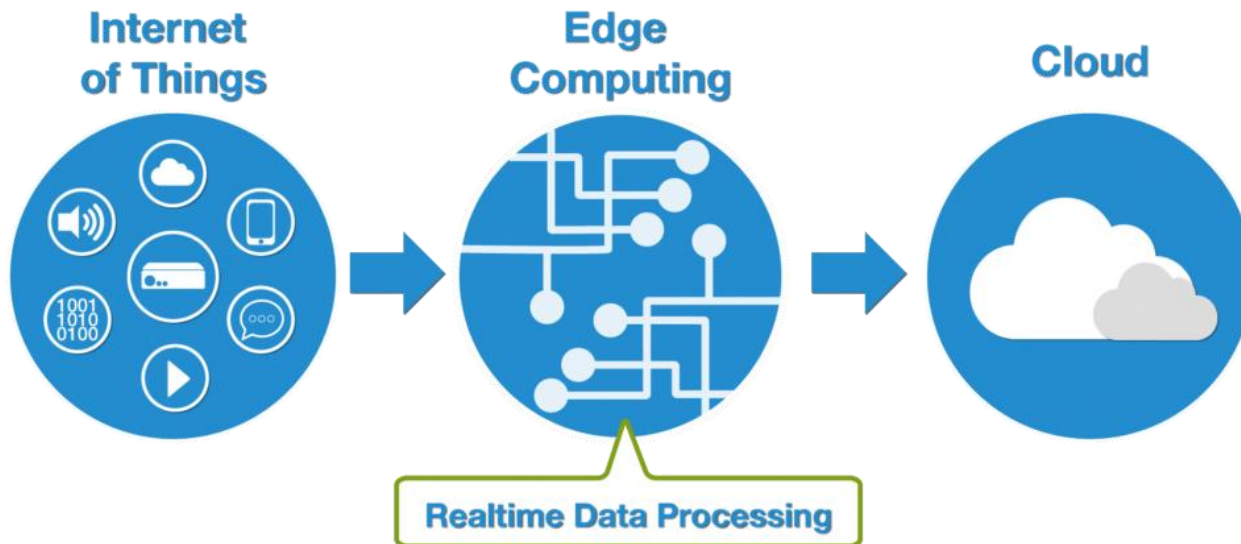
- 상상에서 현실로 다가오는 4차 산업혁명 -



"사물인터넷의 보급 확산이 에지 컴퓨팅과 지능형(AI) 반도체 성장을 촉진"
2019 ICT 10대 이슈, 정보통신기술진흥센터(IITP), 2018.11.07

Edge Computing ?

- **Computing topology** where **information processing** and content collection and delivery are placed **closer to the sources** of this information (Gartner)



Edge Computing: Why does it matter ?

■ Limitation of Cloud computing

- Centralized cloud computing is not ideal for all applications and use cases

Smarter With **Gartner**

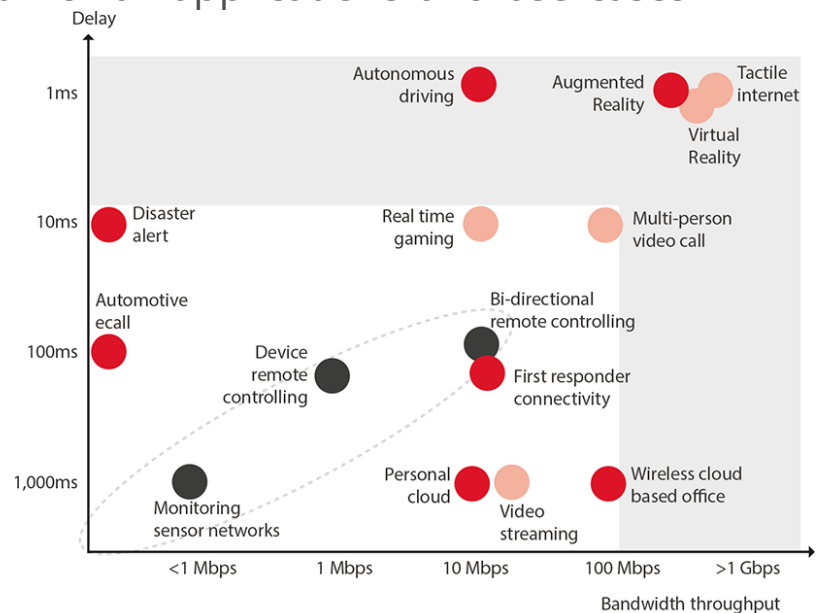
What Edge Computing Means for Infrastructure and Operations Leaders

October 18, 2017

Currently, around 10% of enterprise-generated data is created and processed outside a traditional centralized data center or cloud. By 2022, Gartner predicts this figure will reach 50%

processed outside a traditional centralized data center or cloud. By 2022, Gartner predicts this figure will reach 50%."

Gartner defines edge computing as solutions that facilitate data processing at or near the source of data generation. For example, in the context of the Internet of Things (IoT), the sources of data generation are usually things with sensors or embedded devices. Edge computing serves as the decentralized extension of the campus networks, cellular networks, data center networks or the cloud.



Services that can be delivered by legacy networks

Services that could be enabled by 5G

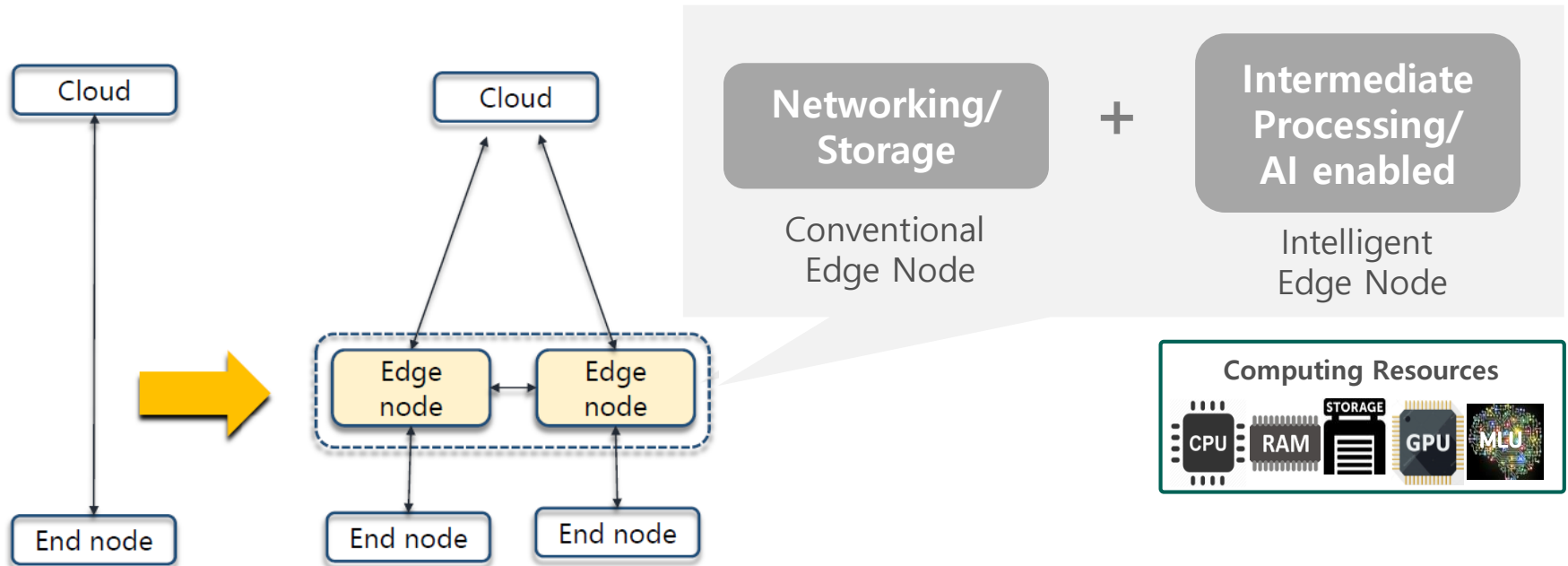
Fixed Nomadic On the go

M2M connectivity

Low latency and high bandwidth applications

Edge Computing: Why does it matter ?

- Control of computing applications, data, and services away from central core to the edge

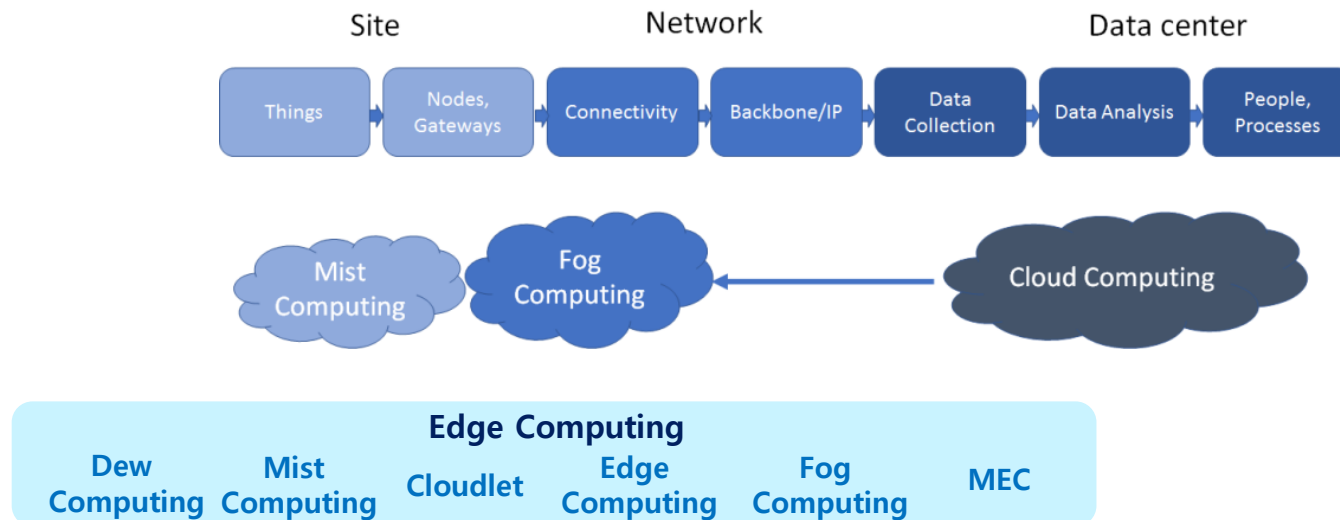


Proximity, Low latency & high bandwidth, Real-time access

Edge: Where is it ?

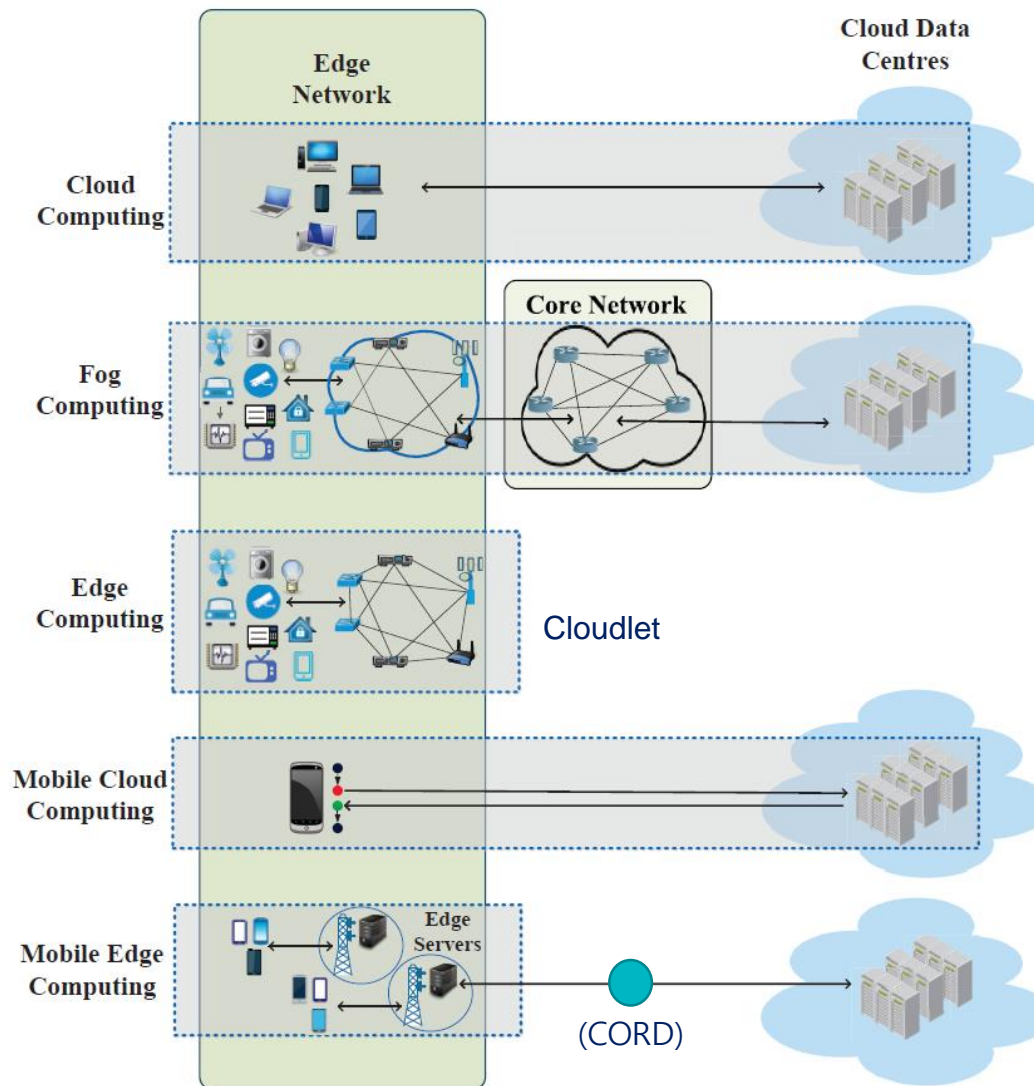
- Edge as any computing and network resources along the path between data source and cloud data center
- Edge where the action is (ITU-T IEC)
 - A manufacturing floor, a building, a campus, a city, your house, a crop field, a wind farm, a power plant, an oil rig, a telecommunications outpost, a sports arena, a battlefield, in your car, in the sky, or under the sea

Related to different disciplines or industries



All terms share the same philosophy of edge computing

Comparison of Computation domain



(CORD: Central Office Re-architected as a datacenter)

Edge Computing: Industrial Use Case



Asset Efficiency Testbed

자산 효율성(항공기 랜딩기어)



Condition Monitoring Testbed

상태 모니터링 및 예측 유지관리



Connected Care Testbed

원격환자모니터링



Connected Vehicle UTM Testbed

차량 도시교통 관리



Distributed Energy Resources

분산 에너지자원 통합(스마트 그리드)



Factory Automation PaaS

공장 자동화 플랫폼 서비스



Deep Learning Facility Testbed

딥 러닝 시설(에너지, 유틸리티)



Connected Workforce Safety

인력 안전 (헬멧등 센서)



Precision Crop Management Testbed

정밀 작물관리(플랜트 '360도' 항공이미지)



Optimizing Manufacturing Processes With Artificial Intelligence

AI 제조공정 최적화(자동차부품)



Manufacturing Quality Management Testbed

제조품질관리(MQM-에어컨 생산)



Intelligent Urban Water Supply

지능형 도시 급수(수질, 누수 등)



Retail Video Analytics Testbed

소매점 비디오 분석(구매자 얼굴인식)



Smart Factory Machine Learning for Predictive Maintenance

머신러닝 기반 예측 유지 보수(CNC제조)



Smart Manufacturing Connectivity

PLC기반 장비의 스마트 제조 시연



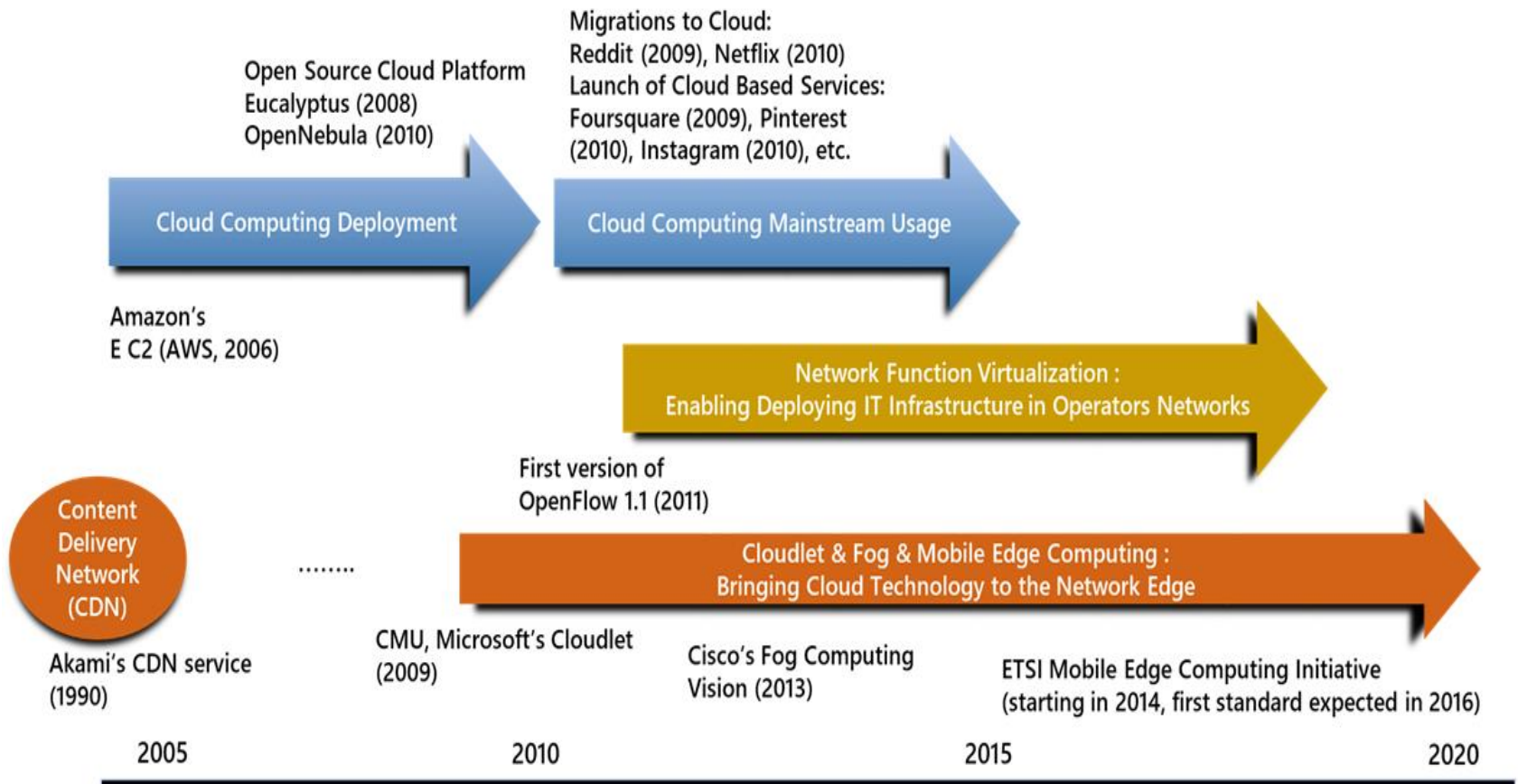
Time Sensitive Networking

TSN (유틸리티, 운송, 석유/가스, 로봇제어)

Functional Requirements for Industry Needs

Need	Industry sector							
	Manufacturing	Automotive	Smart building/ life safety	Asset/ utility mgmt	Smart grid	Consumer IoT	Entertainment	Transportation
Mobility	55	98	10	50	10	55	80	97
Ultra low latency (<10ms)	95	100	85	5	5	15	15	95
Autonomy	95	100	100	7	100	50	45	100
Security	100	100	100	90	100	25	30	100
Local network bandwidth	100	100	90	10	10	35	90	100
WAN network bandwidth	35	30	55	15	10	55	90	45
Peer-to-peer communication	80	90	85	10	50	90	85	100
Prioritization	100	100	15	45	90	10	55	45
Self-organization discovery	60	50	20	95	40	65	90	60
Artificial intelligence/ machine learning	100	60	100	65	85	45	60	95

Edge Computing: A short history



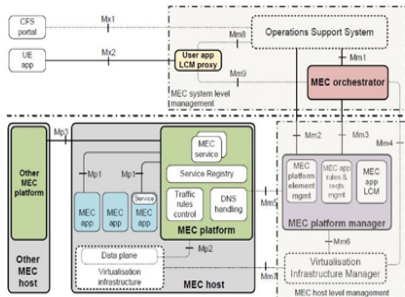
Edge Computing: 기술동향

에지 컴퓨팅 표준화 단체

ETSI MEC

- Standard by ETSI MEC-ISG (2014~)
- Mobile Edge Computing은 양한 Access Network을 지원하는 Multi-access Edge Computing로 바뀜

▼ MEC Reference Architecture



Combined with
NFV MANO

ITU-T IEC

- ITU-T SG11 IEC (Intelligent Edge Computing) (2017~)
- 인공지능지원 및 고급네트워킹 기능 접목
- ITU-T Q.5001 신호방송 요구사항 및 구조
- (ETRI, SKT, KT 주도)

IETF T2TRG

- IETF/IRTF T2TRG (Things-to-Things Research Group)
- IoT + Edge Computing 접목

에지 컴퓨팅 산업계 컨소시엄

Open Edge Computing Initiative

- Led by CMU of Cloudlet (2014~)
- Build Open Edge API and reference implementation (Living Edge Lab)
- CMU, Huawei, Intel, NOKIA, Vodafone, NTT, Deusch Telecom, Microsoft

Open Fog Consortium

- Led by CISCO Fog computing (2017~)
- Build OpenFog architecture ("OpenFog Reference Architecture", 2017)

▼ Fog Computing Reference Architecture



"Any network edge"

ECC (Edge Computing Consortium)

- '엣지컴퓨팅 산업 정상회담'에서 공식 설립 (2016.11)
- 스마트 팩토리/시티/그리드/로봇/보안/물/산업단지 분야
- ICT 관련사, 연구소, 대학 참여 (21건 테스트베드 솔루션)

AECC (Automotive Edge Computing Consortium)

ECC (Edge Cross Consortium)

IIC (Industrial Internet Consortium)

국내 주요 R&D 기관

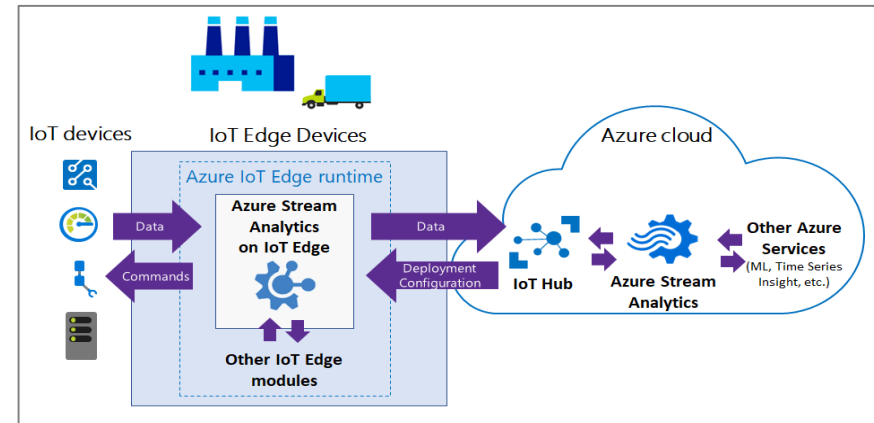
- KISTI, ETRI, UNIST 등에서 연구개발 중

구분	주요 내용
한국과학기술정보연구원 (KISTI)	<ul style="list-style-type: none"> 국가슈퍼컴퓨팅 연구소 운영 <ul style="list-style-type: none"> 슈퍼 컴퓨팅 자원 확보 및 운영, 연동 기술 지원 초고속 국가과학기술연구망(KREONET, 크레오넷) 운영 <ul style="list-style-type: none"> SDN 기반 프로그래머블/가상화 코어, 에지/엑세스 NW ScienceDMZ : 연구네트워크(Science Zone)와 일반네트워크(Working Zone)로 트래픽의 특성별 망분리 <ul style="list-style-type: none"> 데이터 집중형 과학분야의 빅데이터 전송/공유/저장 위한 특화된 NW설계, 시스템 최적화 및 전송 노드 개발, SW최적화 기술들을 포괄하는 개념
ETRI 초연결통신연구소	<ul style="list-style-type: none"> 인공지능 기반 지능형 에지 네트워크 (네트워크연구본부)
ETRI 표준연구본부	<ul style="list-style-type: none"> SDN 정형검증 기반 테스트베드 실험(네트워크표준연구실) 미국 국립과학재단(NSF)GENI와의 오픈플로워/SDN 시험 및 검증, 미래 인터넷/네트워크 인프라 연동/운용 시험
SW-콘텐츠 연구소(ETRI)	<ul style="list-style-type: none"> 저전력 고성능 AI 프로세서
UNIST	<ul style="list-style-type: none"> 차세대 반도체 기반 컴퓨팅 가속 HW시스템과 시스템SW(OS, 가상화, 스토리지, 분산·병렬처리) 연구 <ul style="list-style-type: none"> 고성능 컴퓨팅 시스템, 스토리지 시스템, 인공지능 컴퓨팅 기술 (4차산업혁신연구소)

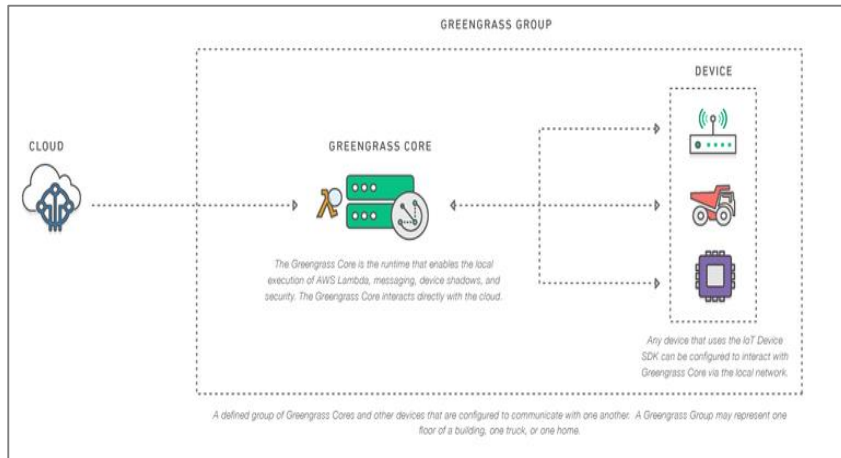
Edge Computing: 기술동향

■ Cloud extension to IoT Edge

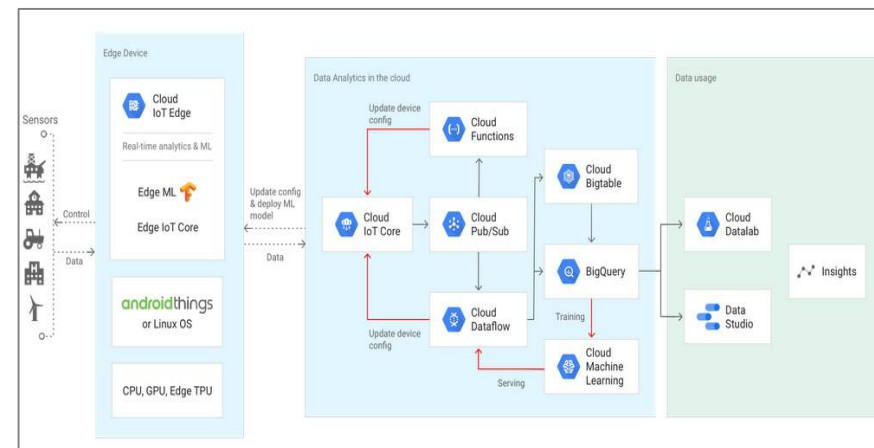
- Cloud 의 기능을 IoT Edge로 확장하기 위하여 로컬에 설치하는 Edge Runtime Software 배포
- Cloud와 연동하여 데이터 전송, 로컬액션, 데이터 동기화, 보안, IoT 프로토콜, 머신러닝 추론 등의 기능 제공
- 인공지능처리는 Cloud에서 학습 및 Edge에서 추론



Azure IoT Edge



AWS Greengrass for IoT Edge



Google Cloud IoT Edge

Edge Computing: 기술동향

Edge Computing Open Source Project

- 리눅스 재단 LF Edge의 에지X 파운더리, 아크라이노, 홈에지, EVE(이브)와 오픈에지 컴퓨팅, 오픈에지 등
- 이클립스의 Kura와 ioFog, MS 애저 IoT 에지, Kube에지, StarlingX 등

프로젝트	주요 내용	프로젝트	주요 내용
	<ul style="list-style-type: none"> • EdgeX는 목표는 IoT 에지를 중심으로 산업, 기업 환경, 소비자 응용에서 설계, 개발, 실제 적용 프로세스를 단순화 		<ul style="list-style-type: none"> • Baidu 주도로 클라우드 컴퓨팅, 데이터, 서비스를 Edge 기기 까지 seamless하게 연결하는 것을 목표로 하는 오픈소스 프레임워크
	<ul style="list-style-type: none"> • AT&T, Intel 주도로 통신사를 위한 에지 솔루션을 만들고 5G, IoT, 네트워크 기기 지원 위한 가상 머신, 컨테이너 환경을 제공하는 것을 목표 		<ul style="list-style-type: none"> • IoT Edge 모듈, 런타임, IoT Edge와 IoT 기기를 연결하여 데이터 수집, 비즈니스 인사이트, 자동화를 위한 클라우드 게이트웨이인 IoT 허브 3가지로 구성
	<ul style="list-style-type: none"> • Seed Codes는 삼성 전자가 제공하여 일상 생활에서 다양한 기기에서 실행되는 지능적인 홈 에지 컴퓨팅 오픈 소스 프레임 워크 		<ul style="list-style-type: none"> • IoT 에지 기기를 위한 SDK와 원격 매니저를 제공
	<ul style="list-style-type: none"> • 하이퍼 바이저 (현재 Xen)와 Edge 컨테이너에 대한 런타임을 제공, IoT 및 에지 장치에서 실행되도록 특별히 설계 		<ul style="list-style-type: none"> • KubeEdge는 쿠버네티스 인터페이스를 유지하면서 에지 노드,응용,기기, 클러스터 관리를 지원
	<ul style="list-style-type: none"> • 에지 노드가 개방적, 표준화된 메커니즘을 통해 사용자에게 컴퓨팅 및 스토리지를 제공하기 위한 오픈 소스 프로젝트 		<ul style="list-style-type: none"> • 산업용 IoT, 텔레콤, 비디오 전달 등 초 저지연 및 고성능 애플리케이션을 위한 오픈 소스 에지 컴퓨팅 및 IoT 클라우드 플랫폼
	<ul style="list-style-type: none"> • Kura는 IoT 게이트웨이들을 원격으로 관리할 수 있게 하는 스마트 응용 프로그램 컨테이너 		

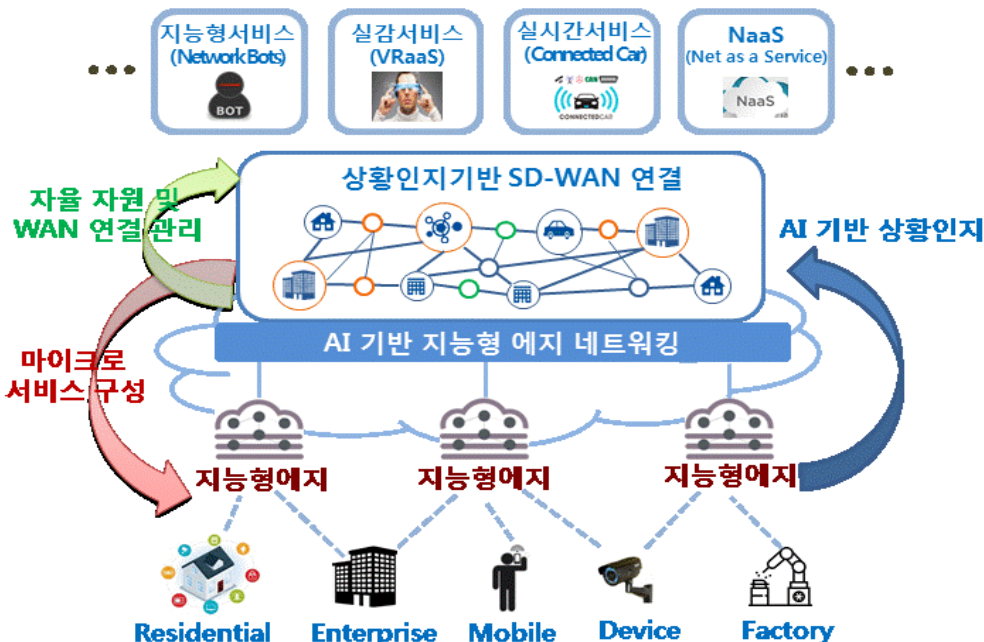
인공지능 기반 지능형 에지 네트워킹 기술개발



인공지능 기반 지능형 에지 네트워크 컴퓨팅

연구 목표

사용자/사물의 행위를 인공지능 기반으로 분석하여 상황에 맞는 인프라 (네트워킹, 컴퓨팅 등) 자원 최적 구성 및 동적 서비스 환경을 제공할 수 있는 지능형 에지 네트워킹 기술 개발

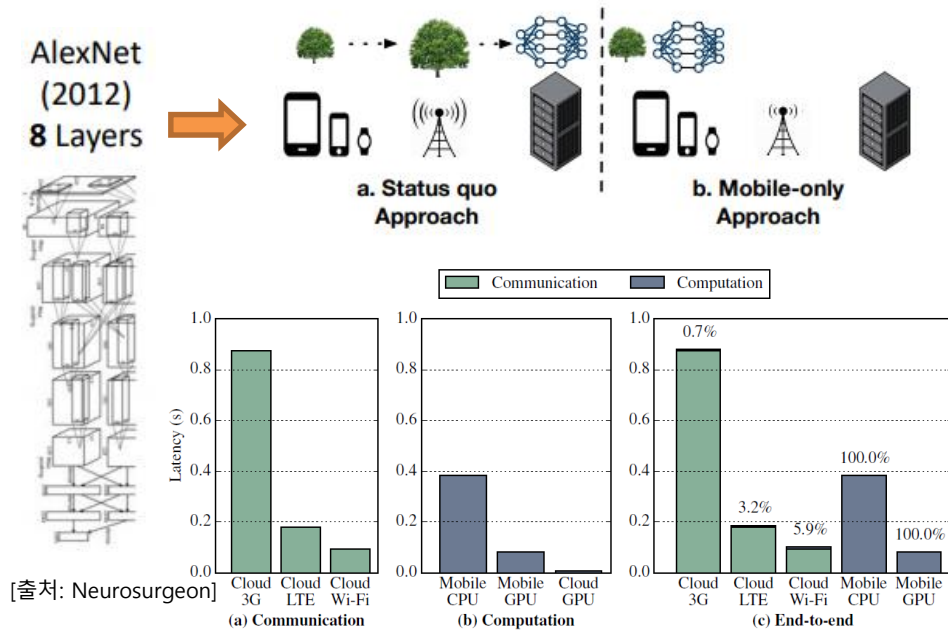


AI 기술을 활용하여 에지가 지능화되고 상호 협력하여 하나의 통합된 Intelligent Edge Network 구현

- 컴퓨팅(Computing): AI 기술을 통한 에지 지능화 및 소규모 분산 에지 간의 협업 고려
- 연결(Connect): 사람 및 사물 뿐만 아니라 분산 배치된 수평적 에지 간의 연결을 고려
- 제어(Control): 지능을 통한 최적의 서비스 제공 및 자원의 최적 배치 및 제어

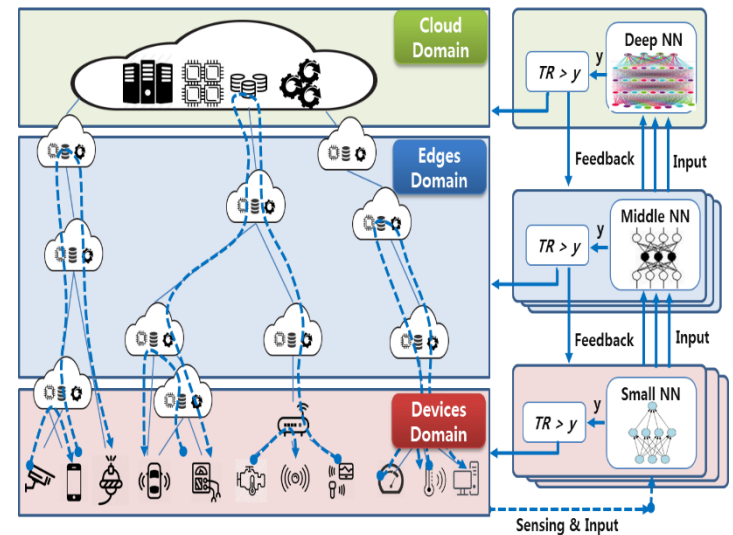
기술 개념 - DDNN

- Device, Edge, Cloud 가 각각 학습 및 추론하고 그 결과를 공유 및 협업하여 효율성을 최대화 할 수 있는 다중 도메인 분산 환경 AI 처리 기술 개발



Cloud에서 인공지능 처리시 Latency의 90% 이상이 Data 전송으로 발생 (870ms)
Mobile Device에서 직접 처리시 제한된 컴퓨팅 자원의 한계 (382ms, CPU 100%)

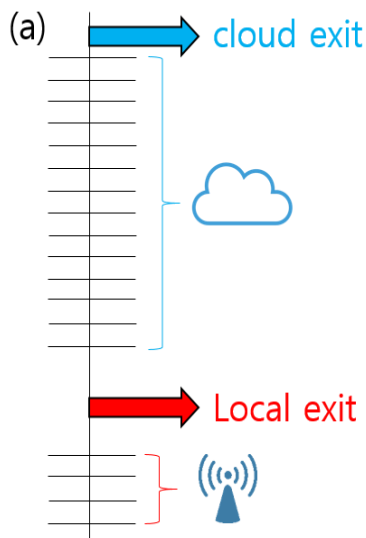
[기존 DNN 처리 방식]



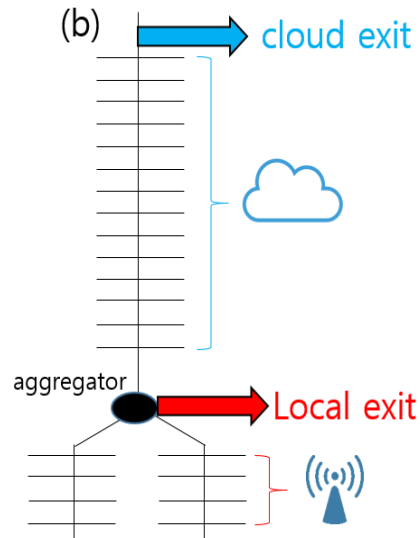
[분산 DNN 처리 방식]

• 배경 기술

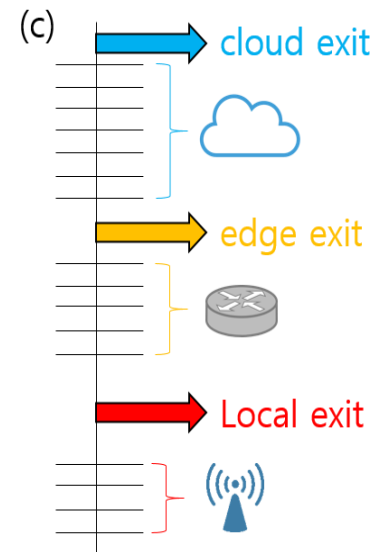
- Local Exit: 정확도가 일정 Threshold에 도달했을 경우 추론 연산을 중단
- Partitioning: 분산 처리를 위해 DNN을 분리하는 과정



(a) Single Local Exit

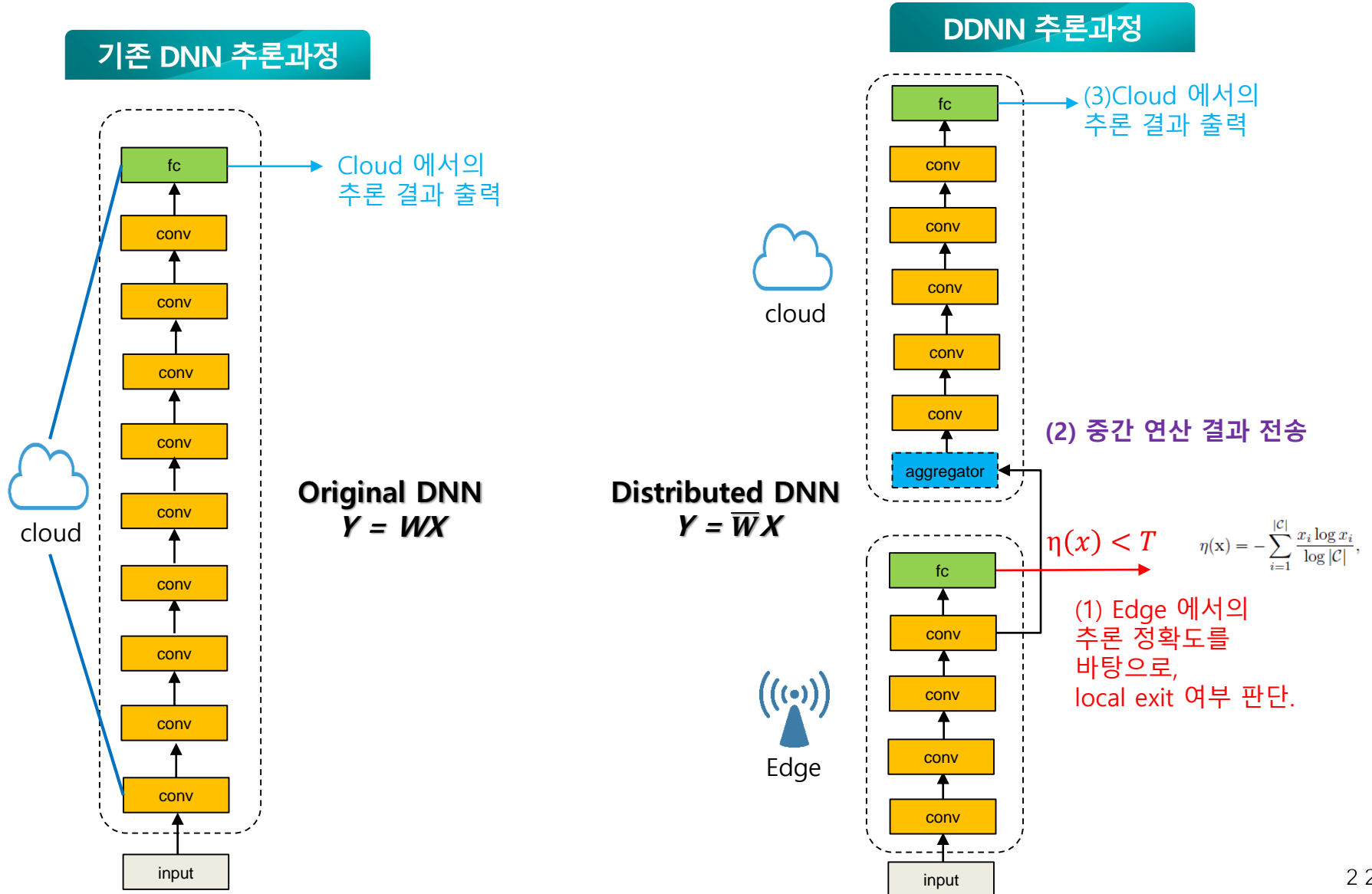


(b) aggregator Local Exit



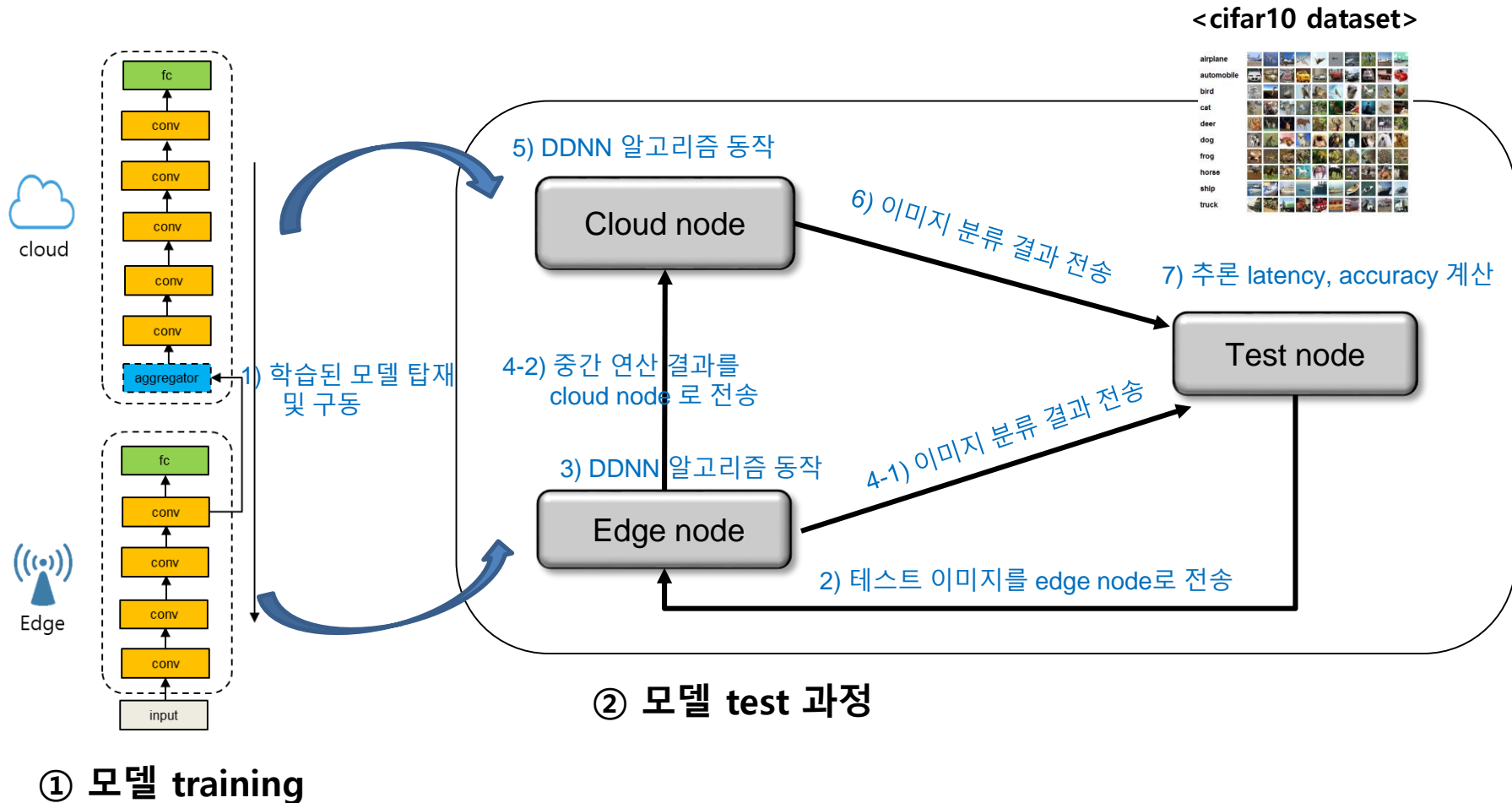
(c) Layered Local Exit

• Distributed DNN – Inference Process

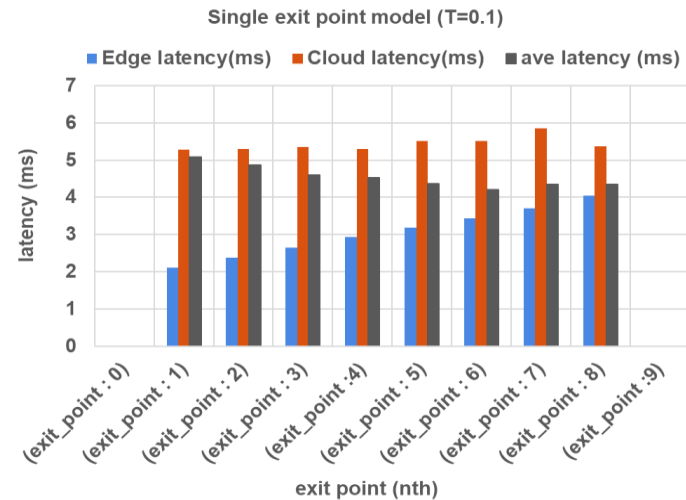
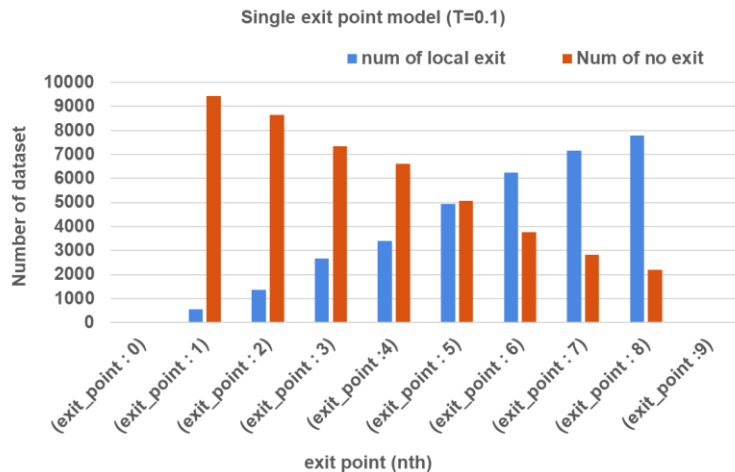
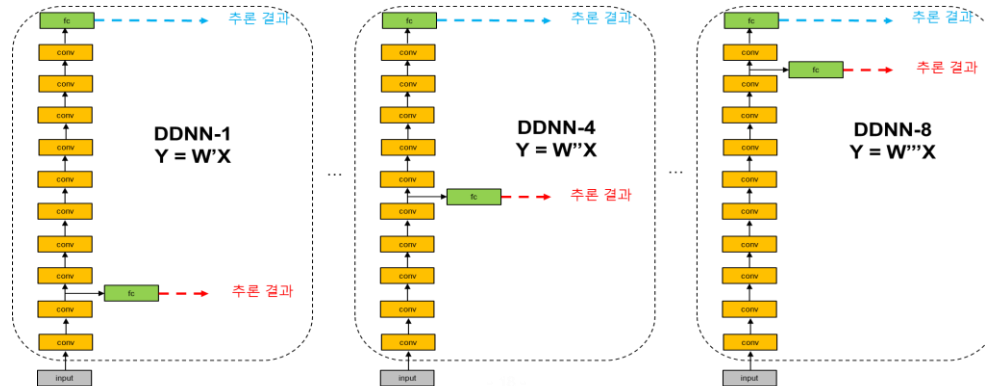


• Distributed DNN – Test Environment

- 서버에서 3개의 도커 컨테이너를 이용하여 테스트 환경 구성
- Ubuntu 16.04, NVIDIA Geforce 1080Ti, python 3.6, pytorch 0.4.0
- DataSet(CIFAR10, Training: 50,000, Test: 10,000)



• Distributed DNN - Test Result (8 exit models)



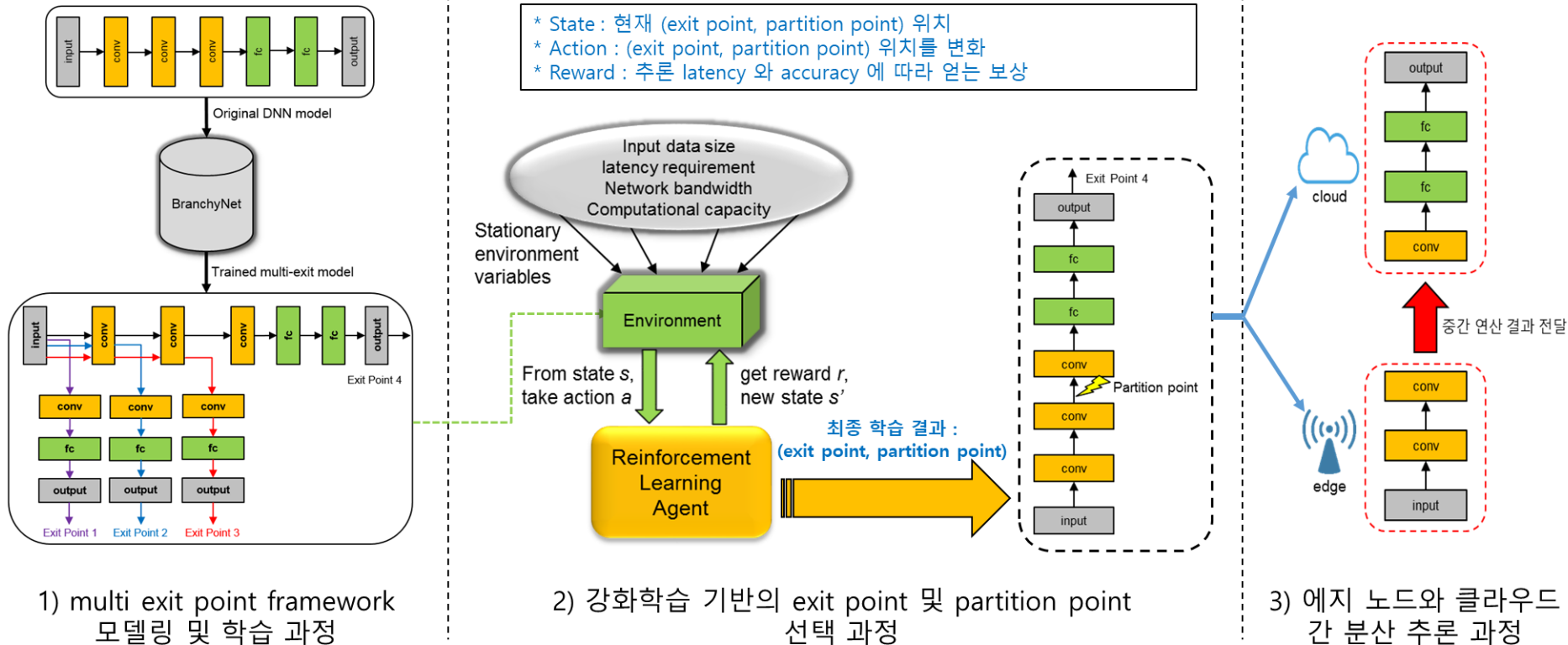
• Exit Point가 위쪽에 존재하는 모델일수록 Local Exit 빈도수 증가

✓ 일부 모델의 경우 아래쪽 Local Exit Point 모델의 정확도가 높은 경우 발생(적절한 Exit Point 선정의 필요성)

• Entropy Threshold가 낮아질수록(High Threshold) Local Exit 빈도는 감소 및 Latency는 증가

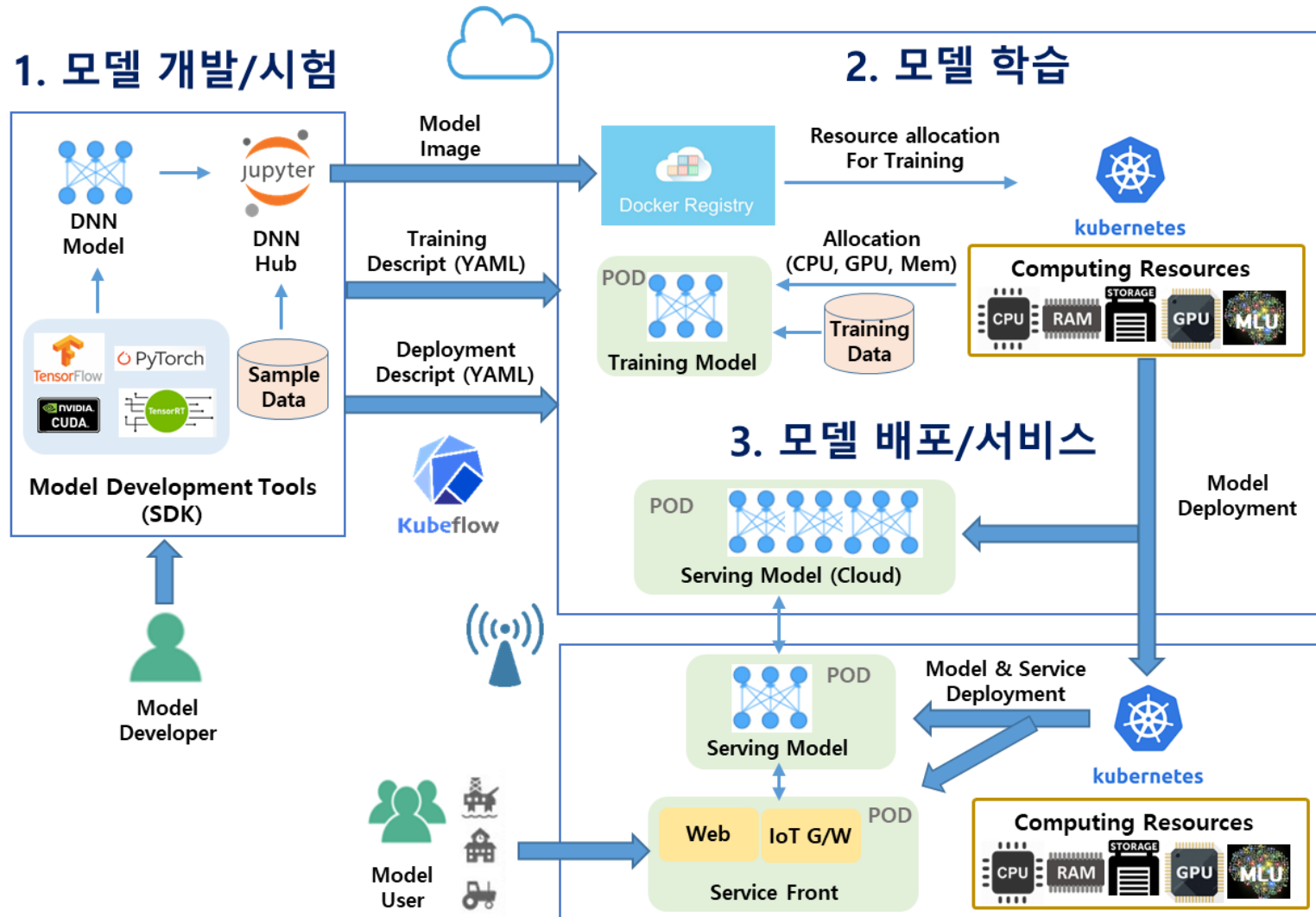
• Distributed DNN (후속 연구)

- 기존의 DNN 구조를 multi-exit point framework으로 모델링 및 학습
- 서비스 latency를 보장할 수 있는 최적의 partition point 선택 알고리즘 설계

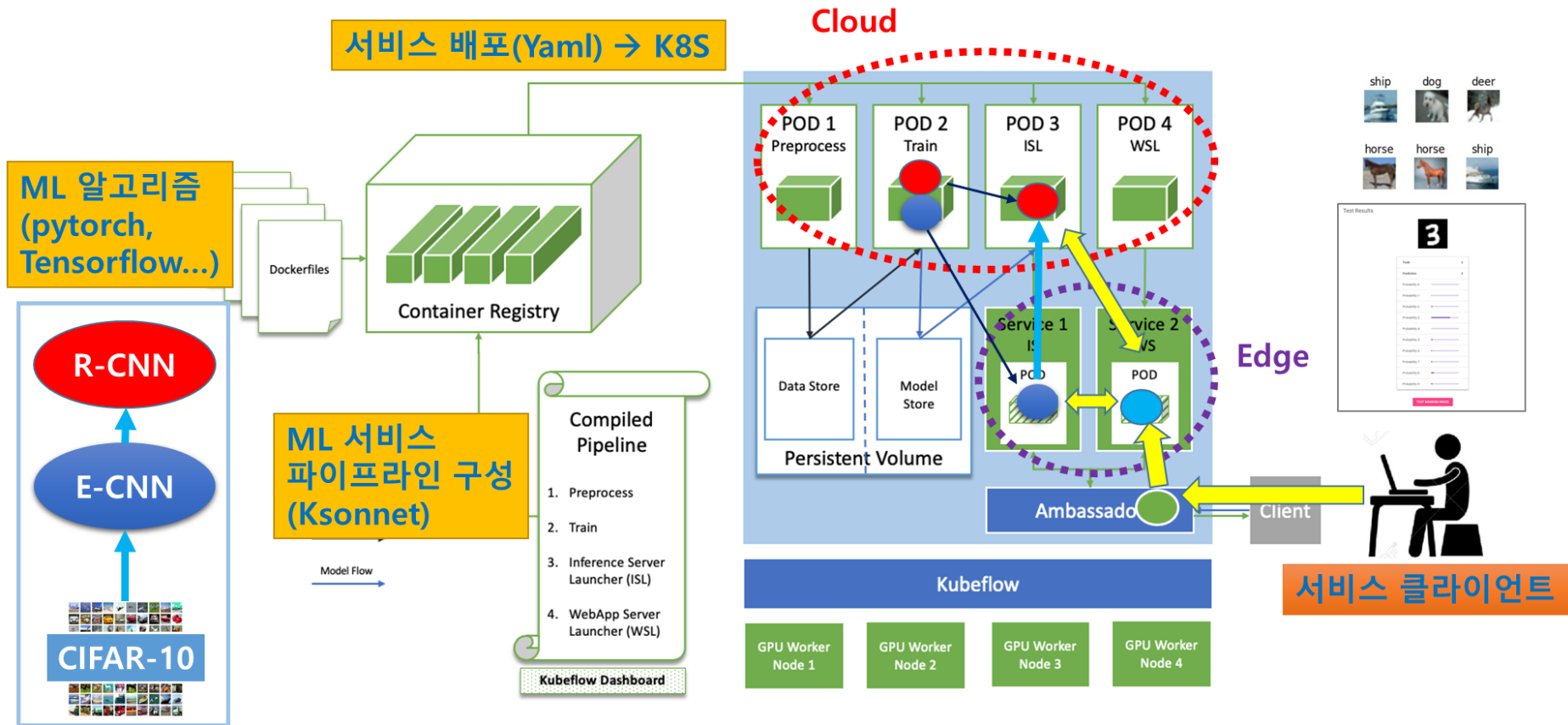


• 분산인공지능 플랫폼 (AI CI/CD 플랫폼)

– AI 알고리즘 개발 → 학습 → 배포 및 서비스 과정 자동화



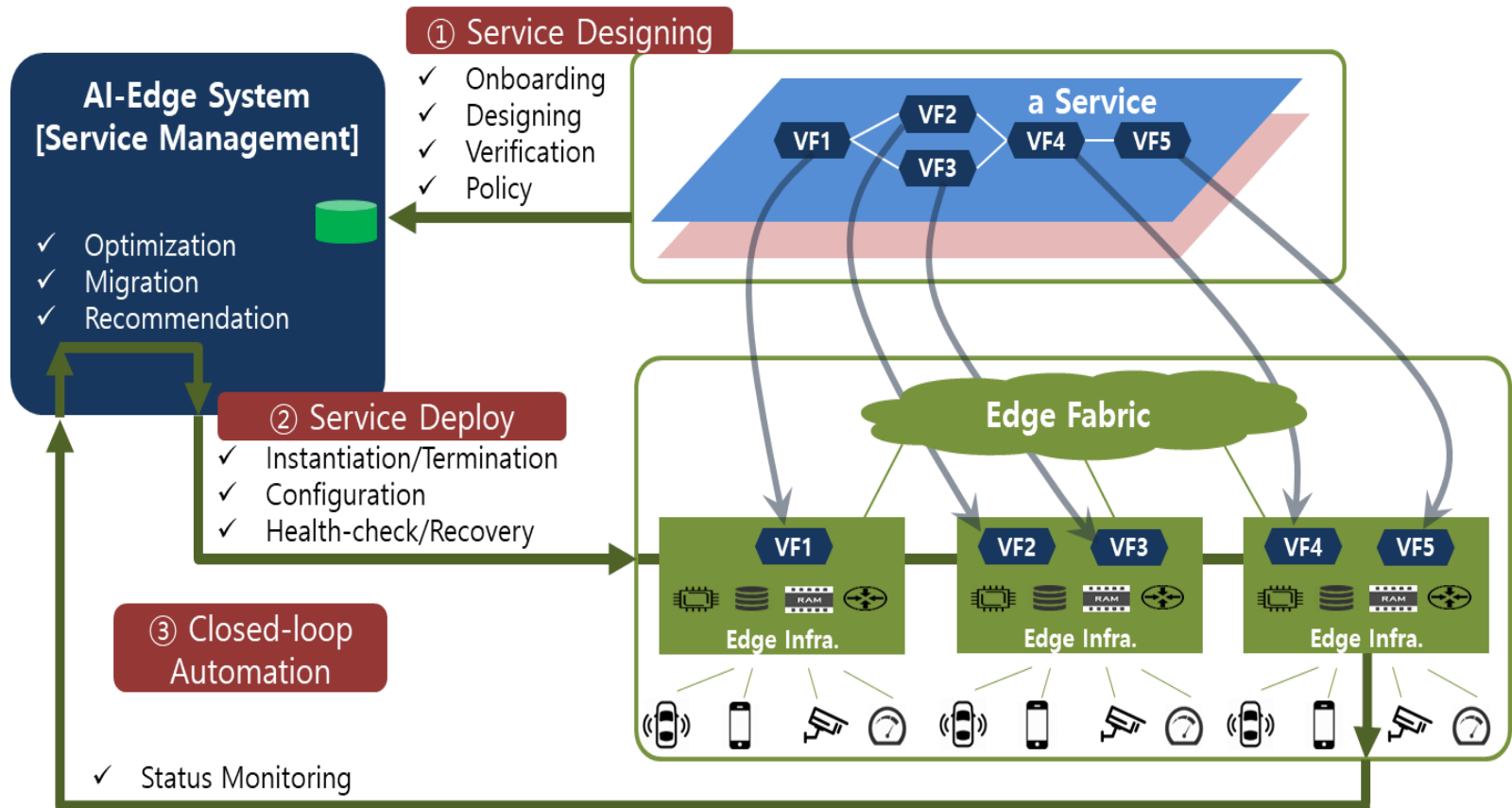
- 분산인공지능 플랫폼 (AI CI/CD 플랫폼)
 - Kubeflow 기반 인공지능 플랫폼 구현 및 시험 예제



분산 에지 서비스/자원 오케스트레이션 기술

• 기술 개념

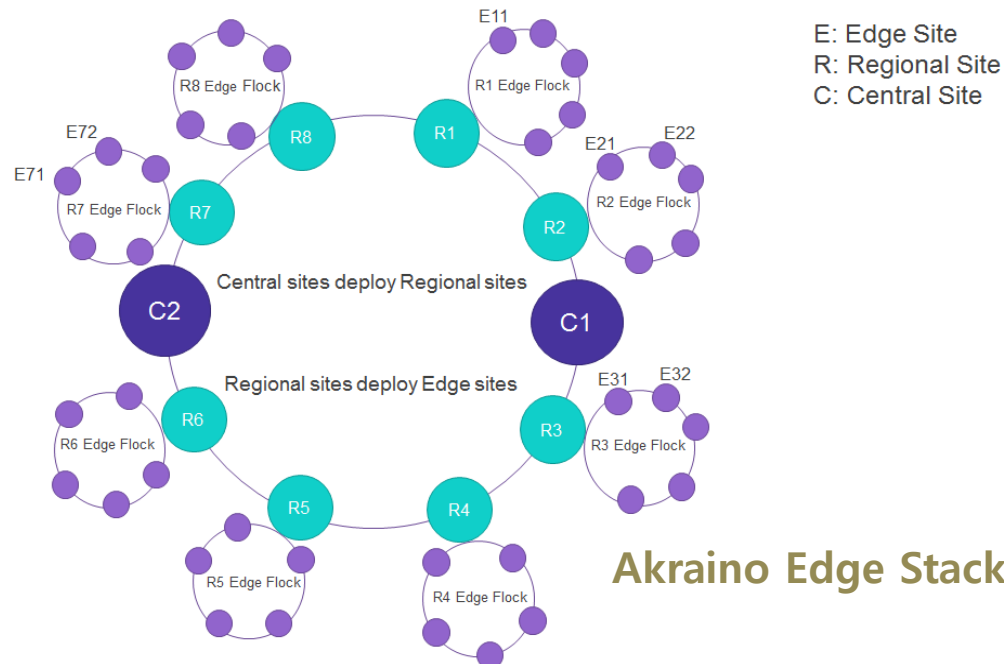
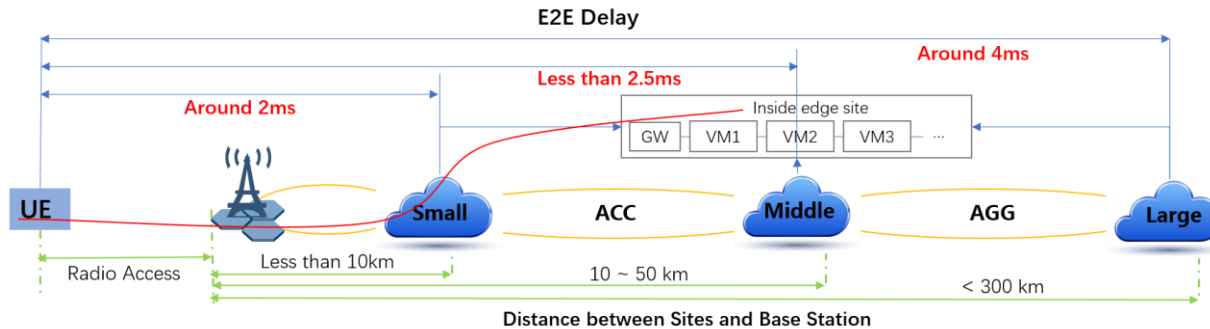
- 분산 에지 컴퓨팅 환경에서 응용서비스를 마이크로서비스 구조 기반으로 오케스트레이션 (Packaging, Configuration, Deployment, Auto Scaling, Recovery) 하는 플랫폼 기술



분산 에지 서비스/자원 오케스트레이션 기술

- **Edge & Cloud Distribution 모델**

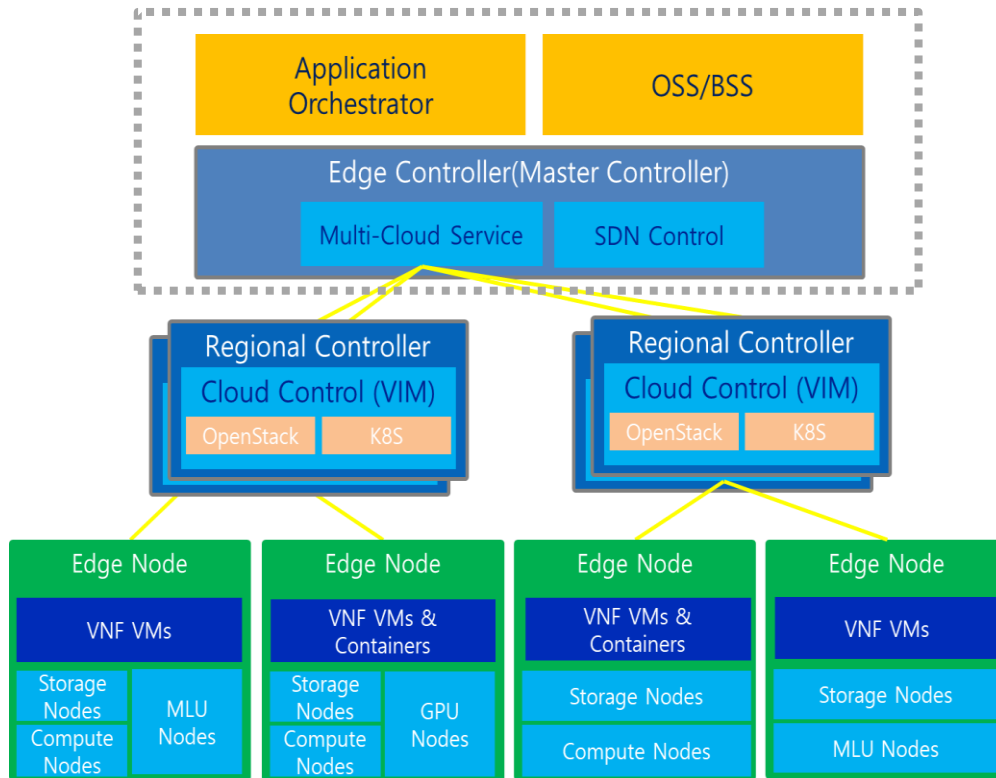
- 3 Tier 구조 (Edge, Regional, Central)



분산 에지 서비스/자원 오케스트레이션 기술

• Edge & Cloud Distribution 모델

- 3 Tier (Edge, Regional, Central) 구조: Size, location & Role



M-Controller

- Service Orchestrator (uService + SDN)
- Centralized control & management
- Service Portal + BSS Interface
- MANO, Cloudify ... (no resource control)

R-Controller

- Service Orchestrator (uService + SDN)
- Service control & management
- Service Portal + M-Controller Interface
- Full MANO (full resource control)
- Full computing resource
- (1~3 Rack: uService, AI ...)

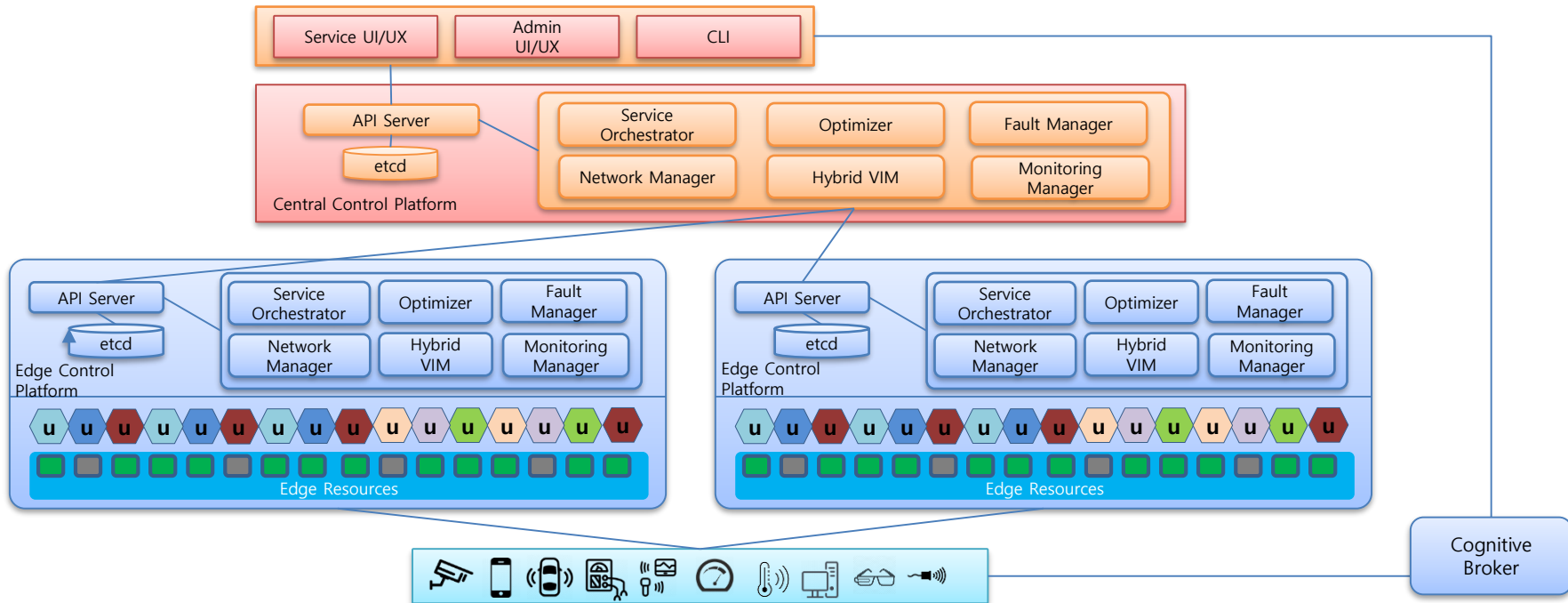
Edge Node

- Remotely controlled by R-Controller
- Just agent or KubeEdge, K8S
- computing resource: 1~3 server

분산 에지 서비스/자원 오케스트레이션 기술

- **Central/Region/Edge 통합 제어를 위한 분산 플랫폼 구조 설계**

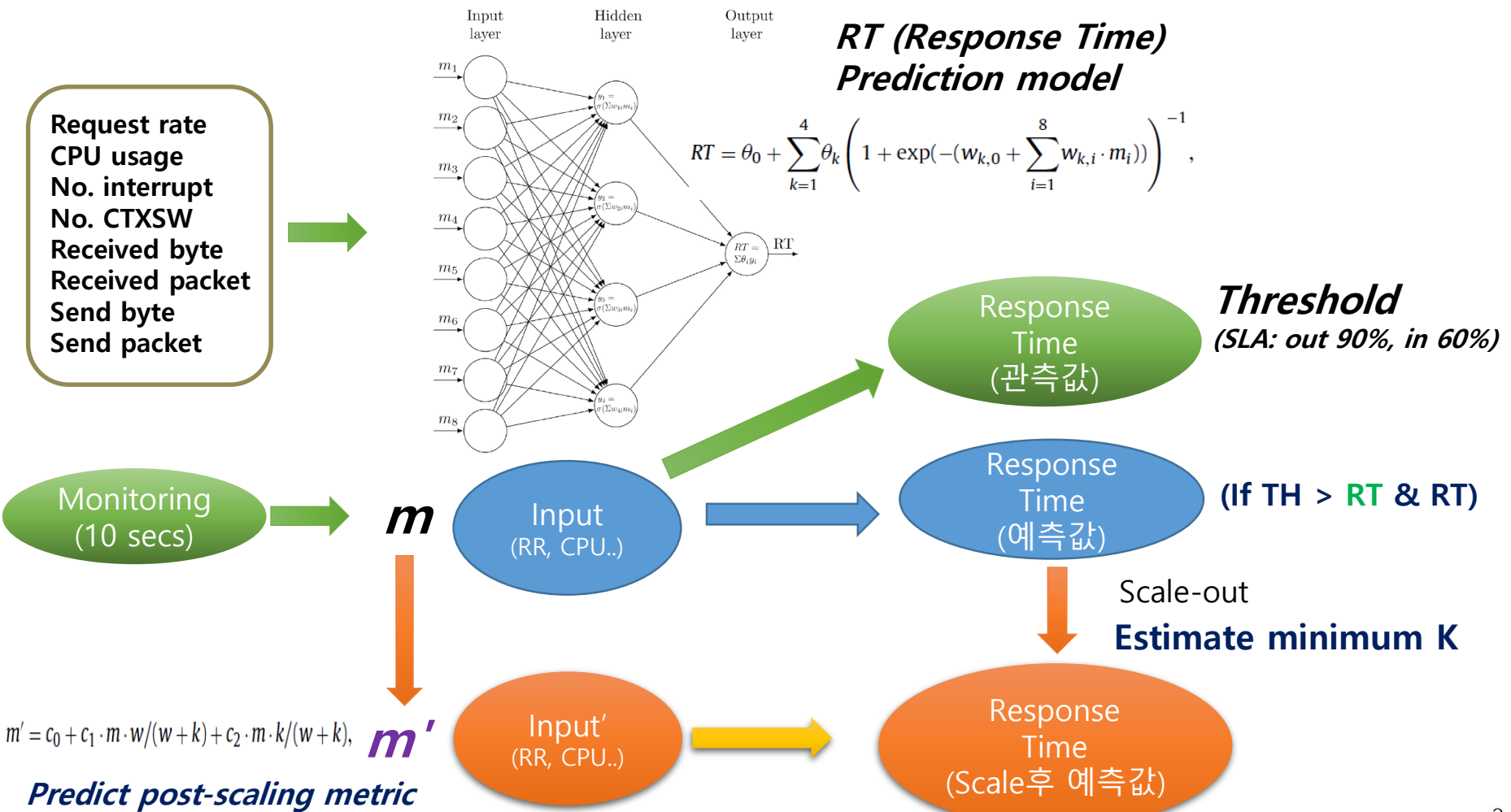
- 다양한 기능의 Controller 탑재 및 연동이 가능한 프레임워크 기술 개발
- Controller들의 독립적인 확장이 가능한 MSA 구조 적용
- 다양한 인프라 기술의 연동을 위한 Plugin 기반 Hybrid VIM 구조 적용
- UI/UX 기반 서비스 모델링 기술 개발



분산 에지 서비스/자원 오케스트레이션 기술

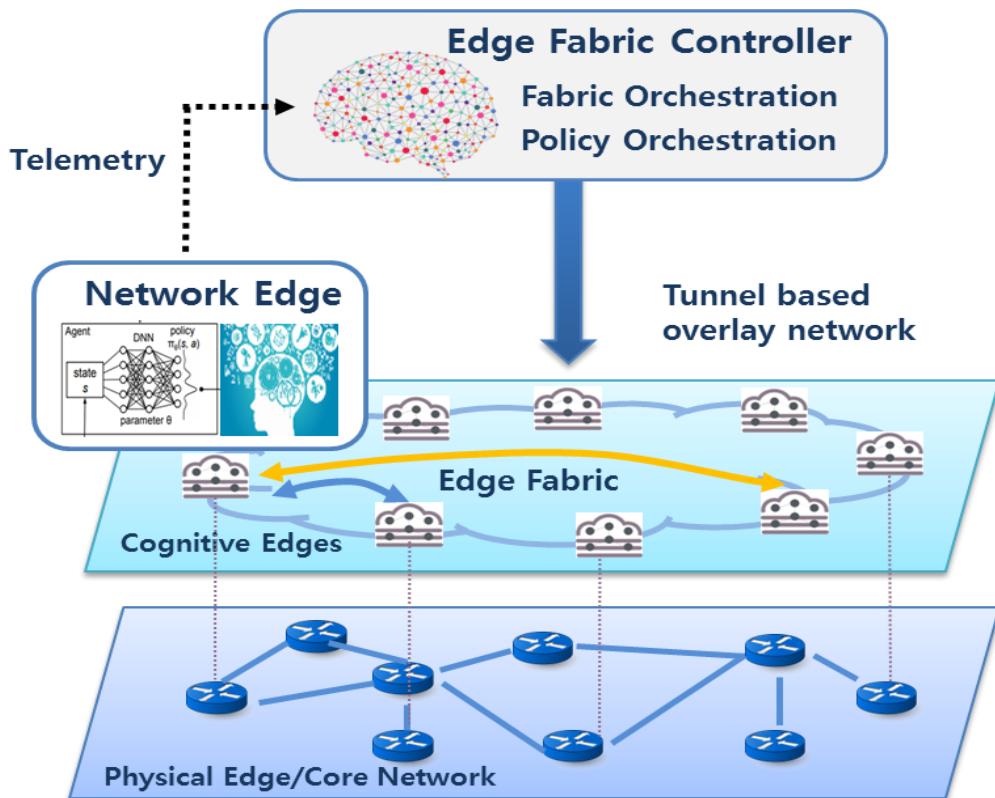
• AI 기반 Auto-Scaling 기술

- Scale-out/in to meet SLA based on prediction



• 기술 개념

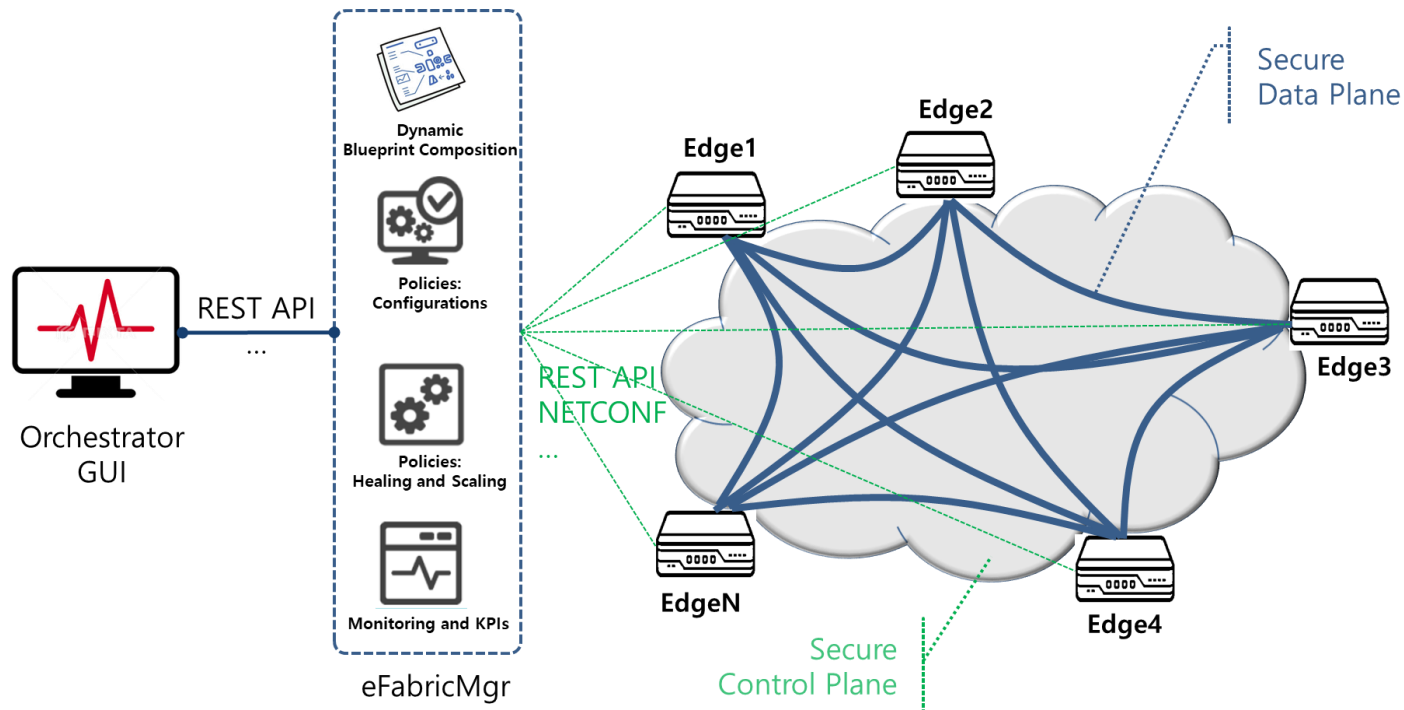
- Network Edge들을 가상화 기반으로 Mesh-up 연결하고, AI 기반으로 분석하여 최적/자율 WAN 서비스를 제공하는 Edge Networking 기술 개발



- 분산 Edge Tunnel Mesh-up 기술
- Multitenancy 네트워크 슬라이싱 기술
- Edge Fabric 제어 Control Plane 프로토콜

- **Edge Network Fabric**

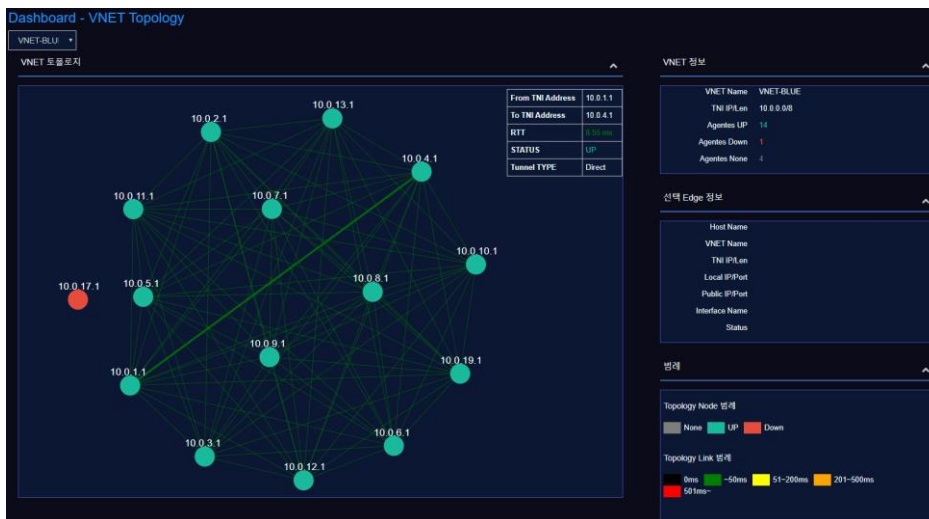
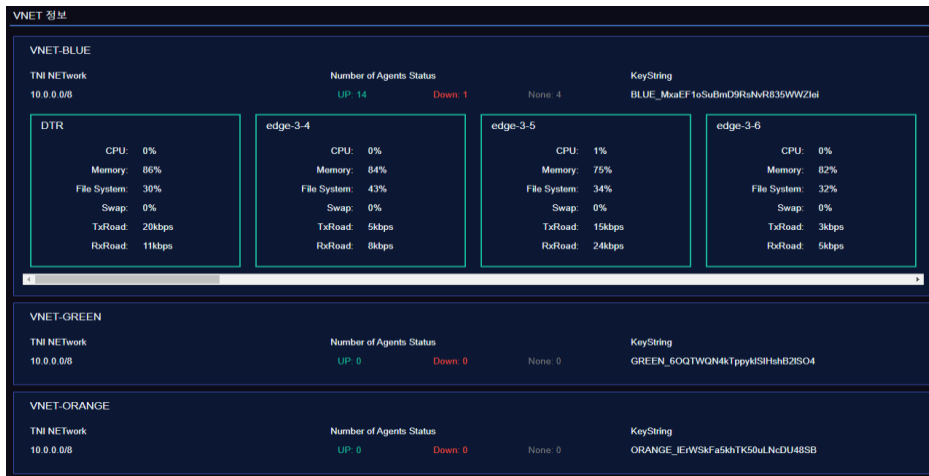
- SD-WAN/Virtualization 기술을 기반으로 연결된 Edges 연결 Network



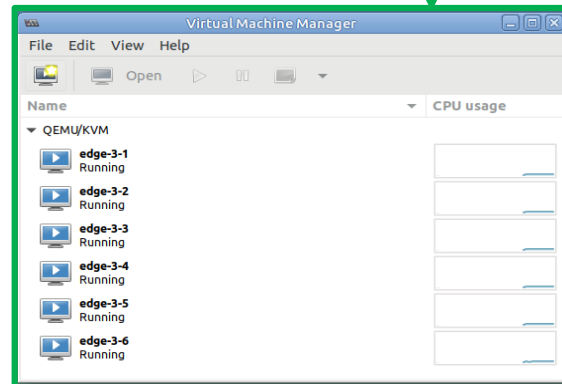
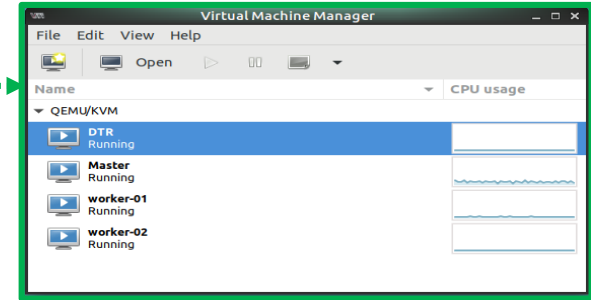
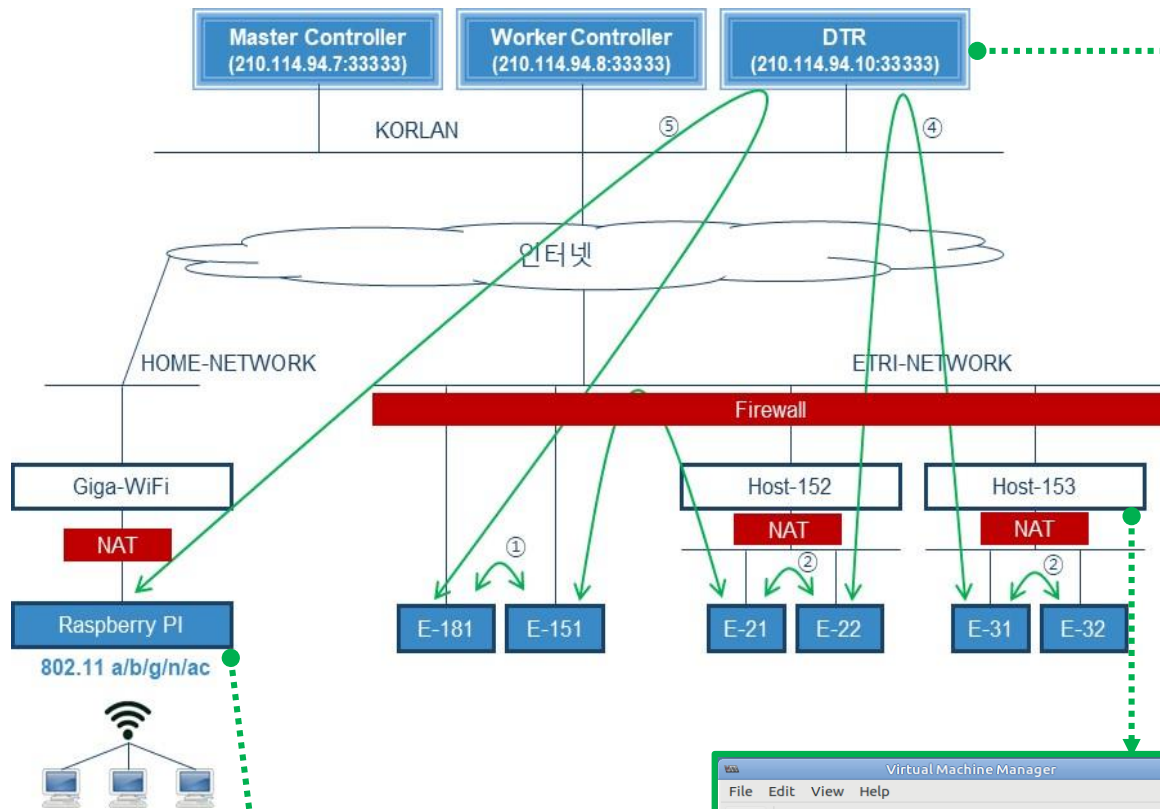
**VxLAN 기반 터널 네트워크, Secure Tunnel,
QoS 측정 및 보장, Traffic Steering**

• Edge Network Fabric

- SD-WAN Edge Fabric 구성을 Master/Worker Controller, Agent 프로토콜
- NAT/Firewall 접속 허용을 위한 IP-UDP-IP 터널링 모듈



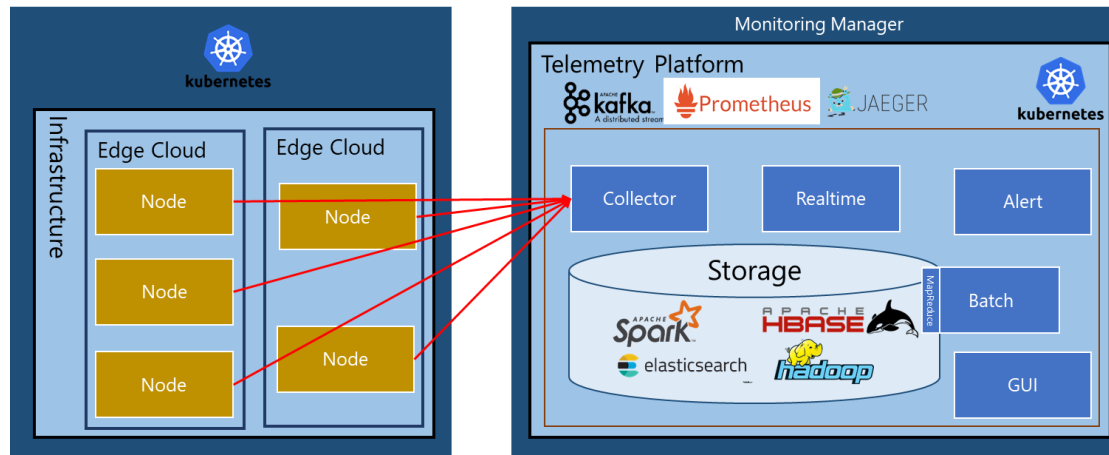
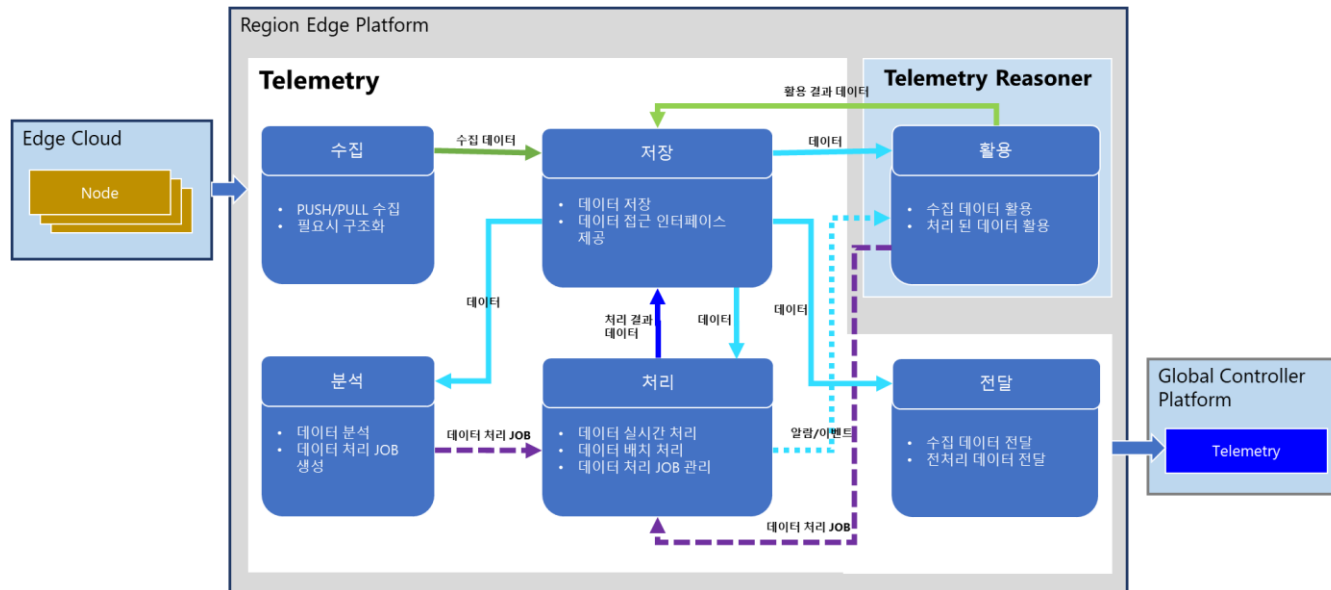
시험환경



분산 에지 Telemetry 측정 및 감시 기술

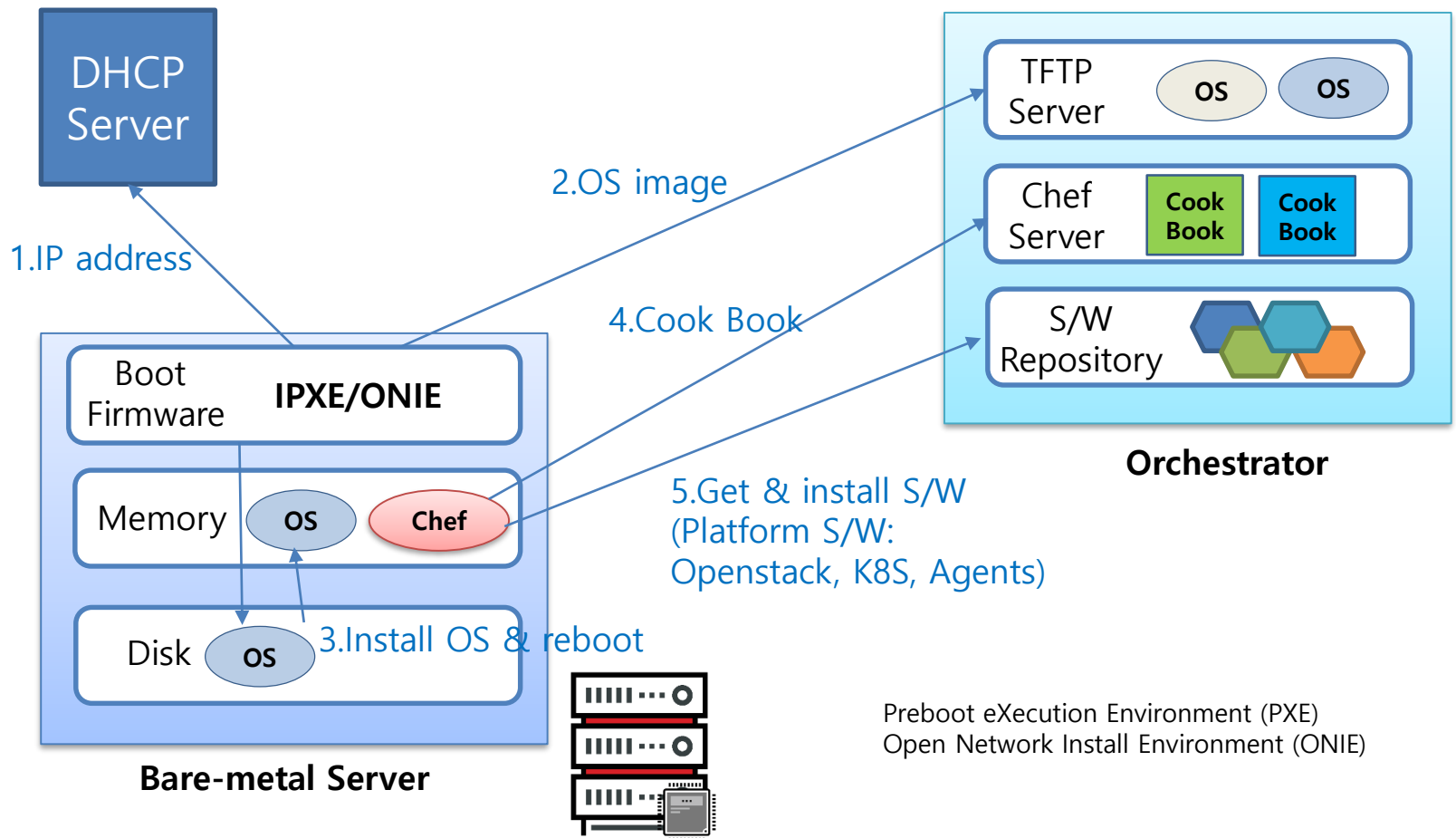
• 기술 개념

- 분산 배치된 에지 노드들의 자원(Compute, Network, Storage) 상태를 수집하여 자원 상태 감시 및 상황 정보 제공



• 기술 개념 (Zero Touch Provision)

- 장비 운용에 있어 사람의 개입을 최소화 하기 위해 시스템 H/W의 Booting, OS install, 필요한 소프트웨어의 설치와 구성을 자동화하는 기술



감사합니다.

