

엣지 클라우드 환경에서 초고신뢰/초저지연 컴퓨팅 (URLLC) 서비스를 위한 Network-Aware Placement System

명지대학교 컴퓨터공학과
MJU IDPL조 엄상현 학부생
MJU IDPL조 노지환 학부생

목차

I. 서론

- 동기 & 차별성
- 개발 목적 및 필요성

II. 아이디어 개발 및 추진 내용과 범위

- 참여 구성원의 역할
- 개발 목표
- 예상 결과
- 추진 내용

목차

III. 아이디어 개발 진행 내용 및 결과

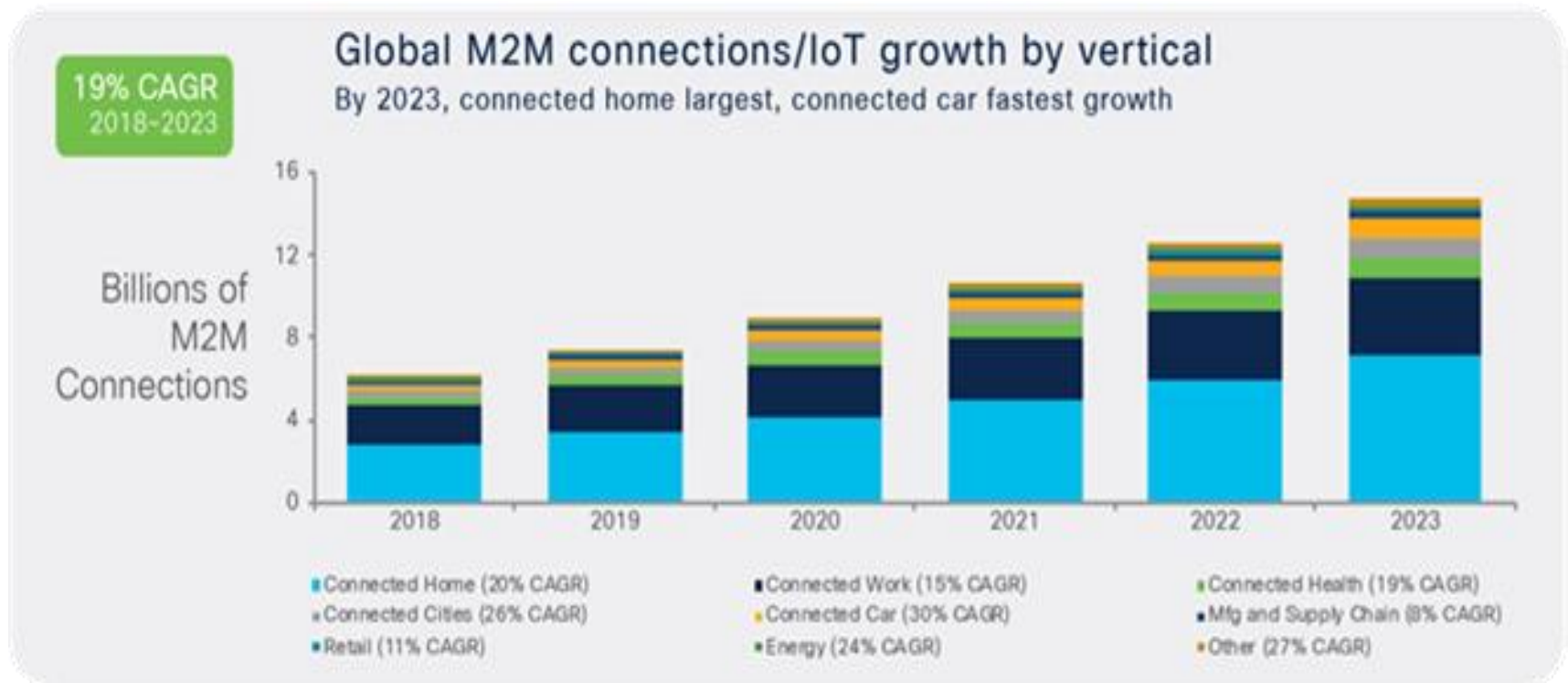
- 결과물
- 검증 결과

IV. 결론

- 기술 구현에 따른 기대효과
- Future Work

I. 서론

Technology Flow



- 통신량 증가를 처리하기 위해서 엣지(Edge) 컴퓨팅 제안
- Compute-cloud와의 물리적 거리 단축으로 URLLC 서비스의 성능한계를 극복
- 엣지 클라우드의 특성을 고려한 Service Placement 개발

Technology Flow

TOC Approves KubeEdge as Incubating Project

CNCF Staff Blog Post

📅 Posted on September 16, 2020

Today, the CNCF Technical Oversight Committee (TOC) voted to accept **KubeEdge** as an incubation-level hosted project.

KubeEdge is an open source system for extending containerized application orchestration capabilities to hosts at the edge. It is built on top of Kubernetes and provides infrastructure support for network, application deployment, and metadata synchronization between the cloud and the edge.

Roadmap

Roadmap

Release 1.0

KubeEdge will provide the fundamental infrastructure and basic functionalities for IOT/Edge workload. This includes: - K8s Application deployment through kubectl from Cloud to Edge node(s) - K8s configmap, secret deployment through kubectl from Cloud to Edge node(s) and their applications in Pod - Bi-directional and multiplex

Enable intelligent scheduling of apps, to large scale of Edge nodes

Since joining CNCF, KubeEdge has added more than **395 Contributors** from 25 organizations. The project has 14 maintainers from 5 different organizations, including Arm, China Unicom, Huawei, infoblox.com, and inovex.de, and is used in production by **Huawei Cloud, KubeSphere, Raisecom, WoCloud, Xinghai IoT**, and more.

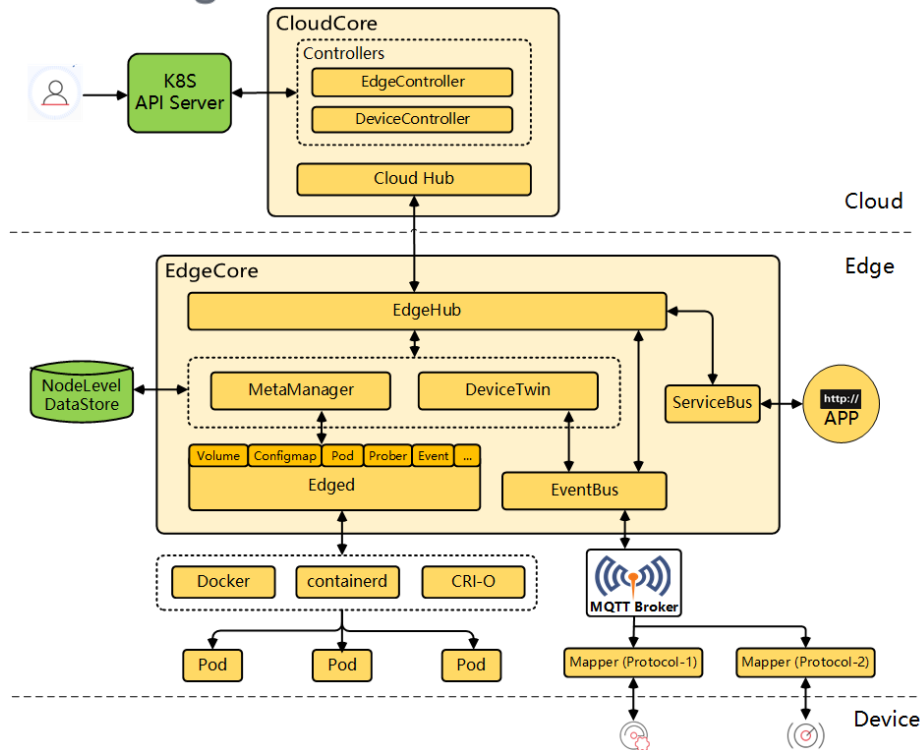
"KubeEdge solves a complex and unique use case of running containerized applications on edge devices, which benefits the cloud computing ecosystem as a whole," said Alena Prokharchyk, CNCF TOC member. "Its architecture meets the reliability, availability, and extensibility criteria needed for further growth and adoption. We look forward to seeing new and improved features as the project moves to this new level."

- Enable function as a service at Edge
- Support more types of device protocols to Edge node such as AMQP, BlueTooth, ZigBee, etc.
- Evaluate and enable super large scale of Edge clusters with thousands of Edge nodes and millions of devices
- Enable intelligent scheduling of apps. to large scale of Edge nodes
- etc.

Motivation & Difference



KubeEdge



- 엣지 클라우드의 차세대 플랫폼인 **KubeEdge**
- But, 쿠버네티스의 기본 스케줄러를 사용함 (using K8S API Server)
- KubeEdge Roadmap 에서 엣지 클라우드 **지능적 스케줄링**을 미래의 과제로 지정

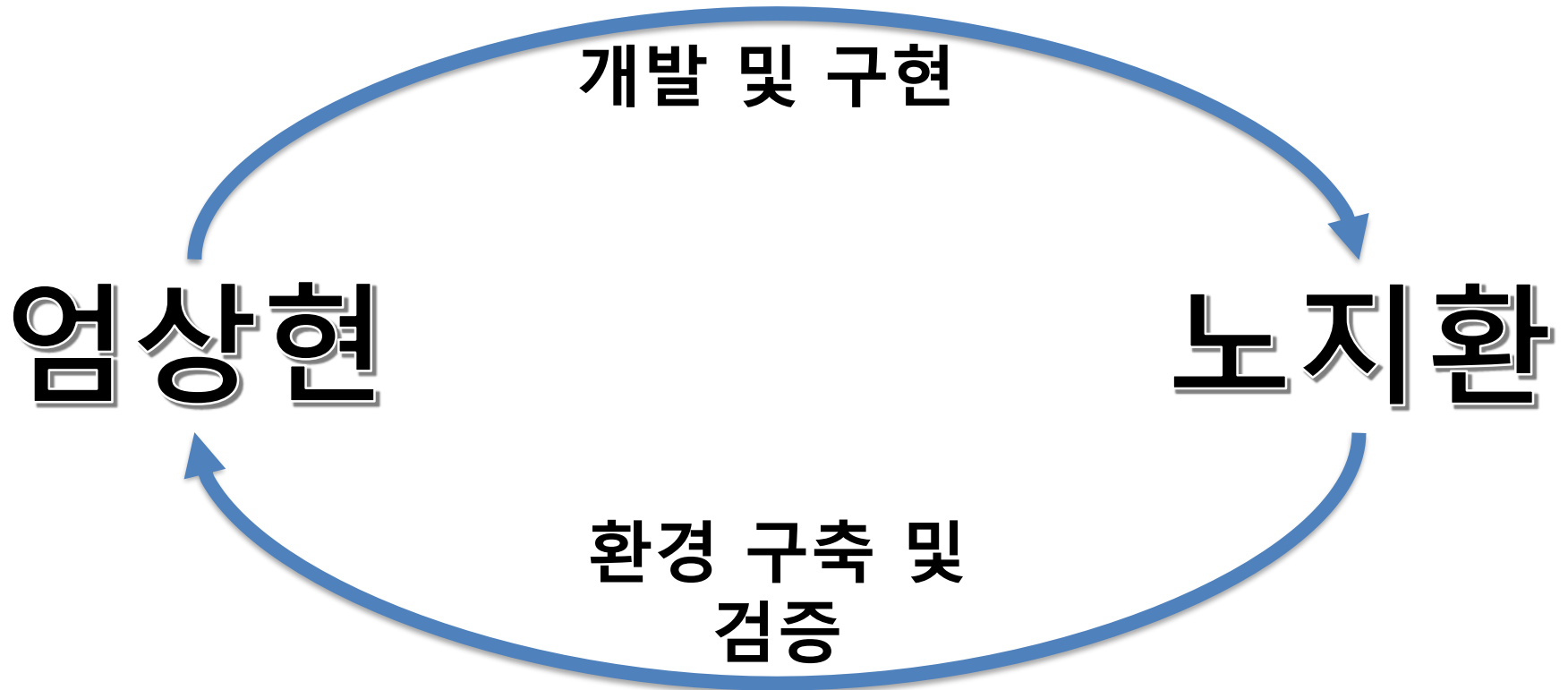
개발 목적 및 필요성

- 쿠버네티스의 스케줄링 정책
 - 호스트의 자원상황(CPU, RAM)을 고려하는 정책
 - 네트워크의 대한 스케줄링 정책 부족
 - 실시간 애플리케이션 처리에 대한 한계
- 네트워크 적응형 스케줄러의 필요
 - 네트워크 정보를 바탕으로 하는 스케줄러(NAS)
- 계산 집중적 작업에 대한 스케줄러 추가
 - HRDF(Highest Residual Density First)를 기반

Ⅱ. 아이디어 개발 및 추진 내용과 범위

참여 구성원 역할

성명	역할
엄상현	시스템 개발 총괄 및 성능 검증
노지환	시스템 개발 보조 및 시나리오 구성



개발 목표

NAS

Network-Aware Scheduler

Candidate Node Selection Criteria

-> RTT, Bandwidth

HRDF

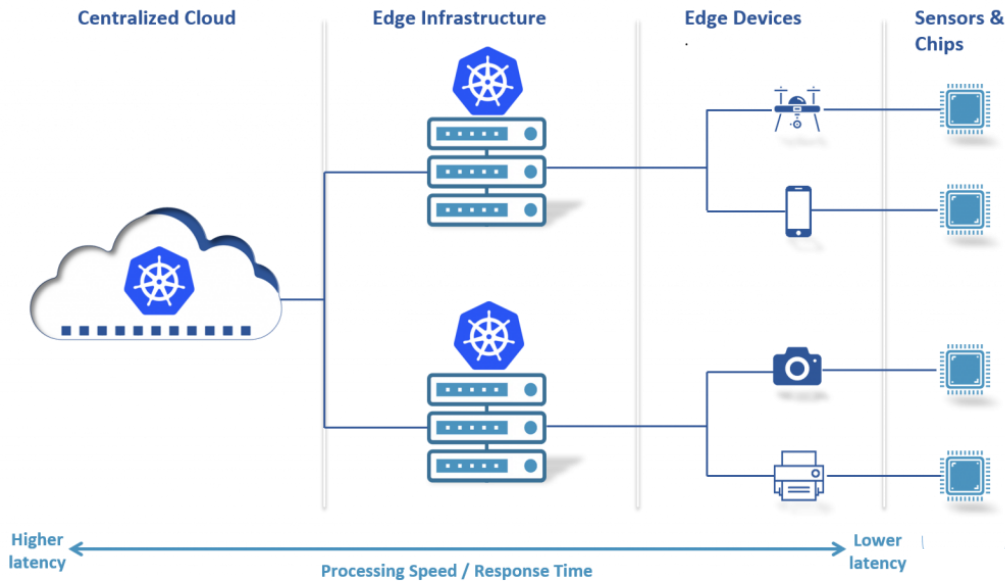
Highest Residual Density First

Candidate Node Selection Criteria

-> Processing Time, Up Down delay

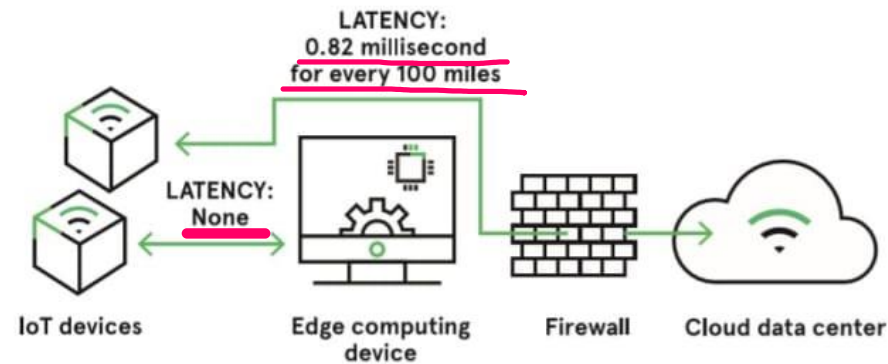
Edge Cloud 환경에 적합한
쿠버네티스 scheduler 개발

예상 결과



- Kubernetes Based Edge Cloud with KOREN

KOREN 기반의 네트워크로 쿠버네티스 플랫폼에서 스케줄러를 개선,
URLLC 통신의 적합한 엣지클라우드
환경 구성



추진 내용

■ 소프트웨어



RTT



대역폭

■ 검증서비스

단일 디바이스를 서비스하기 위한 RESTful API

- Birch

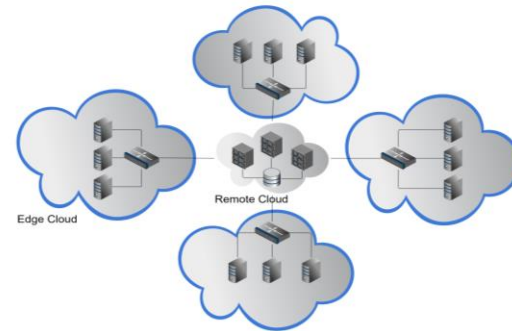
다중 디바이스를 서비스하기 위한 RESTful API

- Robust

CNN을 이용한 이미지 추론 서비스

- CIFAR-10

■ 클러스터



■ 스케줄러



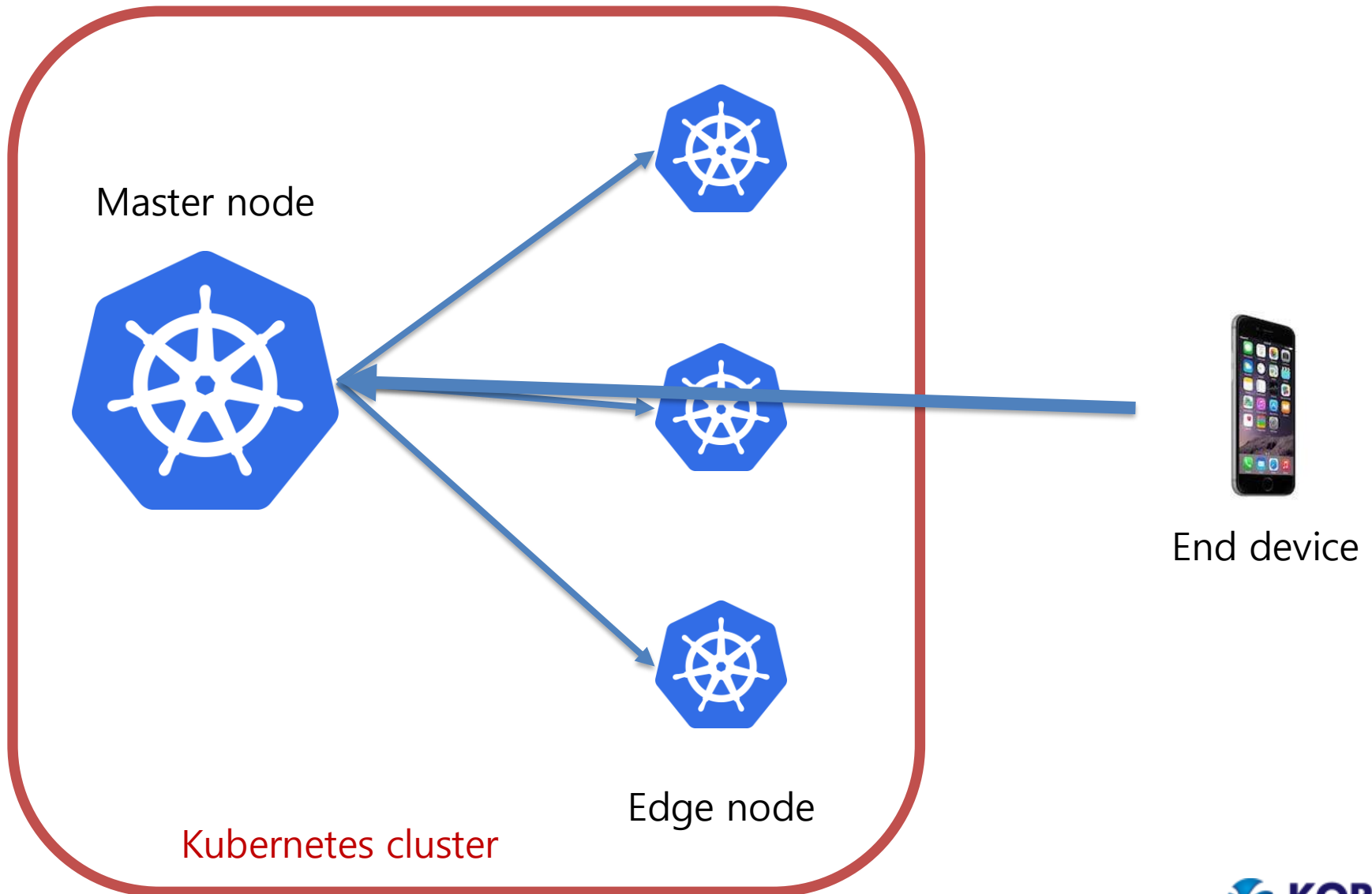
NAS



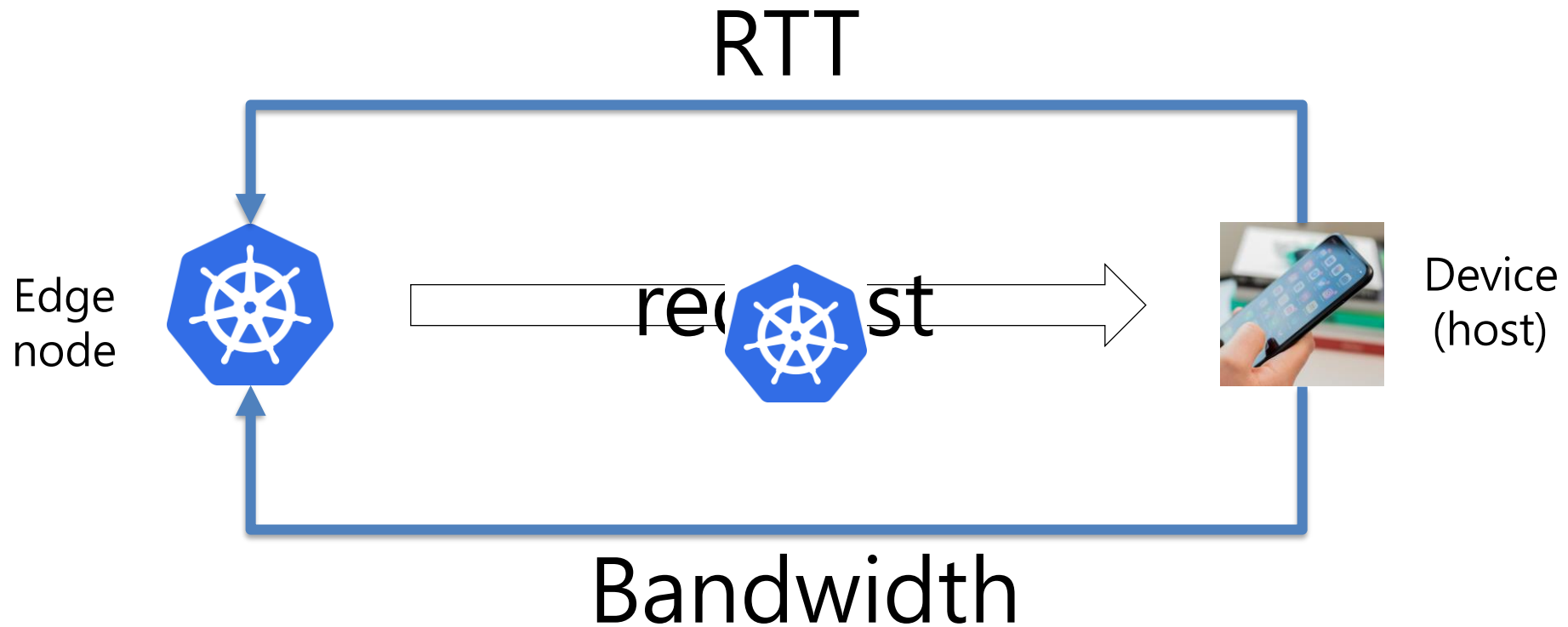
HRDF

III. 아이디어 개발 내용 및 결과

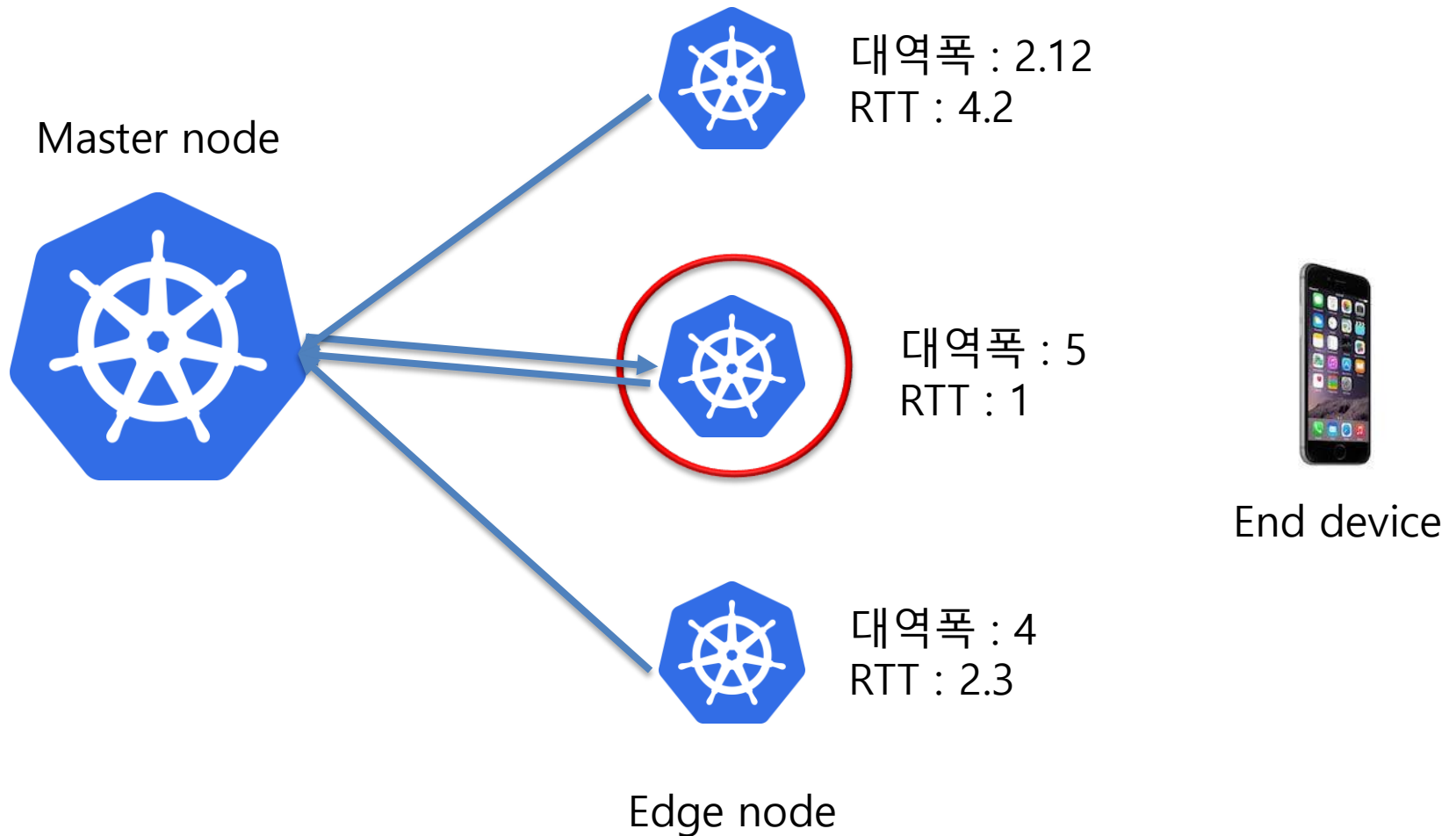
결과물 (API 부분)



Network Monitoring API



결과물 (스케줄러 부분)



HRDF의 필요성

- NAS의 계산 집중적 work 처리효율 ↓
 - Cifar-10을 이용한 이미지 추론 서비스에서의 속도 저하.
- 고도화된 스케줄링 Policy 필요
 - 계산 집중적 job을 신속하게 처리할 수 있는 Policy

Online Job Dispatching and Scheduling in Edge-Clouds

Haisheng Tan*, Zhenhua Han*[†], Xiang-Yang Li*, Francis C.M. Lau[†]

* University of Science and Technology of China (USTC), Hefei, China

[†] The University of Hong Kong (HKU), Hong Kong, China

B. Two Heuristic Baselines

In addition to OnDisc, we also implement two heuristic baselines, called “*Nearest*” and “*Selfish*”. All the algorithms employ the dispatching and scheduling procedures to reduce the total WRT. The dispatching of the two baselines is designed as

- *Nearest*: after a job is released, dispatch the job to the server with the smallest upload and download delay.
- *Selfish*: a job is dispatched to the server with the earliest weighted completion time for this job assuming that there will be no job dispatched to this server in the future.

HRDF의 원리

- HRDF 구현 (Highest Residual Density First)
 - Edge cloud는 specific workload를 수행하는 경우가 많음
각 Job j 의 processing time과 upload delay, download delay는 예측 가능함
 - 각 엣지 노드는 아래 식을 이용해 최적의 노드를 찾음

$$\text{server } k = \operatorname{argmin}_{k'} Q_{k'j}^{\text{selfish}}(t)$$

$$Q_{kj}^{\text{selfish}}(t) = \frac{1}{1+\varepsilon} \left\{ \underbrace{w_{kj} \sum_{(j',t') \in \mathcal{A}_{kj}^1(t)} p_{j'}(t')}_{\text{Job의 wait time}} + \underbrace{w_{kj} (p_{kj} + \Delta_{kj}^{\uparrow} + \Delta_{kj}^{\downarrow})}_{\text{Job의 Completion Time}} \right\}.$$

- Computation Residual이 가장 큰 엣지 노드를 선정 가능
- **Compute-intensive한 Job을 빠르게 처리 할 것을 기대**

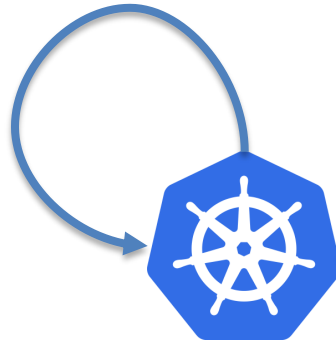
NAS와 HRDF



NAS

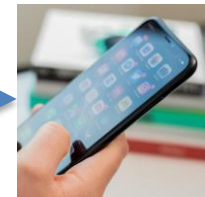
Completion time : 62ms

60ms



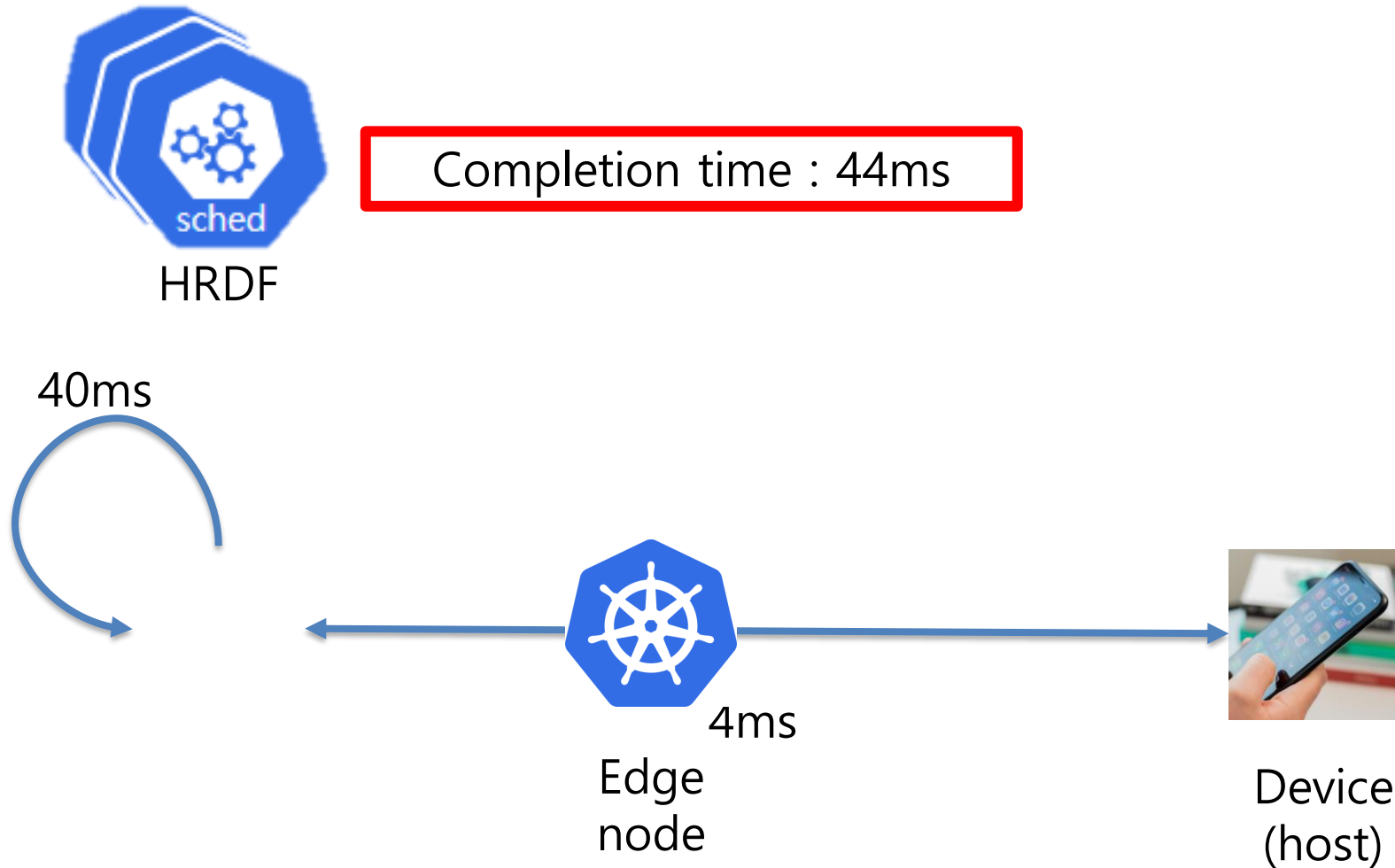
Edge
node

2ms



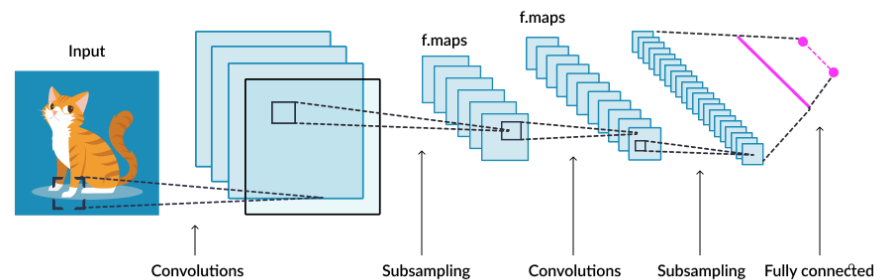
Device
(host)

NAS와 HRDF



서비스

- Birch
 - 단일 디바이스용 RESTful API 서비스
- Robust
 - 다중 디바이스용 RESTful API 서비스
- CIFAR-10
 - 이미지 추론 서비스
 - ImageNet
 - ResNet50



실증시험 환경 & 클러스터

KOREN망 기반 Edge Cloud



3 Edge Cloud

Intel Core Processor
(Broadwell, IBRS, 4core)

8GB Memory

Ubuntu 18.04 LTS

Docker 19.03.6

Kubernetes v1.19.2

실증시험 환경 & 클러스터

Whale Edge Cloud



9 Virtual Edge Cloud

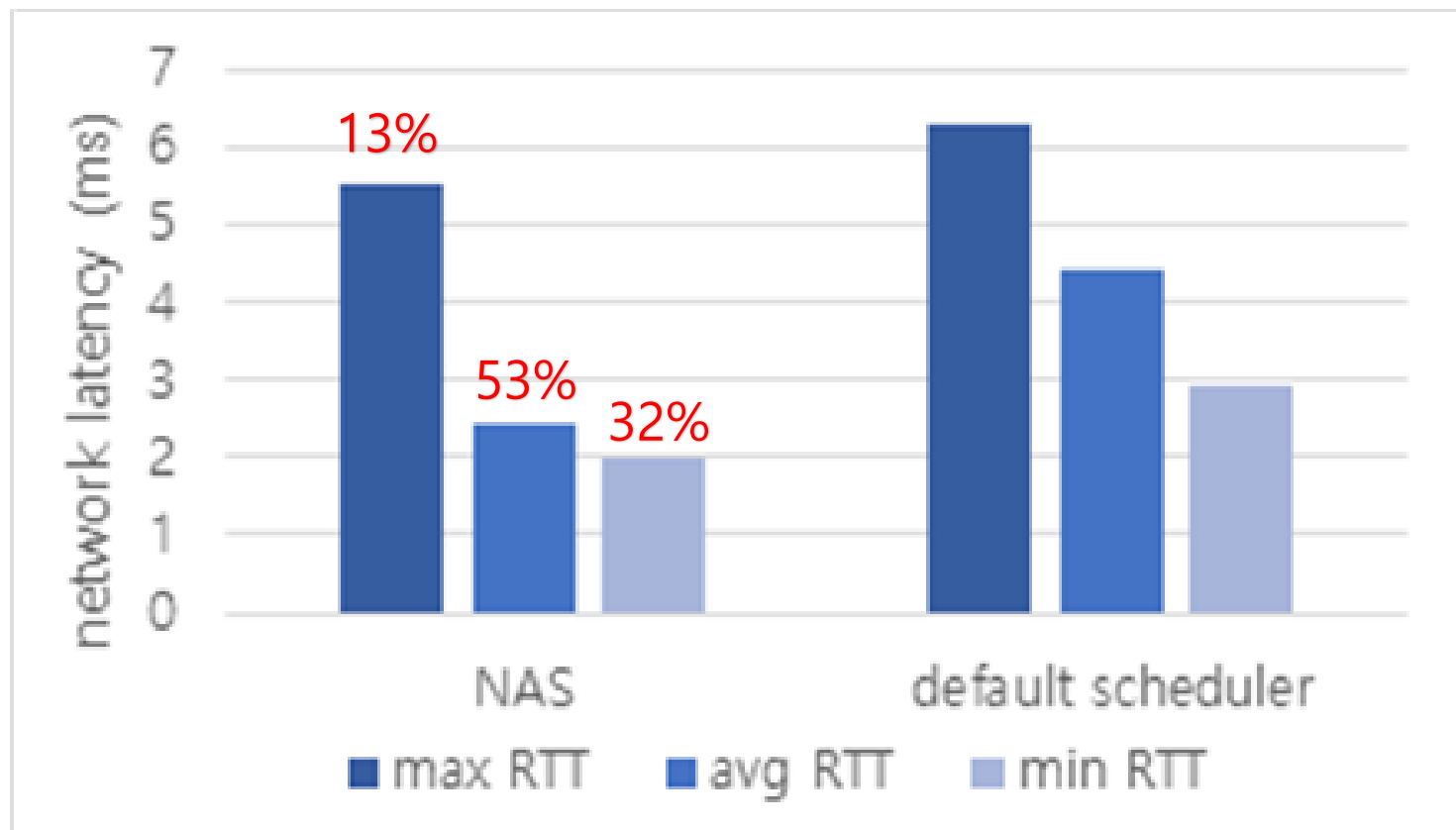
Google Cluster Workload trace

Intel(R) Xeon(R) CPU E5-26500
@ 2.00GHz

64GB Memory

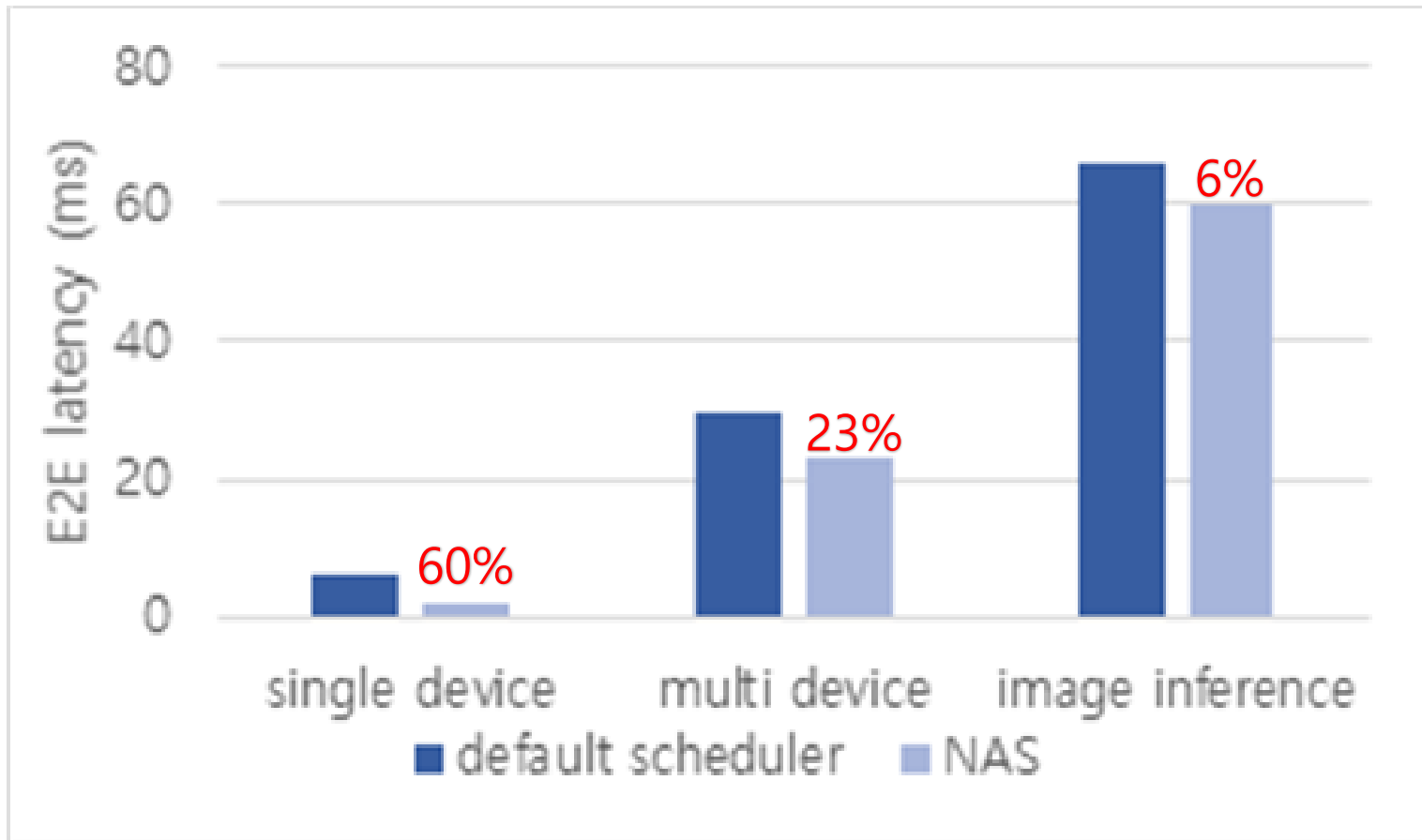
Ubuntu 18.04 LTS
Docker 19.03.6
Kubernetes v1.19.2

검증 결과



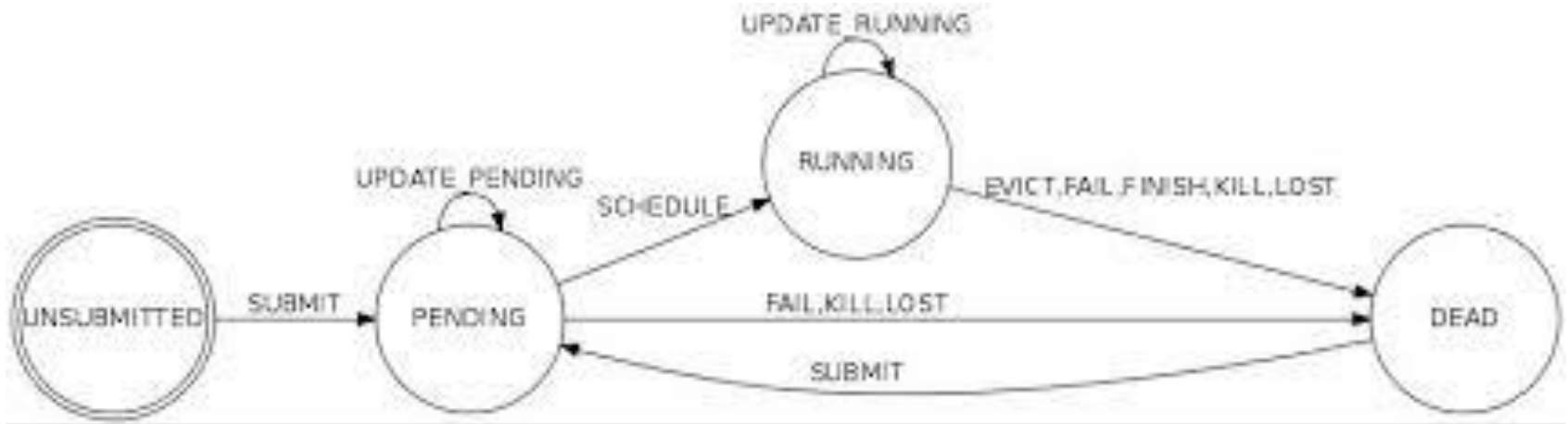
스케줄러 별 평균 통신 지연시간 비교표

검증 결과



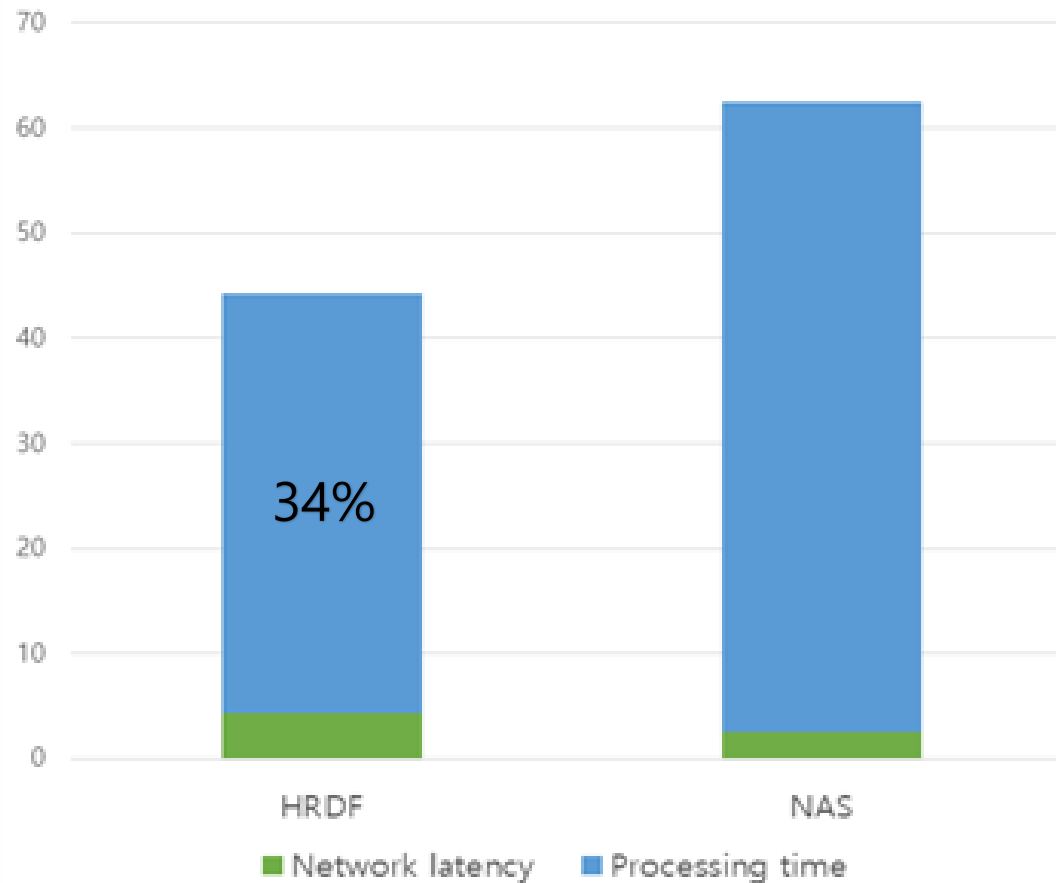
스케줄러 별 평균 통신 지연시간 비교표

검증 결과



Google Cluster Workload trace

검증 결과



NAS와 HRDF 이미지 추론 응용프로그램
응답시간 비교표

iv. 결론

기술구현에 따른 기대 효과

- 기술적 측면의 효과
 - 적합한 자원할당을 통한 시간 단축
 - 엣지컴퓨팅을 활용하는 인프라 구축
 - 엣지 클라우드 서비스 배포 간소화

From edge sensors to the centralized cloud

The edge computing ecosystem is comprised of four primary areas

Centralized Cloud

Centralized data centers are farthest from the network edge. However, they offer a much greater density of compute, storage, and networking resources.

Edge Infrastructure

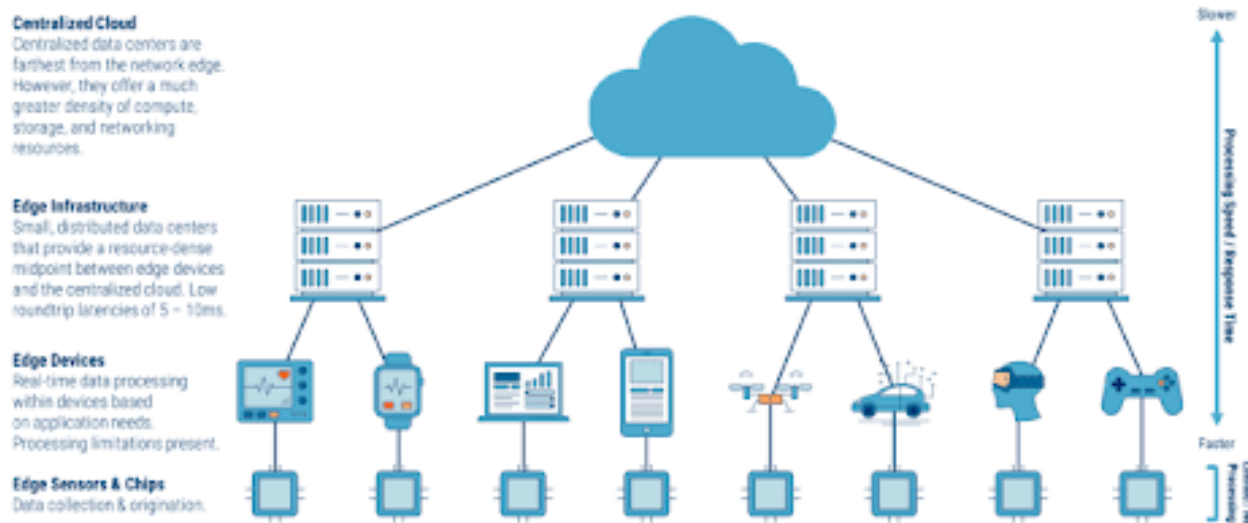
Small, distributed data centers that provide a resource-dense midpoint between edge devices and the centralized cloud. Low roundtrip latencies of 5 - 10ms.

Edge Devices

Real-time data processing within devices based on application needs. Processing limitations present.

Edge Sensors & Chips

Data collection & origination.

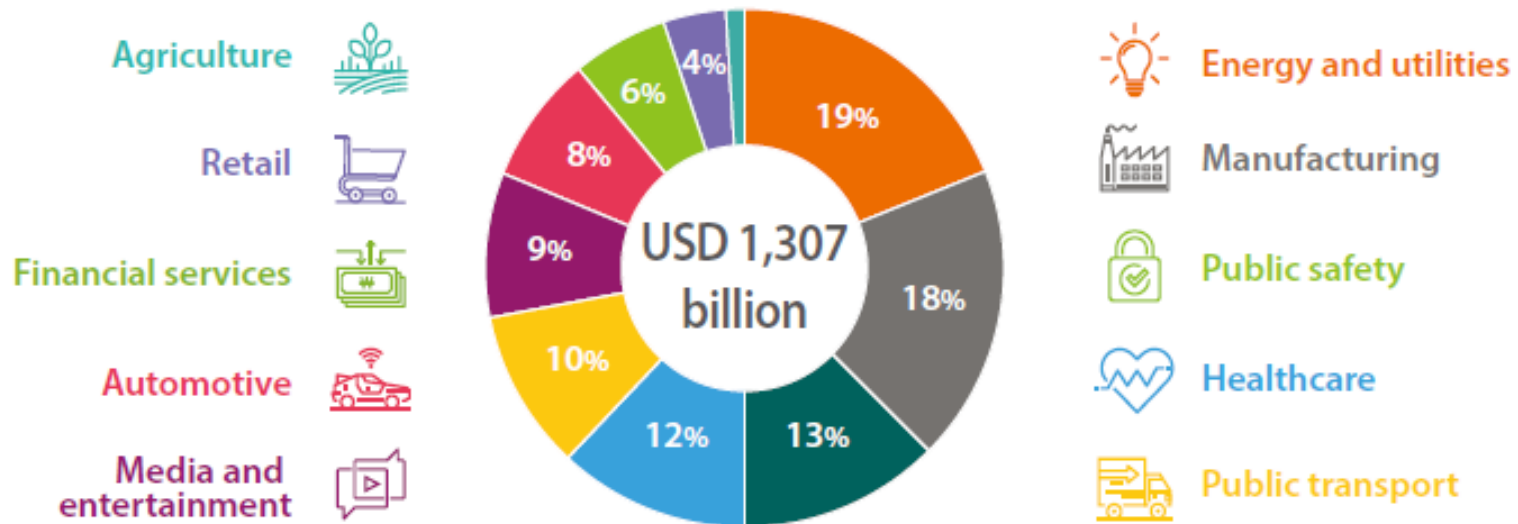


CBINSIGHTS

Source: WISystems

기술구현에 따른 기대 효과

- 경제적 측면의 효과
 - On Demand형 네트워크 서비스 제공
 - 차세대 네트워크 5G의 경제적 가치



출처: Ericsson(2017)

기술구현에 따른 기대 효과

- 사회적 측면의 효과
 - VR/AR
 - 초저지연을 통한 자율주행차량의 완전 자동화



Future Work

- Channel estimation
 - Machine learning을 통한 네트워크 예측
 - NAS의 노드 선택 정확성 증가 & 개선된 스케줄링 가능
- Application Aware
 - Profiling 을 통한 Job의 특성을 파악
 - 자원 활용률에 성능 향상 기대

감사합니다.