

KubeEdge 기술의 연구 동향 및 발전 방향

김성현, 김태홍

충북대학교 정보통신공학부

{1317ksh, taehongkim}@cbnu.ac.kr

Research trend and direction of KubeEdge technology

Seong Hyun Kim, Taehong Kim

School of Information and Communication Engineering, Chungbuk National University

요 약

KubeEdge는 IoT 엣지 컴퓨팅 환경에서 컨테이너화된 응용 서비스의 오케스트레이션 기능을 제공하는 오픈소스 플랫폼으로, Kubernetes를 기반으로 엣지 노드 상에서의 이기종 IoT 디바이스 프로토콜 지원, 클라우드-엣지 간 네트워크 관리 등 엣지 컴퓨팅 인프라 구축에 필요한 다양한 기능을 제공한다. 본 논문에서는 KubeEdge 기술 및 응용 사례 분석을 통하여 연구 동향을 파악하고 발전 방향에 대하여 논의한다.

I. 서 론

IoT (Internet of Things) 응용서비스의 발전에 따라서 IoT 단말로부터 수집한 데이터를 바탕으로 사용자의 행동패턴 분석, 상황 판단 등에 인공지능, 빅데이터 기술들이 적용되는 사례가 늘고 있다. 일반적으로 사용자의 데이터를 클라우드로 전달되며, 클라우드의 연산 자원을 이용하여 분석, 처리되는 구조를 따른다 [1]. 그러나 수십 ms 이내의 낮은 응답 지연 시간을 요구하는 응용서비스들의 요구사항을 만족시키기 위해 클라우드 기반 시스템은 구조적인 한계를 가지고 있으며, 이러한 문제를 해결하고자 제안된 방식이 엣지 컴퓨팅(Edge Computing)기술이다 [2]. 즉, 엣지 컴퓨팅 기술을 연산 자원을 지역적으로 분산된 엣지 노드에 배치함으로써, 낮은 지연 시간을 제공할 수 있다.

쿠버네티스(Kubernetes)는 경량화된 컨테이너 기반 IoT 응용서비스를 동적으로 배포, 관리할 수 있는 오케스트레이션 플랫폼이며, KubeEdge [3]에서는 쿠버네티스 기술을 엣지 컴퓨팅 환경에서 활용할 수 있도록 기술을 구현하였다.

본 논문에서는 KubeEdge의 구조 및 동작을 살펴보고, KubeEdge의 응용 사례들의 분석을 통하여 발전 방향에 대하여 논의한다.

II. KubeEdge 기술

KubeEdge는 Huawei의 주도로 개발된 Kubernetes 기반의 경량형 오픈소스 엣지 컴퓨팅 플랫폼 [4]으로, 설계 초기부터 엣지 컴퓨팅 환경 적용을 목표로 한 만큼, 엣지 노드가 오프라인 상태로 동작이 가능하고, 엣지 노드와 클라우드 간의 네트워크 관리 기능을 제공한다. 가장 중요한 점은 MQTT 프로토콜을 통하여 리소스가 제한되는 IoT 엣지 디바이스들을 통신이 가능하게 한다는 점이다. 그림 1은 KubeEdge의 아키텍처를 나타낸 것으로, KubeEdge는 Kubernetes의 master node, worker node 구조와 다르게 Cloud Core, Edge Core 구조로 구성되어 있으며, IoT 응용서비스는 Edge Core에서 지리적으로

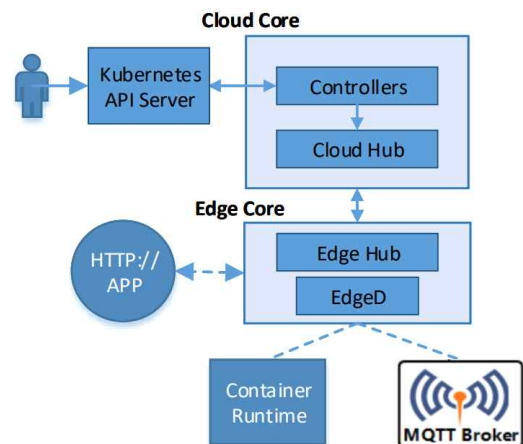


그림 1 KubeEdge Architecture

분산배치 되어 있는 엣지 노드에서 동작하고, Cloud Core는 응용서비스의 관리를 담당한다 [5].

먼저 Edge Core는 Edge Hub와 EdgeD로 구성되며 EdgeD는 사용자가 엣지 노드에서 컨테이너형 애플리케이션을 배포하고 컨테이너 기법에서 최소 단위 Pod를 모니터링하는 모듈이다. EdgeD는 Machine Learning의 추론 작업도 수행이 가능하다. EdgeHub는 Edge Core와 Cloud Core 간의 통신 링크 역할을 한다. 클라우드의 리소스 동기화 업데이트, 디바이스 상태 변경 등 기능을 지원한다. MQTT Topic 메시지를 수령한 후 Cloud Core로 전송한다. 다음, Cloud Core는 Controllers와 Cloud Hub로 구성된다. Controllers는 2가지 컨트롤러를 통합한 도구로써 업데이트 동기화와 디바이스 관리를 통하여 엣지 컴퓨팅 인프라를 관리한다. Cloud Hub는 Controllers와 Edge Core의 중재 역할을 한다. EdgeCore와 Controllers 사이의 통신을 가능하게 하는 것이다.

III. 응용 사례

본 장에서는 KubeEdge의 응용 구현 사례를 분석하고 역할 수행에 대하여 논의한다.

3.1 Apache Beam과 협업한 데이터 분석

본 분석 프로그램의 목적은 스트림 형식인 MQTT 브로커로부터 데이터를 가져오고 들어오는 데이터에 규칙을 실시간으로 적용하고 MQTT 브로커에 대한 알림과 반응을 하는 것이다 [6]. Apache Beam에서 데이터를 가져오고 KubeEdge에서 머신러닝 분석 기능을 사용하여 협업한다. Apache Beam 프레임워크가 다른 스트림 처리를 위한 바인딩하는 통합 API가 존재하지 않아 추상화가 필요한데 Beam은 추상화를 제공한다. 해당 데이터 분석 프로그램으로 인하여 다른 스트림 처리 프레임워크와의 협업을 보여주었으며 다른 플랫폼 과도 연결되는 범용성을 보여주는 것을 검증하였다.

3.2 중국 지방 고속도로 ETC System

ETC System은 전자식 통행료 징수 시스템으로서, 현재 5만 개 이상의 노드가 KubeEdge 관리 하에 동작 중이며 총 50만 개의 컨테이너가 동작한다 [7]. Cloud Core에서 머신러닝 모델이 자동차 번호판과 요금소 통과 기록 등 매일 3억 개 이상의 데이터를 처리한다. 차량들이 고속도로 톨게이트를 통과하는 시간의 경우 차차는 15초에서 2초로 평균적으로 개선하였다고 보고하였다. 화물차의 경우는 29초에서 3초로 개선되었다. 이 시스템을 통하여 KubeEdge 기술이 대규모 엣지 컴퓨팅 환경에서 작동 가능함을 검증하였다.

3.3 KubeEdge NDN

KubeEdge NDN에서는 재난 시나리오 환경에서 긴급 상황에 대한 메시지를 전달하기 위한 KubeEdge 기반 Named Data Networking 아키텍처를 제안하는 논문이다 [8]. NDN 이미지가 이미 설치된 새로운 네트워크 노드를 설치해 파손된 노드들을 대신하여 빠르게 설치할 수 있다. KubeEdge의 경량화 특성으로 새 노드는 휴대가 가능한 네트워크 기기가 될 수 있고 재난 지역으로 이동하여 네트워크 구성이 가능하다. 이 시스템은 KubeEdge 기반의 엣지 컴퓨팅 환경에 NDN 기술을 적용함으로써 긴급 상황에서 신속하게 메시지를 전달할 수 있음을 검증하였다.

3.4 KubeEdge.AI: AI Platform for Edge Devices

KubeEdge.AI는 프로세스 중 실시간으로 수집한 데이터를 저장, 처리 및 쿼리할 수 있는 엔진을 제공한다 [9]. 인공지능 모델을 배포하고, 모델 새로고침, 머신러닝 추론 런타임 등으로 임베디드 AI 시스템에 필요한 기능으로 임베디드 AI 시스템에서 필요로 하는 기능을 충족했다. 엣지 노드가 단일 노드로 진행할 수 없는 작업을 진행하기 위해 쿼리 인터페이스를 제공하여 엣지 노드 간 데이터를 추출하도록 설계되었다. 현재 KubeEdge의 구조 내에서 EdgeD의 머신러닝 추론역할을 확장한 것으로 예상되며, 인공지능을 활용한 end-to-end 흐름이 구축된 테스트베드가 등장할 것으로 보인다.

3.5 Edge computing on HongKong-Zhuhai-Macao Bridge

본 프로젝트에서는 55km의 길이를 보유한 세계에서 가장 긴 해상 교량인 HongKong-Zhuhai-Macao Bridge에서 교량의 안전을 확보하기 위하여 다수의 센서를 배치하였다. 배치된 센서들은 수많은 데이터를 수집하여 실시간으로 처리하고, 이상 징후가 발생하면, 즉각

경고를 알린다. 이를 위해서는 실시간으로 발생하는 방대한 양의 데이터를 모니터링 할 수 있어야 하며, 본 프로젝트에서는 5G 통신과 KubeEdge를 이용한 엣지 컴퓨팅을 사용했다 [10]. 클라우드는 교량 상태 모니터링 시스템에 연결되어 엣지 노드 및 엣지 애플리케이션을 관리하는 역할을 한다. 엣지 노드는 교량의 다양한 센서에 액세스하고 다양한 데이터를 클라우드에 업로드하는 역할을 한다. 이 때, 엣지 노드의 실시간 AI 추론 모델을 사용하여 비정상적인 요소를 발견할 때에만 클라우드로 전송하여 효율을 높여준다. 해당 솔루션을 통하여 응용 사례 3.2와 같이 대규모 엣지 컴퓨팅 환경에서 작동 가능함과 더불어 KubeEdge처럼 가벼운 경량형 인프라에 AI 모델을 적용할 수 있음을 검증하였다.

IV. 결론 및 발전 방향

본 논문에서는 IoT 엣지 인프라 구축을 위한 대표적인 오픈소스 프레임워크인 KubeEdge에 대하여 살펴 보았으며, KubeEdge의 응용 사례들을 통해 데이터 분석, 비디오 분석 등의 응용 서비스 및 동작을 분석하였다. KubeEdge에서는 2021년 8월에 버전 1.4를 릴리즈할 것으로 발표하였으며, 디바이스 관리 기능 및 클라우드와 엣지 간 자원 상태 관리 기능이 개선될 것으로 예상되고 있다. 이처럼 지속적인 개발과 다양한 응용 사례 구축을 통하여 KubeEdge 기술이 대규모 IoT 엣지 인프라를 구축하기 위한 오픈소스 프레임워크로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

ACKNOWLEDGMENT

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. NRF-2019R1F1A1059408).

참 고 문 헌

- [1] 김만식, 강정호, 전문석, “가상현실 기술 시장 및 기술 동향,” 한국콘텐츠학회, 제14권, 제4호, pp.14-16, 2016.12.
- [2] W. Shi, J. Cao, Q. Zhang, Y. Li and L. Xu, “Edge Computing: Vision and Challenges,” in IEEE Internet of Things Journal, vol. 3, no. 5, pp. 637-646, Oct. 2016.
- [3] J. Shah and D. Dubaria, “Building Modern Clouds: Using Docker, Kubernetes & Google Cloud Platform,” 2019 IEEE 9th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC), pp. 0184-0189, 2019.
- [4] Y. Xiong, Y. Sun, L. Xing and Y. Huang, “Extend Cloud to Edge with KubeEdge,” 2018 IEEE/ACM Symposium on Edge Computing (SEC), pp. 373-377, 2018.
- [5] <https://kubedge.io/en/>, KubeEdge
- [6] github.com/kubedge/examples/tree/master/apache-beam-analysis, Data Analytics with Apache Beam
- [7] <https://youtu.be/OkenX0U2y08>, Tutorial: KubeEdge Hands on Workshop
- [8] Minh Ngoc Tran, Young Han Kim, “Emergency Communication in Disaster Scenario over KubeEdge and NDN,” 한국통신학회 학술대회논문집, pp.1156-1158, 2020.08.
- [9] Sean Wang, Yuxiao Hu, Jason Wu, “KubeEdge.AI: AI Platform for Edge Devices,” Embedded AI Summit 2019, Shenzhen, China.
- [10] <https://www.youtube.com/watch?v=iXFvT-NtElk>, KubeEdge and Kubernetes help manage all the monitoring devices on the world's longest cr... Huan Wei