

# 에지-클라우드 기반의 발전소 감시 시스템의 통신 프로토콜 설계 및 구현

김예원, 박상현, 오흥기, 김종익, 최훈

충남대학교

yewonez@cnu.ac.kr, sanghyun.park@cnu.ac.kr, ohk1119@o.cnu.ac.kr, jongik@cnu.ac.kr, hc@cnu.ac.kr

## Design and Implementation of Communication Protocol for Edge-Cloud based Power Plant Surveillance System

Yewon Kim, Sanghyun Park, Honggi Oh, Jongik Kim, Hoon Choi

Chungnam National University

### 요약

클라우드 컴퓨팅 기술의 발전으로 다양한 분야의 서버들이 클라우드로 이동하는 추세이다. 하지만, 클라우드 서버에서 모든 데이터 처리를 담당하는 경우 네트워크 지연 등의 문제로 인해 실시간 응답을 필요로 하는 응용에 문제를 발생할 여지가 존재한다. 이에 따라, 단말 또는 클라이언트에서 실시간 응답을 필요로 하는 데이터를 우선 처리하는 에지 컴퓨팅 기술이 등장하였다. 본 논문에서는 발전설비의 이상 탐지를 위해 에지 노드와 클라우드 서버를 이용하는 발전소 감시 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 발전소 설비들의 이상 탐지를 위한 에지 노드의 사용 사례를 설계하고, 사용 사례별로 에지 노드와 클라우드 서버 사이의 데이터 교환을 위한 프로토콜을 제공한다.

### I. 서론

기존에는 정보 서비스를 제공하기 위한 서버 장비를 서비스 제공자가 직접 구축해서 사용하는 방식을 사용하였으나, 초기에 구축해야 하는 장비의 규모를 예측하기 어렵고 이후 확장에 대한 부담이 존재하였다. 이러한 문제를 해결하기 위해 최근 대규모 클라우드 서비스 제공자가 등장하면서 다양한 분야의 서버들이 클라우드로 이동하는 추세이다 [1].

하지만, 클라우드를 이용하는 경우 네트워크 지연 등의 문제로 실시간성을 요구하는 REST API [2] 응용에 심각한 문제를 초래할 수 있다. 이에 따라, 장비 또는 클라이언트에서 실시간 응답을 필요로 하는 데이터를 우선 처리하는 에지 컴퓨팅 기술이 등장하여 활용되고 있다 [3].

발전소 시스템은 이상이 발생하였을 경우 즉각적인 조치를 하지 않으면 위험한 상황이 발생할 수 있기 때문에 감시 시스템을 클라우드로 옮겨 확장하기 어려운 구조이다. 이로 인해 발전소마다 감시를 위한 별도의 서버 시스템을 마련하고 운영하는 것이 일반적이다. 또한, 센서 데이터 수집, 영상 데이터 수집 등 서로 다른 종류의 데이터를 수집하는 시스템들이 별도로 구축되어 사용되는 경우가 많이 존재한다 [4]. 하지만, 서로 다른 시스템이나 서로 다른 발전소에서 생성되고 수집되는 데이터를 통합해서 분석해야 할 필요가 있다 [3, 5].

이러한 문제를 해결하기 위해, 본 논문에서는 에지-클라우드 기반의 발전소 감시 시스템 구조를 제안한다. 발전소 내에 구축되는 에지 노드는 발전소에서 생성되는 데이터를 실시간으로 처리하고 처리된 데이터를 클라우드로 구축된 서버로 전송한다. 클라우드 서버는 발전소에서 전송되는 데이터를 사용자에게 제공하며, 서로 다른 시스템 및 발전소에서 전달되는 데이터를 통합하여 분석하고 분석한 정보를 기반으로 발전소 내의 에지 노드의 설정 정보 등을 업데이트 한다. 이를 위해, 본 논문에서는 발전소 내에 구축되는 에지 노드의 기능을 정의하고, 기능별로 클라우드 서버와 통신하기 위한 응용 프로토콜을 설계한다. 또한, 클라우드 서버와 에지 노드 사이의 투명한 통신을 위한 인터페이스를 정의한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II 장에서는 에지 노드의 기능을 정의하고, 에지-클라우드 기반 발전소 감시 시스템의 구조에 대해 설명한다. III 장에서는 에지 노드와 클라우드 서버 사이의 통신을 위한 프로토콜 설계하고, 투명한 통신을 위한 인터페이스의 구현에 대해 설명한다. IV 장에서는 결론 및 향후 연구에 대해 기술한다.

### II. 사용 사례 및 시스템 구조

본 논문에서 제안하는 에지-클라우드 기반의 발전소 감시 시스템은 등록, 설정, 이벤트 탐지, 제어의 4가지 사용 사례를 기반으로 한다. 각 사용 사례는 다음과 같은 기능을 수행한다.

- 등록: 클라우드 서버에 에지 노드 및 발전소 감시를 위한 센서 채널들을 등록한다. 클라우드 서버는 등록된 정보를 기반으로 에지 노드와 통신한다.
- 설정: 클라우드 서버는 에지 노드로부터 전달받은 데이터를 분석하거나 사용자의 요구에 따라서 에지 노드 및 에지 노드에서 관리하는 센서들의 설정 정보를 업데이트하도록 요구한다.
- 이벤트 탐지: 에지 노드는 클라우드 서버로부터 전달받은 설정 정보를 기반으로 침입, 화재 등의 이벤트가 발생하는 것을 탐지한다. 이때, 머신러닝 모델을 적용하여 이벤트를 탐지하며, 이벤트 탐지를 위한 머신러닝 모델은 클라우드 서버로부터 전송받아 사용한다. 이벤트가 탐지되는 경우 탐지된 이벤트를 클라우드 서버에 전송한다.
- 제어: 에지 노드는 클라우드 서버의 요청이 있으면 센서 장비들에서 현재 생성되고 있는 데이터를 클라우드 서버로 실시간으로 전달하거나 또는 이전에 생성되어 저장된 데이터 중 클라우드 서버가 요청하는 구간 내에 있는 데이터를 전송한다.

그림 1은 본 논문에서 제안하는 에지-클라우드 기반 발전소 감시 시스템

의 구조를 보여준다.

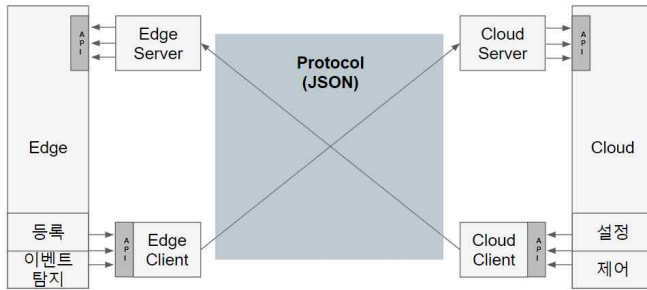


그림 1. 발전소 감시 시스템 구조

클라우드 서버는 에지 노드 등록, 채널 등록, 이벤트 영상 전송 요청을 처리하기 위한 데몬 프로세스가 존재한다. 마찬가지로, 에지 노드는 센서 장비들의 설정을 업데이트 하기 위한 요청과 이벤트 탐지를 위한 머신러닝 모델을 업데이트 하기 위한 요청을 처리하기 위한 데몬 프로세스가 존재한다. 또한, 클라우드 서버와 에지 노드에 요청을 전송하기 위한 클라이언트 모듈이 존재한다. 에지 노드와 클라우드 서버 사이의 통신을 위해 HTTP 기반의 REST 프로토콜을 설계하였다. 클라이언트 모듈은 HTTP URI를 사용하여 요청을 명시하고, HTTP 메소드를 이용하여 CRUD 명령을 전달한다. 이때, 필요한 데이터는 JSON 형태로 보낸다. 제안하는 시스템은 설계된 프로토콜의 변경과 상관없이 에지 노드와 클라우드 서버 사이의 투명한 통신을 위한 응용 프로그램 인터페이스를 제공한다. 통신 프로토콜 및 통신 인터페이스는 III 장에서 자세히 설명한다.

### III. 에지-클라우드 프로토콜 및 통신 인터페이스

에지 노드와 클라우드 서버 사이의 통신은 HTTP 프로토콜을 기반으로 한다. 별도의 통신 인터페이스를 가지지 않은 시스템이 기존의 시스템과 손쉽게 연동할 수 있도록 HTTP 상단에 각 사용 사례별로 JSON 형태의 전송 데이터 포맷을 정의하고, 정의된 데이터 포맷을 이용하여 REST 기반의 서비스 응용 프로토콜을 제공한다. HTTP 기반의 서비스는 기본적으로 요청과 요청에 대한 응답이 하나의 세션을 구성한다. 본 논문에서 제시한 등록, 설정 등의 사용 사례는 요청과 응답으로 이루어진 세션으로 충분히 처리할 수 있지만, 이벤트 전송(PUSH)과 제어 등은 보다 복잡한 통신 시퀀스를 필요로 한다. 이를 위해, 본 논문에서는 복수의 요청 및 응답 세션이 하나의 서비스를 처리하도록 프로토콜을 구성하였다.

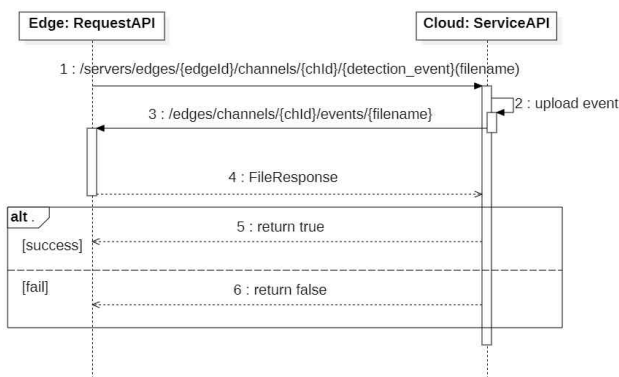


그림 2. 이벤트 영상 전송 시퀀스

예를 들어 에지 노드에서 침입 이벤트가 탐지된 경우, 침입 이벤트에 해당하는 영상을 에지 노드에 저장하고 분석을 위해 클라우드 서버로 전송해야 한다. 이때, 에지 노드는 클라우드 서버에 해당 영상을 직접 PUSH

하지 않고, 영상 PUSH에 대한 요청을 보낸 후에 서버에서 해당 영상을 필요로 하는지에 따라 클라우드 서버가 직접 에지 노드에 영상을 요청하도록 설계하였다. 그림 2는 탐지된 이벤트를 클라우드 서버로 전송하기 위한 시퀀스를 보여준다.

REST 기반의 응용 레벨의 프로토콜을 통해 사용 사례별로 에지 노드와 클라우드 사이에 통신이 가능하지만, 에지 노드 또는 클라우드 서버를 개발하는 개발자의 개발 복잡도를 감소시키기 위해 본 논문에서는 개발자가 사용할 수 있도록 제한한 프로토콜 위에 투명한 통신 인터페이스를 제공한다. 각 인터페이스는 함수 형태로 구현되어 에지 노드에서 호출하는 함수는 클라우드 서버에서 필요로 하는 기능을 수행한 후 에지 노드에서 호출한 함수를 통해 결과를 반환하도록 한다. 마찬가지로 클라우드 서버에서 호출하는 함수는 에지 노드에서 필요로 하는 기능을 수행한 후에 클라우드 서버에서 호출한 함수를 통해 결과를 반환하도록 한다. 이러한 인터페이스를 제공함으로써 향후 프로토콜을 개선하거나 수정해도 에지 노드나 클라우드 서버의 기능을 구현한 코드에 영향을 미치지 않도록 설계하고 구현하였다.

### IV. 결론

본 논문에서는 발전소 감시 시스템을 에지-클라우드 기반의 시스템으로 확장하는 연구를 수행하였다. 에지 노드에서는 실시간 응답을 요구하는 침입, 화재 탐지 등의 역할을 수행하고 에지 노드에서 수집된 정보를 클라우드 서버로 전송하여 분석하고, 분석한 정보를 기반으로 에지 노드의 센서 장비들의 설정을 업데이트 하거나 또는 사용자에게 정보를 제공하는 서비스를 수행할 수 있도록 시스템을 구성하였다. 이를 위해 REST 기반의 응용 서비스 프로토콜을 정의하고, 프로토콜 상단에 투명한 사용자 인터페이스를 제공하였다. 본 논문에서 제안한 시스템이 실용적으로 사용될 수 있다는 것을 보이기 위해, 실제 발전소 감시 시스템에 적용하여 테스트하고 테스트를 기반으로 본 논문의 시스템을 개선할 예정이다.

### ACKNOWLEDGMENT

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2022-0-00817)

### 참고 문헌

- [1] Costello, K. "Gartner Predicts the Future of Cloud and Edge Infrastructure", 2021, (<https://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-predicts-the-future-of-cloud-and-edge-infrastructure>).
- [2] Fielding R. T. "Architectural Styles and the Design of Network-Based Software Architectures." Order No. 9980887, University of California, Irvine, Ann Arbor, 2000.
- [3] Al-Qamash A., Soliman I., Abulibdeh R. and Saleh M., "Cloud, Fog, and Edge Computing: A Software Engineering Perspective," 2018 International Conference on Computer and Applications (ICCA), pp. 276-284, doi: 10.1109/COMAPP.2018.8460443, 2018.
- [4] GaonPlatform, DIAH, BDFS, ROIS, IPCM, AIVA Systems, ([https://www.gaonpf.com/eng/sub03/menu\\_01.html](https://www.gaonpf.com/eng/sub03/menu_01.html)).
- [5] Shi W., Cao J., Zhang Q., Li Y., & Xu L. "Edge computing: Vision and challenges." IEEE internet of things journal, 3(5), 637-646, 2016.