

마이크로서비스 기반 클라우드형 공장 에너지 데이터 관리 시스템 구조 연구

권동우, 지영민
한국전자기술연구원

{dwkwon, ym.ji}@keti.re.kr

A Study on the Architecture of Cloud-type Factory Energy Data Management System based on Microservices

Dongwoo Kwon, Youngmin Ji
Korea Electronics Technology Institute (KETI)

요 약

본 논문은 다중 수용가가 존재하는 클라우드형 공장 에너지 데이터 관리 시스템의 기능, 성능, 보안 요구사항을 정의하고, 이를 만족시키는 마이크로서비스 기반 데이터 관리 시스템 구조를 제안한다. 제안하는 시스템은 데이터 수집 시스템 서비스 컨텍스트와 데이터 엔진 서비스 컨텍스트로 구성되며, 컨테이너 오케스트레이션, 서비스 메시 지원을 통해 실시간 고성능 데이터 처리, 시스템 고가용성 및 자동 장애 복구, 수용가 데이터 보안, 서비스 확장성 등을 지원한다.

I. 서 론

최근 지구온난화 방지를 위한 탄소중립 정책 추진에 따라, 제조 생산 기업들은 공장 에너지 관리 시스템(factory energy management system, FEMS)을 신규로 도입하거나 기존 관리 시스템을 정비하는 등 에너지 흐름과 소비를 적극적으로 감시하여 탄소배출 저감 및 에너지 소비 효율화를 위한 노력을 기울이고 있다. 대부분의 기존 FEMS는 공장 현장 또는 인근 시설 내부에 배치되는 온프레미스(on-premise) 형태로 구축되고 운용되어 왔다.

하지만 이처럼 현장에 배치되는 FEMS 형태는 초기 구축 비용과 지속적으로 발생하는 높은 관리 비용으로 인해 중소규모 공장의 큰 부담으로 작용한다. 또한 초기 구축 이후, 새로운 에너지 관제 및 분석 기능의 요구사항을 충족하기 위한 확장성이 부족하다는 문제점이 있다. 결국 시간이 경과할수록 진보하는 에너지 관리 방법에 대한 기대를 만족시키기 힘들어 점차 구축된 시스템의 활용성이 떨어지는 문제가 발생한다.

본 논문에서는 이러한 문제점들을 극복하기 위해서 중소규모 공장들을 위한 마이크로서비스 기반 클라우드형 FEMS 구조에 관한 연구 내용을 기술한다. 클라우드형 FEMS는 공장 현장에서 계측되는 여러 유형의 데이터를 클라우드 서버로 수집하고, 웹 서비스 형태로 제공되는 확장성 있는 다양한 시각화, 분석 도구들을 수용가에게 제공한다. 특히 이 논문에서는 클라우드 형태로 다중 수용가들의 데이터를 다룰 때 발생할 수 있는 데이터 수집, 처리, 저장, 분석, 보안 등의 사안에 대하여 마이크로서비스 기반 플랫폼 구조 관점에서 논의한다.

II. 본론

수용가별로 현장에서 직접 관리하던 FEMS를 중앙의 클라우드에서 수집하여 일괄적으로 관리하기 위해서는

기존 온프레미스 FEMS와는 다른 새로운 요구사항이 발생한다. 우선 기능적 측면에서 표준 데이터 수집 체계가 필요하며, 공통의 계측 데이터 모델링이 필요하다. 그리고 실시간 분석 체계가 필요하고 수용가별 EMS 서비스 연계 및 관리 사항이 발생한다.

성능적인 측면에서는 수용가 증가에 따른 실시간 대용량 데이터를 처리하기 위해서 고성능 데이터 수집 처리 시스템(data acquisition system, DAS)이 필요하다. 그리고 서비스 품질 보장과 고가용성을 지원하기 위해서 부하 분산 관리, 수평적 확장 지원, 단일 장애점 회피, 자동 장애 복구 등을 지원해야 한다.

보안 요구사항으로는 수용가별 데이터 보안을 위해 현장에서 계측된 데이터를 클라우드 서버로 전송하는 엣지 게이트웨이(edge gateway)와 DAS 구간의 인증 및 외부 트래픽 암호화가 요구된다. 그리고 수용가별 데이터 격리 및 접근제한이 필요하며 내부 서비스 트래픽 또한 암호화가 적용되어야 한다.

이와 같은 클라우드형 FEMS 데이터 관리 요구사항을 만족시키기 위해서 다음 그림 1과 같은 마이크로서비스 기반 FEMS 데이터 관리 시스템을 설계하였다. 데이터 관리 마이크로서비스는 크게 DAS 컨텍스트와 FEMS 데이터 엔진 컨텍스트로 구분되며, DAS는 엣지 게이트웨이로부터 데이터를 수집 후 변환 처리하고, 표준화된 FEMS 태그 체계를 부여하는 등 데이터 수집 및 처리를 담당한다. FEMS 데이터 엔진은 수집된 데이터를 공통의 관리 그룹으로 모델링하고 수집된 계측 데이터를 분석, 가공하며, EMS 서비스에게 데이터를 제공하는 역할을 수행한다. 다음 표 1은 컨텍스트별 주요 마이크로서비스에 대해 기술하고 있다.

FEMS 마이크로서비스 간 연동은 HTTP REST API 등을 이용하여 일대일로 직접 통신하는 능동형 합성(active composition)과 메시지 브로커를 내부 메시지 버스로 사용하여 통신하는 반응형 합성(reactive composition)을 모두 사용한다. 반응형 합성 방식은 DAS Ingress-router에서 고속으로 유입되는 데이터를

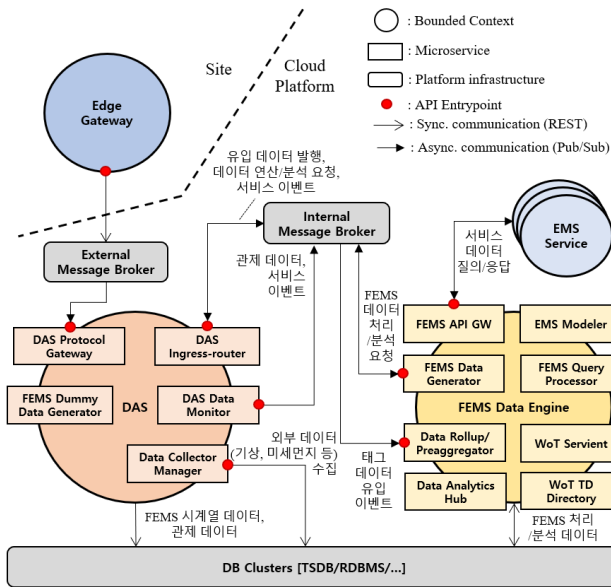


그림 1. 마이크로서비스 기반 FEMS 데이터 관리 구조

Data Monitor 에서 관제하거나, 복잡도가 높은 데이터 처리를 외부 데이터 분석 프로세서에게 위임시키는 용도로 사용된다.

클라우드형 FEMS 의 개별 마이크로서비스는 부하 분산과 고가용성, 자동 장애 복구 등을 지원하기 위해서 컨테이너 형태로 플랫폼에 배포된다. 각 컨테이너는 Kubernetes 와 같은 컨테이너 오케스트레이션 지원을 통해 관리된다. 각 마이크로서비스는 서비스 복제(service replication)를 통해 서비스 부하 분산, 자동 스케일 인/아웃, 장애 복구 등을 지원한다.

시스템 규모에 따라 마이크로서비스가 증가할수록 서비스 연결이 복잡해지면서 서비스 관제가 어려워지고 서비스 간 장애 전파 등의 문제가 가중된다. 이러한 문제를 해결하고 서비스 유지/보수를 용이하게 하기 위해서 클라우드형 FEMS 에 서비스 메시(service

표 1. FEMS 데이터 주요 마이크로서비스 구성

컨텍스트	마이크로 서비스	설 명
DAS	Protocol Gateway	메시지 브로커에서 유입데이터를 구독하여 Ingress-router로 전송, 데이터 소스 프로토콜 변환
	Ingress-Router [1]	FEMS 데이터 수집, 변환, 처리 및 다양한 응용 목적지 서버로 데이터 변환 후 라우팅
	Data Monitor	실시간 유입 데이터에 대한 관제 서비스 제공
	Data Collector	외부 DB 또는 Open API 서비스로부터 데이터 수집 처리 (기상, 공기질 데이터 등)
FEMS Data Engine	FEMS Query Processor	EMS 응용 서비스에 표준화된 FEMS 태그 및 공정 그룹 모델 기반 질의 응답 처리
	EMS Graph Modeler	물리/가상 검침개소 데이터를 그룹화하여 공정데이터 모델생성
	Data Analytics Hub [2]	에너지 데이터 분석 스크립트 관리 및 마이크로서비스 인터페이스를 자동으로 연결하는 데이터 분석 프레임워크
	Data Rollup /Pre-aggregator	장기간의 대용량, 복잡도가 높은 다차원 데이터의 고성능 처리를 위한 사전 축약 및 집계 처리

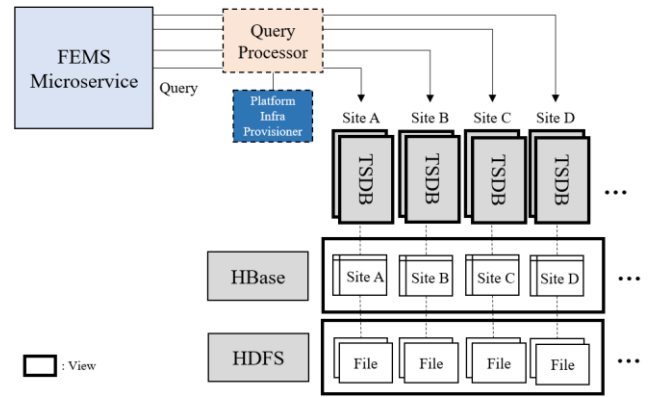


그림 2. 수용가별 데이터 격리(접근제한)

mesh)를 도입하여 적용하였다. 서비스 메시는 각 마이크로서비스 컨테이너 앞 단에 데이터 통신을 대신하는 Proxy 컨테이너를 배치하여 개별 소프트웨어가 아니라 인프라 측면에서 마이크로서비스 관리의 복잡성을 해결한다. 서비스 메시를 적용하면 각 서비스의 모든 통신은 Proxy 를 통하게 되는데 각 서비스의 Proxy 간 통신은 mTLS 을 통해 암호화되므로 모든 마이크로서비스 사이에 보안 통신 채널이 생성된다.

클라우드형 FEMS 에서는 여러 수용가들의 민감한 기업 내부 데이터가 수집되므로 수용가별 데이터 격리 방안이 필요하다. 그림 2 는 클라우드형 FEMS 에 적용된 수용가별 데이터 접근 제한 구조를 나타낸다. 플랫폼에서 대용량 데이터가 저장되는 Hadoop 분산 파일시스템(HDFS)과 HBase 는 공용의 대규모 서버 클러스터 형태를 유지하여 고성능과 고가용성을 보장하고, 실제 FEMS 서비스에 데이터를 제공하는 시계열 데이터베이스(TSDB)는 수용가별 전용의 TSDB 인스턴스를 생성하여 논리적으로 엄격한 접근 제한을 제공한다. 따라서, Query Processor 를 이용한 타 수용가에 대한 데이터 질의가 원천적으로 불가능하다. 즉, 수용가 자신의 데이터만 존재하는 것과 동일한 데이터 뷰를 가지게 된다.

III. 결론

본 논문에서는 마이크로서비스 기반 클라우드형 FEMS 데이터 관리 시스템 구조에 대해 기술하였다. 제안한 시스템은 마이크로서비스 아키텍처, 컨테이너 오케스트레이션, 서비스 메시 기술을 바탕으로 고성능 FEMS 데이터 수집 처리, 부하 분산, 서비스 확장성, 수용가 데이터 보안, 고가용성, 성능 확장, 그리고 마이크로서비스 관리 등에 대한 요구사항을 지원한다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20202020900290).

참 고 문 헌

- [1] D. Kwon, K. Ok, Y. Ji., "IBFRAME: IoT Data Processing Framework for Intelligent Building Management," Proc. IEEE Big Data, Dec. 2019.
- [2] 권동우, 권현정, 지영민, "마이크로서비스 아키텍처 기반 서비스를 위한 데이터 분석 허브 프레임워크", 한국통신학회 하계종합학술발표회, Jun. 2022.