

IIoT 및 Digital Twin 을 활용한 화력발전소 화재 방호시스템을 위한 데이터 분석 프레임워크 설계

송 재 중
한국전자기술연구원
jcsong@keti.re.kr

Design of Data Analysis Framework for Fire Projection System using IIoT and Digital Twin for Thermal Power Plant

Song, Chai Jong
Korea Electronics Technology Institute

요 약

본 논문은 화력발전소의 다양한 시설/장비에 설치된 다양한 환경센서들과 장비/설비에서 발생하는 센서 데이터를 기반으로 작업장별 화재 발생 위험성을 예측하고 화재를 미연에 방지하기 위한 화력발전소 화재 데이터 분석 프레임워크를 설계가 목적이다. 분석 프레임워크는 다양한 환경센서를 취득해서 저장/관리/분석하기 위한 데이터베이스와 분석 모듈을 포함하게 된다. 또한, 다양한 형태의 센서 데이터를 받기 위해서는 센서 데이터를 기술 할 수 있는 센서 Descriptor 와 프로토콜이 정의되어야 한다. 실시간으로 전송되는 센서 데이터를 분석하기 위해서는 시계열 데이터 처리 엔진이 필수적이다. 이러한, 요구사항에 맞게 분석 프레임워크는 복합 센서 데이터와 시설/장비에서 발생하는 다양한 데이터를 취득/저장/관리를 위한 구조로 설계되었고 센서 모듈과의 데이터 송수신을 위한 프로토콜은 REST API 와 AMQP 모두 지원 할 수 있는 방식을 설계하였다.

I. 서 론

현재 화력발전소의 화재 방호시스템은 법적 최소 수준에 맞추어 시공·관리되고 있기 때문에 사후 관리적인 측면과 소방 설비 준수 등과 같은 설비 측면에 초점이 맞추어져 있는 실정이다. 기존에 설치된 소방 감지기들이 대부분 화재 발생 감지를 목적을 설치 및 운영되기 때문에 화재 예방을 위한 설비가 부족하여 발전소에서 화재가 발생하면 막대한 경제적 손실이 불가피하다. 화재 발생의 원인을 사전에 감지하고 선제적으로 대처하기 위해서는 기존의 화재 감지기 뿐만 아니라 화재의 원인을 추정할 수 있는 추가적인 환경센서들과 화력발전소의 설비들을 모니터링하기 위한 다양한 종류의 센서들을 분석하고 화재 발생 위험성을 예측하여 시각적으로 모니터링 할 수 있는 종합적인 화재 방호시스템의 개발이 필요하다.

II. 본론

본 논문에서는 화력발전소 화재 감지 및 설비 센서들을 위한 IIoT(Industrial Internet of Things)과 3 차원 화력발전소 모델링을 통한 시각화된 모니터링을 위한 Digital Twin 기술을 기반으로 종합적인 화재 방호 시스템 개발에 필수적인 센서 데이터 분석을 위한 프레임워크를 설계하는 것이 목적이다.

화력발전소의 주요 설비들은 보일러, 스팀 터빈, 발전기, 옥내/외 저탄장 등으로 구분할 수 있다[1-2]. 이와 같이 다양한 설비들이 존재하지만 특히 중요한 설비는 보일러와 터빈에 핵심 설비에 속한다. 보일러와 터빈은 공통적으로 공기/가스, 스팀, 연료, 냉각수, 윤활유, 유압 오일 등이 순환되는 구조를 가진다. 이러한 순환구조에서 화재와 밀접하게 연관된 것은 윤활유와 유압오일이다. 따라서, 이러한 계통에 대한 센서들의 모니터링이 매우 중요하다. 분석 프레임워크는 그림 1 같은 구조를 가진다. 분석 프레임워크에 접근 및 권한을 관리하기 위한 인증 서버, 프레임워크 관리 및 업데이트를 위한 웹 서버, 사용자의 서비스 요청을 처리하기 위한 REST API 서버, 실시간 데이터 및 분석데이터를 처리하기 위한 대시보드 엔진으로 구성된다. 데이터 분석 엔진은 다양한 데이터 형식을 분석 엔진에 적합한 형식으로 정제하는 정제 모듈과 센서 데이터 처리 및 작업장 별 위험도 예측 엔진으로 구성된다. 서로 다른 특성을 가지는 복합 센서 데이터와 설비/장비 데이터를 통합적으로 관리하고 처리하기 위한 데이터베이스 설계는 사용자와 관리자에 대한 정보를 저장하기 위한 사용자와 디바이스, 시설/장비 등과 같은 관계형 데이터를 처리하기 위해 RDBMS 와 실시간으로 연속적으로 수신되는 복합 센서와 설비/장비 데이터에 대한 빠른 저장과 업데이트를 지원하기 위해 NoSQL

기반으로 빠른 검색과 연관성을 높일 수 있는 구조로 설계하였다.

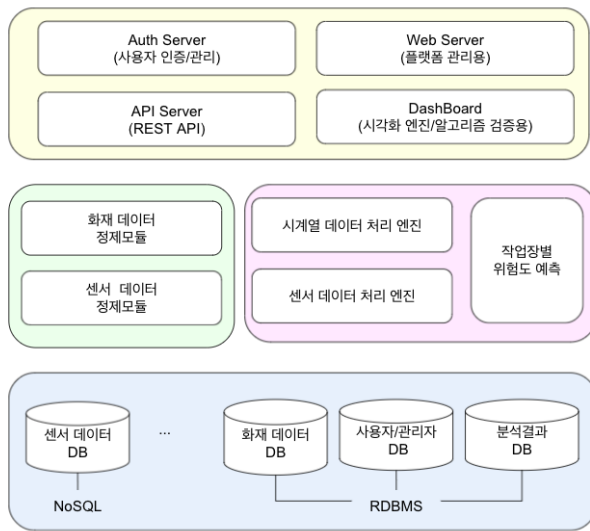


Figure 1 분석 프레임워크 구조도

화력발전소의 설비 및 환경 센서 데이터를 취급하기 위해서는 그림 2 와 같이 화력발전소 센서 데이터 모델을 구성하였다. 하나의 화력발전소는 여러 개의 작업장을 가지고 있으며, 각 작업장은 여러 개의 시설/장비들을 포함하고 있다. 하나의 시설/장비는 여러 개의 센서들을 가지는 구조이다. 그림에서 센서 A~E 는 설비/장비에 포함된 것을 나타내고, F,G 는 작업장에 독립적으로 설치된 센서를 나타낸다. 센서 데이터 모델은 DB 구조를 설계하는데 사용되고 모든 데이터 교환을 위한 기본 구조로 사용된다. 센서 데이터들은 각각 디바이스와 시설/장비 정보를 참조하고 디바이스는 사용자 정보를 참조한다. 이러한 구조를 가짐으로써 다양한 형태의 분석이 가능하도록 설계 되었다.

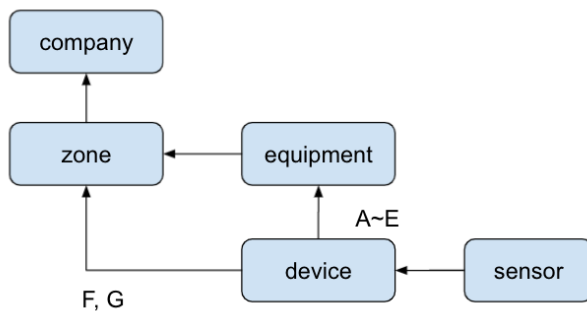


Figure 2 화력발전소 센서 데이터 모델

복합 센서 모듈과 설비 데이터는 실시간으로 연속된 시계열 데이터를 생성되기 때문에 이를 처리하고 분석하기 위한 프레임워크는 실시간 데이터 스트리밍 처리가 가능한 AMQP(Advanced Message Queue Protocol)나 Kafka 같은 스트리밍 처리 엔진을 사용할 수 있다. 화력발전소는 중요한 국가 시설로 분류되기 때문에 독립된 네트워크를 사용하게 된다. 이러한 점을 고려하여 본 논문에서는 AMQP 기반으로

스트리밍 데이터 처리를 할 수 있도록 설계하였다. 실시간 스트리밍 데이터 처리 뿐만 아니라 분석 결과 및 데이터 조회와 같은 요청은 REST API 기반으로 서비스를 제공한다. 그림 3 은 센서 데이터 처리 및 분석을 위한 프레임워크 구성도를 도식한 것이다. 화력발전소의 다양한 설비/장비에서 발생하는 다양한 환경 센서 및 설비 데이터는 미리 정의된 Queue 로 수신이 되고 NoSQL 에 저장이 된다. Queue 관리자는 들어오는 모든 데이터들을 실시간으로 처리하기 위한 다양한 Queue 에 저장하고 해당되는 분석 Task 로 데이터를 전송한다. 분석 Task 는 다시 작업장 별 데이터를 분류하고 해당 데이터들을 기반으로 화재 위험도를 예측하고 그 결과를 해당 작업장 Topic 에 맞도록 publish 한다.

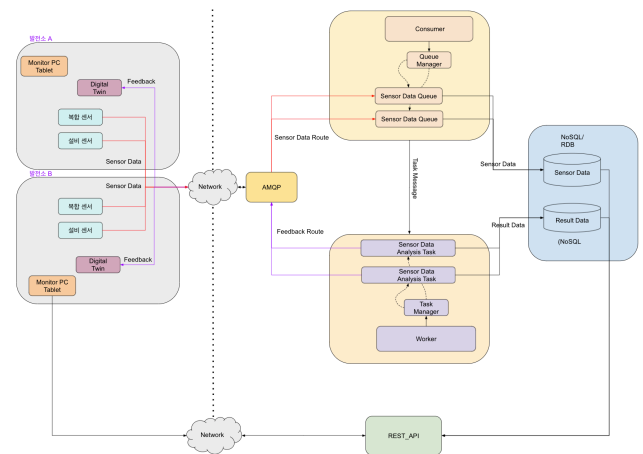


Figure 3 데이터 분석 엔진 구조도

III. 결론

본 논문에서는 IIoT 및 Digital Twin 기반의 화력발전소 종합 화재 방호 시스템을 위한 실시간 데이터 분석 프레임워크를 설계하였다. 분석 프레임워크에서는 실시간 스트리밍 데이터 처리를 위해 AMQP 기반 Message Queue 와 비동기 Task 를 활용하여 데이터 스트림 파이프라인을 형성하고 작업장 별 화재의 위험도를 예측할 수 있는 구조로 설계되었다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 산업통상자원부 및 한국에너지기술평가원의 에너지기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [과제번호 : 20206610100060, 과제명: IIoT 및 Digital Twin 기술을 접목한 시각화된 화력발전소 종합 화재방호시스템 개발]

참고 문헌

- [1] Xiao Wu, Jiong Shen, Yiguo Li, Kwang Y. Lee. " Steam power plant configuration, design, and control", WIREs Energy Environ 2015. doi: 10.1002/wene.161
- [2] 김우현, 문운철, "화력 발전용 드럼 보일러-터빈 시스템의 모델링에 관한 연구", 대한전기학회 하계학술대회, 2011