ISSN 1975-8359 [Print] / ISSN 2287-4364 [Online]
The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers, vol. 71, no. 12, pp. 1903~1908, 2022
https://doi.org/10.5370/KIEE.2022.71.12.1903

Development of System Technology for Safety Management Service based on Life Cycle of High Voltage Electrical Facilities

생애이력 기반 특고압 전기설비 안전관리 서비스를 위한 시스템 기술 개발

Yoon Young An · Sang woo Jung
안윤영†· 정상우*

Abstract

Accidents occurring in high-voltage electrical equipment cause human injury, so the demand for accident prevention and maintenance of electrical equipment is increasing. ICT technology has been introduced to safety management services, which have been mainly managed based on human, and an electrical safety management system is developing to prevent electrical disasters and electrical equipment failures. The personal electric equipment is defined as a power distribution system that receives the electricity with a voltage of 1000 V or more or a receiving capacity of 75kW or more from a utility and uses the electricity at the receiving location such as a building or a factory. This paper describes the implementation of a system to provide safety management services of electrical equipment based on the life cycle, including the installation, inspection, safety management, and disposal of high voltage electrical installations. And it shows the demonstration site to which the development system is applied.

Key Words

High-voltage electrical equipment, IoT, Safety grade, Lifetime evaluation

1. 서 론

ICT(Information and Communication Technologies) 기술이 전력분야에 지속적으로 적용되어 에너지 효율화, 전기설비의 안전관리, 신재생 에너지의 도입 등에 기여하고 있다. 특히, 전기설비의 안전은 인력 기반으로 주로 관리되어 왔으나 최근 들어서 DNA(Data, Network and Artificial Intelligence) 기반의 ICT 기술이 도입되어 전기재해 및 전기설비 고장 예방을 위한 스마트 전기안전관리 서비스가 요구되고 있다. 2020년 3월에 전기안전 관리법이 제정되면서 전기재해 예방을 위한 전기안전 관리체계가 구축되었고, 전기설비의 안전등급 및 검사, 점검 결과 정보공개 등이 포함되어 전기안전 종합정보시스템 구축의 근거가 마련되었다[1].

스마트 전기안전의 목적은 전기설비 사고예방을 통해 인명피해와 비용을 최소화하는 것이다. 생애이력 기반 전기설비 안전관리 시스템은 전기설비의 설치, 운영 및 정비 등의 전주기 관리를 통해 사고예방 및 효율적인 유지보수 관리 서비스를 제공하기 위한 시스템이다. 이 시스템은 IoT(Internet of Things) 기반으로 실시간 전기설비 상태 데이터를 수집할 뿐만 아니라 검사자나 진단자가 입력한 전기설비의 진단, 검사 데이터를 활용하여 전기설비의 안전등급, 수명평가 서비스를 수행하고, 상시 감시를 통해 설비의 안전관리서비스를 수행한다.

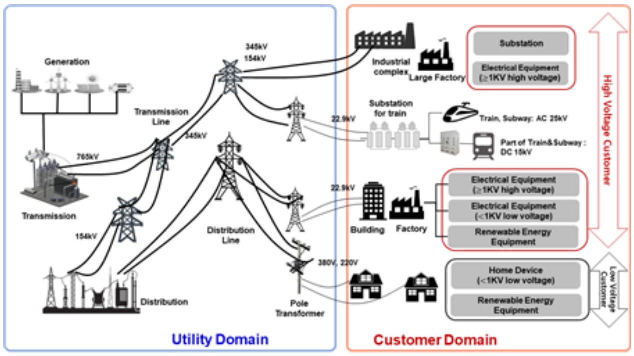

그림 1 전력계통에서의 전기설비 구조
Fig. 1 The caption Architecture of electrical facility in power system

그림 1은 전력계통에서의 전기설비 구조를 간략하게 나타낸다. 그림에서 보는 바와 같이 전기사업자(utility) 도메인의 전기설비는 전기사업자용 전기설비로 분류되고, 수용가(customer)

† Corresponding Author : Electronics and Telecommunications Research Institute, Korea
E-mail:yyahn@etri.re.kr
https://orcid.org/0000-0002-6349-7515
* Electronics and Telecommunications Research Institute, Korea
https://orcid.org/0000-0001-9109-7220
Received: Nov. 21, 2022 **Revised**: Nov. 27, 2022 **Accepted**: Nov. 28, 2022

Copyright ⓒ The Korean Institute of Electrical Engineers
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

도메인에서의 전기설비는 저압인 일반용 전기설비와 저압/고압의 자가용 전기설비로 분류된다[2][3]. 자가용전기설비는 일반용 및 전기사업자용 전기설비 이외의 전기설비를 의미하며, 고압 1000V 이상 또는 수전용량이 75kW 이상인 전력을 타인으로부터 수전하고 수전장소에서 그 전기를 사용하는 전기설비로 정의된다. 자가용 전기설비는 전기안전관리자가 선임되어 설비관리를 수행해야 하며 매년 정기적인 안전검사를 시행해야 한다.

이 논문에서는 7kV 초과의 수배전설비인 특고압 자가용 전기설비를 대상으로 개발된 생애이력 기반 전기설비 안전관리 시스템의 구현 기술에 대해 나타낸다. 개발된 전기안전 관리시스템은 새로운 전기안전 서비스를 위한 알고리즘의 추가가 용이한 유연성을 가지고 있으며, 증가하는 IoT 고객의 수용을 위한 확장성을 가지도록 설계되어 있다.

2. 생애이력기반 전기안전관리 서비스

2.1 개요

전기설비 안전관리 서비스를 제공하기 위해 IoT 기술을 기반으로 데이터를 수집하고, 수집된 데이터를 사용하여 전기설비 원격모니터링, 전기안전등급 서비스, 수명평가 서비스, 수명 예측 서비스 등 다양한 전기안전 서비스를 제공할 수 있다.

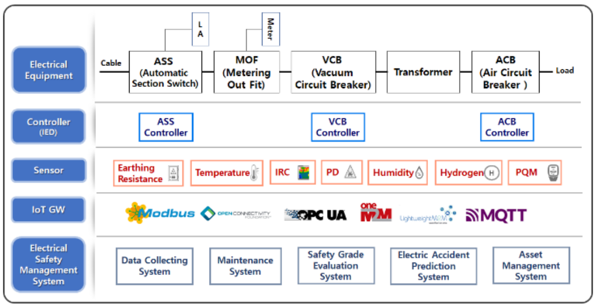

그림 2 전기안전관리 서비스 일반구조
Fig. 2 General architecture for electrical safety services

그림 2에서는 ICT 기술 기반의 전기안전관리 서비스의 일반적인 구조를 나타낸다. 전기안전관리 시스템은 차단기(VCB: Vacuum Circuit Breaker), 자동고장구분개폐기(ASS: Auto Section Switch, 케이블(Cable), 변압기(Transformer), 계기용 변성기(MOF: Metering Out Fit) 등과 같은 전기설비의 안전관리를 위해 전기설비에 연결되어 있는 제어기나 추가로 부착한 센서로부터 데이터를 수집한다. 전기설비의 안전데이터 수집을 위해 설치하는 센서는 온도 센서, 습도 센서, 부분방전(PD: Partial Discharge) 센서, 열화상 카메라, 수소센서, 전력품질 측정장치(PQM: Power Quality Meter) 등이 있다. 일반적으로 해당 센서들은 MODBUS 프로토콜을 지원하므로 IoT 게이트웨이와 연동하여 표준 기반의 IoT 프로토콜로 변환하여 프로파일 형태로 측정 데이터를 전기안전 관리시스템에 전달한다.

IoT 프로토콜은 MQTT(Message Queue Telemetry Transport), OPC-UA(Open Platform Communications- Unified Architecture), OCF(OPEN CONNECTIVITY FOUNDATION), OneM2M, LWM2M(Lightweight Machine to Machine) 등 다양하게 존재하고 사용되지만 IoT 장치와 시스템 간에는 표준화된 동일한 데이터 프로파일이 교환되어야 한다[4][5].

생애이력 기반의 전기설비 안전관리 시스템에서 제공하는 기본적인 서비스는 다음과 같다.

(1) 실시간 원격 모니터링: 자가용 전기설비 관리자에게 설비의 상태 및 검사, 점검 결과 제공

(2) 전기안전등급제: 인력기반의 사용전검사 및 정기검사를 통한 전기설비 별 안전등급 지정, 가중치에 따라 종합전기안전도 수치화, 온라인 데이터를 일부 반영하거나 부가정보로 제공

(3) 수명평가 서비스: 전기설비 별 센서 데이터, 현장진단 데이터, IEC 건전도 지수 등을 기반으로 수명 평가 알고리즘 적용

(4) 수명예측 서비스: 빅데이터 분석 및 AI (Artificial intelligence) 기술을 적용하여 전기설비의 잔존 수명예측을 통한 설비관리 효율화

2.2 생애이력 기반 전기안전관리 시스템 구현

2.2.1 시스템 구조

생애이력 기반 전기설비 안전관리시스템은 전기설비의 설치 후 지속적인 안전등급 관리 및 건전도 평가를 통해 생애이력 기반으로 자가용전기설비 안전관리 서비스를 제공하기 위한 시스템으로 그림 3에 구조를 나타낸다. 고객이 소유하고 있는 자가용전기설비의 상태를 실시간으로 수집하기 위해서 관리대상 전기설비에 센서 모듈을 설치하고, 센싱데이터는 IoT 게이트웨이를 통해 IoT 기반 데이터 프로파일 형태로 변환되어 전기설비 안전관리시스템으로 전달된다.

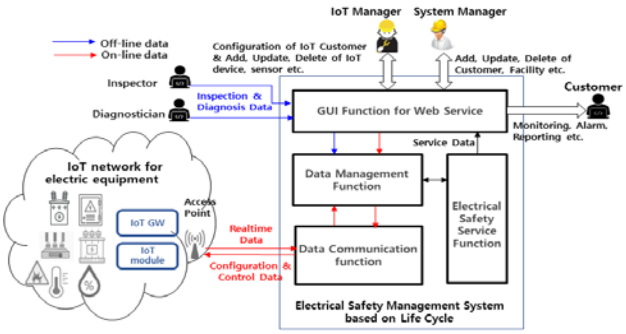

그림 3 생애이력 기반 전기안전관리시스템 구조
Fig. 3 Architecture for electrical safety management system based on life cycle

전기설비 안전관리시스템에서 전기안전 데이터통신 기능블

록은 IoT 게이트웨이를 통해 전기설비의 상태 데이터(On-line 데이터)를 실시간으로 수집하는 기능을 수행하고, 웹서비스 GUI(Graphical user interface) 기능블록은 사용자에게 데이터를 시각화하여 제공하거나 데이터의 입력(Off-Line데이터) 기능을 제공한다. 전기안전 서비스 기능블록은 수집된 데이터를 활용하여 전기설비의 안전등급 및 건전도 알고리즘 등과 같은 서비스 소프트웨어를 탑재하고 있다. 이러한 기능 블럭들은 모두 데이터를 기반으로 기능이 수행되므로 데이터관리 기능블럭에서는 데이터를 저장할 수 있는 데이터베이스를 가지고 있고, 다음과 같은 데이터 입출력 API(Application Programming Interface)를 제공한다.

(1) 실시간 데이터 저장
(2) 전기안전 알고리즘에서 요구하는 데이터 제공
(3) 전기안전 알고리즘 결과 데이터 저장
(4) GUI에서 요구하는 데이터 제공

이와 같이 시스템에서 기능블럭을 분리하고 API를 사용하여 데이터 교환함으로, 새로운 알고리즘이나 웹서비스가 요구될 때 API를 추가하여 시스템을 쉽게 업그레이드할 수 있고, 시스템의 규모에 따라 각 기능블럭을 단독 서버로 구성되거나 여러 기능이 하나의 서버에 구성될 수 있는 확장성을 가지고 있다.

2.2.2 식별체계

생전기안전 관리시스템은 많은 고객의 다양한 전기설비들을 관리해야 하므로 전기설비를 구분할 수 있는 식별자가 필요하다. 특히, 사용자에게 전기설비에 대한 시각화 서비스를 제공하므로 식별자가 장치의 특성을 포함하도록 구성하여 사용자가 인식하기 쉬운 형태로 설정될 필요가 있다. 또한, 전기설비의 설치, 교체, 철거에 따라 식별자를 할당, 갱신, 삭제하여야 하므로, 전기설비의 식별자 구성 및 관리 방법을 포함하고 있는 전기설비 식별체계 표준이 제정되어 있다[6][7].

본 논문의 생애이력 기반 전기안전관리시스템은 표준을 기반으로 식별자를 관리하고 있다. 고객은 전기안전 검사자가 직접 전기설비 검사를 수행하는 일반고객과 상시 전기안전 상태관리를 위해 IoT 고객으로 분류되어 있다. 일반고객이 IoT 설치를 신청하면, IoT 장치를 고객의 전기설비에 설치하고, 시스템에서 IoT 게이트웨이 및 센서장치를 추가 및 설정하면 자동으로 식별자가 할당되고 시스템에서는 IoT 고객으로 분류되어 서비스를 제공한다. 식별자는 고객정보, 장치정보, 설치위치(장치)로 구성되어 있고, 정보의 분리는 ‘_’를 사용한다. 이해를 돕기 위해 표 1에 식별자 예시를 나타내고 있다.

표 1 식별자 할당 예시(고객번호:00000000)

Table 1 Example of identifier allocation

식별자	설명
00000000_IoTG_Ocub	큐비클 외부벽에 설치되어 있는 IoT 게이트웨이
00000000_IRC_ICAB	인입케이블의 온도를 감시하는 열화상카메라
00000000_PDC_ICAB	인입케이블의 부분방전을 측정하는 장치
00000000_IRC_OfTR	유입변압기의 온도를 감시하는 열화상카메라
00000000_PDC_OfTR	유입변압기의 부분방전을 측정하는 장치
00000000_PQM_OfTR	유입변압기의 전력품질을 측정하는 장치
00000000_RES_GND	접지 저항을 측정하는 센서
00000000_RLY_VCB	고압측 차단기(VCB)용 계전기

2.2.3 데이터 프로파일

새로운 전기안전 서비스는 실시간 데이터를 기반으로 이루어지므로 데이터를 분류 관리하고 필요한 데이터를 빠르게 가져오는 것은 매우 중요하다. 이를 위해 프로파일을 기반으로 데이터를 수집하는 IoT 프로토콜을 사용한다. 기존의 모드버스와 같은 프로토콜은 제조사마다 제공하는 데이터 형태가 다르고 단일 데이터 단위로 정보를 가져오기 때문에 데이터를 수집관리하기가 어렵다. 따라서, 전기설비 안전관리 시스템은 데이터 프로파일을 기반으로 개발되어야 한다.

전기설비 안전관리 시스템에서 주요 안전관리 설비는 인입케이블, 변압기, 차단기와 접지이다. 인입케이블과 변압기는 발열 및 부분방전에 대한 상태관리를 위해 열화상 카메라와 부분방전 측정장치를 설치하여 실시간으로 데이터를 수집하고 경고 처리를 수행한다. 또한, 변압기는 전력품질측정 장치를 2차측에 설치하여 고조파 발생에 대한 안전관리를 수행한다. 차단기의 상태는 계전기로부터 데이터를 받아서 상태 모니터링을 수행하고, 접지는 접지저항 센서를 설치하여 접지상태를 관리한다.

표 2 전기설비 안전관리 데이터

Table 2 Data for safety management of electrical Facilities

정보유형	대상물	데이터
고객정보	가입자	고객번호, 이름 주소, 전화번호, 관리자명, 이메일 등
장치정보	전기설비/센서/진단장치	식별자, 장치명, 제조사, 모델번호, 시리얼번호, HW/SW 버전, 설치일, 제조일, 기준수명 등
	IoT GW	네트워크 정보, 전원정보, 오류코드, 시동시간 등
상태정보	계전기	상별 전압/전류, 선간 전압/전류, 유효/무효전력, 유효/무효전력량, 상별 전압/전류고조파 등
	접지저항	접지저항, 전류, 센서상태, 업데이트 주기, 알람 상한선/하한선 등
	전력품질	상별 전압/전류, 선간 전압/전류, 유효/무효전력, 유효/무효전력량, 역률, 전압/전류 위상각, 전압/전류고조파 등
	부분방전	부분방전 데이터, 알람 등
	열화상	(변압기)1차측/2차측 상별 온도, (케이블) 상별 온도, 범위내 최고 온도, 알람, 열화상이미지 등

전기설비의 상태 데이터를 수집 관리하기 위해서는 데이터 프로파일을 정의하고, 이를 TTA(Telecommunications Technology Association) 단체 표준으로 제정하였다[8]. 데이터 프로파일은 아래와 같이 고객정보, 장치정보, 상태정보로 분류할 수 있다.

(1) 고객정보: 전기안전 서비스 가입시 입력되는 데이터
(2) 장치정보: 전기안전 서비스 대상이 되는 전기설비 및 전기안전 데이터 수집을 위해 설치되는 센서 및 측정장치의 설정 정보
(3) 상태정보: 전기설비의 제어기, 센서 및 측정장치로부터 실시간 수집되는 전기안전 데이터

고객정보와 장치정보는 이력 데이터이고, 상태정보는 실시간으로 수집되는 시계열 데이터 형태로서 빠른 처리가 필요하므로 분류하여 관리해야 한다.

2.3 시각화서비스

전기설비 안전관리 시스템에서는 사용자의 편의성을 위해 시각화 서비스를 제공하고 있다. 시각화 서비스는 시스템에서 제공하는 서비스를 효율적으로 나타내면서 사용자 요구사항을 반영하여야 하므로 전기안전서비스를 사용하거나 제공하는 이해관계자를 도출하고 이해관계자의 요구사항을 도출하여 GUI의 기능을 정의해야 한다. 표 3에 전기안전 웹서비스 사용자를 분류하고 웹서비스 제공을 위한 GUI 기능을 정의한다.

표 3에 나타낸 바와 같이 전기설비 안전관리 시스템을 사용하는 이해관계자는 전체 시스템을 통합 관리하는 시스템관리자, 자가용전기설비를 소유하고 설비의 상태 모니터링 서비스를 제공받는 고객, 온/오프라인 데이터를 생성하고 관리하는 IoT 관리자, 전기안전 검사자 및 진단자로 구분할 수 있다.

표 3 전기안전 웹서비스 사용자 및 기능

Table 3 User category of web server for electrical safety

분류		사용자	GUI 기능
통합 관리		시스템 관리자	- 온라인 및 오프라인 정보, 고객정보 및 전기설비 정보를 통합관리 제어하는 기능을 위한 GUI 제공 - 모든 고객 정보를 관리할 수 있는 GUI 제공
모니터링		고객	- 자가용 전기설비의 상태 모니터링 GUI 제공 - 안전관리자 상시점검 입력
데이터관리	온라인	IoT 관리자	- IoT 게이트웨이 및 전기안전 센서/제어기를 추가/삭제 관리하고 온라인 데이터를 수집, 관리, 모니터링할 수 있는 GUI 제공
	오프라인	검사자	- 전기설비 검사 데이터를 입력할 수 있는 GUI 제공
		진단자	- 전기설비 진단 데이터를 입력할 수 있는 GUI 제공

시스템 관리자는 고객 정보, 전기설비 정보, IoT 장치, 센서 정보, 실시간 수집 정보(온라인), 설비 검사 및 진단 입력정보(오프라인)를 통합 관리하고, 사용자의 접속권한을 제어하고, 시스템의 상태를 관리한다. 고객은 자가용 전기설비 소유자 및 관리자를 모두 포함하며, 설비의 상태를 실시간으로 모니터링 할 수 있고, 안전등급 및 수명평가 서비스 결과를 모니터링할 수 있으며, 전기안전관리자의 직무에 관한 고시에서 요구되는 설비 안전관리 이력 서비스를 제공받을 수 있다. IoT 관리자는 일반고객 전기설비에 IoT 장치를 설치하여 전기설치 상태관리 서비스를 받을 수 있는 IoT 고객으로 변경할 때 실제 설비에 설치된 IoT 장치 및 센서를 추가, 변경, 삭제하고, 식별자를 관리하며, 경고 발생 시 실시간 전기안전 데이터를 분석하여 조치하는 기능을 수행한다. 검사자는 자가용전기설비의 검사를 수행하며, 검사항목에 대한 결과를 GUI를 통해 입력하고 전기안전등급 알고리즘 결과를 확인한다. 진단자는 고객의 요청에 의해 전기설비 상태를 고신뢰성 진단기기에 의해 측정하고 분석하여 GUI를 통해 결과를 입력한다.

3. 실증 사이트

생애이력 전기안전관리 시스템에서 IoTivity와 MQTT 프로토콜을 적용하여 전기설비의 실시간 데이터를 수집하고, 수집된 데이터를 활용하여 설비 모니터링, 안전등급, 건전도, 통신 오류 알람 및 전기안전 알람 서비스를 확인하고, 문제 발생시 실시간 데이터를 분석할 수 있는 기능을 검증하기 위해 실증사이트를 구축하였다. 실증사이트 구성은 테스트베드용 수배전설비와 4개의 실증 수배전설비에 시스템이 적용되어 테스트를 진행하였으며, 이를 그림 4에 나타낸다.

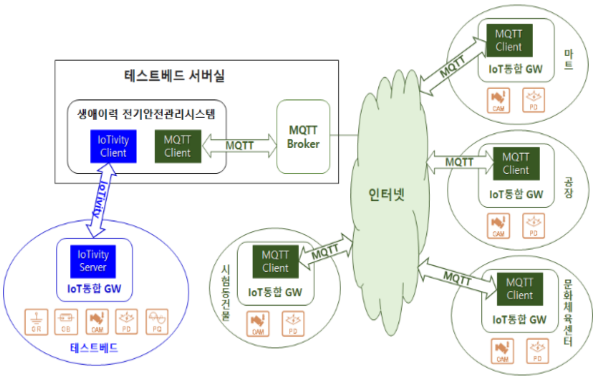

그림 4 실증사이트 구성

Fig. 4 Configuration of demonstrations

테스트베드는 시험용 수배전설비이며, 3상 380V를 22.9kV로 승압하여 특고압설비를 구성하였고, 실증사이트는 건물의 용도 및 설비의 용량, 설치 연한 등을 고려하여 다양하게 선정하였다. 테스트베드 설비는 OCF의 IoTivity를 사용하였고, 실증사이트는 MQTT 프로토콜을 적용하여 데이터를 수집하였다. 수

배전설비에서 안전관리가 필요한 주요설비인 인입케이블, 변압기의 상태와 설비의 접지상태에 대한 데이터를 수집 관리한다. 이를 위해 설치한 센서와 설비 제어기를 표 4에 나타낸다.

표 4 수배전설비에 설치된 센서 및 설비제어기

Table 4 Sensor and controller of electrical equipment

센서/제어기	대상설비
열화상카메라	인입케이블, 변압기
PD센서	인입케이블, 변압기
접지저항센서	접지
PQM장치	변압기
계전기	VCB

자가용전기설비를 가지고 있는 모든 고객은 전기안전공사에 등록되어 매년 안전 점검을 받아야 한다. 생애이력 전기안전관리시스템은 이러한 고객의 정보와 설비정보를 등록하여 관리하고, 실시간 설비 안전관리를 위해 IoT 장치를 설치할 경우 IoT 고객으로 분류하여 관리한다. 일반 고객을 IoT 고객으로 변환하는 과정은 다음과 같다.

(1) 일반고객 설비의 설치 상태를 사전 점검하여 관리할 설비와 설치할 센서를 선정

(2) 설치 기사는 IoT 게이트웨이, 센서장치를 설치하고, IoT 관리자는 그림 5(a)에 나타낸 웹을 통해 IoT 게이트웨이와 센서 장치의 정보를 입력

(3) IoT 관리자는 시스템과 IoT 게이트웨이 간의 정보 동기화를 수행하고, 센서로부터 수신한 데이터를 확인

(a) IoT 설정관리(IoT GW 및 센서 추가/삭제/업데이트)

(b) IoT 상태관리(실시간 데이터 분석)

그림 5 IoT 관리자 GUI

Fig. 5 GUI for IoT manager

(4) IoT 고객은 그림 6에서 보는 바와 같이 상시적으로 설비의 전기안전 데이터 모니터링

(5) IoT 관리자는 전기설비의 경고 발생시 그림 5(b)에서 보는 바와 같이 실시간 데이터 그래프를 활용하여 상태 분석

그림 6 고객(자가용설비 소유자)용 실시간감시 GUI

Fig. 6 Real-time monitoring GUI for customer

4. 결 론

본 논문은 특고압 전기설비의 설치, 검사, 안전관리, 폐기 등 생애주기 기반으로 전기설비 안전관리 시스템의 구현 전반에 대해 기술하였다. 이 시스템은 특고압의 자가용 전기설비를 소유하고 있는 고객 등록부터 설비의 검사 및 진단에 대한 결과를 제공하고 상시 설비 관리를 위한 IoT 고객 관리 및 실시간 전기안전 데이터를 관리한다. 또한, 검사자의 육안 판단에 의한 오프라인 데이터를 기반으로 안전등급을 결정하고, 설비별로 정해져 있는 내구연한으로 설비의 수명을 평가하는 전기안전 서비스를 제공하고 있다.

전기안전관리 시스템은 2종의 IoT 프로토콜(IoTivity, MQTT)을 적용하였고, 새로운 IoT 프로토콜(예, OPC-UA, LWM2M 등)을 추가하기 용이한 구조도 개발되었다. 또한, 데이터 관리 블록 중심으로 API를 통해 다른 기능 블럭들과 데이터를 교환하도록 설계되어 새로운 서비스를 추가할 때 API만 패치하는 방식을 적용하므로 서비스 확장성을 가지며, 표준 데이터프로파일을 기반으로 데이터관리를 수행하므로 대용량 실시간 데이터 관리가 가능하다. 이와 같은 데이터 관리 방식은 전기안전서비스 알고리즘에 AI 기법 적용을 용이하게 한다.

개발 시스템은 5개의 사이트에서 실증을 통해 실시간 전기안전 데이터를 수집하고 있으며, 이를 활용한 AI 기반 전기안전 서비스 알고리즘에 대한 연구가 진행 중이다. 전기안전 사고에 대한 데이터가 부족하고, 실시간 전기안전 데이터도 아직 충분하지 않아 다양한 AI 기법이 적용되지는 못한 상황이다. 생애이력 기반의 전기안전관리 시스템은 추후 상용화를 통해 국내 특고압전기설비에 대해 설치, 검사, 폐기에 대한 상시 안전관리 서비스를 제공할 것이며, AI 기반의 전기안전 알고리즘도 추후 탑재할 계획이다.

Acknowledgements

본 연구는 산업기술평가원 에너지기술개발사업 “생애이력 관리를 통한 전기설비 안전관리기술 개발”의 일환으로 수행하였음. (과제번호 20202910100030)

References

[1] Ministry of Trade, Industry and Energy, “Enforcement Rules of Electrical Safety Management Low,” Apr. 2021.

[2] Hyunjoo Kang, “A Study on the Identification Scheme and Management Method of High Voltage Electric Installation Based on IoT Platform,” KIEE vol. 68, no. 10, pp. 1275-1282, 2019.

[3] Yoon Young An, “Electrical Safety Management System for High Voltage Equipment - Part 1: General Requirements and Reference Model,” TTAK.KO -10.1154-Part 1, 2019.

[4] Murilo Silveira Rocha, “Performance Comparison Between OPC UA and MQTT for Data Exchange,” Workshop on Metrology for Industry 4.0 and IoT, pp. 16-18, April 2018.

[5] Biswajeeban Mishra, “The Use of MQTT in M2M and IoT Systems: A Survey,” IEEE Access, vol. 8, pp. 201071-201086, 2020.

[6] IoTF, “Identification Scheme for High Voltage Electrical Installation - Part 1: Identification Scheme Requirements,” IoTFS-0140-R1, 2018.

[7] IoTF, "Identification Scheme for High Voltage Electrical Installation - Part 2: Electrical Equipment and Sensor Device Identification Scheme," IoTFS-0156, 2018.

[8] TTA, “Safety Management System based on Life Cycle of High Voltage Electrical Facilities - Part 2: Data Model,” TTAK.KO-10.1365-Part2, 2022.

저자소개

안윤영 (Yoon Young An)

1991년 2월 경북대학교 전자공학과 학사
1993년 2월 경북대학교 전자공학과 석사
2006년 8월 경북대학교 전자공학과 박사
1993년 3월 ~ 현재: ETRI 표준연구본부 책임연구원
(관심분야)
– ICT 기반 전기안전 기술 분야
– 스마트그리드/마이크로그리드 기술 분야
BEMS/FEMS 기술 분야

정상우 (SangWoo Jung)

2018년 2월 목원대학교 컴퓨터공학과 학사
2021년 8월 충남대학교 컴퓨터공학과 석사
2021년 9월 ~ 현재:
– 충남대학교 컴퓨터공학과 박사과정
– ETRI 표준연구본부 위촉연구원
(관심분야)
– ICT 기반 전기안전 기술 분야
– 스마트그리드/마이크로그리드 기술 분야
IIoT 센서 네트워크 기술 분야