

IoT 기반의 배전설비 고장 감지 및 예지 시스템 설계에 관한 연구

김홍근, 이명배, 조용윤, 박장우, 신창선*

순천대학교 정보통신공학과

e-mail : {khg_david, lmb, yycho, jwpark, csshin}@sunchon.ac.kr

A Study on Design for Incipient Failure Detection and Prediction System of Electric Supply Equipments Based on IoT

Hong-Geun Kim, Myeong-Bae Lee, Yong-Yun Cho, Jang-Woo Park and Chang-Sun Shin*
Dept. of Information and Communication Engineering, Sunchon National University

요약

최근, ICT/IoT 기술과의 융합은 다양한 산업분야에 적용되고 있으며, 안정적인 전력공급 및 지능형전력망 구축에 대해 다양한 연구가 이루어지고 있다. 특히, 수요라인과 직접적으로 연관된 배전계통의 효율적인 운영 및 배전설비의 유지/관리 기술에 대한 연구에 많은 연구를 수행하고 있다. 본 논문에서는 다양한 배전설비에 대한 환경정보를 IoT 센서를 통해 수집함으로써 실시간으로 정전상황을 불러올 수 있는 기자재의 고장감지 및 예측을 위한 시스템 모델을 제안한다. 제안하는 시스템 모델은 실시간으로 수집되는 정보들에 대해 시계열 기반의 필터링 및 이상점 판단을 위한 성분 분석을 실시하고, 고장진단 및 예측을 위해 기계학습 기반의 데이터 분석실시하여 기자재들의 고장감지 및 고장 발생 여부를 예측한다.

1. 서론

현재 국내는 세계 수준의 전력 서비스 품질을 유지하고 있으나 전력공급에 대한 무정전 및 신뢰성 향상을 위한 수요자의 요구가 높아지고 있다. 이러한 전력계통 중 수요라인과 직접적으로 연관된 배전계통의 배전설비들은 매우 중요한 기자재들로, 정전의 근원적인 예방 및 고장감지를 위한 시스템은 아직 부족한 실정이다 [1, 2].

최근 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 기존의 전력망에 ICT/IoT 기술을 적용한 전력인프라 구축의 일환으로 실시간으로 전기사용 및 전력계통의 정보를 주고 받는 스마트 그리드에 대한 다양한 시범사업과 연구가 시도되고 있다. 그 중 ICT 융합 기술을 이용하여 제공되는 핵심 기술 중 센서, 정보보호, AMI 미들웨어, 전력관리 등이 유망 분야로 선정되어 지능형 전력망 구축을 위한 다양한 연구가 진행되고 있다 [3].

하지만 기존에 갖추어진 시스템들은 배전설비의 고장에 대해 선제적인 조치가 어렵고, 배전선로의 이상상황 발생 직후 복구하는 형태이다. 이는 신뢰성을 유지해야 하는 시스템 및 환경의 예외 상황에 대한 능동적 대처가 어렵다는 단점을 가지고 있다 [4, 5].

본 논문에서는 배전설비에 설치될 수 있는 IoT 기반의 센서를 통해 수집되는 다양한 정보들을 실시간으로 분석 및 예측함으로써, 현재 배전설비들이 정전

될 수 있는 근원적인 문제를 예측하고, 고장을 즉각 감지하기 위한 시스템 모델을 제안한다.

2. 관련연구

본 논문에서는 기존에 설치되어 있는 전력망에 ICT/IoT 기술이 접목되어 수집되는 정보들을 활용하는 일종의 스마트 그리드의 지능형전령망 계통으로 전력계통에서 수용가에 직접적인 영향을 주는 배전설비의 불량 기자재를 감지 및 예측하는 시스템이다.

이러한 배전설비의 고장원인은 보수불량, 외물접촉, 자연현상, 설비불량, 고의 및 과실, 진동 오동작, 타사고파급, 원인불명 등으로 분석된다. 또한, 동일한 기자재들의 경우에도 설치 환경 및 불량률에 따라 상이하게 결함이 발생될 수 있다 [5].

본 시스템에서 불량 기자재 감지 및 예측을 위한 데이터 수집 및 분석 방안에 대해 분석하고자 한다.

2.1 데이터 수집을 위한 빅데이터

다양하고 방대한 규모의 데이터를 처리하고, 사용자의 요구사항에 맞춰 고품질의 서비스를 제공하기 위해 Volume, Velocity, Variety 등의 조건 등을 충족해야 한다. 이를 통해 현재의 환경과 과거의 환경에 대한 대규모 데이터를 비교 분석할 수 있는 환경을 구축하게 됨으로써 다양한 서비스의 기반 기술로 활용

* Corresponding Author

될 수 있다. 이러한 빅데이터를 활용하여 효율적인 데이터 분석을 수행하기 위해 전체에 해당되는 DB 및 일반적인 규칙과 현장 전문가들에 의해 축적된 규칙인 Rule-DB로 구축하여 실시간으로 통계적인 데이터 처리 및 신뢰성 있는 데이터 분석을 위한 빅데이터 시스템 구축이 가능하다 [6].

2.2 데이터 분석을 통해 고장진단 및 예측을 위한 기계학습

IoT 기술이 활발히 융합됨에 따라 센서 데이터를 중심으로 다양한 분석 기법을 도입하고 있다. 이에 따른 배전설비의 기자재별 감시 센서 및 검출항목에 대한 분석이 선수되어야 한다. 또한, 실시간으로 수집되는 센싱 정보에 대한 시계열 데이터 처리 방안을 모색해야 한다.

이러한 IoT 센싱 정보인 시계열 데이터들의 Trend, Seasonal 성분 등을 제거한 후 Residual 데이터의 분석을 통해 White Noise 이외의 이상점들을 판단하기 위해서 필터링 및 기계학습 알고리즘들을 활용하게 된다 [7, 8].

3. 배전설비 고장 감지 및 예측 시스템 모델

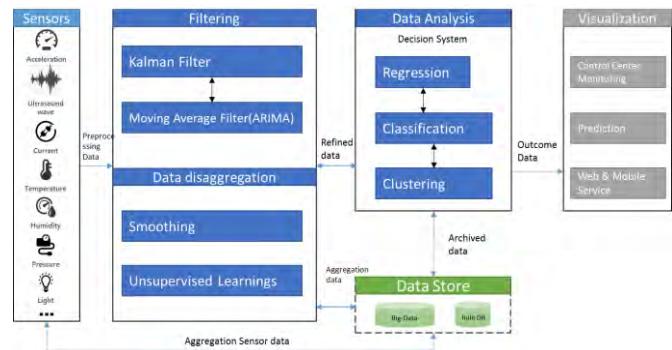
본 연구에서 제안하는 시스템 모델은 IoT 센싱 데이터를 중심으로 배전설비의 고장감지 및 예측을 수행해야 하기에 각 배전설비별 센서 검출항목을 정리해야 한다.

(표 1) 배전설비별 감시 센서 검출항목

종류	적용센서	검출항목
전주	가속도	도파, 외부충격, 휀, 무단승주
주상기기류	가속도, 온도	고장, 절연손상, 과부하, 열화여부
전선	온도, 전류, 초음파	접속부 온도, 중성선 전류, 외물근접
애자류	가속도, 소리	절연손상, 섬락고장, 초음파
지중구조물	빛, 소리, 초음파, 온도	맨홀(무단침입, 침수량)
지상변압기	가속도, 자기장, 온도	충격, 고장, 접속부과열, 2 차 무전압
지상개폐기	가속도, 온도	외부충격, 내부고장
지중케이블	가속도, 온도	케이블 변형, 접속부 발열
환경	대기환경	화재 및 대기오염도(맨홀, 도심환경)

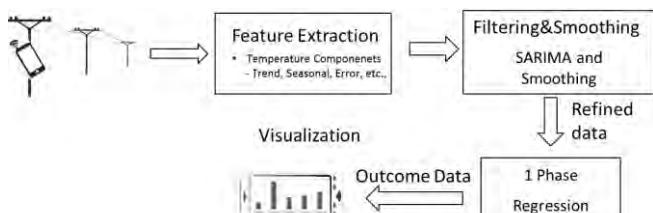
표 1 은 각 배전설비별 고장 진단 및 예측을 위한 요소들을 검출항목별로 정의하였고, 이를 위해 적용될 수 있는 IoT 센서목록을 적용하였다. 각 기자재별 검출항목에 대해 적용되는 센서를 활용하여 데이터 분석을 실시하게 된다.

본 논문에서 제안하는 IoT 기반의 배전설비 고장 감지 및 예측 시스템 모델의 구조는 다음과 같다.



(그림 1) 데이터 분석 시스템 모델

그림 1에서 IoT 센서들로부터 수집되는 센싱 데이터들의 분석을 위해 Filtering 및 Data disaggregation 을 수행하여 Big-data 및 Rule 기반의 DB 를 거쳐 유효정보를 추출/가공할 수 있는 기계학습 및 상관관계 분석을 통해 배전계통의 기자재에 대해 실시간 이상점을 판단 분석하여 정보를 제공하는 구조이다. 이상점 판단 및 이상점에 대한 고장진단/예측을 위해 각 기자재별 검출항목에 대한 비정상 데이터의 분석을 위해 기존의 배전설비 고장 데이터 샘플과의 비교분석을 수행하거나 샘플이 부족할 경우 비지도학습의 분포 추출기법을 활용하여 판단하게 된다.



(그림 2) 시스템 모델 기반의 고장감지 절차

그림 2에서는 IoT 센서를 통해 수집되는 센싱 데이터를 통해 특성을 추출(추세선, 계절성, 잡음 등)하고, Filtering 및 Smoothing 을 수행하여 앞으로의 상황을 판단할 수 있는 기준 모델을 생성하고, Regression 및 Classification 등의 2 단계를 통한 상태 예측을 수행하여 사용자에게 알려주는 프로세스를 가진다.

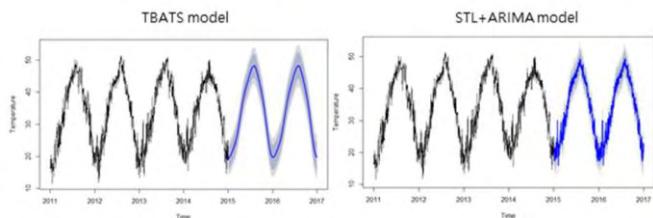
4. 결과

본 연구에 사용된 자료는 지상변압기의 온도에 대한 측정을 가정한 후 실제 2011년 1월부터 2015년 12월 까지의 1 시간 간격의 온도 데이터(출처: 기상청)에 Random 값을 더하여 생성된 데이터를 활용하였다.

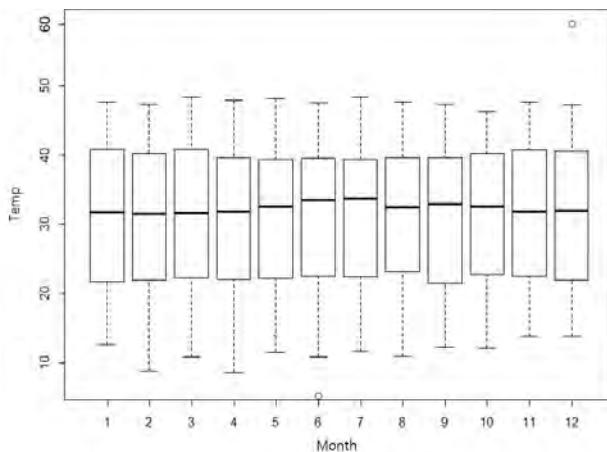
시계열 예측을 위해 주기성, 비선형성 등을 해결하기 위해 다양한 모델들이 활용되고 있으며, 본 연구에서는 이를 해결하기 위해 STL(Seasonal decomposition of Time series by Loess)+ARIMA(AutoRegressive Integrated Moving Average) 및 TBATS (Trigonometric Box-cox ARMA Trend Seasonal) model[9]을 각각 적용하여 2년 동안의 상태를 예측하였다.

그림 3은 이를 활용한 실제 데이터 모형 및 예측 결과이다. 예측 정확도를 판단하는 MPAE(Mean Absolute

Percentage Error)의 결과 STL+ARIMA model 은 5.1872, TBTS model 은 5.1681로 TBTS model 이 더 나은 결과를 얻을 수 있음을 알 수 있었다.



(그림 3) 시계열 예측 모형의 적용 결과



(그림 4) TBATS model 의 1, 3 사분위수를 통한 이상점 탐지 결과

그림 4 는 시계열 데이터를 12 개월 단위로 정리하고, 2015 년도 데이터에 2 가지의 임의값을 입력하여 Boxplot 을 작성한 결과이다. TBATS model 의 Boxplot 을 통해 얻어진 값을 중 6 월과 12 월에 6 도와 60 도를 출력하는 이상점들이 판단되는 것을 알 수 있다.

5. 결론 및 향후 연구

본 연구에서는 배전설비의 효율적인 유지관리를 위해 IoT 센서노드 기반의 센싱정보에 대한 데이터 분석을 통해 기자재의 고장진단 및 예측할 있는 시스템을 설계하였다. 검출항목별 데이터 분석을 위해 빅데이터 기반의 데이터를 Filtering 및 Data Disaggregation 과정을 거치고, 기계학습을 수행함으로써 현재 상황판단 및 앞으로의 고장 사항 예측하여 정보를 표현할 수 있다. 실제 시계열 분석을 위한 다양한 기법이 존재하지만 실제 데이터가 아닌 기상청의 데이터를 통해 예측 분석해본 결과 검증결과와 같이 진행할 수 있다는 것을 알 수 있었다.

향후 실제 IoT 센서를 통해 얻어지는 데이터를 활용하여 다양한 배전설비들의 검출항목에 따른 각 요소별 상관관계 및 인과관계를 분석하고, 배전설비별 센서 및 검출 항목들에 대한 세부 분석을 통해 실험적으로 사용된 2 가지 모델을 보다 개선할 수 있는 모델링을 수행하고, Visualization 할 수 있는 응용 어플리케이션

개발 및 시스템 모델의 완성도를 높이기 위한 연구를 진행할 것이다.

감사의 글

“본 결과물은 한국전력 전력연구원의 IoT 기반 정보이용환경 모델(분석/예측/제공) 개발연구의 지원을 받아 작성된 논문임.”

참고문헌

- [1] 정변훈 외 3 인. 2012. “최근 배전기가재 고장유형 분석 및 예방진단 방안”, 한국전력공사
- [2] “배전설비 고장분석 및 예방대책”, 한국전력공사
- [3] 유성민. 2014. “스마트그리드 동향 및 정책추진 방안에 관한 연구” (주)KT 융합기술원
- [4] “IEEE Guide for Diagnostics and Failure Investigation of Power Circuit Breaker”, IEEE Std C 37.10 – 1995.
- [5] 김재철. 2009. “기후인자를 고려한 배전계통 설비의 시변 고장률 추정”, 숭실대학교
- [6] 전성해. 2015. “통계적 텍스트 마이닝을 이용한 빅데이터 전처리” 청주대학교
- [7] 구원용. 2016. “데이터 마이닝의 이해 및 기계 설비 분야의 활용” (주)이마이닝 대표
- [8] 이승철 외 2 인. 2015. “기계학습을 이용한 이상진단 기술에 관련된 이슈” 울산과학기술대학교
- [9] De Livera, A.M., Hyndman, R.J., & Snyder, R. D. (2011), “Forecasting time series with complex seasonal patterns using exponential smoothing”, *Journal of the American Statistical Association*, **106**(496), 1513-1527.