

## 보일러 튜브 누설 검출 및 실시간 감시 시스템

최민기<sup>0\*</sup>, 김재영<sup>\*</sup>, 정인규<sup>\*</sup>, 김영훈<sup>\*</sup>, 김유현<sup>\*</sup>, 김종면(교신저자)<sup>\*\*</sup>

<sup>0\*</sup>울산대학교 전기전자컴퓨터공학과

<sup>\*\*</sup>울산대학교 IT융합학부

e-mail: jmkim07@ulsan.ac.kr<sup>\*\*</sup>

## Leak Detection and Real-time Monitoring System for Boiler Tube

Min-Gi Choi<sup>0\*</sup>, Jae-Young Kim<sup>\*</sup>, In-kyu Jeong<sup>\*</sup>, Young-Hun Kim<sup>\*</sup>, Yu-Hyun Kim<sup>\*</sup>, Jong-Myon Kim<sup>\*\*</sup>

<sup>0\*</sup>Dept. of Electrical and Computer Engineering, University of Ulsan

<sup>\*\*</sup>School of IT Convergence, University of Ulsan

### ● 요약 ●

본 논문에서는 다수의 음향방출 센서로부터 취득한 원 데이터를 관리하고 보일러 튜브에 대한 상태를 실시간으로 진단하고 모니터링을 할 수 있는 네트워크 기반의 보일러 튜브 모니터링 시스템을 제안한다. 본 시스템을 화력발전소 보일러 튜브에 설치한다면 보일러의 불시정지를 예방하는데 효과적일 것으로 기대된다.

**키워드:** 보일러 튜브(Boiler Tube), 상태 진단(Condition Diagnosis), 실시간 모니터링(Real-time Monitoring), 음향방출(Acoustic emission), 딥 인공신경망(Deep Neural Network)

### I. 서 론

최근 화력발전용 보일러는 대형화로 인해 전력생산 효율이 증가하고 있지만 오랜 기간 사용으로 노후화된 보일러 튜브의 고장은 발전소의 발전정지로 이어져 막대한 경제적 손실과 사회적 비용이 발생한다[1]. 현재 대형 화력발전소에서는 대부분 압력 및 유량계를 이용한 보일러 튜브 누설 감지 시스템을 사용하고 있으며, 일부 발전소에서 음향방출 및 음향센서를 이용한 보일러 튜브 누설 감지 시스템을 사용하고 있지만 누설 감지를 위해 신호처리 분석과 같은 전문지식이 필요한 복잡한 분석과정이 요구되며, 임계치기반의 알람 기능만 구현되어 있어 환경변화에 따른 적응적 누설 검출이 어렵다[2-7].

본 논문에서는 다수의 음향방출 센서로부터 취득한 원 데이터(raw data)를 체계적으로 관리하고 딥 인공신경망(deep neural network)을 이용하여 보일러 튜브에 대한 상태를 실시간으로 진단할 수 있는 서버와 시간과 장소의 제약을 받지 않고 실시간으로 감시할 수 있는 클라이언트로 구성된 네트워크 기반의 보일러 튜브 누설 감시 시스템을 제안한다.

장치로부터 수집된 원 데이터(음향방출 신호)를 DB에 저장하고 특징

추출 및 딥 인공신경망(deep neural network)을 통해 진단하는 서버와 DB에 저장된 신호와 진단결과를 실시간으로 감시할 수 있는 클라이언트로 나눌 수 있다.

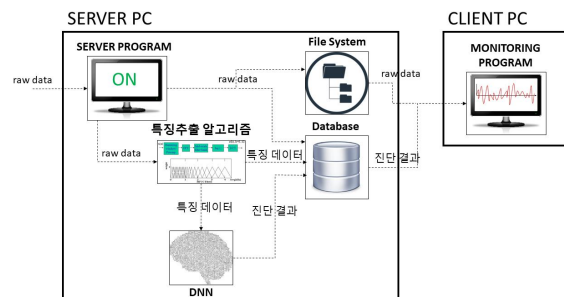


Fig. 1. System architecture

### II. 제안 방법

본 논문에서는 보일러 튜브 누설 진단 및 실시간 감시 시스템을 제안한다. Fig 1은 시스템의 구성도를 보인 것으로 데이터 수집

#### 1. 서버

서버는 서버 프로그램과 파일시스템, 데이터베이스와 특징추출 알고리즘 그리고 딥 인공신경망으로 구성되어 있다. 데이터 수집 장치로부터 받은 음향방출 신호를 파일로 저장하고, 저장된 파일

경로를 수집된 시간정보와 함께 데이터베이스에 저장한다. 특징 추출 알고리즘을 이용하여 원 신호로부터 진단에 유용한 특징들을 추출한다. 추출된 특징은 데이터베이스에 저장되고 저장된 특징들은 딥 인공신경망 알고리즘을 통해 학습된다. 실시간으로 수집된 원 신호의 특징들을 학습된 인공신경망 모델에 입력하여 진단 결과를 도출한다. 도출된 진단 결과는 데이터베이스에 저장된다.

## 2. 클라이언트

클라이언트는 서버로부터 원 신호, 특징 및 진단 결과를 전송받아 화면에 출력한다. Fig 2는 서버 프로그램의 실행화면을 보인 것으로 데이터 수집 장치와 연결하는 부분, 데이터베이스를 관리하는 부분, 데이터 수집 장치의 정보와 진단 결과, 수집된 데이터를 확인하는 부분으로 구성되어 있다.

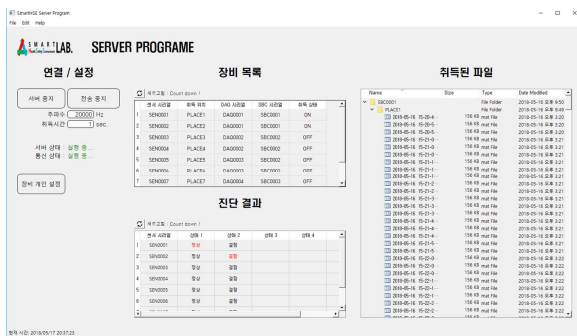


Fig. 2. Server program

Fig 3는 클라이언트 프로그램에서 채널을 선택하면 출력되는 화면으로 해당 채널에서 취득중인 원 신호와 주파수 도메인을 확인할 수 있다.

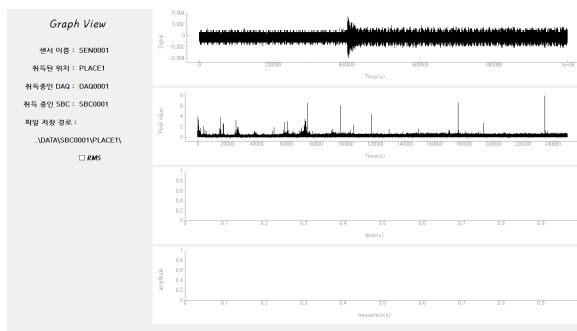


Fig. 3. Client program

## III. 결 론

본 논문에서는 음향방출 센서를 이용하여 서버와 클라이언트로 구성된 네트워크 기반의 보일러 튜브 누설 감시 시스템을 제안하였다. 본 시스템을 화력발전소 보일러 튜브에 설치한다면 보일러의 불시정지를 예방하는데 효과적일 것으로 기대된다.

## ACKNOWLEDGMENTS

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제임(No. 20161120100350). 또한, 이 논문은 2016년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지역산업 선도인력양성사업 성과임(No. NRF-2016H1D5A1910564)

## REFERENCES

- [1] Sang-Guk Lee, "Leak Detection and Evaluation for Power Plant Boiler Tubes Using Acoustic Emission," Journal of the Korean Society for Nondestructive Testing, Vol. 24, No. 1, pp. 45-51, 2004.
- [2] 김종면, 김재영, "설비 상태 진단 방법 및 장치", 특허등록 제 10-1818394호, 2018년 1월 8일.
- [3] 김종면, 김재영, "기계 결합 진단 방법 및 장치", 특허등록 제 10-1797402호, 2017년 11월 7일.
- [4] 김종면, 김재영, "확률밀도 기반의 고장 진단 방법 및 장치", 특허등록 제10-1797400호, 2017년 11월 7일.
- [5] 김종면, 김재영, "기계 고장 진단 방법", 특허등록 제 10-1808390호, 2017년 12월 6일.
- [6] 김종면, 김재영, "기계 상태 모니터링 장치 및 방법", 특허등록 제10-1745805호, 2017년 6월 2일.
- [7] 김종면, 김재영, "기계의 잔여수명 예측 방법 및 장치", 특허등록 제10-1808461호, 2017년 12월 6일.