

유전알고리즘과 서포트 벡터 머신을 이용한 보일러 튜브 누설 감지 방법

김영훈[○], 김재영*, 정인규*, 김유현*, 김종면(교신저자)**

[○]*울산대학교 전기전자컴퓨터공학전공

**울산대학교 IT융합학부

e-mail: jmkim07@ulsan.ac.kr**

A Method of Detecting Boiler Tube Leakage using a Genetic Algorithm and Support Vector Machines

Young-Hun Kim[○], Jae-Young Kim*, In-kyu Jeong*, Yu-Hyun Kim*, Jong-Myon Kim**

[○]*Dept. of Electrical and Computer Engineering, University of Ulsan

**School of IT Convergence, University of Ulsan

● 요약 ●

화력발전소의 중요 구성품인 보일러 튜브의 예기치 못한 누설 사고로 인해 수억원에 해당하는 손실이 발생하고 있다. 본 논문에서는 보일러 튜브의 누설 감지를 위해 유전 알고리즘을 이용하여 추출 가능한 특징들 중 누수 감지에 유용한 특징들을 선택하고, 선택된 특징으로 서포트 벡터 머신을 이용하여 보일러 튜브의 누설 감지하는 방법을 제안한다. 이는 뛰어난 성능을 보였으며, 향후 본 기술을 이용하면 발전소의 손실 예방에 크게 도움이 될 것으로 기대된다.

키워드: 보일러 튜브(Boiler Tube), 유전 알고리즘(Genetic Algorithm), 서포트 벡터 머신(Support Vector Machine), 튜브 누설(Tube Leakage)

I. 서론

기술 발전에 의해 화력발전소는 대형화가 진행되고 있으며 향후 더욱 확대될 전망이다. 이러한 화력발전소의 중요 구성품인 보일러의 내부에는 연소열을 고온·고압의 스팀으로 변환하기 위한 열교환 튜브가 배치되어 있다. 예기치 못한 보일러 튜브 누설 발생 시 1일당 수억원에 해당하는 손실이 발생하며 이러한 보일러 튜브 누설 사고는 국내 화력발전소에서 연간 수십 회 이상 발생하고 있다[1]. 따라서 보일러 튜브의 누설을 감지하는 것은 필수요소이다. 보일러 튜브 누설 감지 방법 중 하나인 음향방출방법은 동적검사로 구조물이 응력을 받고 있는 상태에서 결함의 성장에 따른 구조물의 반응을 측정할 수 있다[1].

기존의 음향방출 신호를 이용한 고장 진단 방법[2-7] 중 특징 차원 축소 알고리즘으로 주로 사용되는 PCA(Principle Component Analysis)는 모든 특징들을 고려하여 주성분을 추출하는 알고리즘이다. 그러나 PCA는 모든 특징들을 고려하기 때문에 주성분 추출에 불필요한 특징들도 포함될 수 있다.

본 논문에서는 음향방출 센서를 통해 수집된 데이터를 사용하여 분류에 유용한 특징들을 선택하는 유전알고리즘 기반의 특징선택 방법과 서포트 벡터 머신을 적용하여 보일러 튜브의 누설을 감지하는 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구에 대해

설명하고, 3장에서는 제안 방법 및 결과에 대해 설명한다. 마지막으로 4장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

II. 제안 방법

본 논문에서는 보일러 튜브의 누설을 감지하기 위해 유전 알고리즘 기반의 특징 선택 방법과 서포트 벡터 머신을 통해 정상과 누설 신호를 분류하는 방법을 제안한다. 정상 및 누설에 대한 음향방출 신호를 취득하기 위해 보일러 튜브에 총 4개의 인공 핀홀을 생성하고 이를 통해 인위적인 누설을 발생시켰다. 각 핀홀의 직경은 0.6mm, 1mm, 2mm이다.

먼저 핀홀 위치별 핀홀 크기별로 누설을 발생시켜 정상과 누설에 대한 음향방출 신호를 취득하였다. 취득된 데이터로부터 기존에 사용되는 음향방출 특징 22가지를 추출하기 때문에, 4개의 각 센서로부터 총 88가지의 특징들을 추출하였다. 모든 특징들이 보일러 튜브의 누설을 검출하는데 유용한 정보들을 포함하는 것이 아니기 때문에 유전 알고리즘을 통해 누설 감지에 유용한 특징들을 선택하였다. 유전 알고리즘의 목적함수로 특징 조합들의 유용성을 평가하는 클래스 간의 변별성과 클래스내의 밀도를 고려하는 함수를 사용하였다. Fig 1은 유전 알고리즘과 주성분 분석(PCA) 방법을 비교한 결과를

보여준다. Fig. 1에 보듯이 유전 알고리즘 기반 특징 선택 방법이 분류에 더 용이한 특징들을 선택하는 것을 알 수 있다.

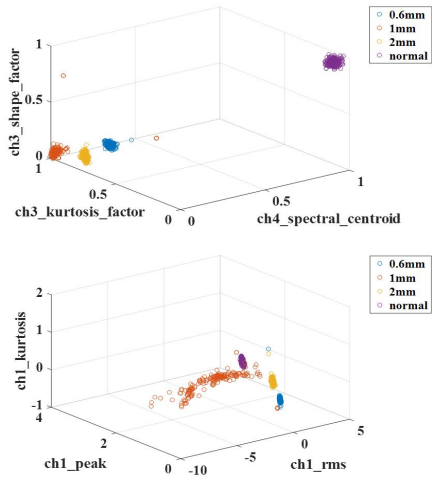


Fig. 1. 유전 알고리즘(위)과 PCA(아래)의 결과 비교

Table 1은 유전 알고리즘과 PCA로 선택된 특징들을 서포트 벡터 머신(SVM)에 입력으로 사용한 결과를 보여준다. Table 1에서 보듯이 유전알고리즘을 통해 선택된 특징들을 SVM의 입력으로 사용한 결과가 PCA와 SVM을 사용한 결과보다 더 우수한 분류 성능을 보여 준다.

Table 1. 서포트 벡터 머신 성능

출 신호	음향방출	
	유전 알고리즘	PCA
핀홀 1	100%	99.5%
핀홀 2	98.5%	97.5%
핀홀 3	99.5%	99.5%
핀홀 4	100%	99.5%
핀홀 1, 3	100%	99%

III. 결 론

본 논문에서는 보일러 튜브의 누설 감지를 위해 유전 알고리즘과 서포트 벡터 머신을 이용하였다. 유전 알고리즘의 결과 PCA보다 더 나은 성능을 보였으며, 이를 이용한 서포트 벡터 머신의 결과는 100%에 근접된 성능을 도출했다. 향후 본 기술을 이용하여 발전소의 손실 예방에 크게 도움될 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGEMENT

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

20161120100350), 또한 . 과학기술정보통신부와 정보통신산업진흥원의 지역SW융합제품 상용화 지원사업 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. S0702-18-1045)

REFERENCES

- [1] S. B. Lee, S. M. Roh, "Developing an Early Leakage Detection System for Thermal Power Plant Boiler Tubes by Using Acoustic Emission Technology," Journal of the Korean Society for Nondestructive Testing, Vol. 36, No. 3, pp. 181-187, 2005.
- [2] 김종면, 김재영, “설비 상태 진단 방법 및 장치”, 특허등록 제 10-1818394호, 2018년 1월 8일.
- [3] 김종면, 김재영, “기계 결함 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.