

음향방출 기술을 이용한 상수도 배관 누수검출 알고리즘

정창홍^{0*}, 정인규^{*}, 김종면(교신저자)^{**}

^{0*}울산대학교 전기전자컴퓨터공학과

^{**}울산대학교 IT융합학부

e-mail: jmkim07@ulsan.ac.kr^{**}

Water Pipeline Leak Detection using Acoustic Emission Techniques

Changhong Jeong^{0*}, Inkyu Jeong^{*}, Jong-Myon Kim^{**}

^{0*}Dept. of Electrical and Computer Engineering, University of Ulsan

^{**}School of IT Convergence, University of Ulsan

● 요약 ●

상수도배관에 누수발생시 주변의 다른 주요 기반시설들에 피해를 줄 수 있어 상수도배관의 누수감지 시스템 개발이 필요하다. 본 논문에서는 상수도배관의 누수감지를 위해 음향방출 센서와 기계학습 알고리즘을 적용한 누수검출 알고리즘을 제안하였으며 모의실험결과 누수 전/후의 상태를 100% 검출하였다.

키워드: 배관 (Pipeline), 음향방출(Acoustic Emission), 누수감지 (Leak Detection)

I. 서 론

지하에는 상수도, 가스관과 같은 사회의 중요한 기반시설이 매설되어 있으며, 이들 배관에서 누수 발생 시 막대한 사회적 경제적 손실이 발생할 수 있다[1]. 특히 지하에 매설된 상수도 배관에서 발생하는 누수의 경우 육안으로 확인이 어려운 문제점이 있다. 따라서 상수도 배관의 누수 존재 유무 및 누수 위치를 탐지하기 위한 다양한 센서 개발 및 누수 신호 처리기법이 개발되어 왔다[2].

최근 음향방출 센서는 미세결합 검출을 위해 다양한 분야에서 사용되고 있으며 인공지능 등의 분류알고리즘과 함께 적용되고 있다.[3] 본 논문에서는 상수도배관의 누수검출을 위해 음향방출 센서 및 기계학습 알고리즘을 사용한 상수도배관 누수검출 알고리즘을 제안한다.

II. 실험환경

Fig 1은 상수도 배관 누수검출을 위해 사용된 실험 테스트베드를 보여준다. 실험 테스트베드는 탱크, 펌프, 1인치 파이프라인 및 센서 등으로 구성되어있다. 사용한 센서는 압력, 온도, 유량 및 음향방출 센서로 압력, 온도, 유량센서는 시편배관 밖의 입구와 출구에 위치한다. 음향방출 센서는 시편배관의 양쪽 끝에 부착되어 있다. 시편배관은 2M이며 배관의 중앙에 2mm 구멍을 가공하였다. 가공된 구멍에는 솔레노이드 밸브를 연결하여 아두이노(Arduino)를 통해 개폐할 수

있도록 구성하였다. 본 논문에서는 음향방출 데이터를 이용한 누설 감지 알고리즘을 개발하였다.

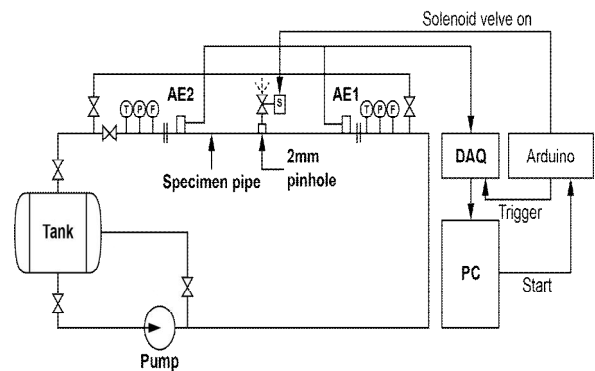


Fig. 1. 상수도 배관망 누수검출 시험장치

III. 제안방법

Fig 2는 상수도 배관 누수 검출 알고리즘의 개요도를 보여준다.

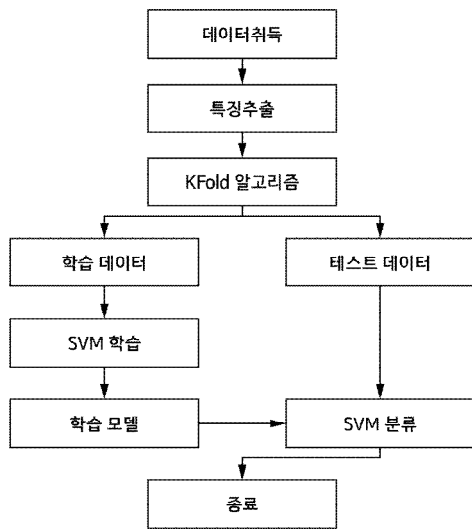


Fig. 2. 상수도 배관 누수 검출 알고리즘

1. 데이터 취득

음향방출 센서는 하나의 채널 당 1M의 샘플링 주파수로 누수 전 정상상태 신호와 누수상태 신호를 각각 110초씩 취득한다. 취득된 신호는 1초 간격으로 나누어 총 220개의 데이터 샘플을 생성한다.

2. 특징추출

취득된 데이터는 시간 및 주파수 영역의 21가지 특징으로 변환된다. 대표적 특징으로 peak, rms, kurtosis, spectral centroid 등을 포함하고 있다.

3. K-Fold 교차검증 알고리즘

K-Fold 교차검증알고리즘은 미리 취득된 데이터를 균등한 K개의 그룹으로 나누며 각 그룹은 학습 및 테스트 데이터 세트로 구성되어 있다. 본 논문에서는 총 10개의 학습 및 테스트 데이터 세트를 생성하였으며 각 데이터 세트는 학습데이터 22개, 테스트 데이터 198개로 구성되어 있다.

4. SVM 알고리즘

SVM(Support Vector Machine) 알고리즘은 기계학습 분야 중 하나로 패턴 인식 및 자료 분석을 위한 지도 학습 모델이며 주로 분류와 회귀 분석을 위해 사용된다. 본 논문에서 SVM 알고리즘의 적용을 위해 정상상태 및 누수상태의 각 11개 데이터(총 22개의 학습 데이터)를 이용하여 SVM 학습을 수행하였으며 나머지 198개(정상 99개, 과공 99개)의 테스트 데이터를 이용하여 SVM 분류에 적용했다.

III. 실험결과

Table 1은 검출결과에 대한 혼동행렬(Confusion matrix)을 보여 준다. 제안하는 알고리즘은 모든 경우에서 정상 및 누수상태를 100% 검출할 수 있는 것을 알 수 있다.

Table 1. 진단결과에 대한 혼동행렬

		Ch1	
		정상	누수
정상	정상	990	0
	누수	0	990
		Ch2	
		정상	누수
정상	정상	990	0
	누수	0	990

IV. 결론

본 논문에서는 상수도배관의 누수검출을 위해 음향방출 센서로부터 데이터를 취득하고 21가지의 시간 및 주파수 영역의 특징을 추출하였다. 추출된 데이터는 K-Fold 알고리즘을 적용하여 10개의 서로 다른 데이터 세트를 구성하였고 SVM의 학습 및 분류를 위해 사용하였다. SVM 분류결과 모든 데이터 세트에서 100%로 상수도배관의 누수상태를 검출할 수 있었다.

ACKNOWLEDGEMENT

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제임(No. 20172510102130, 20162220100050). 또한, 본 연구는 2016년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업이며(No. 2016R1D1A3B03931927), 중소벤처기업부와 한국산업기술진흥원의 “지역특화산업육성사업(R&D P0003086)”으로 수행된 연구결과임.

REFERENCES

- [1] Y.-S. Lee "Analysis on Signal Properties due to Concurrent Leaks at Two Points in Water Supply Pipelines," J. of Korean Society for Nondestructive Testing, Vol. 35, No. 1, pp. 31-38, 2015.
- [2] M.-R. Lee, J.-H. Lee "A study on Acoustic Emission Technique for Pipeline Leak Detection" Conference of KSME, Vol. 2, No. 1, pp. 284-289, 1999.