

# 상호상관함수를 이용한 지하매설배관 누설탐지기법에 관한 연구

## A Study on Leak Detection Technique of Buried Pipes by using Cross-Correlation Function

윤두병† · 박진호\* · 최영철\* · 신성환\*

Doo-Byung Yoon, Jin-Ho Park, Young-Chul Choi and Sung-Hwan Shin

### 1. 서 론

최근 발전소 및 플랜트의 장기간 운전에 따라, 초기 건설 시 지하에 매설된 소화수관, 용수관 및 외부로부터 유입된 송유관 등에서 장기간의 부식으로 인하여 누설되는 경우가 자주 발생하고 있어, 경제적인 손실 및 환경오염 문제가 유발되고 있다. 미국 전력연구원(Electric Power Research Institute)은 2007년 5월에 열린 워크숍에서 매설배관의 관리문제와 관련한 의제를 도출한 바 있으며, 매설배관 건설성 그룹을 만들고 매설배관 누설을 평가하는 기술 개발에 대한 지원을 계획하고 있다. 현재 국내 연구소 및 대학에서 지하매설배관 누설을 탐지하기 위한 기법을 연구하고 있으나, 아직까지 상용화단계까지는 연구개발이 수행되지 못하였으며, 국내에서는 상호상관함수기법을 이용한 외산장비가 주로 상수도 매설배관의 누설탐지에 활용되고 있다. 그러나 발전소와 같이 매설배관 주변에 진동 및 소음을 발생시키는 기기들이 분포되어 있는 경우에는 주변잡음에 의해 상호상관함수 및 분석결과가 영향을 받을 우려가 있다.

본 연구에서는 현재 상수도 배관의 누설탐지를 위해 주로 사용되는 상호상관함수를 이용한 누설탐지기법을 발전소 현장에 적용할 경우 발생할 수 있는 문제점을 알아보고, 이러한 문제점을 개선하기 위한 방안에 대한 연구를 수행하고자 하며, 간단한 실험을 통하여 제안된 방법의 타당성을 확인해보고자 한다.

† 교신저자; 한국원자력연구원  
E-mail : yoondb@kaeri.re.kr  
Tel: 042-868-8909, Fax: 042-868-8313  
\* 한국원자력연구원

### 2. 기본 이론 및 시뮬레이션

지하매설배관의 누설을 탐지하기 위해서는 일반적으로 Figure 1과 같이 누설이 추정되는 배관의 양단(지하점검구나 소화전 등)에 가속도계를 설치한 후, 누설지점으로부터 양단으로 전파되는 신호를 계측하고, 이에 대한 상호상관함수를 분석하여 누설위치를 추정하는 방법이 활용된다<sup>(1,2)</sup>.

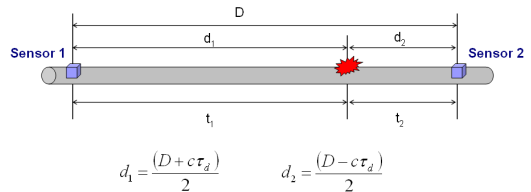


Figure 1 Schematic of wave propagation due to leakage of a buried pipe

이때 상호상관함수는 식 (1)과 같이 표현되며,  $\tau_d$ 는 누설신호의 도달시간차( $t_1 - t_2$ )를 나타낸다<sup>(3)</sup>.

$$C_{12} = E[x_1(t)x_2(t + \tau_d)] \quad (1)$$

누설이 발생하는 경우 상호상관함수를 구하면  $\tau_d$ 에 해당하는 시간지연(위치)에서 피크가 발생하므로 이 정보를 이용하여 누설위치를 추정할 수 있다.

상호상관함수를 이용하는 방법의 장점은 우선 사용되는 신호처리기법이 매우 단순하다는 점이며, 또한 Figure 2 (b)에서 볼 수 있듯이 다수의 누설위치가 존재하는 경우에도, 각각의 누설신호간의 상관성이 없다면, 각 누설위치를 구분하여 판별할 수 있다는 점이다.

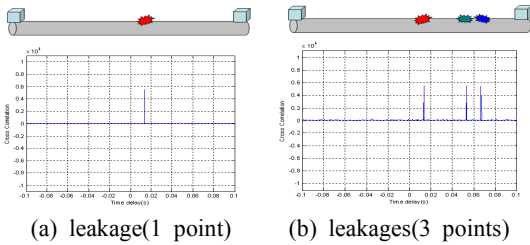


Figure 2 Simulation for multi-points leak detection using cross-correlation function

반면에 계측된 신호에 전기잡음이 존재하는 경우나, 다른 회전기기 등의 작동에 의한 기계적인 잡음이 존재하면 Figure 3 (b), (c), (d)와 같이 잡음에 의해 발생하는 성분들이 추가적으로 발생하므로 누설위치 추정이 용이하지 않다는 단점이 있다.

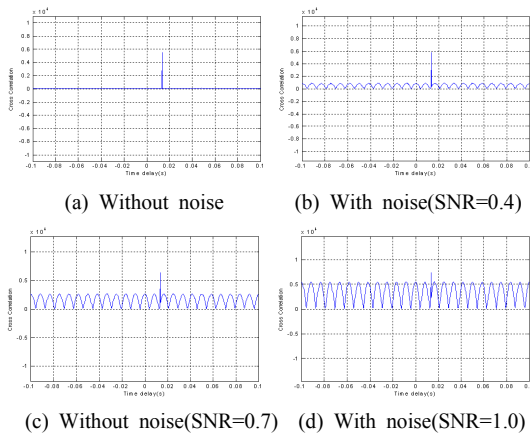


Figure 3 Effects of background noise on the measurement of cross-correlation function

### 3. 실험 및 결과 분석

Figure 4는 발전소에서 수행한 누설 모의실험의 센서 설치위치를 나타내고 있으며, 인위적인 누설이 발생하는 상황에서 누설 위치 양단에 가속도계를 설치하고, 신호를 계측한 후 이에 대한 상호상관함수를 계산하였다.

Figure 5 (a)에서는 계측된 신호에 전기잡음 및 기계적인 잡음이 존재함에 따라 누설위치 추정이 용이하지 않음을 알 수 있다. 따라서 주기적인 잡음 성분을 제거하기 위하여 계측된 신호를 주파수영역으로 변환한 후 주기적인 잡음성분을 제거하는 방법

을 사용하였다. Figure 5 (b)를 관찰해보면 잡음 성분을 제거함에 따라서 누설추정 위치가 실제 누설위치에 더 근접함을 확인할 수 있다.

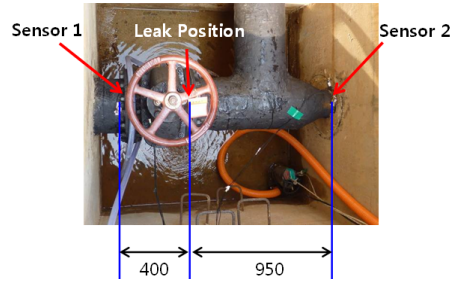


Figure 4 Leak detection experiment of a buried pipe

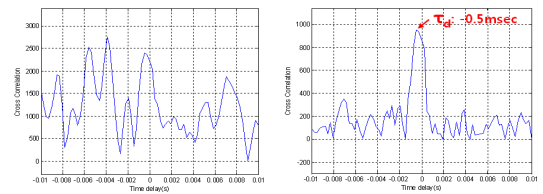


Figure 5 Result for leak detection experiment of the buried pipe

Figure 5 Result for leak detection experiment of the buried pipe

### 4. 결론

상호상관함수기법을 이용한 발전소 매설 배관의 누설탐지 타당성을 알아보기 위하여 시뮬레이션을 수행하여 상호상관함수기법의 장단점을 분석하였다. 또한 발전소에서의 누설 모의실험을 통하여 주기적인 잡음성분을 제거함으로써 누설위치 추정의 정확성을 향상시킬 수 있음을 확인하였다.

### 참고문헌

- (1) H. V. Fuchs, "Ten Years of Experience with Leak Detection by Acoustic Signal Analysis," Applied Acoustics, Vol. 33, pp. 1~19, 1991.
- (2) 이영섭, 윤동진, 백광현, "지하매설 배관의 누수지점 탐지를 위한 음향학적 해석 및 신호처리," 한국음향학회논문집 제23권 1호, pp. 225~230, 2004.
- (3) J. S. Bendat and A. G. Piersol, Random Data, Wiley, 1986.