

기기 누설방향 추정성능 개선을 위한 반사파제거 방법에 관한 연구

A Study on Method for Removing Reflected Wave to Enhance the Leak Detection Capability of Microphone Sensors

윤두병† · 박진호* · 김현진* · 이정환** · 손기성***

D.-B. Yoon, J.-H. Park, H.-J. Kim, J.-H. Lee, and K.-S. Son

1. 서 론

최근 원자력발전소 운영의 안전성을 향상시키기 위한 기술의 중요성이 부각되고 있으며, 이러한 기술 중 하나로 원전 내부에 분포되어 있는 기기 및 구조물에서 발생하는 누설(leakage)을 감시하기 위해 음향센서(마이크로폰)를 이용하는 기술을 고려할 수 있다.

본 연구는 원자력발전소 내부 환경에서 적용 가능한 음향센서를 이용한 누설탐지 기술에 대한 기초연구로써, 원전의 내부 공간과 같이 누설신호의 반사파가 존재하는 상황에서 상호상관함수를 기반으로 하는 누설탐지기술을 적용할 경우 발생하는 문제점과 이를 해결하기 위한 방법, 즉 기기 누설방향 추정성능 개선을 위한 반사파제거 방법에 관한 기초연구를 수행하였다.

2. 음향센서를 이용한 누설탐지 및 반사파 영향 제거 기술

음향센서 어레이(array)를 이용하면 비교적 정확하게 누설방향을 추정할 수 있으나, 센서 어레이의 크기가 큰 경우에는 원전 내부에서의 누설검사 및 이동이 용이하지 않다. 따라서 적은 수의 음향센서를 이용한 누설 위치 추정기법을 개발할 필요가 있으며, 적은 수의 마이크로폰을 사용하고, 작으로 구현할 수 있는 누설탐지기법을 제안하고, 시뮬레이션을 통하여 제안방법의 타당성을 검증한 바 있

다⁽¹⁾.

Fig. 1은 음향센서간 누설음 도달 시간지연을 이용한 누설방향 추정 알고리즘을 나타내며, 3개의 마이크로폰 간의 시간지연 정보로부터 소음원 방향에 대한 추정이 가능하므로, 3개의 마이크로폰에서 측정된 신호에 대한 상호상관함수를 구하고, 이로부터 시간지연정보(τ_1 , τ_2)를 추출한 후, 누설음의 입사방향(θ, ϕ)을 구할 수 있다.

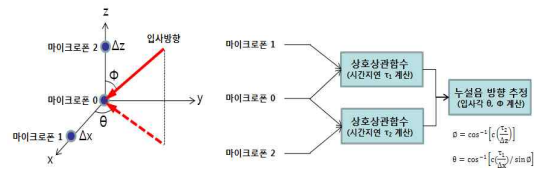


Fig. 1 Algorithm for estimating leakage location using cross-correlation functions

제안한 누설방향 추정 알고리즘의 타당성을 확인하기 위하여 시뮬레이션을 수행하였으며, Fig. 2는 그 결과를 나타내고 있다. 누설신호는 랜덤신호의 특성을 가지므로, 모의 누설신호로는 랜덤신호를 이용하였으며, 시뮬레이션 결과 개발된 알고리즘이 정확하게 누설방향을 추정함을 확인할 수 있다.

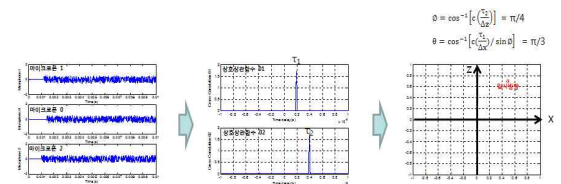


Fig. 2 Simulation result for estimating leakage location using cross-correlation functions

† 교신저자; 한국원자력연구원
E-mail: yoondb@kaeri.re.kr
Tel: 042-868-8909, Fax : 042-868-8313
* 한국원자력연구원
** (주) 액트
*** 세안기술(주)

원전 내부 공간에는 음향신호의 반사를 유발할 수 있는 요소들이 많이 있으므로, 반사파가 상호상관함수(마이크로폰 신호간의 시간지연 정보를 포함)에 미치는 영향에 대한 시뮬레이션을 수행하였다. Fig. 3을 관찰해 보면 반사파가 있는 경우, 실제 피크 외에 반사파에 의한 다른 피크들이 함께 나타나며, 반사파가 있는 경우에는 정확한 시간지연(, τ_2) 추정 이 용이하지 않음을 관찰할 수 있다. 또한 시뮬레이션 결과, 반사파 성분은 상호스펙트럼 위상데이터의 섭동성분으로 나타남을 관찰할 수 있다.

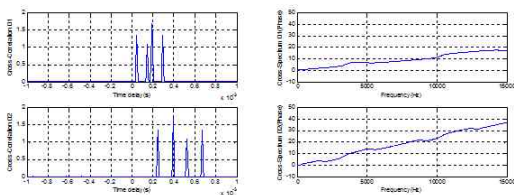


Fig. 3 Effect of reflected wave on cross-correlation and phase-delay estimation

따라서 음향센서를 이용하여 누설방향을 추정하는 경우, 반사파가 존재하는 경우에는 누설방향 추정의 정확도가 저하될 수 있으므로, 누설신호의 반사파 제거방법을 개발하였다. Fig. 4는 반사파 제거방법을 적용한 누설방향 탐지방법의 순서도를 나타내고 있으며, 반사파 신호성분은 상호스펙트럼 위상데이터의 섭동성분으로 나타나므로, 반사파성분을 제거하기 위한 알고리즘으로 Fig. 4와 같이 상호스펙트럼 위상(phase) 정보로부터 섭동성분(반사파)을 제거하는 기법을 개발하였다.

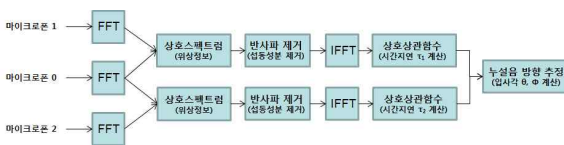
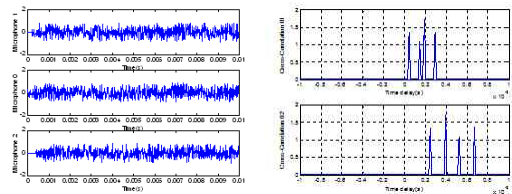


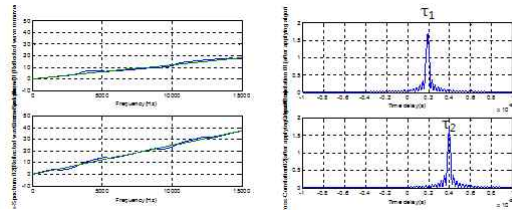
Fig. 4 Algorithm for removing reflected wave to enhance the leak detection capability

개발된 알고리즘의 타당성을 검증하기 위하여 반사파성분이 포함된 누설신호를 인위적으로 시뮬레이션을 통해 생성하고, 개발한 알고리즘을 적용하여 보았으며, Fig. 5에서 관찰할 수 있듯이 측정신호에

누설신호 외에 반사파 성분이 포함된 경우, 알고리즘 적용 전에는 상호상관함수에 반사파 성분이 함께 나타나지만, 개발된 알고리즘을 적용함으로써, 반사파의 영향을 제거하고 정확하게 누설방향(센서신호 간 시간지연(τ_1 , τ_2))을 추정할 수 있음을 확인할 수 있다.



(a) measured signals(simulation) (b) before applying algorithm



(c) phase of cross-spectrum (d) after applying algorithm

Fig. 5 Simulation result for verifying the validity of the proposed algorithm

3. 결 론

기기 누설방향 추정성능 개선을 위한 반사파제거 방법에 관한 연구를 수행하였으며, 반사파성분을 제거하기 위한 알고리즘으로 상호스펙트럼 위상정보의 섭동성분을 제거하는 기법을 개발하였다. 또한 시뮬레이션을 통하여 제안방법의 타당성을 확인하였으며, 향후 실험을 통해 제안방법의 타당성을 검증할 계획이다.

참고문헌

(1) Jung, S. H., Yoon, D. B. and Park, J. H., 2013, Preliminary Study on Leak Detection Method for Nuclear Environment Monitoring Robot, Proceedings of the KSNVE Annual Spring Conference, pp. 261~262.