

영상신호를 이용한 고온·고압 배관 초기누설 검출방법

Early Leak Detection of High Temperature and Pressure Pipeline by using Image

손기성† · 전형섭* · 최영철** · 박진호**

Ki-sung Son, Hyeong-Seop Jeon, Young-Chul Choi and Jin-ho Park

1. 서론

2004년 8월 일본 미하마 원전에서 터빈축 배관 파열로 고온·고압의 증기가 외부로 분출되어 4명이 숨지고 7명이 다치는 대형 사고가 있었다.

그 후 배관누설에 관한 많은 연구가 있었으며 그 대표적인 방법으로 AE(Acoustic Emission) 센서를 이용하고 있다. 하지만 이 방법은 배관에 센서를 직접 부착해야 하므로 고온의 배관에 사용하기에는 부적합하며 감시 대상 배관이 많아질수록 측정센서의 증가로 인해 시스템이 복잡해지고 많은 비용이 소요된다. 이러한 단점을 보완하고자 카메라 영상신호를 이용한 누설관별 방법이 제시되었다.

일반적인 배관누설 초기에는 배관의 이음새 부분이나 용접부위에서 미세하게 누설되며 단열재에 쌓여있어 누설 확인이 어렵다. 이러한 초기누설을 인지할 수 있다면 배관 파열로 이르는 대형 사고를 미연에 방지할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 영상신호를 이용하여 단열재에 쌓여있는 고온·고압 배관의 초기누설 검출이 가능한지 살펴본다.

2. 초기누설 검출을 위한 영상처리

Fig.1 과 같이 원자력 발전소 2 차측에는 배관들이 많이 존재하며, 고온·고압이기 때문에 단열재로 쌓여 있다. 배관의 미세한 초기 누설은 단열재에 의해 누설 증기의 압력이 약해지고 그 주변에 수증기가 발생하며 물방울이 맺히는 현상과 함께 열에 의한 아지랑이 현상이 나타난다. 카메라 영상신호를 이용하여 이러한 미세한 변화의 검출 가능성을 확인해 본다.



Fig. 1 원자력 발전소 2 차측 고온·고압 배관 사진.

카메라를 이용하여 연속된 영상신호를 취득하고 이상이 없는 배경영상과 실시간으로 취득한 영상을 비교 분석함으로써 누설에 의해 변화된 영상신호만을 검출하도록 한다.

먼저 영상신호를 이진영상으로 변환하고 배경영상과 취득영상 사이의 차영상을 구한다. 차영상 검출시 이진영상을 사용함으로써 보다 명확한 변화를 검출할 수 있다. 여기에서 구한 차영상이 누설에 의해 변화된 영상신호이다.

영상신호는 환경적 요인, 특히 조명에 의한 영향을 많이 받기 때문에 영상신호에 잡음이 포함되어 누설 관별에 큰 오차를 줄 수 있다. 이러한 잡음 신호를 제거하기 위해 본 연구에서는 침식(erosion)과 확장(dilation)을 연이어서 수행하는 Morphological filtering 을 사용하였다. 잡음신호를 제거한 영상신호를 배경영상에 투영하면 실제 누설부위를 시각적으로 확인할 수 있다.

3. 카메라를 이용한 초기누설 검출 실험

초기누설 검출 실험장치로 Fig. 2 의 사진과 같이 영상신호 취득을 위한 카메라 (640*480 pixel, 30 frame)와 영상신호 분석을 위한 노트북을 사용하였다.

† 교신저자; 삼창기업㈜

E-mail : infoson@nate.com

Tel : (042) 868-4868, Fax : (042) 868-8313

* 충남대학교

** 한국원자력연구원

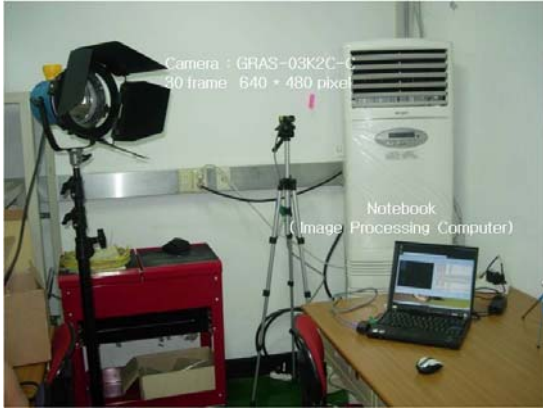


Fig. 2 초기누설 영상신호 취득을 위한 노트북 및 카메라

그리고 Fig. 3 의 사진과 같이 증기발생기(150℃, 6 기압)와 단열재에 쌓인 작은 구멍을 낸 배관을 실험에 사용하였다.



Fig. 3 초기누설 영상신호 취득을 위한 증기발생기와 단열재에 쌓인 실험용 배관

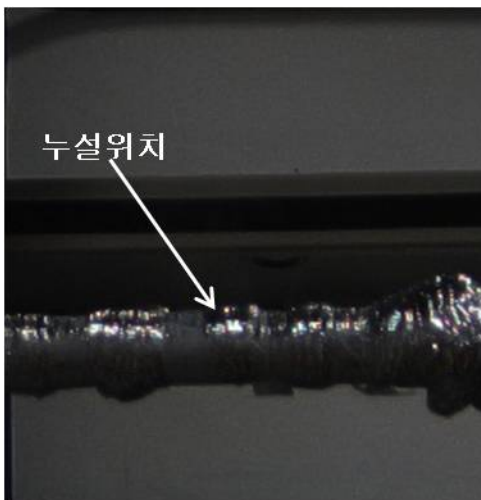


Fig. 4 카메라로 취득한 영상신호

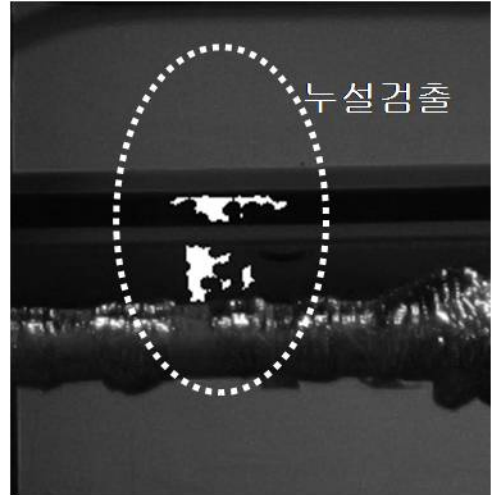


Fig. 5 제안된 방법에 의한 누설검출 영상신호

Fig.4 는 증기발생기에서 발생한 고온·고압의 증기가 단열재에 쌓인 배관을 통과하며 누설이 발생하고 있는 사진이다. 단열재 사이로 물방울이 맺히고 수증기와 함께 아지랑이 현상이 생기지만 시각적으로는 누설을 판별하기 어렵다는 것을 알 수 있다.

Fig.5 는 제안된 방법으로 영상처리 과정을 거친 결과영상이다. Fig.4 에서 확인되지 않았던 누설에 의한 변화가 검출된 것을 볼 수 있다.

실험결과 시각적으로 판별하기 어려운 단열재에 쌓인 배관의 초기누설도 제안한 방법을 이용하게 되면 검출이 가능하다는 것을 확인하였다.

4. 결론

본 연구에서는 영상신호를 이용한 고온·고압 배관의 초기누설 검출 방법을 제안하였다. 이 방법은 단열재에 쌓여 있는 배관에서 누설이 발생할 경우 누설부위 주위로 물방울이 맺히고 수증기가 발생하며 구조물 영상이 아른거리는 아지랑이 현상을 이용한 것이다. 카메라를 이용하여 영상신호를 취득하고 이상이 없는 배경영상과 실시간으로 취득한 영상의 차영상을 구한 후 잡음신호를 제거함으로써 누설에 의해 변화된 영상신호만을 검출하는 실험을 수행하였다. 실험결과 제안한 방법으로 영상신호를 이용하여 단열재에 쌓여 있는 고온·고압 배관의 초기 누설 판별이 가능하다는 것을 확인하였다.

제안된 방법은 일반적인 저가의 카메라로도 실시간 감시가 가능하며 여러 대의 카메라를 이용하면 넓은 지역의 감시가 용이하다. 또한, 고온·고압 배관의 초기누설을 감지하여 대형사고를 미연에 방지하고 누설발생 위치 판별 및 누설발생 경고 시스템으로 활용이 가능하여 낮은 비용으로 효과적인 누설감시 시스템을 구축할 수 있을 것으로 기대된다.