

카메라 영상신호를 이용한 누설판별

Leak Detection by using Camera Image

손기성† · 전형섭* · 최영철**

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

1. 서론

2004년 8월 일본 미하마 원전 3호기에서 터빈 축 배관 파열로 고온·고압의 증기가 외부로 분출되어 4명이 숨지고 7명이 다치는 대형 사고가 있었다. 현재 원전에 설치되어 있는 누설감시 시스템은 대부분 AE(Acoustic Emission) 센서를 이용하고 있다. 이 시스템은 배관에 센서를 직접적으로 부착해야만 누설을 감지할 수 있다. 따라서 감시하는 배관의 수가 많아질수록 센서의 수가 많아지고 시스템이 복잡해지는 단점이 있다. 또한, 센서수가 증가함에 따라 감시시스템의 성능도 높아야만 실시간 감시가 가능하며 많은 비용이 소요된다.

본 연구에서는 카메라 영상신호를 이용하여 보다 넓은 지역의 누설판별을 위한 방법을 제안한다. 제안된 방법을 검증하기 위해 누설을 가정한 실험을 통해 카메라를 이용한 누설판별 가능성을 살펴본다.

2. 누설판별을 위한 영상처리

배관에서 증기누설이 발생하면 고온·고압이기 때문에 누설지점의 후방 배경이 아른거리게 보인다. 이것은 햇빛이 강하게 내리 쬐는 때 먼지 근처에서 불꽃같이 아른거리며 위쪽으로 올라가는 공기의 흐름인 아지랑이 현상이다. 아지랑이 현상은 공기의 온도에 따라 빛의 굴절률이 다르기 때문에 발생하는 것이다. 아지랑이 현상에 의해 후방 배경 영상이 아른거리는 현상을 이용하여 고온·고압의 누설을 감시하는 방법을 제안하고자 한다.

누설이 발생하면 증기나 물이 새어 나오기도 하며 뜨거운 열에 의해 후방 배경이 아른거리게 되어 카메라 영상에서 미세한 변화가 발생한다. 이러한 영상변화를 감지할 수 있다면 카메라 영상을 이용하여

누설을 감지할 수 있을 것이다. 카메라로 촬영한 영상의 변화를 찾기 위해 정상상태에서의 영상신호와 누설이 발생한 경우의 영상신호를 비교해야 한다.

영상신호를 비교하기 위해서 먼저 영상신호의 에지를 검출한다. 카메라로 촬영된 칼라 영상신호를 그레이 영상신호로 변환하고, 변환된 영상신호의 에지를 검출한다. 본 연구에서는 에지 검출을 위해 일반적으로 많이 이용하는 Canny edge detection 알고리즘을 이용한다.

이렇게 검출된 두 에지 영상신호에서 차이를 구하면 누설에 의한 영상신호만 남게 되어 누설 여부를 판별할 수 있게 된다. 즉, 정상상태일 때는 영상 처리한 화면에 아무것도 나타나지 않다가 누설이 발생하면 두 영상의 차이에 의해 누설발생 영상을 볼 수 있게 되는 것이다.

영상신호는 환경적 요인, 특히 조명에 의한 영향을 많이 받기 때문에 영상신호에 잡음이 포함되어 누설판별에 큰 오차를 줄 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 Morphological filtering을 이용하여 잡음을 제거하도록 한다. 이 과정은 영상신호에 침식(erosion)과 확장(dilation)을 연이어서 수행하여 잡음을 제거하기 위한 방법이다.

3. 카메라를 이용한 실험

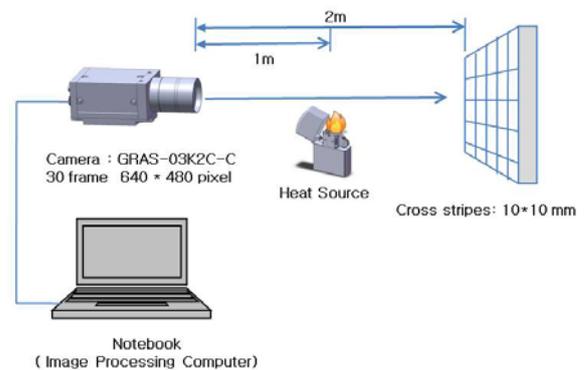


Fig. 1 카메라를 이용한 열원판별 실험장치 구성 개략도

† 교신저자; 삼창기업㈜

E-mail : infoson@nate.com

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

* 충남대학교

** 한국원자력연구원

앞의 이론적인 내용을 검증하기 위하여 고온·고압

의 누설이 발생할 경우 아지랑이 현상이 발생하므로 라이터 불을 이용하여 간단한 실험을 수행하였다. Fig.1 과 Fig.2 와 같이 30 프레임, 640*480 촬영이 가능한 카메라와 아지랑이 효과를 내기 위한 열원으로 라이터를 사용하였으며 정확한 실험결과를 얻기 위해 격자무늬 종이를 이용하여 실험을 수행하였다. 이때, 제안된 방법과 열화상 카메라를 이용하는 방법을 비교하기 위해 Fig.2 와 같이 동시에 열화상 카메라로 촬영하였다.



Fig. 2 열원판별을 위한 실험장치 구성사진 및 온도분포 확인을 위한 열화상 촬영

Fig.3 은 열화상 카메라를 이용하여 촬영한 사진으로 라이터로부터 발생하는 열이 분산되는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 열화상 카메라 이미지는 온도가 가장 높은 발화점을 기준으로 온도분포를 표시하기 때문에 비교적 온도가 낮은 열기의 이동을 확인하기에는 부족함이 있었으며 실시간으로 감시하기에 어려움이 있었다.

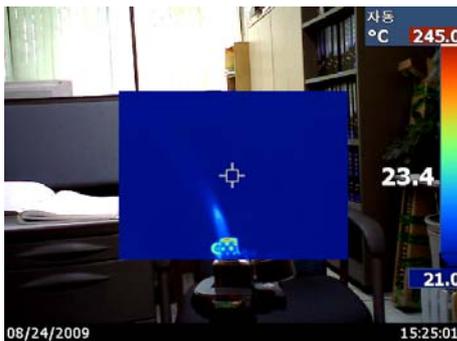


Fig. 3 온도분포 확인을 위한 열화상카메라 이미지

Fig.4 는 카메라 영상신호로 열원에 의한 아지랑이 효과로 인해 후방 배경이 시각적으로 변화된 영상이다.

Fig.5 는 본 연구에서 제안한 방법으로 영상처리를 거친 결과를 나타낸 것으로 기준영상과의 차이 즉, 아지랑이에 의한 영상변화를 보여준다.

결과에서 보면 열이 발생하는 지점에서의 아지랑이 현상에 의해 주변부로 영상신호가 아른거리는 변

화를 볼 수 있으며 열기의 이동경로를 확인할 수 있었다.

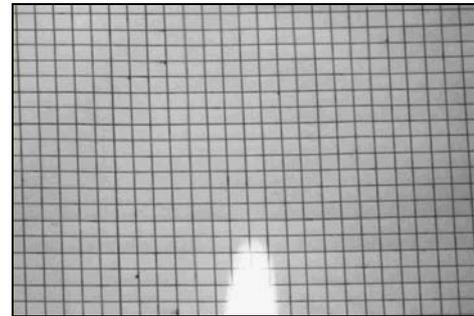


Fig. 4 카메라로 촬영된 열원에 의한 아지랑이 영상신호

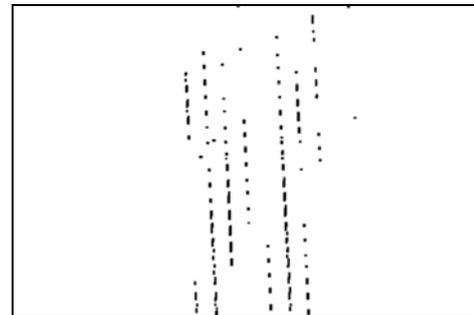


Fig. 5 제안된 방법에 의해 검출된 아지랑이 영상처리 결과

실험결과 시각적으로 변화를 쉽게 판별할 수 없는 아지랑이 현상도 카메라 영상신호를 이용하여 제안한 방법으로 영상처리를 하게 되면 영상신호의 작은 변화도 판별할 수 있음을 확인하였다.

4. 결론

본 연구에서는 원전 배관에서 카메라 영상신호를 이용한 누설판별 방법을 제안하였다. 이 방법은 고온의 증기가 누설될 경우 영상이 아른거리는 아지랑이 현상을 이용한 것이다. 누설발생 전의 영상신호와 누설발생 후의 영상신호 에지를 검출한 다음 두 에지 영상의 차이를 검출하여 누설을 판별한다. 검출된 차이영상에서 영상잡음을 제거함으로써 누설에 의한 아지랑이 현상을 더욱 깨끗하게 추출할 수 있다. 누설판별 실험에 앞서 제안된 방법의 적용가능성을 살펴보기 위해 열원 위의 아지랑이를 추출하는 실험을 수행하였다. 실험결과 제안한 방법으로 카메라 영상신호를 이용하여 누설판별이 가능하다는 것을 확인하였다.

실험에서 사용한 30 프레임의 저가 카메라로도 실시간 감시가 가능하며 여러 대의 카메라를 이용하면 넓은 지역 감시 및 누설발생 위치까지 찾을 수 있을 것으로 기대된다.