

열화상의 영상처리를 이용한 증기누설 검출방법에 관한 연구 A study on steam leak detection method using thermal image processing

김현진† · 박진호* · 박종원**

Hyun-Jin Kim, Jin-Ho Park and Jong Won Park

1. 서 론

고온, 고압의 증기누설로 인해 발전소, 공장, 각종 산업시설 등에서 인명 사고가 자주 발생하고 있다. 증기누설은 주의를 한다 해도 사람의 육안으로 식별이 어려운 경우가 많아 더욱 위험하다고 할 수 있다. 현재의 누설감시 시스템들은 대부분 AE(acoustic emission)센서를 사용하고 있다. 그러나 감시 환경이 넓어지고 상세한 감시를 하려고 할수록 센서수가 증가하게 되고 시스템이 복잡해 지며 오작동 및 유지보수 어려움이 증가하게 된다. 이와 같은 단점을 보완하기 위해 최근 넓은 영역을 감시할 수 있는 CCD 카메라의 장점과 영상처리를 이용한 누설감시 방법이 연구 되었다. 하지만 CCD 카메라는 빛, 조명등의 환경적인 변화가 많은 시설에서는 검출력이 변할 수 있다는 단점이 있다. 이에 본 연구에서는 CCD 카메라에 비해 환경변화에 둔감한 열화상 카메라와 영상처리를 이용하여 누설을 감시하는 방법을 제안하고 기존 CCD 카메라를 이용한 연구와 비교 실험을 해보려 한다. 적외선 열화상 카메라는 물체가 복사하는 적외선을 이용하여 열화상으로 보여주는 장치이다. 최근 열화상 카메라가 산업현장이나 연구목적으로 많이 보급되고 있으나 누설검출관련 활용이나 연구는 미흡한 실정이다.

2. 본 론

2.1 실험장치



Fig. 1 Experimental setup

실험장치는 Fig. 1과 같이 구성하였다. CCD카메라와 조명장치 등은 기존 방법과 환경변화에 대한 비교 실험에 사용된다. 증기발생기는 저장된 물을 끓여서 증기를 발생시키며 가열온도와 압력을 조절할 수 있다. 열화상 카메라는 FLIR의 SC645모델로 640*480해상도에 25Hz로 영상획득이 가능하다. 노트북 PC에 카메라 컨트롤 및 영상처리를 위해 MS의 Visual Studio 2010으로 소프트웨어를 프로그래밍하여 사용하였다.

2.2 증기누설의 수동 검출 실험

열화상 카메라와 자체 제공되는 분석 소프트웨어를 사용하여 일반적인 사용방법의 누설 확인이 가능한지 확인해 보았다. 증기발생기는 150°C로 가열하고 압력이 6atm인 상태에서 육안식별이 어려운 누설의 발생을 유지 시켰다. 열화상 카메라는 자동 온도범위로 설정 시 누설의 식별이 전혀 불가능 했으

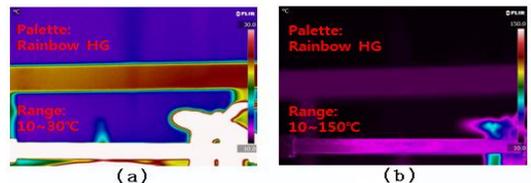


Fig. 2 Common use of the thermal imaging camera

† 교신저자; 정회원, 한국원자력연구원

E-mail : khj6377@kaeri.re.kr

Tel : 042-868-2241 , Fax : 042-868-8313

* 한국원자력연구원

** 충남대학교

며 수 차례 수동으로 온도범위 및 팔레트, 기타 설정 등을 조절하여 Fig. 2(a)와 같은 최상의 영상을 얻었으나 누설형상이 명확하지 않았다. Fig. 2(b)는 잘못된 설정의 예로 누설을 전혀 구별할 수 없다.

2.3 열화상의 재구성 방법 및 영상처리

앞의 실험에서와 같이 열화상 카메라의 일반적인 사용방법으로 누설현상을 관찰하기는 쉽지 않다. 이에 본 연구에서는 열화상 카메라로 측정된 온도값들을 이용하여 영상을 재구성하고 영상처리를 적용하여 증기누설을 검출하는 방법을 연구하였다. 영상 재구성의 방법은 Fig. 3과 같다.

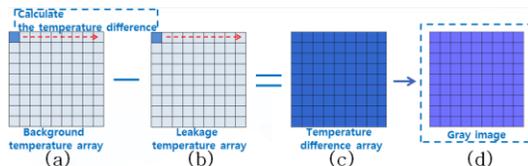


Fig. 3 Flow chart for image reconstruction

열화상 카메라는 측정 시 열화상의 해상도의 크기로 각 픽셀(pixel)에 해당하는 온도값들을 측정하게 된다. 본 연구에 사용한 카메라는 640*480 해상도로 15bit의 실수 온도값들을 측정한다. Fig. 3(a)의 누설이 없는 배경의 온도값 배열과 Fig. 3(b)의 누설 시 누설의 온도값이 포함된 배열을 각각 저장한다. 이 둘의 차로 온도차 배열을 Fig. 3(c)와 같이 다시 만든다. 배열의 최소, 최대값 범위로 Gray팔레트에 매핑 하면 Fig. 3(d)와 같이 Gray영상을 만들 수 있다. 이와 같은 Gray영상은 증기누설 발생시의 온도변화를 이용하게 되므로 증기누설이 포함된 온도범위로 영상을 자동 재구성 하며 온도범위의 축소를 분해능을 향상시킨다. 온도차 배열로 재구성한 Gray영상을 이용한 영상처리 방법은 Fig. 4와 같다. Fig. 4(a)의 Gray영상에 Range threshold를 적용하여 누설영역과, 그 외의 영역으로 Fig. 4(b)와 같이 이진화한다.

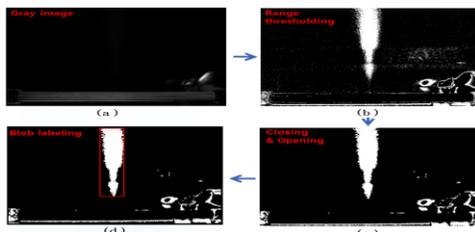


Fig. 4 Flow chart for image processing

이진화된 영상에 Closing과 Opening기법을 적용하여 Fig. 4(c)와 같이 누설의 연결성 향상 시키고 노이즈는 감소 시켰다. 마지막으로 Fig. 4(d)와 같이 Blob labeling기법을 이용하여 일정 크기이상의 영역만을 표시하여 누설을 검출하였다.

2.4 기존연구와 비교 실험

기존 CCD카메라를 이용한 연구와 육안식별이 어려운 증기누설에 대해 환경변화에 따른 비교 실험을 해보았다. 일반환경조건은 상온15°C, 15시경, 자연채광 상태 이며 환경변화조건은 일반환경에서 조명장치로 순간적인 조명변화를 준 상태이다. 실험결과는 Fig. 5와 같다. 일반환경에서는 CCD카메라와 열화상 카메라를 이용한 방법 모두 검출이 가능했다. 환경변화에서는 조명량에 따라 CCD카메라의 방법은 검출력이 변하는 결과를 보였고 열화상 카메라의 방법은 변화에 영향 없이 검출이 가능했다.

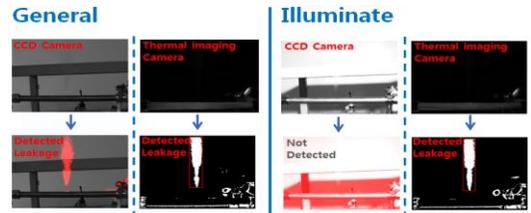


Fig. 5 Experimental result

3. 결 론

본 연구에서 증기누설의 검출을 위해 열화상 카메라로 측정된 온도값들을 활용하여 영상으로 재구성 하는 방법과 영상처리의 적용 방법에 대해 연구하였다. 또한, 기존 CCD카메라의 연구와 비교 실험을 통해 환경변화(조명)조건에서도 검출력이 변함없음을 확인 하였다. 이와 같이 본 연구를 자연채광 및 조명등의 환경변화가 많은 시설에 사용하여도 증기누설의 검출에 활용이 가능할 것으로 생각된다.

후 기

이 연구는 2014년 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP:No.20111510100050)의 지원으로 수행된 연구내용입니다.