

월성 원자력발전소 칼란드리아 전면부 점검을 위한 열영상 관측프로그램 IRLAB95 개발

조 재 완, 김 승 호, 박 동 선 *

한국 원자력 연구소 원자력 내방사선 로봇 기술개발 과제

email : jwcho@nanum.kaeri.re.kr

* 전북대학교 정보통신공학과 정보통신연구소

Development of IRLAB 95 for Inspection of Calandria Front Area in Wolsong Nuclear Power Plant

Jai Wan Cho, Seung Ho Kim, and Dong-Sun Park *

Advanced Robotics Team, Korea Atomic Energy Research Institute

E-mail : jwcho@nanum.kaeri.re.kr

* Dept. of Information and Communication Engineering, Chonbuk National University

요약

중수로(CANDU)형 월성 원자력발전소의 칼란드리아 압력관 전면부를 감시점검하기 위한 열영상 관측프로그램을 개발하였다. 국내의 사용자들의 요구에 부응할 수 있는 다양한 기능을 추가 하였다. 추가된 기능에는 임의의 포인트,영역,라인,경계선을 마우스로 지정하여, 선택된 지점,영역,라인 및 경계선의 특징을 추출할 수 있는 기능을 갖추고 있다. 또한 KAERI Thermo Inspector의 기능을 살린 일반영상/열영상의 매핑기능을 추가하였다. 일반영상에 비해 상대적으로 해상도가 떨어지는 열영상대신에 CCD 영상의 관측포인트를 지정하면 열영상카메라좌표계의 매핑된 지점의 이상상태를 판정할 수 있는 특성을 갖는다.

I. 서론

열영상관측용 프로그램은 하드웨어에 종속적이다. 저가의 휴대용 열영상카메라의 경우, 열영상카메라의 액정모니터에 표시되는 데이터가 전부이며, 사후 분석을 위해서는 카메라에 저장되어 있는 저장장치 디스켓을 컴퓨터에 연결하여 분석하는 정도이다. 그러나 휴대용 열영상카메라에 장착되는 저장장치의 용량이 한정되어 있기 때문에 30 분이상의 동영상자료를 저장하는 것은 곤란하다. LCD 디스플레이패널에 표시되는 정

보도 열영상이미지의 Pseudocolor처리, 정성적인 온도 분포의 막대그래프를 나타내는 정도이다[1-3]. 정량적인 분석을 위해서는 별도의 영상처리를 필요로 한다

본 논문에서는 비교적 저가의 휴대용 열영상카메라에 적용될 수 있는 범용의 열영상 관측프로그램개발에 대해 기술한다. 개발된 열영상 관측프로그램은 국내의 사용자들의 요구에 부응할 수 있는 다양한 기능을 추가 하였다. 추가된 기능에는 임의의 포인트,영역,라인,경계선을 마우스로 지정하여, 선택된 지점,영역,라인 및 경계선의 특징을 추출할 수 있는 기능을 갖추고 있다. 또한 KAERI Thermo Inspector의 기능을 살린 일반영상/열영상의 매핑기능을 추가하였다. 일반영상에 비해 상대적으로 해상도가 떨어지는 열영상대신에 CCD 영상의 관측포인트를 지정하면 열영상 카메라 좌표계의 매핑된 지점의 이상 상태를 판정할 수 있는 특성을 갖는다. 열영상관측프로그램은 MSVC++5.0 으로 컴파일하였으며, Frame Grabber 는 Matrox Meteor 보드를 사용하였고, 마이크로소프트사의 윈도우95환경에서 동작한다.

II. 열영상관측 프로그램의 구성

IRLAB95 는 SDI(Single Document Interface) 구조로 메뉴를 구성하였다. 메뉴로는 File 입.출력기능, 열영상의 획득/Adjust 기능, 기본적인 영상처리기능을 전

담하는 서브메뉴(Advanced Processing), 정량적 분석을 위한 Analysis 서브메뉴, 그리고 그래픽 디스플레이 기능으로 구성된다. 그림 1에 IRLAB95의 주요 메뉴 구성도를 나타내었다.

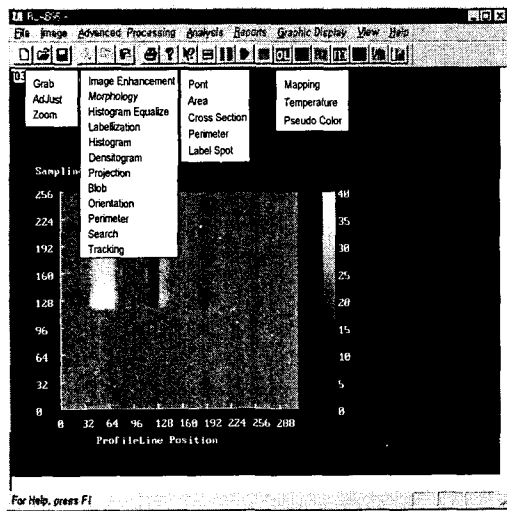


그림 1 . IRLAB95 프로그램의 주요메뉴

그림1에서 Advanced Processing 부메뉴의 내용은 일반적인 영상처리틀을 담고 있다. Advanced Processing 부메뉴에서는 분석하고자 하는 열영상의 특징을 추출하기 위한 것으로, 히스토그램분석을 통해 열영상의 전체적인 분포를 파악하고, Densitogram을 통해서 열영상의 분석지점에 대한 그레이레벨(온도)을 파악하는데 도움을 준다. 또한, Advanced Processing Submenu에서 Tracking 기능을 부가하였는데, 이는 휴대용 열영상카메라를 이용하여 관측포인트를 점검할 때, 흔들림으로 인해 관측지점을 놓치는 경우가 있는데, 이를 보정하기 위한 기능으로 부가하였다. 또한, KAERI Thermo Inspector에서 사용하고 있는 THV510 열영상카메라에는 영상프레임에 문자정보가 나타난다. THV510 카메라는 영상하단에 RNGE 정보가 나타나며, 이는 THV510 카메라가 영상에서 표시할 수 있는 온도등급을 표시한다. 본 논문에서는 이러한 RNGE 등급의 문자정보를 인식하여 자동으로 온도분포를 디스플레이하는 기능을 부가하였다. 그림 2에 THV510 열영상카메라의 프레임구성도를 나타내었다. 그림 2의 왼쪽그림은 THV510 열영상카메라의 Frame 구성도이며, 오른쪽그림은 THV510 열영상카메라의 RNGE2 정보를 문자인식한 결과를 나타내고 있다. RNGE 다음의 등급정보(숫자)의 정확한 인식만 중요하였기 때문에 RNGE에 대한 문자인식의 오류는

무시하였다.

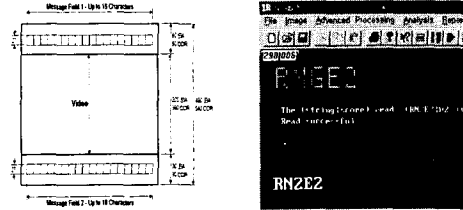


그림 2. THV510 열영상이미지의 문자정보 인식

그림 3은 문자인식기능을 통하여 추출한 온도분포를 Pseudocolor처리한 결과를 보여주고 있다.

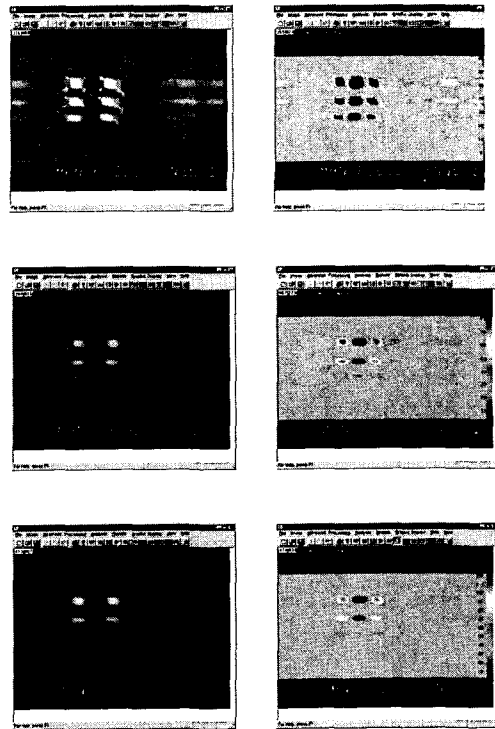


그림 3. RNGE 정보인식을 통한 자동온도인식

III. IRLAB95의 분석기능

사용자 인터페이스 측면에서, 분석하고 싶은 영역을 사용자가 결정할 수 있도록 하였다. POINT 분석기능은 사용자가 열영상관측화면을 보면서, 마우스로 측정하고 싶은 영역의 지점을 10 개 정도 지정하면 지정된 10개 포인트에 대한 온도가 Sampling 주기에 따라

화면에 디스플레이 되도록 하였다. 이를 그림 4 에 나타내었다. 그림 4의 그래프에서 가로축은 Sampling Time을 나타내고, 세로축은 RNGE 1 에 따른 온도값을 나타낸다. 6개의 지점에 대한 숫자는 마지막 샘플링시의 온도값을 나타낸다. Sampling 시간축에서 pulse 가 나타난 것은 Sampling 지점을 누군가가 가로막고 있었다는 것을 나타낸다.

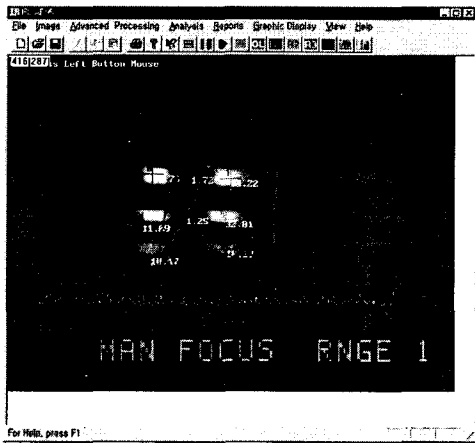


그림 4. Point 분석기능

그림 4의 그래프에서 알수 있듯이 THV510 열영상 카메라는 Sampling 주기에 따른 온도값의 편차가 너무크기 때문에 신뢰성 있는 포인트 분석에는 적합하지 않다는 것을 알 수 있다. 이를 보완하기 위해서는 어떤 영역을 기준으로 분석하는 것이 보다 객관적인 분석을 할 수 있을 것이다. 이를 그림 5에 나타내었다. Area 분석은 마우스로 최대 10개까지의 영역을 지정할 수 있으며, 영역의 온도는 지정된 영역의 평균값으로

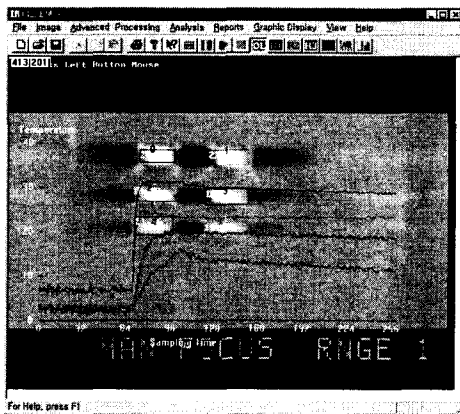


그림 5. Area 분석기능

하였다. 그림4의 Point 분석에 비해 Area 분석은 Sampling 주기사이에서 보다 안정된 결과를 얻을 수 있음을 알 수 있다. 또한 단면의 분석이 필요할 경우를 대비하여, 마우스로 분석하고자 하는 임의의 라인을 그으면, 라인에 대한 온도분포를 볼 수 있도록 하였다. 이를 그림 6에 나타내었다. 그림 6의 가로축의 0은 단면의 시작점을 나타내고, 오른쪽의 숫자는 라인의 끝점을 나타낸다. 그림에서 128번째의 샘플링 포인트에서 열적으로 이상상태가 발생하였다는 것을 알 수 있다.

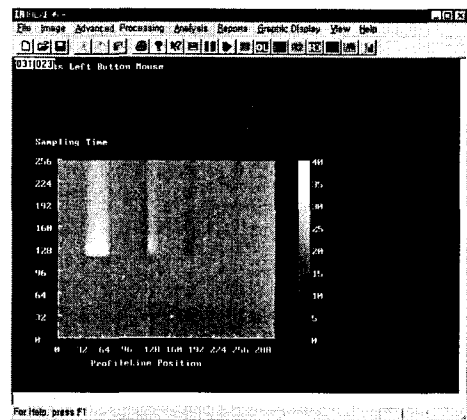


그림 6. CrossSection 분석기능

분석하고자 하는 형상이 라인이나, 사각형처럼 정형화 된 것이 아니다. 이럴때를 대비하여, 임의의 곡선을 마우스로 지정하면 지정된 곡선의 loop를 따라 분석할 수 있는 기능을 추가하였다. 열영상 관측화면에서 사용자가 마우스로 임의의 곡선을 지정할 경우, 사용자가 그리는 곡선의 궤적을 시스템이 놓치는 경우가 있는데, 이때는 이웃하는 포인트를 선분으로 연결하여 곡선의 궤적을 형성하였다. 또한 영상처리를 통해 분석하고자하는 영역을 추출하여, 추출된 영역의 온도 분포를 보일 수 있게 한 것이 Label Spot 기능이다.

IV. CCD/열영상카메라의 Mapping

THV510 열영상카메라의 영상의 contrast 가 나쁘기 때문에 THV510 의 열영상화면으로 임의의 분석지점을 사용자가 지정하기에는 불편함이 따른다. 따라서, 일반 CCD 카메라로 관측지점을 보면서, 점검하고자하는 지점,영역,단면을 마우스로 지정하면, 지정된 곳의 CCD 영상좌표를 THV 열영상카메라의 열영상좌표로 변환하면, 사용자는 편리하게 점검 및 측정을 할 수

있다. 본 논문에서는 이러한 기능을 위해 CCD카메라와 열영상카메라를 융합한 열영상 관측시스템 KAERI Thermo Inspector를 설계/제작하였다[5]. KAERI Thermo Inspector에서 THV510의 열영상카메라가 갖고 있는 물리적인 크기 때문에 CCD와 THV510 카메라사이의 간격을 113mm로 하였으며, THV510 카메라의 적외선장의 직경이 70mm 인점을 감안하여 CCD 렌즈의 중심을 적외선장의 중심에 맞추었다. 따라서, CCD 카메라는 THV510 열영상카메라가 위치한 베이스라인보다 25mm 높게 위치하였다. 열영상과 CCD 영상을 매핑시키기 위한 매핑포인트를 찾아야 하는데, 본 프로그램에서는 소프트웨어적으로 보정하였다. 즉, CCD 영상의 관측영역을 마우스로 지정하고, 지정된 영역을 영상처리하여, 영역의 중심점을 찾는다. 그리고, THV510 열영상카메라로 똑같은 영역을 마우스로 지정하여 중심점을 찾는다. 열영상카메라의 해상도가 나쁘기 때문에 제작한 테스트패턴에 전류를 흘려 열적 특성이 나타난 후에 영역을 설정하였다. 이를 그림 7에 나타내었다.

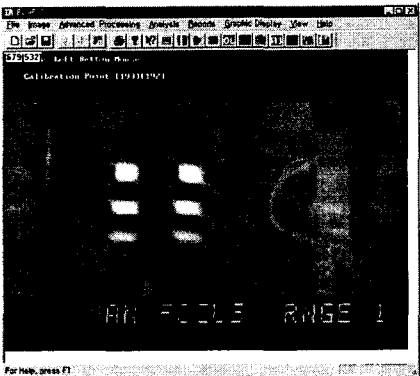
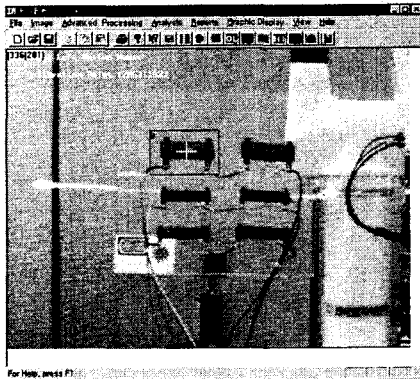


그림 7. Mapping Point Calibration

그림 7의 Mapping Point Calibration에서 CCD 영상의 Mapping Point 좌표는 (285, 162) 이고, THV510의 Mapping Point 좌표는 (193, 192) 이다. 상이한 2 지점의 Mapping 포인트를 이용하여 CCD 영상과 THV510 열영상의 FOV를 매핑한 결과를 그림 8에 나타내었다.

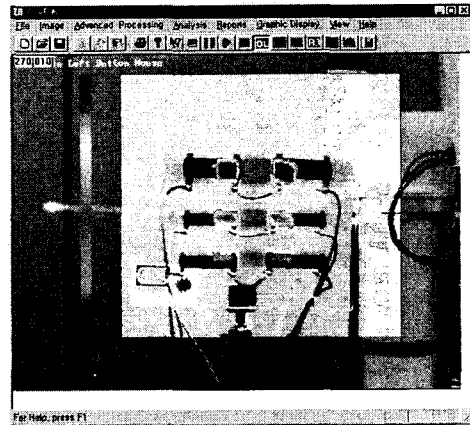


그림 8. CCD 영상과 열영상의 Mapping

V. 결론 및 추후 연구

원자력발전소 주요시설의 감시점검을 위한 열영상 관측프로그램을 개발하였다. 앞으로 보완해야 될 사항으로는 관측지점의 정확한 열적 이상상태를 판정하기 위해서는 THV510 카메라의 Focusing이 자동으로 제어되어야 하며, 좀더 다양한 그래픽기능, Reporting 기능이 보완되어야 할 것이며, 실험을 통한 정량적인 데이터 확보에 치중하고자 한다.

Acknowledgement

본 연구는 과학기술부의 원자력 연구개발사업의 일환으로 수행되었음.

참고문헌

- [1] Raytheon, AMBER Sentinel
- [2] Inframetrics, ThermoCAM SC1000
- [3] ISI, VideoTherm 2000
- [4] THV-510 ThermoVision Maintenance Manual
- [5] 전자공학회, 하계학술대회 논문집, 1999년 6월