

'98춘계학술발표회 논문집

한국원자력학회

영상처리방법에 의한 핵연료봉의 직경측정

구대서, 이원상, 전용범, 민덕기, 노성기

한국원자력연구소

대전광역시 유성구 덕진동 150

요 약

영상처리방법에 의한 핵연료봉의 제원을 측정하기 위하여 영상처리 소프트웨어를 개발하였으며, 이 영상처리방법에 의하여 핵연료봉의 직경에 대한 백분율 측정상대오차는 $\pm 2.09\%$ 이내이며 영상처리방법이 아닌 기존 방법에 의한 백분율 측정상대오차 $\pm 9.70\%$ 보다 측정정확도가 약 5배정도 향상되었다.

1. 서론

영상처리방법이 아닌 기존의 방법에 의한 사용후 핵연료 집합체의 제원측정은 외관 및 제원측정장치의 수중 카메라로부터 집합체의 상을 모니터로 받아 십자선(cross hair)으로 엔코드 값을 읽어 핵연료봉 길이, 핵연료 집합체 길이, 핵연료봉과 하부노즐간의 간격, 핵연료봉과 상부노즐간의 간격, 핵연료봉의 직경, 핵연료봉간의 간격, 핵연료 집합체의 비틀림 그리고 핵연료 집합체의 휨등을 측정한다. 이와 같이 영상처리방법이 아닌 기존의 방법에 의하여 핵연료 집합체의 제원측정시험을 수행하면 시험결과를 얻고 분석하는데 시간과 인력이 많이 소요되고 측정 정확도가 떨어지는 단점이 있다. 본 연구에서 이런 것을 개선하고자 먼저 핵연료봉의 제원측정을 위한 영상처리 소프트웨어를 개발하고 그 영상처리 방법에 의하여 표준 핵연료봉의 직경을 측정하고 핵연료봉의 직경측정의 효율성과 측정 정확도를 영상처리방법이 아닌 기존의 방법의 것과 비교·분석하였다.

2. 실험방법

2.1. 표준시험체 제작

수증에서 사용후 핵연료에 대한 핵연료봉 길이, 핵연료 집합체 길이, 상부 노즐과 핵연료봉 상단간의 간격, 하부노즐과 핵연료봉의 하단간의 간격, 핵연료봉 직경 그리고 핵연료봉과 핵연료봉간의 간격 등의 제원측정을 위한 영상처리 소프트웨어를 개발코자 두께 0.635 mm, 외경 9.7 mm, 길이 513 mm인 지르카로이 4 피복관 튜브 8개, 외경 21.70 mm인 SS 304봉 1개 그리고 아크릴상·하판과 수증계를 사용하여 그림 1과 같은 표준시험체를 제작하였다.

2.2. 영상처리 프로그램 제작

사용후 핵연료의 제원을 측정하기 위하여 그림 2와 같은 영상처리 소프트웨어 개발 순서도에 따라 영상처리 프로그램을 작성하였다. 표준시험체에 대한 카메라의 입력영상을 스크린에 출력시키고 영상화일로 입·출력하였다. 입력영상에 대한 파레트 조정을 수행하고 표준시험체의 영상에 대한 수평·수직가늌자의 보정을 수행하였다. 입력영상에 대한 히스토그램 및 histogram equalization을 구하고[1] 미세조정을 거쳐 영상을 개선하고 이진화 영상처리를 수행하였으며 smoothing filtering, sharpening filtering, edge detection, median filtering 등의 영상필터를 제작하였다[2]. 실제길이를 측정하는 루틴을 제작하여 사용후 핵연료의 제원을 측정할 수 있는 영상처리 소프트웨어를 개발하였다.

2.3. 영상처리 소프트웨어 성능시험

개발한 영상처리 소프트웨어 성능을 시험하기 위하여 카메라와 표준시험체에 대한 수평가늌자의 보정(calibration)을 수행하였으며 카메라와 시험체간의 거리를 300~600 mm로 변화시키며 핵연료봉의 직경측정실험을 수행하였다. 표준시험체의 영상을 컴퓨터에 입력하여 그 실영상의 초점을 맞추고 표준 핵연료봉의 직경을 측정하였다.

3. 결과 및 검토

영상함수 $f(x,y) = i(x,y) \cdot r(x,y)$ 에서 영상함수 $f(x,y)$ 는 광원의 밝기 $i(x,y)$ 와 피사체의 반사율 $r(x,y)$ 에 의하여 영향을 받음을 알 수 있다. 영상잡음은 영상처리를 여러번 수행할 때 임의의 픽셀이 같은 값을 갖지 않는 Gaussian 잡

음, impulse, shot에 의한 salt - and - pepper 잡음, 카메라내의 먼지, 카메라 상태가 나쁘다든지, 불균형한 조명일 경우의 예견 잡음(systematic noise) 그리고 카메라 위치가 나쁘고 렌즈 굴곡이 심하고 카메라와 영상처리 카드의 확대비가 틀릴 경우의, 왜곡(dislocation) 등에 기인되므로 컴퓨터가 처리하기 좋은 입력 영상을 받아들이는 것이 중요하다. 영상필터를 많이 사용할수록 영상데이터의 변화가 커져서 측정오차가 커진다. 표준시험체의 입력영상이 나쁜 경우에 영상 필터를 써서 영상을 개선하고 영상처리를 수행한다.

표 1은 영상처리방법에 의하여 카메라와 피사체간의 거리에 따른 표준 핵연료봉의 직경을 측정 한 것과 영상처리방법이 아닌 기존방법에 의한 결과를 나타낸 것이다. 카메라와 표준 시험체간의 거리 300~600 mm 에 따른 표준 핵연료봉의 직경에 대한 백분율 측정상대오차는 $\pm 2.09 \sim \pm 3.22 \%$ 였다. 카메라와 피사체간 거리 400 mm에서 핵연료봉의 직경에 대한 백분율 측정상대오차는 $\pm 2.09 \%$ 이고 측정정확도가 가장 좋았다. 이 조건에서 얻은 결과는 영상처리방법이 아닌 기존의 방법에 의한 백분율 측정상대오차 $\pm 9.70 \%$ 보다 측정정확도가 약 5배정도 향상되었다. 앞으로 영상처리방법에 의하여 조도에 따른 핵연료봉의 제원측정실험을 수행하여 최적 영상조건을 결정하고 사용후 핵연료봉의 제원을 측정할 예정이다.

4. 결론

사용후 핵연료 집합체의 제원측정을 위하여 영상처리 소프트웨어를 개발하였고 영상처리방법에 의하여 표준 핵연료봉의 직경을 측정하였다. 핵연료봉의 직경에 대한 백분율 측정상대오차는 $\pm 2.09 \%$ 이내였으며 영상처리방법이 아닌 기존의 방법에 의한 백분율 측정상대오차 $\pm 9.70 \%$ 보다 측정정확도가 약 5배정도 향상되었다.

참고문헌

- [1] R. C. Gonzalez and P. Wintz, " Digital Image Processing, " Second Edition, pp. 146-158, Addison-Wesley Publishing Company(1987).
- [2] G. A. Baxes, " Digital Image Processing," pp. 32-37, 129-172, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey 07632(1984).

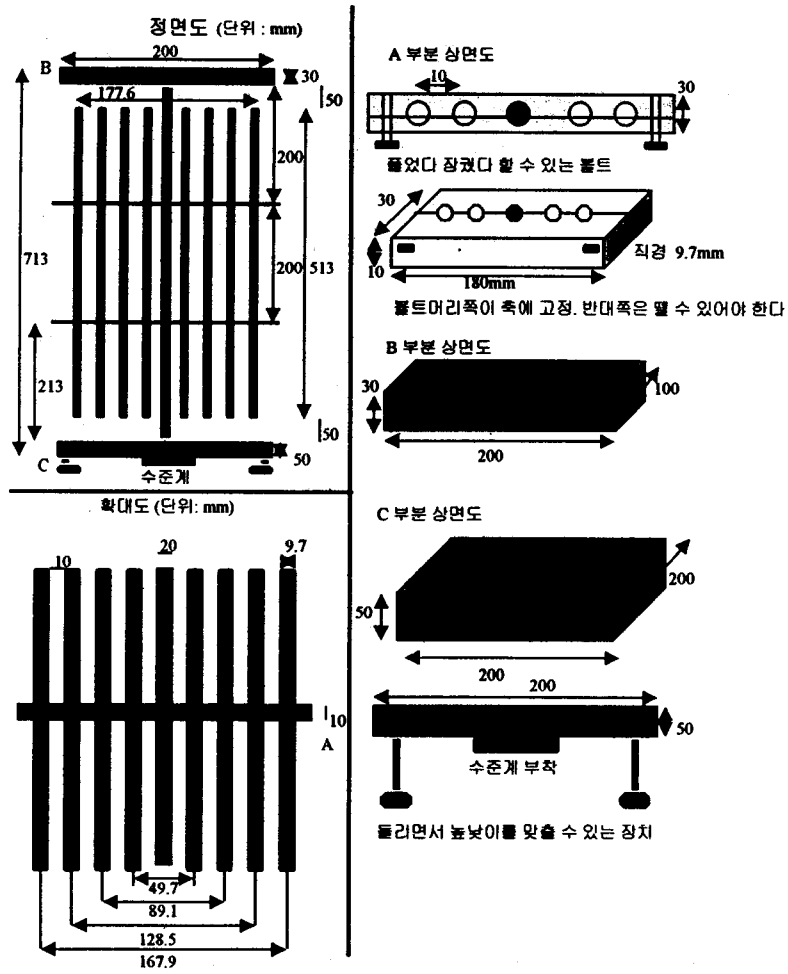


그림1. 표준시험체의 제작 설계도.

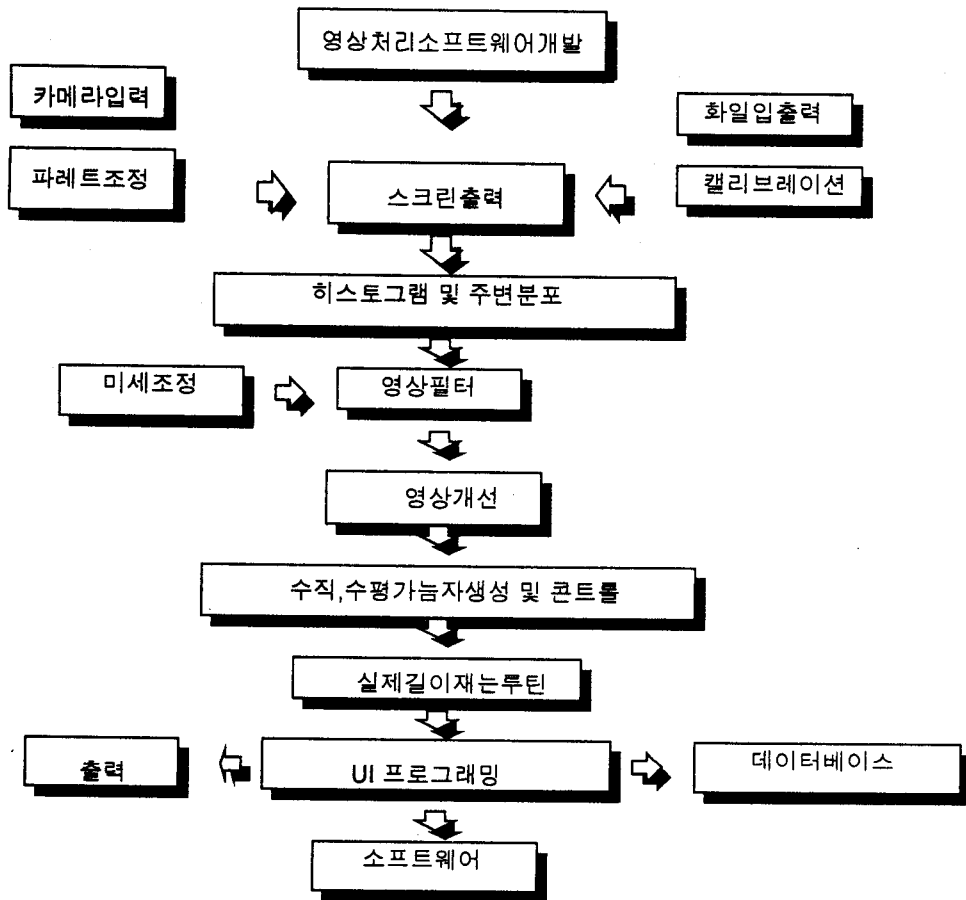


그림2. 영상처리 소프트웨어개발 순서도.

표1. 영상처리에 의한 표준 핵연료봉의 직경측정결과

카메라와시험체 간거리(mm)	실제값 (mm) : A	영상처리에의한 측정값(mm) : B	A-B (mm)	백분율상대 오차(%)
300	9.70	9.44	0.26	2.68
"	"	8.87	0.83	8.56
"	"	8.87	0.83	8.56
"	"	9.94	0.26	2.68
"	"	8.87	0.83	8.56
				6.21±3.22
400	9.70	9.57	0.13	1.34
"	"	9.57	0.13	1.34
"	"	9.20	0.50	5.15
"	"	9.57	0.13	1.34
"	"	9.20	0.50	5.15
				2.86±2.09
500	9.70	8.86	0.84	8.66
"	"	9.30	0.40	4.12
"	"	9.30	0.40	4.12
"	"	8.86	0.84	8.66
"	"	8.86	0.84	8.66
				6.84±2.49
600	9.70	8.90	0.80	8.25
"	"	8.90	0.80	8.25
"	"	8.90	0.80	8.25
"	"	9.45	0.25	2.58
"	"	9.45	0.25	2.58
				5.98±3.11
카메라와시험체 간거리(mm)	실제값 (mm) : A	기존방법에의한 측정값(mm) : B	A-B (mm)	백분율상대 오차(%)
400	10.72	11.68	-0.96	8.96
"	"	13.51	-2.79	26.03
"	"	10.88	-0.16	1.49
"	"	12.71	-1.99	18.56
"	"	11.55	-0.83	7.74
				12.56±9.70