

전자총 히터(electron gun heater) 자동검사를 위한 머신비전 알고리즘

김인수*, 이문규**

A Machine Vision Algorithm for the Automatic Inspection of Electron Gun Heaters

In-Su Kim*, Moon-Kyu Lee**

ABSTRACT

Electron gun heaters are used to heat a cathode in video(TV) monitors. Major defects of the electron gun heaters include dimensional inaccuracy and pollution with dirty materials. In this paper, to save the labor and time being taken to inspect the heaters, a machine vision system is considered. For the system, a new algorithm is developed to measure the 9 different dimensions of each heater and to detect polluted defects.

The algorithm consists of three stages. In the first stage, the center of the heater image is obtained and then its boundary detection is performed. For the efficient boundary detection, a mask called the sum mask is used. In the second stage of the algorithm, a set of fiducial points are determined on the boundary image. Finally, using the fiducial points specified dimensions are measured and the amount of polluted area is computed in the third stage. The performance of the algorithm is evaluated for a set of real specimens. The results indicate that measurements obtained by the algorithm satisfy the tolerance limits for most of the dimensions and the algorithm detects the polluted defects successfully.

Key Words : Electron Gun Heater(전자총 히터), Machine Vision(머신비전), Boundary Detection(윤곽선 추출), Dimension Measurement(치수 측정).

1. 서론

제조업체의 제조공정은 대부분 자동화가 되어 있지만 검사 공정에 많은 직원이 배치되어 목시검사가 이루어지고 있는 경우가 많다. 본 논문에서 다루고 있는 제품을 생산하는 전자업체의 경우도 역시 제조공정의 대부분이 자동화가 되어 있지만

마지막 검사공정에서 목시검사에 의한 전수검사가 이루어지고 있다. 그 중 전자총 히터(electron gun heater)의 완제품 검사공정에서는 고품질을 확보하기 위하여 다수의 숙련된 검사자가 제품의 치수 및 형상, 표면의 오염여부, 크랙(crack) 등을 검사하고 있다. 따라서 이러한 검사자들의 장시간 단순 반복적인 작업으로 인하여 불량품의 양품 혼입과 함

* 계명대학교 산업기술대학원 생산시스템공학과

** 계명대학교 산업공학과

께 많은 검사인력의 투입으로 인해 과다한 인건비가 발생하고 있는 실정이다. 또한 전자총 히터의 전수검사를 위한 상용화된 시스템이 개발되어 있지 만 기존 시스템은 검사항목 중에서 일부의 치수들 만을 검사하는데 그쳤고, 히터 본체 부분의 오염 및 균열 여부는 판별할 수 있는 기능이 부족하다.

이에 본 연구에서는 제품의 치수 및 외관검사에 인공적인 시각인식 기능을 가지고 있는 머신비전(machine vision) 기술을 응용하여 전자총 히터의 치수 및 형상, 표면의 오염여부, 크랙 등을 검사하는 알고리즘을 개발함으로서 제품의 전수 자동검사에 의한 제품생산 및 인건비 절감을 기하고자 한다.

2. 검사대상

2.1 전자총 히터

전자총 히터란 브라운관 내부에 음극선을 발생시키기 위한 전자총의 보조장치로서, 양쪽 극에 일정한 전압을 가하면 열이 발생되어 전자총의 음극선 발생을 돋는 부품이다. 본 논문에서 소개하는 전자총 히터는 국내에서 브라운관을 제조하는 L업체의 계열업체인 ㅈ전자업체에서 제조하는 전자총 히터로서, 국내의 다른 전자총 히터 제조업체와는 달리 전자총 히터의 성능을 우수하게 하기 위하여 다수의 제조공정으로 이루어진 독특한 제조방식을택하고 있다. 그럼 1에는 본 연구의 대상인 전자총 히터의 모습이 주어져 있다.

2.2 전자총 히터 검사항목 및 검사규격

완제품 검사공정에서의 치수 및 외관 검사항목은 그림 2와 같으며, 검사규격은 표 1과 같다.

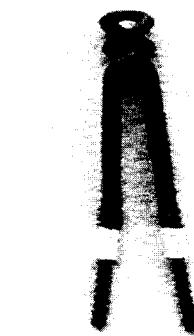


Fig. 1 An electron gun heater specimen

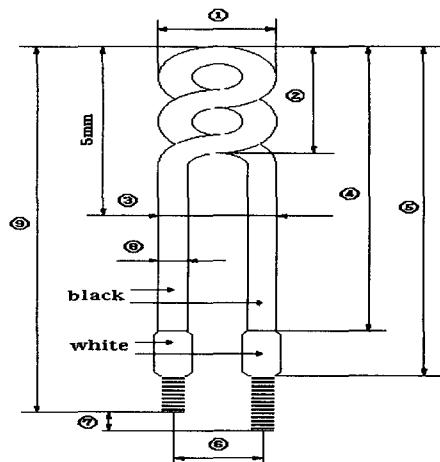


Fig. 2 Dimensions to be measured

Table 1 Specifications for the electron gun heater

(단위: mm)

	Item	Specification	Item	Specification	Item	Specification
Dimensions	①	up to 1.35	④	6.3 ~ 8.3	⑦	up to 0.5
	②	1.9 ~ 2.5	⑤	9.6 ~ 10.6	⑧	0.360 ~ 0.410
	③	1.00 ~ 1.45	⑥	0.9 ~ 2.3	⑨	12.1 ~ 13.7
Appearances	White Region	None	Black Region	None	Crack	None

3. 전자총 히터 자동검사 시스템

3.1 검사시스템의 구성

본 연구에서 구축된 전자총 히터 자동검사 시스템의 전체적인 모습은 그림 3과 같고, 이를 구성하고 있는 시스템의 구성요소들은 표 2에 나타나 있다. 이 시스템에서는 검사대상물의 크기가 작기 때문에 카메라에 고배율 렌즈와 확장링을 장착하여 보다 더 정밀한 검사가 가능하도록 하였으며, 일정한 조명공급과 대상물의 음영을 최대한 줄이기 위하여 높은 조도를 지원하는 광원과 조명장치를 사용하였다.

3.2 검사과정

이와 같이 구축된 자동검사 시스템에서는 그림 4에 도시한 검사과정을 통하여 전자총 히터를 검사하는데, 5장에서는 이러한 검사과정을 상세히 기술한다.

4. 윤곽선 추출을 위한 Sum 마스크

이치화된 영상은 자료의 양이 많고, 특징점을 추출하는 과정에 있어서 복잡한 알고리즘이 요구되는 경우가 많으므로 자료의 양을 줄이고, 특징점을

보다 용이하게 추출하기 위하여 윤곽선을 추출하는 것이 바람직하다. 본 연구에서는 이러한 이치화된 영상에서 윤곽선의 추출을 위해 기존의 체인코드(chain code) 알고리즘(5)과 같이 계산과정이 복잡하며 윤곽선 추출의 결과가 한번의 실행에서 한 개의 분할 영상을 대상으로 하는 비효율적인 방법을 지양하였다.

4.1 체인코드 알고리즘

이치화된 영상을 대상으로 하는 체인코드 기법은 영상의 배경부분을 제외시키고 경계부분의 한 화소에서의 인접한 8개 화소의 모양을 그림5와 같이 방향성만 검토하여 처리하게 된다. 다음은 이러한 체인코드 알고리즘을 설명한 것이다.

단계 1 : 영상을 횡방향으로 검색하여 초기점의 좌표값 (x, y)를 찾는다.

단계 2 : 초기점에서의 화소모양을 시계방향순으로 비교하여 해당하는 코드값을 추출한다

(단, 검색된 좌표값이 초기점과 일치하면 단계 4로 간다).

단계 3 : 추출된 코드값을 저장하고 단계 2로 간다.

단계 4 : 추출과정을 종료하고 체인코드를 출력한다.

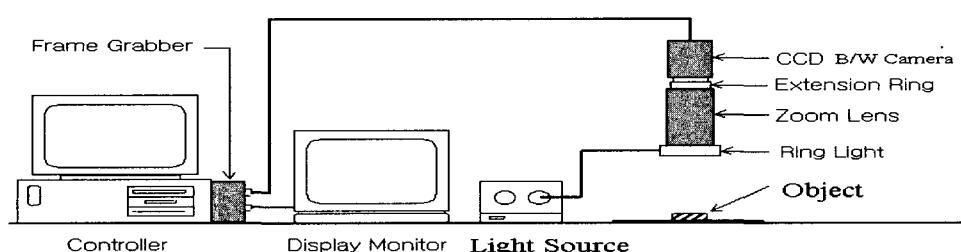


Fig. 3 Schematic configuration of the inspection system

Table 2 Specifications of the equipments used in the system

No.	Item	Specification
1	CCD B/W Camera	SAMSUNG BW-2301(512×492 Pixels)
2	Lens	Zoom Lens(X6), Extension Ring(10mm)
3	Frame Grabber	B/W CI-512 Board(Resolution: 512×512)
4	Liting Device	Light Source(ELI-100M2), Ring Light
5	Controller	IBM-PC 586(166MHz)

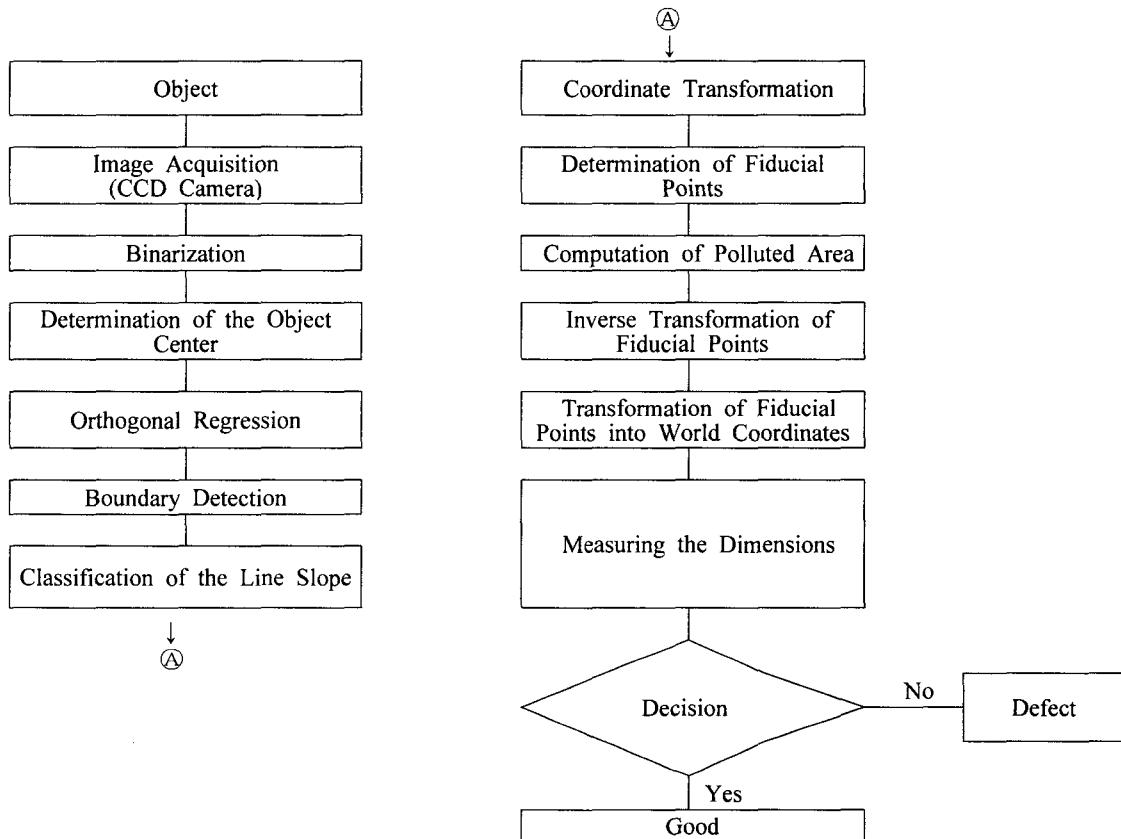


Fig. 4 Flow chart of the inspection procedure

분할된 영상에 대한 모든 윤곽선을 이러한 체인 코드로 표현할 수 있는데, 예를 들면 그림 6의 윤곽선은 초기점을 점(1, 6)로부터 시작한다면 $\{0, 7, 7, 0, \sim 2, 0, 1\}$ 의 코드값이 발생한다. 그러나 체인 코드 방법의 결과 그림 6에서 보는 바와 같이 여러 개의 분할된 영상(image segment)이 있을 경우에는 개별적으로 윤곽선을 각각 추출하여야 할뿐만 아니라 분할영상의 외부와 내부의 윤곽선을 구하기 위하여 알고리즘을 2회 수행해야 하는 번거로움이 따른다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 이치화된 영상에 존재할 수 있는 여러 개의 분할 영상을 각각에 대하여 한 개의 화소로 이어진 윤곽선을 구함과 동시에, 영상 내부에서 이치화된 값이 변하는 부분도 윤곽선을 얻을 수 있는 아래의 sum 마스크를 사용하였다.

4.2 Sum 마스크

Sum 마스크에 의한 윤곽선 추출을 수식으로 나타내면, 임의의 화소 (x, y) 에 대하여

$$s(x, y) = g(x, y-1) + g(x-1, y) + g(x+1, y) + g(x, y+1)$$

로 정의하고, 다음 식

$$T(x, y) = \begin{cases} 0 & \text{if } s(x, y) > 0 \text{ and } g(x, y) = 0; \\ 255 & \text{그외} \end{cases}$$

으로 정의되는 $T(x, y)$ 를 해당화소의 명암도로 대체한다.

그림 7은 그림 6에 주어진 다양한 형상의 분할 영상들에 대하여 한꺼번에 Sum 마스크를 적용한 결과를 보여주고 있는데 분할된 모든 영상들의 내·외부 윤곽선이 뚜렷하게 추출되어 있는 것을 확인할 수 있다.

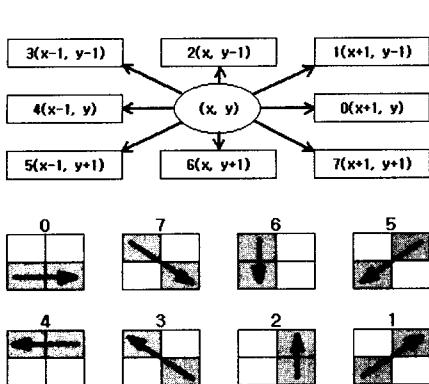
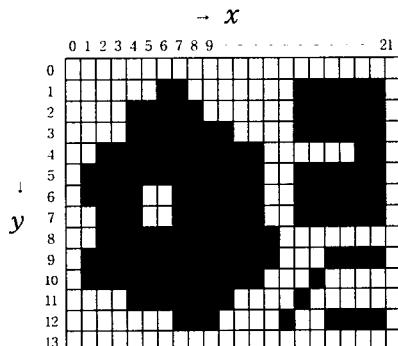
Fig. 5 Chain codes for a point (x, y) 

Fig. 6 An example showing the detected boundary

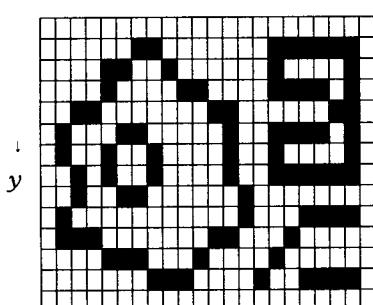


Fig. 7 Boundaries detected by using the sum mask

5.1.1 이치화

일반적인 영상의 이치화는 명암값 중 임계치 이상이면 대응하는 출력영상의 화소값을 흰색(255)으로, 그 외의 경우에는 검은색(0)으로 단순 변환시키는 처리과정이다. 이러한 이치화 처리를 수식으로 나타내면 다음과 같다 :

$$g(x, y) = \begin{cases} 255 & \text{if } f(x, y) \geq T \\ 0 & \text{그외} \end{cases}$$

단, $g(x, y)$: 이치화된 영상의 화소값, $f(x, y)$: 원영상의 화소값, T : 임계치.

5.1.2 중심좌표 추출

5.1.1절에서 구해진 이치화된 영상으로부터 중심좌표 $P_c = (x_c, y_c)$ 을 구한다. 중심좌표는 화소값이 0으로 표현되는 분할영상(대상물)의 무게중심좌표로 계산된다.

5.1.3 직교회귀(orthogonal regression)⁽⁸⁾에 의한 전자총 히터 영상의 직선식 추정

5.1.2절에서 구한 중심좌표 P_c 를 지나면서 기울기가 m 인 검사대상물의 전체적인 직선식을 알기 위해 직교회귀분석 (또는 Hotelling 변환(5))을 사용한다. 직교회귀식은 주어진 각 점들로부터 구해진 직선식과의 최소직선거리의 합을 최소화하도록 구해지므로 일반 회귀식보다는 대상 물체의 주축을 보다 잘 표현할 수 있는 장점이 있다. 그림 8에서는 이렇게 구한 전자총 히터 영상에 대한 직선식을 도시하고 있다.

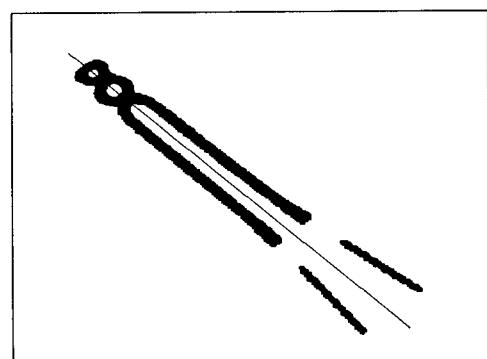


Fig. 8 A binarized heater image with its regression line

5. 검사 알고리즘

5.1 특징점 및 오염치 추출

5.1.4 윤곽선 추출(boundary detection)

여기서는 4장에서 기술된 윤곽선 추출을 위한 Sum 마스크를 이용하여 전자총 허터의 윤곽선을 추출하였다.

5.1.5 좌우측 방향 판별 및 기울기 기준점 추출

검사대상물의 정확한 위치를 판별하기 위해서는 중심좌표와 기울기, 좌·우측 방향의 판별이 필요하다. 이를 위하여 우선 5.1.4절에서 구한 검사대상물의 윤곽선을 이용하여 검사대상물의 머리부분이 $x = x_c$ 를 기준으로 좌·우측 어느 방향에 위치하는지를 알아내고자 한다. 본 논문에서는 이러한 방향성을 찾아내기 위하여 검사대상물의 형상에 근거한 판별방법을 이용하였다. 이러한 방향 판별방법은 다음과 같으며, 개략적인 내용이 그림 9에 도시되어 있다.

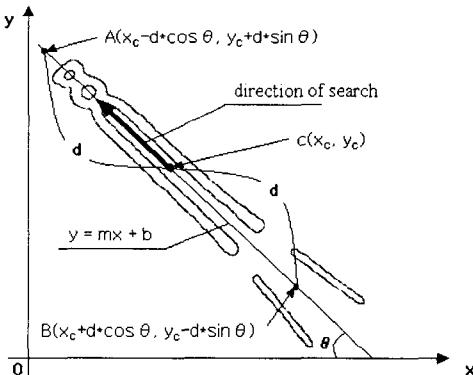


Fig. 9 Determination of object direction

1) 중심점 P_c 를 출발점으로 하여 추정된 $y = mx + b$ 의 직선식을 따라 $x < x_c$ 인 방향으로 일정거리를 단위로 하여 감소시키면서 해당되는 (x, y) 좌표의 $g(x, y)$ 값을 구함

2) 1)의 방법으로 검사를 진행하는 중에 특정길이 범위 내에서 $g(x, y) = 0$ 인 화소가 나타나며 머리부분이 $x < x_c$ 인 영역에 검사대상물의 머리부분이 위치한다고 판단하며, 그렇지 않은 경우에는 $x \geq x_c$ 인 영역에 검사대상물의 머리부분이 위치하는 것으로 판단함

또한 5.3절에서 소개될 카메라 교정을 위하여 그림 9의 중심점 P_c 로부터 시작하여 직선식의 양쪽 방향을 따라 일정한 거리 d 에 있는 점의 좌표 A, B를 추출한다. 이 두 개의 좌표들을 계산하는 목적은 5.4절에서 검사항목의 치수를 측정하기 위해, 실세계 좌표에서의 검사 대상물의 직선식을 알고자 함이다.

5.1.6 좌표변환

허터 머리부분의 방향과 기울기의 조합에 따라 다음과 같이 모두 4가지 경우가 나타난다.

Case 1. $m < 0$, 머리부분이 $x < x_c$ 인

영역에 있는 경우

Case 2. $m < 0$, 머리부분이 $x > x_c$ 인

영역에 있는 경우

Case 3. $m > 0$, 머리부분이 $x < x_c$ 인

영역에 있는 경우

Case 4. $m > 0$, 머리부분이 $x > x_c$ 인

영역에 있는 경우

그런데 5.1.7절에서 소개될 검사기준점 및 오염치 추출을 위한 알고리즘을 보다 용이하게 하기 위하여 검사대상물의 기울기가 양의 값을 가지면서 머리방향이 $x < x_c$ 인 영역에 위치할 경우인 Case 3으로 한정하였다. 그러므로 그 외의 경우에는 모두 Case 3의 영역으로 좌표변환을 하였는데, 이러한 좌표변환들은 모두 반사(reflection)변환에 해당된다. 즉, (x', y') 를 (x, y) 에 대한 변환된 좌표점으로 정의할 때

Case 1. $x' = x ; y' = 2y_c - y$

Case 2. $x' = 2x_c - x ; y' = y$

Case 4. $x' = 2x_c - x ;$

$y' = 2y_c - y$

가 된다.

5.1.7 검사기준점 및 오염치 추출

5.1.1절에서 5.1.6절까지의 결과로서 검사영역내의 모든 영상은 윤곽선으로 표현되며, 기울기가 양의 값을 가지면서 머리부분이 $x < x_c$ 인 영역으로 변환되어 있다. 이러한 형태상의 특성을 이용하여 검사대상물의 규격치를 측정하기 위하여 영상상의

검사기준점을 설정하여야 한다(그림 10 참조). 본 논문에서는 이러한 검사기준점을 찾기 위하여 다음의 두 가지의 방법을 사용하였다 :

방법 1) 검사대상물의 기울기와 직각이 되는 검사기준점을 찾기 위한 방법

그림 11과 같이 기울기 m' 과 직각이 되는 기울기 m' 의 직선을 이용하여 기울기 m 을 따라가며 주어진 영역에서의 모든 $g(x, y)$ 값을 검사하게 된다. 주어진 영역을 순차적으로 검색하는 과정 중에서 $g(x, y) = 0$ 인 값이 미리 정한 특정한 검색회수 만큼 나타나지 않을 경우, 검색을 중단하고 마지막으로 $g(x, y) = 0$ 이었던 좌표값을 추출하여 검사기준점으로 정하게 된다.

방법 2) 검사대상물의 기울기와 평행이 되는 검사기준점을 찾기 위한 방법

그림 12에서는 기울기 m 의 직선을 이용하여 기울기 m 를 따라가며 주어진 영역에서의 모든 $g(x, y)$ 값을 검사하게 된다. 주어진 영역을 순차적으로 검색하는 과정 중에서 $g(x, y) = 0$ 인 값이 미리 정한 특정한 검색회수 만큼 나타나지 않을 경우, 검색을 중단하고 마지막으로 $g(x, y) = 0$ 이었던 좌표값을 추출하여 검사기준점으로 정하게 된다.

끝으로 백색부의 오염치는 백색부위에 나타나는 오염정도를 표현하고 있다. 이러한 오염치를 측정하기 위하여 그림 10에서 백색부 양쪽의 두 기준점 쌍인 (S_2, S_4)와 (S_3, S_5) 각각에 대하여 그림 13에 나타난 바와 같이 기울기 m 과 직각이 되는 기울기 m' 의 직선을 이용하여 주어진 영역에서 모든 $g(x, y)$ 값을 검사한다. 즉, 주어진 영역을 순차적으로 모두 검사하여 $g(x, y) = 0$ 인 값을 가지는 좌표값의 총개수를 백색부의 오염치로 정하게 된다. 오염치에 대한 검사 기준은 표 1에 주어진 바와 같이 오염이 전혀 없어야 하지만 영상을 통하여 실험적으로 분석한 결과 3개 화소정도의 오염은 정상제품에도 나오기 때문에 여기서는 3개를 초과하는 제품을 백색부의 오염이 있는 것으로 처리하였다.

5.2 검사기준점의 역변환

5.1.4절에서 추출된 윤곽선의 원영상을 5.1.6절의 좌표변환을 통하여 검사기준점을 추출하였으므

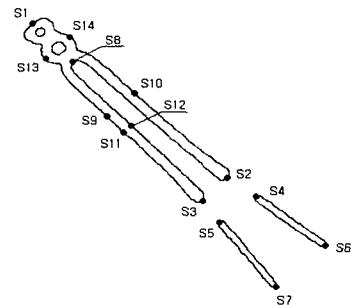


Fig. 10 Obtained fiducial points

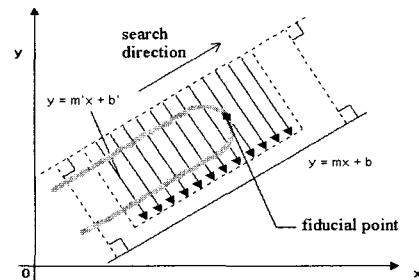


Fig. 11 Search method 1 to find a fiducial point

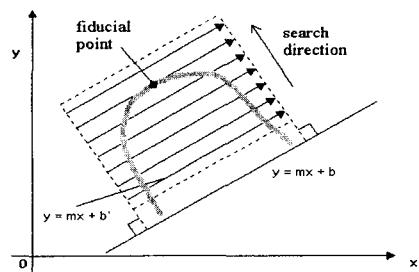


Fig. 12 Search method 2 to find a fiducial point

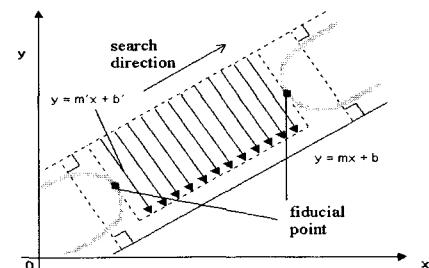


Fig. 13 Search method to detect polluted area

로 5.1.6절에서 행한 좌표변환의 역변환을 해야만 이러한 검사기준점들의 원영상에서의 좌표값을 알 수 있게 된다.

5.3 실세계 좌표값으로 변환

위에서 구한 영상상의 기준점을 실세계 좌표로 변환하면 표 1에 주어진 각종 검사 항목들에 대한 추정치를 구할 수 있다. 이를 위하여는 영상좌표와 실세계 좌표간의 수리적 관계를 정립할 수 있게 하여 정밀 측정 및 분석작업을 가능케 하는 카메라 교정(camera calibration)이 필요하다. 본 논문에서는 이러한 카메라 교정을 위하여 그림 14와 같이 가로 5개, 세로 5개 총 25개의 교정점을 가지고 참고문헌[3]에 제시된 알고리즘에 의하여 카메라 교정을 수행하였다.

이 결과를 이용하여 5.2절에서 추출된 검사기준점 S1 ~ S14 및 기울기 기준점 A, B들에 대한 실세계 좌표를 구하였다.

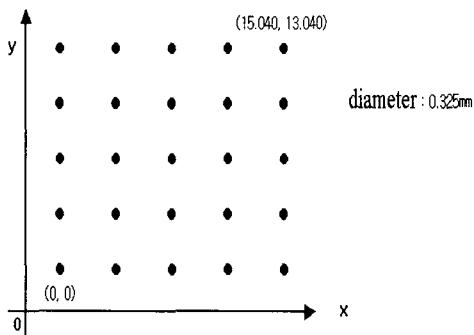


Fig. 14 Control points for camera calibration (Horizontal and vertical distances between two points are 3.76mm and 3.26mm, respectively.)

6. 자동검사 시스템의 성능평가

성능평가에 사용된 부품의 수는 총 20개로서 치수와 백색부가 부분적으로 규격외인 불량품 20개를 대상으로 하였다. 또한 검사영역내에서 부품의 머리 방향이 360° 전역의 어느 방향이라도 검사가 가능한지를 평가하기 위하여 각 부품 검사시 부품의 위치를 무작위로 놓고 평가를 하였다.

각 부품에 대하여 치수 9개 항목과 백색부 오염항목을 검사하여 하나라도 불량이면 불량으로 판정

하였다. 표 3에는 20개의 시편 중 임의의 4개 시편에 대한 추정치와 실측치가 주어져 있으며, 표 4에는 20개의 시편에 대한 검사결과가 검사항목별로 요약 정리되어 있다. 표 4에서 보는 바와 같이 추정치와 실측치와의 절대오차 평균이 각 검사항목별로 0.032 ~ 0.044로 나타났는데 이는 검사항목 8을 제외한 나머지 계량형 검사규격의 정밀도를 모두 만족시키는 것으로 평가된다.

전체적으로 검사 시스템의 불량품 판정능력은 100%로서 좋은 결과를 보였으나, 8번재 검사항목인 히터의 다리 두께의 경우 추정치와 실측치와의 일치성 비교에서는 불과 50%만이 일치하는 저조한 성능을 나타내었다. 이것은 시스템에 사용한 카메라 및 프레임 그래버 등의 최대 분해능력이 검사규격의 공차를 충분히 따르지 못하는 것에 기인한다. 따라서, 이 검사항목에 대한 성능향상을 위해서는 알고리즈다는 분해능을 제고할 수 있는 하드웨어를 확보해야 한다고 보아진다.

한편, 시편이 놓인 방향성에 대한 검사성능 편차가 있는지를 분석하기 위하여 검사영역내에서 시편을 무작위 방향으로 입력시키고 측정하였다. 이 결과 20개 시편 모두에 대하여 측정작업이 정상적으로 이루어진 것으로 평가되었다. 따라서, 어떠한 방향으로 시편이 시스템 내에 들어오더라도 검사항목의 측정이 가능하기 때문에 특별한 공급장치가 요구되지 않는 시스템 구축상의 유연성이 있는 것으로 평가된다.

7. 결 론

본 연구에서는 전자총 히터에 대해 머신비전을 이용하여 치수 및 외관을 검사하는 자동검사 시스템을 위한 새로운 알고리즘을 개발하였다. 전자총 히터가 360° 의 어떠한 방향으로 검사영역에 들어오더라도 검사를 할 수 있게 하기 위하여 검사 알고리즘에 유연성을 확보할 수 있도록 하였다.

검사대상물의 영상에 대한 윤곽선을 효율적으로 추출하기 위해 Sum 마스크 필터를 사용하였다. 또한 전자총 히터의 좌·우 방향 판별 알고리즘을 개발하여 머리부분의 방향을 판별한 뒤 윤곽선으로 표현된 영상을 XY좌표평면의 특정한 한 영역으로 좌표변환한 다음 기울기와 중심좌표를 이용하여 검사기준점 및 백색부의 오염치를 추출하는 알고리즘

Table 3 Inspection results for 4 specimens

(unit: mm)

No.	1		2		3		4		Specification
Rotating degree	193.9°		212.0°		224.9°		243.9°		
Inspection item	Estimate	Observed	Estimate	Observed	Estimate	Observed	Estimate	Observed	
1	1.180	1.160	1.216	1.200	1.234	1.165	1.236	1.185	up to 1.35
2	2.188	2.150	1.973	1.950	2.101	2.070	2.233	2.190	1.9 ~ 2.5
3	1.043	1.100	1.207	1.280	1.249	1.260	1.266	1.255	1.00 ~ 1.45
4	8.783	8.750	8.787	8.750	8.921	8.890	9.168	9.140	6.3 ~ 8.3
5	9.930	9.965	10.012	10.015	10.183	10.250	10.146	10.100	9.6 ~ 10.6
6	1.238	1.170	1.102	1.180	1.606	1.620	1.531	1.585	0.9 ~ 2.3
7	0.429	0.350	0.048	0.030	0.071	0.140	0.115	0.080	up to 0.5
8	0.362	0.400	0.363	0.385	0.370	0.385	0.389	0.390	0.360 ~ 0.410
9	12.761	12.770	12.991	12.980	13.019	12.980	13.086	13.080	12.1 ~ 13.7
Polluted area (white region)	none	none	none	none	none	none	none	none	none
Result	Decision for defects	defective	-						
	defective inspection item	4	4	4	4	4	4	4	-

Table 4 Summary of the experimental results

Inseption Item	Average Absolute Difference between an Estimate and its Corresponding Observed Value (mm)	Correctness (%)	Specification (mm)
1	0.032	100	up to 1.35
2	0.032	100	1.9 ~ 2.5
3	0.038	100	1.00 ~ 1.45
4	0.033	100	6.3 ~ 8.3
5	0.041	100	9.6 ~ 10.6
6	0.039	100	0.9 ~ 2.3
7	0.035	100	up to 0.5
8	0.035	50	0.360 ~ 0.410
9	0.044	100	12.1 ~ 13.7
Polluted area (white region)	-	100	none
Decision for defects	-	100	-
Inspection Capability for Objects with Different Rotating Degrees	-	100	-

을 제시하였다. 이러한 검사기준점을 모두 추출한 뒤 실세계 좌표로 변환한 후 검사항목의 규격치를 계산하였는데, 전체적인 검사해법의 성능평가결과 특정한 검사항목을 제외하고는 매우 우수한 것으로 평가되었다.

본 연구를 통해 개발된 자동검사 시스템은 전자총 히터 제조공정의 마지막 공정인 완성품검사를 자동화로 대체할 수 있는 기초 연구로서의 의미가 있다고 생각된다. 아울러 향후 이러한 멀린비전에 의한 전자총 히터 자동검사 시스템을 기반으로 하

여 본 연구에서 고려하지 못했던 히터 본체 부분의
균열 여부도 판별할 수 있는 시스템과 알고리즘을
개발할 수 있을 것이다.

참고문헌

1. 김희승, 영상인식, 생능출판사, 1993.
2. 이문호, 염재훈, C언어를 이용한 영상처리, 대영
사, 1994.
3. 이정화, 이문규, 악조건하의 카메라 교정을 위
한 알고리즘, 한국정밀공학회지, Vol. 16, No. 2,
pp. 164 ~ 175, 1999.
4. 이정화, 압착단자를 위한 자동검사시스템 구축
에 관한 연구, 계명대학교 대학원 석사 논문,
1996.
5. Gonzalez, R. C. and Woods, R. E., Digital Image
Processing, Addison Wesley Publishing Company,
1992.
6. Phillips, D., Image Processing in C, R&D
Publication, Inc., 1994.
7. Myler, H. and Weeks, A. R., Computer Imaging
Recipes in C, Prentice Hall, 1993.
8. Schuchat, A., "Generalized Least Squares and
Eigenvalues," The American Mathematical
Monthly, Vol. 92, pp. 656-659, 1985.