방열판 불량품 추출을 위한 식별 시스템 구현

Implementation of Recognition System on Extracting Inferior Goods of Radiation Fin

심 우 성, 이 용 식, 허 도 근
(Woo-Sung Sim, Yong-Sik Lee, and Do-Geun Huh)

Abstract : In this paper, the illuminator is designed to recognize the shape and the existence of holes of radiation fin in the point that the light reflection characteristics are different according to the roughness of the material. The threshold value, the positions of holes and the black pixel numbers in the position are obtained under the illuminator, in accordance with the reference image, by applying binary conversion and hole segmentation algorithm, as they are suggested in this paper.

The existence and shape of hole are recognized by calculating the distance and feature value in the test image, which is obtained from the parameters of reference image. It is programmed to apply to GUI(Graphic User the Interface) in windows More than 98% of recognition rate is shown, as it is applied to three different sizes of the radiation fin.

Keywords : recognition, segmentation, automated visual inspection, illuminator

I. 서론

생산공정의 자동화로 인하여 제품의 생산 속도는 급속히 증가하고 있다. 하지만 이것에 따르는 제품의 질을 향상시키고 생산비용 절감을 위해서는 생산라인에서의 불량품 감소와 어쩔 수 없이 발생하는 불량품에 대한 정확한 검사가 필요하다. 사람이 수행하는 검사 방법중 가장 보편적인 것이 육안 검사 (visual inspection)이다. 육안 검사의 자동화에 대한 연구는 70년대 초반부터 진행되어왔으며 높은 정밀도와 빠른 생산성을 요구하는 PCB, IC웨이퍼와 같은 전자 부품 산업에 집중되어왔다[1][2][4]. 이러한 육안 검사를 자동화시키는 과정에서 컴퓨터 비젼(computer vision)으로 응용되어 왔으며 자동 시각 검사(automated visual inspection AVI)시스템의 근간을 이룬다.

고전력 전기 제품 소자의 방열은 알루미늄 방열판에 의해 이루어지며 전기 소자를 방열판에 부착하거나 방열판을 제품 케이스에 부착하기 위해 방열판에 드릴 작업을 해야한다 드릴 작업 공정은 편처로 방열판의 정해진 위치에 초기 자리 홈을 내고 드릴로 구멍을 뚫으며 필요에 따라 그 구멍에 나사 산을 만든다. 드릴 작업이 종료되면 정해진 위치에 원하는 형태의 구멍이 생성되었는지를 식별하는 과정이 필요하다. 본 논문에서는 방열판 나사구멍과 나사산의 유무판정에 AVI 시스템을 적용한다.

방열판 영상과 같이 단순한 패턴만을 갖는 영상패턴의 식별 방법은 원형정합 방법, 확률 통계 적 방법으로 대별된다[3]. 원형정합 방법은 기준 영상과 식별 대상이 되는 영상을 정합시켜 유사도나 정합 거리를 측정하여 식별하는 방법으로 식별 방법이 단순하여 하드웨어 구성이 용이하고 유사한 패턴이 많더라도 식별이 용이하다. 반면에 통계적 방법은 영상패턴의 특성을 통계적으로 분석하여 특징을 추출하고 이것에 판별 함수를 적용시켜 특징 벡터가 특징 공간상의 어디에 속하는지를 식별하는 방법으로 변형이 큰 패턴을 식별하는데는 용이하지만 유사한 패턴이 많을 경우에는 부적합하다.

본 논문에서의 방열판은 방열량과 부착 위치에 따라 여러 가지 형태가 존재하지만, 한 종류의 방열판에 존재하는 구멍의 위치가 일정하며 각 위치의 구멍 형태는 같은 방열판에서는 위치가 동일하므로 원형정합 방법에 의해 방열판 영상의 구멍 패턴을 식별한다. 또한 평행으로 입사된 빛은 물질의 거칠기에 따라 반사특성이 다르다는데 착안하여 구멍주위의 일정한 크기의 측정 영역을 설정하고 구멍 영역의 개수, 구멍의 좌표값, 구멍 영역 내에서의 검은 화소의 개수, 이진화시 임계값 등의 파라메타를 추출하여 데이타 베이스를 구축한다. 다음으로 동일 환경아래에서 시험 방열판으로부터 획득한 시험 영상의 파라메타를 이용하여 특징 값을 만들고 이를 기준 영상의 특징 값과 비교하여 구멍 유무 및 형태를 식별하여 불량 방열판을 구별해낸다.

II. 조명 장치

일반적으로 AVI시스템에서 영상의 주어진 점에서의 밝기(Intensity)는 해당하는 물질의 반사 특성과 밀접한 관계가 있다. 방열판 구멍 안의 나사 산의 유무를 판정하기 위해서는 조명장치의 광원의 종류와 조명각도는 물질의 거칠기에 따라 빛의 반사가 다르게 일어난다[4][5]. 거친 표면에서의 반사는 여러 방향으로 산란된 반사를 보이고 거울 면과 같은 고운 면에서는 빛이 산란되지 않고 표면 법선을 중심으로 입사각과 반사각이 같은 방향으로 반사된다. 이것은 화면상에서 거친 표면은 흰색 성분으로 보여진다 이러한 반사 특성에 영향을 줄 수 있는 것은 물체의 물질 종류, 광원의 종류, 조명의 높이에 따른 조명 균일도, 조명장치의 형상 등이 있다[4].

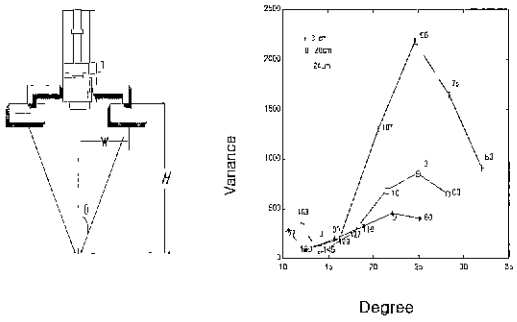
조명장치에 영향을 주는 물질의 종류면에서 보면 PCB 기판의 식별과 같은 경우 표면 자체 물질이 여러 공정에 의해 많은 물질들이 존재할 수 있으므로(base material, copper, polyimide, 납등) 물질에 따른 반사 특성을 고려해

접수 일자 : 1999. 5. 18., 수정완료 1999. 9. 28.
심우성, 이용식, 허도근 : 원광대학교 전자공학과

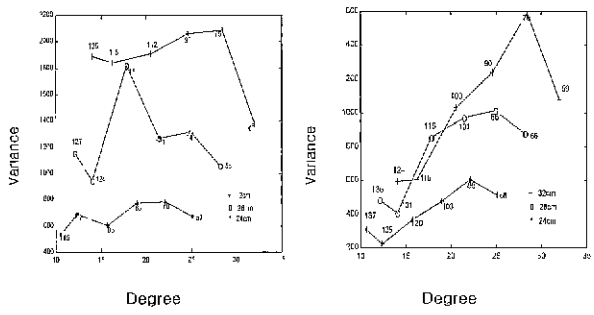
주어야 한다. 하지만 방열판의 경우 하나의 물질(보통 알루미늄)에 의해 구성되어 있으므로 여러 물질에 따른 반사 특성은 고려하지 않아도 된다

둘째로 광원의 종류면에서 방열판의 나사 산 부분의 거친 면의 반사 특성을 활용하기 위해 일차적으로 산란광인 백열등을 조명장치로 사용하였으나 이러한 조명장치는 비교적 단일 파장인 평행광이 아니므로 위와 같은 반사특성을 측정하기에는 부적합하다. 즉 입사광의 파장이 달라지면 반사율도 달라진다. 이러한 특성을 활용할 조명 장치는 600㎚이상의 파장이 짧은 할로겐 램프를 사용하여 피사체 전체에 같은 강도로 조사되어야 한다.

셋째로 조명의 높이(H)와 넓이(W)에 따라 그림1(a)의 θ (=$\tan^{-1}$(W/H))값이 변하게 되므로 물체와 카메라 사이의 높이와 카메라 중심과 조명장치 중심 사이의 넓이를 조절함으로서 전체적으로 균일한 조명을 조사할 수 있다. 그림1(b)는 크기가 다른 3가지 종류의 방열판에서의 각도에 따라 각 구멍의 밝기 값의 분산을 측정한 것이다. 즉 분산이 작으면 카메라 영역내의 조명 균일도가 좋다. 하지만 분산이 적다하여 이것의 각도가 가장 최적은 아니다 즉 방열판에 전체적인 밝기 값이 너무 낮은 상태나 너무 높은 상태에서 분산이 적을 경우 균일하게 조명되지만 낮은 상태에서는 조명의 영향을 덜 받게 되고 높은 경우 조명이 집중된다. 따라서 여러번의 실험 결과 가장 적당한 밝기에서 최소의 분산을 갖는 높이와 넓이에 의한 각도를 설정한다. 그림 1의 (a), (b), (c)에서 숫자는 평균 밝기 값을 나타내며 130이상은 조명이 집중되어 너무 밝고 100 이하는 영향을 받지 않는 부분이 나타나므로 100~130 사이의 평균 밝기 값을 가지며 분산이 최소가 되는 각도를 결정한다



(a) 높이(H), 넓이(W), 각도(θ) (b) 17.8×9.1㎝ 방열판



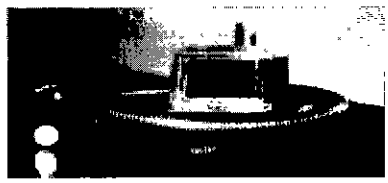
(c) 21.4×14.4㎝ 방열판 (d) 25.0×21.1㎝ 방열판

그림 1. 조명장치의 각도에 대한 분산.

Fig. 1. Variance for degree of illuminator.

조명장치의 형상은 점광원 조명(point source illuminator), 라인 조명(line type illuminator), 링조명(ring type illuminator), 사각조명(rectangle type illuminator)등 다양하다 이러한 형상 중 어떤 장치를 선택하느냐는 물체의 형상에 의해 결정되며 균일하게 조명할 수 있어야 한다. 이러한 관점에서 대부분의 방열판이 사각형으로 이루어짐에 착안하여 같은 모양의 사각 조명기를 사용한다. 위와 같은 조건에 의해 설계된 조명장치는 할로겐 램프 광원과 사각형 조명기로 구성되며 할로겐 램프에 의해 생성된 빛을 광 케이블을 통하여 사각형 조명기로 방사하므로서 방열판 전체에 같은 강도로 조명된다. 그림 2(a)는 할로겐 램프 광원이며 그림 2(b)는 사각형 조명기이다.

(a) 할로겐 램프 광원



(b) 사각형 조명기(Model: FOL-100, 정격전압: 12V/100W) (내경: 7.3x5.3cm, 외경: 9x7cm, 광 cable: 200가닥)

그림 2 조명장치

Fig. 2. Illuminator.

III. 영상 처리

구멍 유무와 구멍 안의 나사 산의 유무를 판단하기 위해 기준 영상에 대한 데이터 베이스를 만들고 이것과 시험영상을 비교함으로서 구멍 유무와 형태를 식별한다. 먼저 기준영상을 설정하기 위해 사용자가 원하는 영역에 대하여 마우스를 이용하여 영역을 설정한다. 이러한 설정영역에 대하여 전처리 단계로 잡음제거와 영상을 두 레벨로 분리하기 위해서 이진화 작업이 필요하다. 둘째 구멍의 위치를 판단하기 위해 구멍 영역 알고리즘을 이용하여 분리하고 각 파라메타를 데이터 베이스화한다. 다음으로 기준영상과 시험영상을 비교하여 구멍 유무 및 형태를 식별함으로서 불량 방열판을 검출한다

1. 전처리

먼저 시각 장치 시스템으로부터 256컬러 영상을 받아들인 후 받아들여진 영상에 대하여 구멍 분리 알고리즘을 적용하기 위해서 이진화 작업이 필요하며 이를 위해 임계값

이 필요하다. 이러한 임계값은 조명 강도, 조명 각도, 피사체와의 거리에 따라 전체 영역에 고정적 임계값 설정 방법이 일반적이다. 하지만 전체 영상에 대하여 임계값을 설정하면 정확한 임계값 설정이 어렵고 수행 시간이 길어지는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 기준 영상에 대하여 구멍영역 주위를 사용자가 임의로 설정하고 각 구멍 영역에서 이진화 작업을 수행한다. 즉 구멍 개수만큼의 설정영역을 마우스를 이용하여 포인터를 정하고 정해진 영역에서 이진화 및 그 밖의 구멍 분리 알고리즘을 수행한다. 마우스를 이용한 영역내의 이진화는 기준 영상에 대하여 기준 데이터를 만들때만 실행되며 각 구멍의 마우스 포인터와 임계값들이 시험 영상의 불량품 추출시 요구되는 데이터로 사용된다. 본 논문에서의 이진화는 전체 영상이 아닌 부분 영상에 대하여 이진화를 함으로서 구멍 영역 이외의 값들이 이진화시 임계값 결정에 대한 영향을 줄이고 효과적인 이진화를 수행할 수 있다. 이진화를 위한 임계값 T를 결정을 위한 식은 (1)과 같다. 여기서 N과 M은 각각 마우스 포인트된 최대, 최소 x, y의 크기값이다.

$$T = m + \alpha \cdot \sigma \tag{1}$$

$$where \quad m = \frac{1}{MN} \sum_{y=0}^{M-1} \sum_{x=0}^{N-1} f(x,y)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{y=0}^{M-1} \sum_{x=0}^{N-1} (m - f(x,y))^2}$$

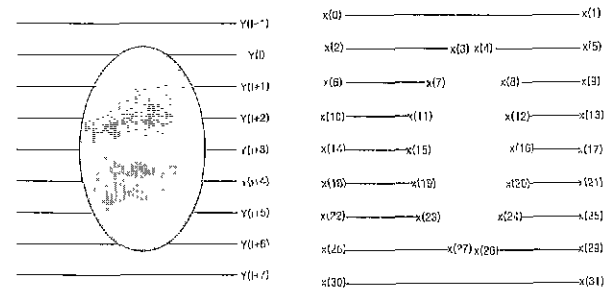
여기서 m은 영역 안에서의 평균이며 σ은 분산값이고 α는 임계값의 크기를 결정하는 인자이다. α가 크면 임계값이 커져 전체 영역이 구멍으로 판정되고 α가 작으면 임계값이 작아져 구멍이 판정되지 않는다. 또한 평균 밝기에도 영향을 받는데 그림 1에서 설명된 100~130 에서는 α = 0.01를 실험적으로 결정하였다. 위와 같은 방법에 의해 결정되어진 임계값 T를 이용하여 (2)에 의해 이진화를 수행한다

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & f(x,y) > T \\ 0 & others \end{cases} \tag{2}$$

2. 구멍 영역 분리 알고리즘

이진화 기법에 의해 만들어진 2진 영상에 적용시켜 방열판의 구멍을 분리(Segmentation)하는 알고리즘을 제시한다. 기존의 분리 알고리즘은 4연결 또는 8연결 방향에 의해 같은 영역의 라벨링을 이용하여 패턴을 분리하는 라벨링 방법이나 급변하는 부분의 경계를 이용하기 위해 마스크를 이용한 에지 추출 방법이 있다 하지만 이러한 것들은 라벨링이나 에지 검출후에 영역의 경계의 위치를 알기 위해서 chain code와 같은 방법을 한 번 더 수행해야 하므로 여러 가지 파라메타와 여러개의 에지 성분에 의해 복잡성이 증가된다[3][8]. 본 논문에서 제안한 순차적 분리 알고리즘은 특정한 파라메타를 생성하지 않고 순차적으로 패턴을 분리하기 때문에 패턴의 종류와 크기에 무관하며 패턴의 위치를 알 수 있고 이것을 이용해 구멍 위치를 결정할 수 있다

이진화된 방열판 영상은 그림 3(a)와 같은 패턴을 갖는다. 패턴들은 같은 주사선 상에 있는 에지점 쌍을 연결하는 선분들의 집합이다.



(a) 패턴과 주사선 (b) 패턴의 선분

그림 3 구멍 패턴의 주사선과 선분

Fig. 3. Scanning line and straight line of hole pattern.

그림 3(b)와 같이 선분 끝점의 x좌표는 (x_0, x_1), (x_2, x_3), ···, (x_{n-1}, x_n)이라 하고 주사선 상에 존재하는 2개 선분을 그림 4와 같이 나타낸다

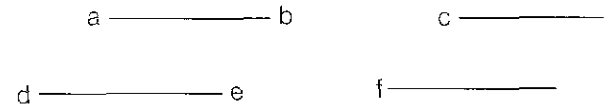


그림 4. 이전과 현재 주사선의 선분.

Fig 4. Straight line of prior and present scanning line.

그림 4에서 선분 (a, b)는 이전 주사선 상에 존재하는 패턴의 현재 선분이고 c는 다음 패턴 선분의 시작점이며 선분 (d, e)는 현재 주사선 상의 패턴의 선분이고 f는 다음 패턴 선분의 시작점이다. 만약 패턴 선분 (a, b)와 (d, e)가 존재하지 않을 경우는 다른 선분의 시작점 c와 f는 주사선의 최대 x좌표이다.

본 논문에서 제안한 분리 알고리즘은 이전 주사선 상에 존재하는 점 a, b, c와 현재 주사선 상에 존재하는 점 d, e, f를 비교하여 패턴 영역을 결정한다. 점 e가 점 a보다 작으면 선분 (d, e)는 새로운 패턴의 시작 선분이며 점 d가 점 b보다 크면 선분 (a, b)는 현재 패턴의 끝 선분이다. 점 f가 점 b보다 적으면 선분 (a, b)는 선분 (d, e)와 점 f로 시작되는 새로운 선분으로 나누어지며 점 e가 점 c보다 크면 선분 (a, b)와 선분 (d, e)는 같은 패턴의 선분이다. 이상에서 기술한 패턴 선분간의 관계를 표 1에 나타내었다. 이러한 두개 주사선 상에 존재하는 패턴 선분을 표 1의 조건으로 비교하여 하나의 패턴 영역이 종료되면 패턴의 최대 최소의 x, y좌표를 얻음으로서 각 패턴을 분리한다[6].

이러한 방법은 방열판에 적용하였을 경우 조명의 영향에 의해 하나의 구멍 패턴이 두 개로 분리 될 수도 있다. 하지만 하나의 마우스 포인터된 영역에서는 하나의 패턴만이 존재해야 하므로 M, N값의 M/2, N/2 범위안에 있는

표 1. 선분들간의 관계.
Table 1. Relation between straight lines.

조 건	두 선분의 관계	
e<a	(d, e)는 새로운 패턴의 시작	생성
d>b	(a, b)는 기존 패턴의 끝 선분	종결
f<b	(a, b)는 (d, e)와 (d, e)의 다음 선분으로 분리	분할
e>c	(a, b)와 (d, e)는 병합	합병
others	(a, b)와 (d, e)는 같은 영역	같은영역

값은 통합하였다. 이상에서 제시된 알고리즘으로 분리된 구멍 패턴은 최대, 최소 x, y좌표를 가지고 있으므로 이 좌표를 기준으로 구멍영역을 분리한다. 분리된 구멍 영역의 예는 그림 5와 같으며 구멍영역이 정확히 분리됨을 보인다.

그림 5. 분리된 구멍 영역.
Fig. 5. Separated hole regions.

3. 구멍 및 나사 산 유무 판단 및 분류

기준 영상에 대한 데이터 베이스를 이용해 구멍 영역의 x, y좌표를 기준으로 특징 값을 추출하여 시험 영상과 비교한다. 특징값 추출의 파라메타는 구멍의 구조적 모양에 대한 특징을 이용하여 응집도, 모멘트 등을 이용할 수 있지만 윤곽선을 찾기위한 알고리즘을 적용하므로 계산에 대한 부담이 커 처리시간이 길어진다는 단점 때문에 검사 수량이 많은 검사 작업에는 부적합하다. 따라서 실시간 처리가 가능한 특징 값을 추출하기 위해 기준 영상에서 구멍 분리 알고리즘을 이용한 그림 6과 같은 영역 안에서 검은 픽셀의 수를 이용하여 특징 값을 정량화한다.

언급된 조명장치와 반사 특성에 의해 나사 산이 있는 경우 여러 방향으로 산란되어 흰색 픽셀의 수가 많이 보이고 나사 산이 없는 경우 검은 픽셀의 수가 증가 되므로 영역 안에서 나사 산의 형태나 구멍의 유무에 따라 검은 픽셀수의 변화가 발생된다. 이러한 특징을 이용하여 (3)은 순

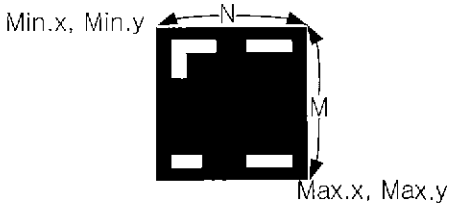


그림 6. 분리된 영역에서의 N 과 M.
Fig. 6. N and M at separated region.

차적 분리 알고리즘에 의한 구멍의 화소수 M×N과 영역 내의 검은 픽셀의 수(b.pixel)의 비를 표현하며 구멍의 유무와 나사 산 형태 판단의 기준으로 사용한다.

$$\text{ration} = \frac{\text{b.pixel}}{M \times N} \tag{3}$$

이러한 것은 1보다 적은 값을 갖게 되며 기준과 시험 영상 모두에 적용하여 이것을 특징 값으로 이용한다. 하지만 시험 영상의 경우 기준 영상에 비해 움직임이 발생할 수 있고 이러한 것을 보완하기 위해 시험 영상에서 검은 픽셀의 수를 결정시 ±3 픽셀의 변위를 주어 처리한다. 이렇게 확장된 변위에 대하여 검은 픽셀을 계산하여도 그림 5에서 보인 것처럼 주위의 이진화시 거의 검은 픽셀이 나타나지 않으므로 특징 값 결정이 중요한 변수로 작용하지 않음을 알 수 있다. 식별 방법으로서는 시험영상의 각 구멍위치에 대하여 (4)와 같은 거리를 이용하였으며 차이의 크기 값에 의해 어떤 결함인지를 분류할 수 있다 이것을 위해 ration의 결정 임계값 T_1과 T_2는 실험에 의해 결정되며 각각의 값은 0.30과 0.45 로 결정하였다.

$$\begin{aligned} &|\,\text{reference ration} - \text{test ration}\,| < T_1 \text{ : 정상} \\ &T_1 < |\,\text{reference ration} - \text{test ration}\,| < T_2 \text{ : 나사 산 누락} \\ &T_2 < |\,\text{reference ration} - \text{test ration}\,| \quad \text{: 구멍 무} \end{aligned} \tag{4}$$

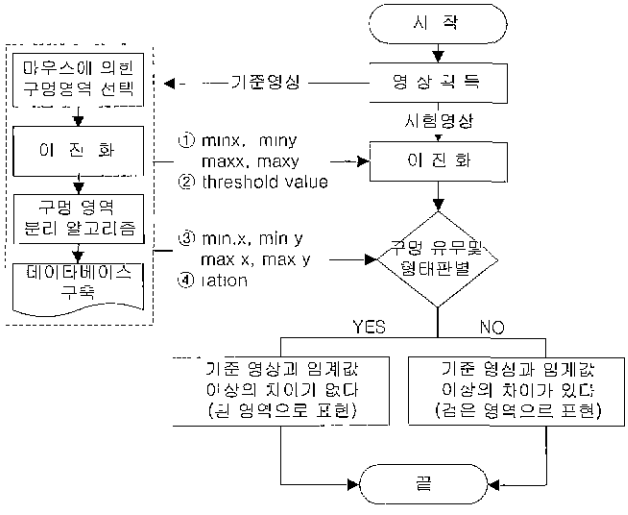


그림 7. 구멍 유무 및 형태 식별 흐름도.
Fig 7. Flow chart for recognition the type and existence of hole.

결함의 종류가 다양할 경우 결함에 따른 특징 값을 추출하여 구조적 방법이나 신경망을 이용하여 결함을 판단할 수 있지만[7] 본 논문에서는 결함의 종류가 구멍 유무 또는 나사 산의 결함에 의한 두 가지 경우만 존재하므로 결함 판단 기준인 거리값이 구멍유무와 나사 산 결함의 경우 현저하게 차이가 나타나 쉽게 임계값에 의해 결정할 수 있다. 이와 같은 결과 값에 의해 결함으로 판단된 경우 그 위치를 모니터에 표시한다. 위 과정의 흐름도는 그림 7과 같다.

①은 마우스 포인터에 의한 최대, 최소 x, y값이며 ②는 ①의 영역안에서 기준 영상의 각 구멍 영역에 대한 이진화에 사용된 임계값이다. 또한 ③은 패턴 분리 알고리즘에 의한 최대, 최소 x, y값이며 ④는 식 (3)에 의한 기준 영상의 ration 값이다. 이러한 4개의 데이터 베이스는 시험영상의 구멍의 유무 및 형태 식별에 이용된다.

Ⅳ. 실험 및 고찰

방열판의 구멍 유무 및 형태 식별 알고리즘을 구현하기 위한 영상 처리 시스템은 그림 8과 같이 조명장치, 영상 입력장치, 영상처리를 위한 컴퓨터로 구성된다 입력장치는 CCD카메라(Sony XC-711)와 영상 획득 보드로 이루어지며 영상 보드의 경우 Video Blaster사에서 제공하는 SE-100 overlay board를 사용하였다. 이것을 사용할 경우 개발자를 위한 라이브러리를 제공해 줌으로서 MCI 프로그래밍을 하는데 용이하며 범용성을 생각할 때 저렴하게 구입할 수 있는 장점이 있다. 이러한 입력 장치를 이용한 영상은 640×480크기의 256컬러 영상을 디스플레이 한다. 조명 장치는 할로겐 램프의 광원과 사각형 형태의 조사기를 이용해 방열판의 크기에 따라 높이와 각도를 조절하였다. 또한 외부의 조명으로부터 영향을 최소로 줄이기 위해 장치 주변에 검은 막을 이용하여 사방에 둘러 쌌다.

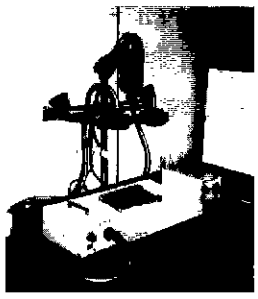


그림 8. 조명장치에 의한 시스템 구성도.
Fig. 8. System composition by illuminator.

영상처리 프로그램은 GUI환경을 위해 Visual C++를 사용하여 작성하였으며 실험에 사용한 방열판은 3종류의 방열판이고 각각의 크기는 25.0x21.1㎝, 21.4x14.4㎝, 17.8x9.10㎝ 이다. 기준 영상의 기준 데이터를 만들기 위해 100회에 걸쳐 실험하였으며 특징값 ration은 100회에 걸쳐 실험한 값들 중 평균값을 이용하였다. 시험 방열판은 나사 산 형태와 구멍의 유무에 따라 3종류 방열판의 각각 20개 방열판이 사용되었으며 임의로 각 종류마다

표 2. 구멍 유무 및 형태 식별의 정량적 결과.
Table 2. Fixed quantity result of the type and existence of hole.

min		max.		N	M	전체 영역	검은 픽셀수		ration 값	
x	y	x	y				기준 영상	시 험 영상 1	기준 영상	시험영상 1 (차이값)
47	10	57	20	10	10	100	78	78	0.780	0.78(0)
126	34	133	40	7	6	42	26	40	0.619	0.952(0.333) (나사산 누락)
266	32	273	38	7	6	42	24	22	0.571	0.523(0.048)
405	30	412	38	7	8	56	40	40	0.714	0.714(0)
478	32	485	40	7	8	56	40	42	0.714	0.750(0.036)
546	10	556	20	10	10	100	64	62	0.640	0.620(0.020)
548	34	556	42	9	8	72	34	30	0.472	0.416(0.056)
56	176	61	184	5	8	40	34	32	0.850	0.800(0.050)
118	176	123	182	5	6	30	28	26	0.933	0.866(0.067)
460	178	466	183	6	5	30	20	24	0.666	0.800(0.134)
45	342	55	352	10	10	100	52	56	0.520	0.560(0.040)
126	320	133	326	7	6	42	20	20	0.476	0.476(0)
265	320	273	328	8	8	64	38	36	0.593	0.562(0.031)
406	322	414	328	8	6	48	34	32	0.708	0.666(0.042)
480	320	488	326	8	6	48	40	36	0.833	0.750(0.082)
551	318	559	324	8	6	48	40	42	0.833	0.875(0.042)
549	342	558	350	9	8	72	46	46	0.638	0.638(0)

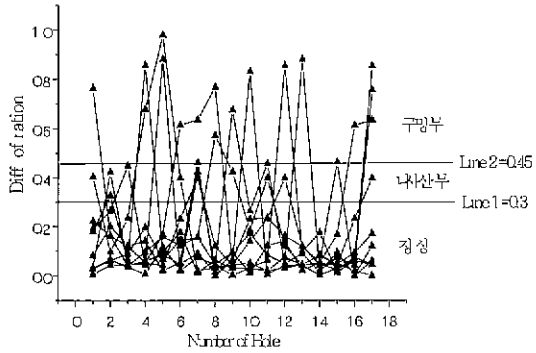
(a) 시험영상 1

min		max.		N	M	전체 영역	검은 픽셀수		ration 값	
x	y	x	y				기준 영상	시 험 영상 2	기준 영상	시험영상 2 (차이값)
47	10	57	20	10	10	100	78	72	0.780	0.720(0.060)
126	34	133	40	7	6	42	26	34	0.619	0.809(0.190)
266	32	273	38	7	6	42	24	18	0.571	0.428(0.143)
405	30	412	38	7	8	56	40	24	0.714	0.428(0.286)
478	32	485	40	7	8	56	40	36	0.714	0.642(0.072)
546	10	556	20	10	10	100	64	72	0.640	0.720(0.080)
548	34	556	42	9	8	72	34	60	0.472	0.833(0.361) (나사산 누락)
56	176	61	184	5	8	40	34	34	0.850	0.850(0)
118	176	123	182	5	6	30	28	26	0.933	0.866(0.067)
460	178	466	183	6	5	30	20	22	0.666	0.733(0.067)
45	342	55	352	10	10	100	52	64	0.520	0.640(0.120)
126	320	133	326	7	6	42	20	22	0.476	0.523(0.047)
265	320	273	328	8	8	64	38	40	0.563	0.625(0.032)
406	322	414	328	8	6	48	34	42	0.708	0.875(0.167)
480	320	488	326	8	6	48	40	32	0.833	0.666(0.167)
551	318	559	324	8	6	48	40	0	0.833	0(0.833) (구멍 누락)
549	342	558	350	9	8	72	46	56	0.638	0.777(0.139)

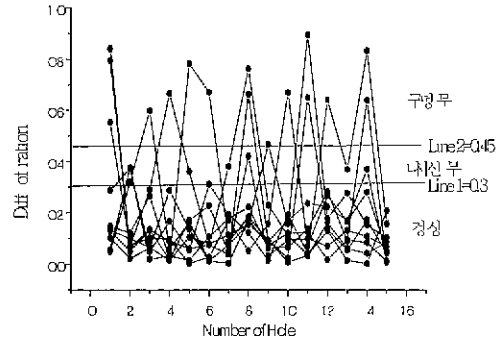
(b) 시험영상 2

100회에 걸쳐 실험하였다. 예를 들어 25.0x21.1㎝크기의 방열판에 대한 기준 영상의 특징값과 구멍 유무 및 나사 산 유무를 정량적으로 식별한 결과는 표 2와 같다.

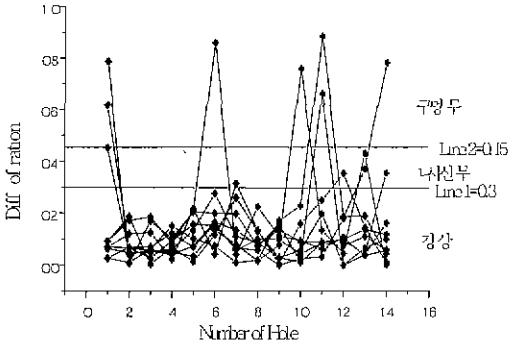
표 2에서 17개의 구멍을 갖는 방열판에 대하여 min.x, min.y, max.x, max.y 값은 순차적 분리 알고리즘에 의한 최대 최소 x, y값을 표현하고 N, M값은 이러한 최대 최소 x, y의 차를 나타낸다. 기준영상과 실험영상에 대한 각 구멍의 ration값은 (3)에 의해 계산되며 이들 값을 (4)에 대입하여 다시 구멍의 유무 및 나사산의 유무를 식별한다.



(a) size=25.0x21.1cm, number of hole=17



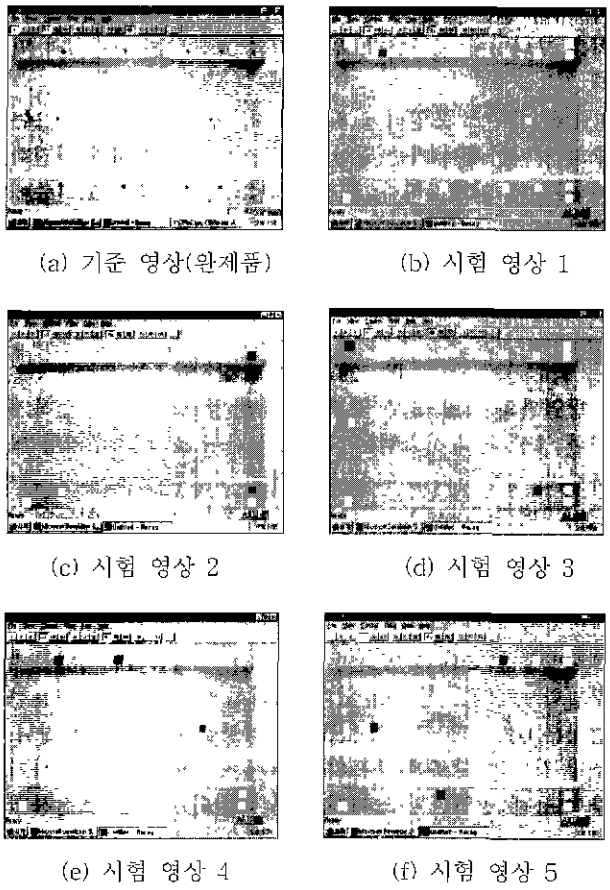
(b) size=21.4x14.4cm, number of hole=15



(c) size =17.8x9.10cm, number of hole=14

그림 9. 3종류의 방열판에 대한 각 구멍의 ration.
Fig. 9. Ration of each hole for three class Radiation-fin.

이러한 식별율을 3종류의 방열판의 10회에 걸친 판단 예를 그림 9에 보였다. 여기서 Line 1 이상의 ration의 차이값은 구멍이 존재하지 않거나 나사 산의 형태가 없는 경우로 불량품을 의미한다. 특히 Line 1과 Line 2사이의 ration의 차이값은 나사 산의 형태가 없는 경우이다.



(a) 기준 영상(완제품) (b) 시험 영상 1

(c) 시험 영상 2 (d) 시험 영상 3

(e) 시험 영상 4 (f) 시험 영상 5

그림 10 기준영상과 시험 영상의 결과.
Fig. 10 Result of test images and reference image

그림 10은 이것의 결과를 디스플레이 하기 위하여 VC++을 이용하여 프로그래밍한 결과이며 각 (a)는 기준영상이고 (b)~(f)는 각 시험 영상에 대하여 진하게 칠해진 부분이 구멍 또는 나사 산이 없는 경우이다 시험 영상을 식별하는데 걸린 시간은 실시간에 처리되며 3종류의 방열판에 대하여 98%이상의 식별률을 보였다.

또한 여러 가지 다양한 방열판에 적용하기 위해 GUI환경에서 여러 가지 방열판에 대한 데이터 베이스 구축과 구멍유무 및 나사 산 형태를 판단하도록 프로그래밍 하였고 하나의 기준 방열판에 대한 여러 개의 시험 영상 방열판의 비교를 위해 interval 시간을 설정할 수 있도록 하였으며 두 개의 입력(두개의 카메라)에서도 응용할수 있도록 설계하였다.

V. 결론

본 연구는 구멍 내에 존재하는 나사 산 부분의 거친 면

의 반사 특성을 이용하여 방열판 전체에 같은 강도로 조사하기 위해 조명장치를 설계하였고, 기준 영상 구멍영역의 정확한 위치를 측정할 수 있는 알고리즘을 제시하였다. 그리고 기준 영상의 구멍영역 위치좌표를 기준으로 특징값을 추출하고 거리를 이용하여 시험영상의 구멍유무와 형태를 식별하였다. 이러한 것은 기준 영상을 획득하는 시간외에 시험 영상과 비교시간은 거의 실시간에 처리함으로서 공장 자동화에 유용하게 사용되리라 판단된다.

문제점으로는 구멍에 낄 수 있는 알루미늄 가루 등과 같은 잡음에 의해 오식별이 발생 될 수 있지만 전처리 과정에서 수압이나 자동 롤(Roll)처리에 의해 제거하면 다음 단계인 불량품 추출 단계에서 오식별율을 줄일 수 있다고 생각된다.

참고문헌

[1] HON-SON DON, KING-SUN FU, C. R. LIU, Using Image Processing Techniques, *IEEE* WEI-CHUNG LIN, Metal Surface Inspection *Trans. Sys. Man. Cybernetics*, vol. SMC-14, no. 1, pp. 139-146, 1984.

[2] L. jorge, C. Sanz, "Machine vision algorithms for automated inspection of thin-film disk heads," *IEEE trans. Pattern Anal. Machine Intell*, vol. 10, no. 6, pp. 830-848, 1998.

[3] Gonzale and Woods, "Digital image processing," *Addison wesly*, 1992.

[4] 연구보고서, "PCB 패턴의 고속정밀 Vision검사 시스템 개발," *KETI*, 1994

[5] David W. Capson and SAI-KIT ENG, "A tiered-color illumination approach for machine inspection of solder joint," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell*, vol. 10, no. 3, pp.387-393, 1998.

[6] 허도근, 심우성, "순차적 기법에 의한 문서의 문자분리," 대한 전자공학회 하계 학술 논문집, vol 18, pp. 998-1001, 1995.

[7] 김경민외 5인, "냉연 표면흠 검사 알고리듬 개발에 관한 연구," 제어·자동화·시스템 공학, vol. 3 no 2, pp. 179-186, 1997.

[8] 박문수외 2인, "영상처리를 이용한 금속 Grain Size 측정시스템," 제어계측·자동화 로보틱스 연구회 합동 학술 발표회, pp. 132-135, 1998.

심 우 성

1969년 2월생. 1994년 원광대학교 전자공학과 졸업, 동대학원석사,동대학원 박사과정 수료(1999), 관심 분야는 영상처리, 비젼시스템.

허 도 근

1951년 10월생. 1975년 울산대학교 전자공학과 졸업.1980년 경희대학교 전자공학과 석사, 1990년 경희대학교 전자공학과 박사, 1980년-현재 원광대학교 전자공학과 교수, 관심분야는 영상처리, 비젼시스템.

이 용 식

1972년 9월생. 1998년 원광대학교 전자공학과 졸업, 동대학원 석사과정, 관심 분야는 영상처리, 비젼시스템.