

Vision System을 이용한 PCB 검사 매칭 알고리즘

Matching Algorithm for PCB Inspection Using Vision System

안 응 섭^{*} 장 일 용^{**} 이 재 강^{***} 김 일 환^{****}
An, Eung-Seop Jang, Il-Young Lee, Jae-Kang Kim, Il-Hwan

Abstract

According as the patterns of PCB (Printed Circuit Board) become denser and complicated, quality and accuracy of PCB influence the performance of final product. It's attempted to obtain trust of 100% about all of parts. Because human inspection in mass-production manufacturing facilities are both time-consuming and very expensive, the automation of visual inspection has been attempted for many years. Thus, automatic visual inspection of PCB is required. In this paper, we used an algorithm which compares the reference PCB patterns and the input PCB patterns are separated an object and a scene by filtering and edge detection. And than compare two image using pattern matching algorithm. We suggest an defect inspection algorithm in PCB pattern, to be satisfied low cost, high speed, high performance and flexibility on the basis of 640×480 binary pattern.

키워드 : 머신비전, PCB, 패턴매칭

Keywords : machine vision, PCB, pattern matching

1. 서론

비전 시스템은 컴퓨터와 같은 자동기계를 통하여 사람의 눈을 흉내 내고자 하는 기술 분야로서, 여러 가지 기능을 겸비하여 각각 초점을 달리한 이름으로 다양하게 불려지고 있다. 이러한 용어 중에서 산업현장과 밀접한 용어를 선택한다면 머신비전(Machine Vision)이나 로봇비전(Robot Vision)이 적당한 것이라 할 수 있다. 머신비전이나 로봇비전은 산업현장의 특성을 반영한 것으로, 컴퓨터에 의한 다양한 처리에 중점을 두기보다는 조명의

접근방식이나 구현방법, 주변 환경을 정비하는 등에 대한 연구에 집중하여, 컴퓨터에 의한 계산시간을 최대한으로 줄여서, 생산속도를 높이는 방향으로 노력을 기울이는 분야를 의미한다고 할 수 있다. 비전분야는 산업이 고도화된 국가에서만 활발히 사용되는 기술 분야로, 우리나라에서도 반도체 산업이 꽃을 피운 90년대 이후에 본격적인 연구개발이나 실용화의 단계를 밟아왔으며, 산업의 발전속도와 더불어 급속한 발전과 시장의 확대로 이어지는 기술로 볼 수 있다. 사람이 취득하는 정보의 90%는 눈을 통하여 얻어진다고 하듯이, 인간의 정보취득 및 처리과정에 있어서 시각의 중요성은 굳이 설명할 필요가 없을 것이다. 하등동물보다는 고등동물로 진화해갈수록 시각의 활용도가 높아지는 것과 같이 각종 기계에 있어서도 자동화가 진전될수록 비전기술로의 의존도는 높아지게 되는 것이다. 따라서 이러한 자동화와 발맞춰 비전 시스템의 중요성은 매우 중요하게 부각되는 가운데, 비전 시

* 강원대학교 제어계측공학과 학사과정
** 강원대학교 제어계측공학과 학사과정
*** 강원대학교 제어계측공학과 박사과정
****강원대학교 제어계측공학과 교수, 공학박사

시스템에 관한 세부적인 문제점을 파악하고 그 문제점의 보완방법과 보다 나은 전처리 알고리즘을 연구하는데 이 논문의 중점을 두었다.

2. PCB 결함의 종류 및 검사방법

2.1 PCB 결함의 종류

모든 전자 제품의 핵심 구성 요소인 PCB는 생산과정에서 먼지나 낡은 필름, Over-etching 등에 의해 결함이 발생할 수 있다. 또한 PCB 패턴은 구리로 구성되어 있어 쉽게 손상을 입을 수 있고 변색 될 수 있다. 전통 적으로 시각 검사는 아주 숙련된 노동자로 하여금 큰 결함을 찾게 하고 보드를 정렬시키고 허용오차(Tolerance)를 제어하도록 수행하여 왔다. 제조 공정상 발생할 수 있는 결함의 양상은 다양할 것이다. 본 연구에서는 대표적인 결함을 편의상 3가지 종류로 분류해 보았다. 1) 표준 화상의 도선 부위(Conductor Region)에 해당하는 결함으로는 도선의 패임, 도선의 일률적인 수축, 도선 단락, 도선 내부상의 흠이 존재한다. 2) 표준 화상의 절연체 부위(Insulator Region)에 해당하는 결함으로는 도선 돌출, 도선의 일률적인 팽창 도선사이의 쇼트, 도선 외부상의 흠의 결함이 있다. 3) 구멍과 패드에 해당하는 결함으로는 구멍 크기 불량과 구멍위치 불량이 있다. 그밖에도 회로가 떠있는 불량이 있는데, 이는 2차원 화상처리로 힘들고 실제로 거의 발생하지 않는 불량이기 때문에 검사대상에서 제외한다.

2.2 PCB 결함의 검사 방법

(1) 이미지 비교

이 방법은 영상 차감법이라고도 하며, 참조 비교 방법(Reference Comparison)을 이용한 PCB 시각 검사에 가장 명확한 접근방법이다. 이 방법은 그림 1에서와 같이 검사 대상 화상(Test Image)을 읽어 들여 그 획득한 Image를 기준이 되는 표준화상(Reference Image)과 논리 연산을 수행한 뒤, 화상 뺄셈(Image Subtraction)을 하여 표준화상과 같지 않은 부분을 결함으로서 추출해 내는 방법이며, 시각 검색 방법 중 가장 간단한 방법이다. 이 방법의 특징은 검색 대상은 모든 좌표에서의 영상의 명암이고, 기준은 이상적인 제품의 명암도가 된다. 검출은 모든 좌표에서 기준 영상과 검색 영상의 명암도의 차를 계산하여 수행된다. 이러한 접근 방법은 일반적으로 참조 비교(Reference Comparison)라고도 불린다. 본 논문에서는 표준 화상과 검사대상 화상을 한 대의 CCD 카메라로 입력을 받아서 비교하였으며, 농담 화상(Gray Scale Image)에 대한 전처리를 수행 후 비교하여 결함을 검출해내는 방법을 사용하였다. 이미지 비교 방법의 장, 단점을 살펴보면, 오류를 정확히 검출해 내고, 수행 속

도가 빠르고 구현이 용이하다는 장점이 있는 반면에 단점으로는 표준 PCB와 검사대상 PCB사이의 정확한 정렬(Alignment)이 요구되고, 처리를 위해서는 많은 메모리 저장 공간이 필요하고 조명이나 H/W Mechanism 등과 같은 외부 노이즈에 민감하다는 점이다.

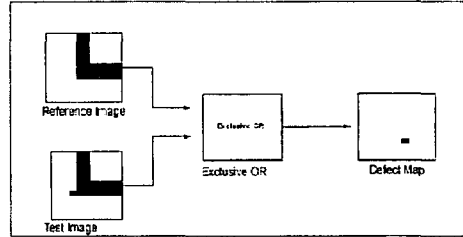


그림 1. 이미지 비교 방법

(2) 특징 비교(Feature Matching Method)

이 방법은 참조 비교(Reference Comparison)인 이미지 비교(Image Subtraction)의 확장된 접근 방법이라고 볼 수 있는데 비교 과정은 형판 비교로 이루어진다. 일반적으로 검사될 PCB를 읽어 들여 필요한 특징(Feature)을 추출하는데, 이 방법에서는 입력받은 검사대상 PCB 패턴과 기준 PCB 패턴의 화소(Pixel)를 하나씩 직접 비교하지 않고, 표준 영상과 검사대상 영상에서 각각 특징(Feature)들을 추출하고 이 특징들만을 비교함으로써 결함을 검출해 낸다.

특징으로는 도선(Conductor)의 길이나 폭, 구멍, 패드 지름, 이웃 도선 사이의 거리등을 이용한다. 이들 두 특징의 크기 차를 판단해 설정된 기준치(Threshold)를 초과하면 그 특징을 결함으로 추출한다. 이 방법은 저장시킨 이미지 데이터의 양을 크게 감소시키고 노이즈에 대한 민감도를 줄일 수 있고 시간적인 효율성을 높인다. 하지만, 적절한 특징을 선정하는데서 오는 불확실성, 시간 비용의 상승, 오류 검출에 실패할 가능성, 그리고 다른 영역으로의 확장성이 부족하다는 단점이 존재한다. 이러한 방법은 표준 PCB 화상이 필요 없다는 큰 장점이 있지만 매우 작은 결함만을 찾는다는 단점이 있다. 예를 들면 도선의 예의 경우 도선이 폭만을 체크하기 때문에 찾을 수 있는 결함의 종류에 한계가 있다.

3. 영상의 전처리 기법 및 매칭 알고리즘

PCB 패턴 결함 검출 시스템의 구현에 필요한 영상 전처리 과정 및 영상비교 방법의 매칭 알고리즘에 대하여 살펴본다. 여기에는 필터링, 이진화, 특징 추출 등이 포함되는데 각각의 전처리 방법을 적용해 가면서 자세히 살펴보기로 한다. PCB 패턴을 검사하는데 쓰이는 이진 영상을 획득하는데 적용된 각종 영상 처리 기법에

대하여 간단히 살펴보면 다음과 같다.

3.1 평균화 필터링(Mean Filtering)

어떤 영상에 잡음(Noise)이 있다고 할 때, 그 영상을 보고 알 수 있는 것은 잡음이 농도와 그 주변 농도의 급격한 농도차가 있다는 점과 급격한 농도차 때문에 이러한 잡음의 성질을 이용하여 잡음 제거를 행하는 수법을 Smoothing이라고 부른다. 단, 영상 데이터의 에지(Edge)부분도 급격한 농도차가 있기 때문에 이 에지의 부분과 잡음 부분을 어떠한 방법으로 분리하여 잡음만을 제거하는가를 Smoothing 과정의 핵심이 된다. 이를 위한 간단한 잡음 제거법이 평균화 필터링(Mean Filtering)이다.



그림 2. 평균화 필터 적용 전의 영상



그림 3. 평균화 필터 적용 후의 영상

이것은 그림 2, 3과 같이 어떤 화소 주변의 3×3 화소의 평균치를 그 화소의 값으로 대치하는 기법이다. 이 기법은 영상을 흐리게 하면 세밀한 잡음은 눈에 보이지 않게 된다는 점에서 착안하였다. 그러나 이 방법으로서 는 잡음이나 에지를 고려하지 않고 모두 흐리게 해 버리기 때문에 잡음은 제거할 수 있어도 결과 영상의 Contrast가 낮아지게 된다. 이와 달리, 영상 데이터의 에지를 흐리게 하지 않고 잡음을 제거 할 수 있도록 고안된 것에는 중간값 필터링(Median Filtering)등 다양한 것들이 있다.

3.2 윤곽선 추출(Edge Detection)

영상 내부에 있는 물체의 인식은 물체의 모양 및 색상, 무늬 등 여러 요소들을 다각적으로 이용할 수 있다. 그 중에서 물체의 윤곽선은 가장 단순하면서도 다양한 물체의 인식에 가장 효과적이다. 인간의 경우에도 눈에 비친 물체의 인식에는 가장 먼저 윤곽선의 모양으로 물체를 인식하고 다른 요소들로 물체의 나머지 특징들을 알아내는 경향이 있다. 이러한 사실은 주로 어릴 때부터 훈련을 거듭하여 형성된 것이다. 따라서 인간의 경우와 마찬가지로 컴퓨터에서도 물체를 인식하기 위하여 윤곽선을 이용하는 것이 일반적이다. 물체의 윤곽선은 서로 다른 물체의 경계선이므로 영상의 특징이 다른 영역의 경계선을 찾는 방법을 사용할 수도 있겠지만 가장 쉬운 방법은 물체의 윤곽선을 중심으로 서로 다른 물체 들은 보통 밝기 값이 많이 차이가 난다는 사실을 이용하는 것이다. 즉, 화소의 밝기 값의 변화가 어느 허용한 도 이상이 되는 곳은 윤곽선 부분으로 판단하는 것이다. 이때 허용한도는 일반적으로 발생할 수 있는 미세 잡음의 영향을 배제할 수 있을 만큼으로 정한다. 밝기의 변화량에 따른 경계선 검출방식은 영상에서 인접하는 두 화소의 밝기 차이를 이용하는 방식이다. 이것은 수학적으로서는 미분 또는 기울기로서 표현된다.

$$\nabla_x g(x,y) = \frac{\partial g(x,y)}{\partial x} \approx g(x+1,y) - g(x,y)$$

$$\nabla_y g(x,y) = \frac{\partial g(x,y)}{\partial y} \approx g(x,y+1) - g(x,y) \quad (1)$$

식(1)은 X 및 Y 방향의 미분치를 계산하는 방법을 나타내고 있다. 그림 3은 1차원 신호에 대한 변화량으로 물체의 윤곽선을 추출하는 원리를 보여준다.



(a) 화소 밝기값 (b) 밝기값 변화량(기울기)

그림 4. 밝기의 변화량으로 물체의 윤곽선을 추출

경계선 검출 템플릿 방법은 템플릿 매칭 방식을 사용한다. 템플릿 매칭 방식은 경계를 나타내는 패턴을 미리 정하여 템플릿으로 정하고, 영상의 각 화소들에 이 템플릿과 비교하여 근사한 지를 측정하는 방법이다. 이 때 사용하는 근사치 계산방법은 다음 식과 같은 상관관계(correlation)를 주로 사용한다.

$$Z = \sum_{i=-k}^k \sum_{j=-k}^k t(i,j)g(x+i,y+j) \quad (2)$$

식 (2)에서 k는 템플릿의 크기를 나타내는 값으로 3x3 템플릿인 경우에는 1이 된다. 이러한 템플릿을 이용하여 경계선을 추출하는 방법으로 잘 알려진 소벨(sobel) 변환은 수평이나 수직 방향의 경계선을 추출하여 그 결과를 기하학적으로 합한 것으로 대각선 방향의

경계선 검출에도 뛰어난 성능을 가지고 있다. 다음식은 소벨 변환을 나타낸 것이다.

$$S = \sqrt{S_x^2 + S_y^2} \quad (3)$$

여기서 S_x 및 S_y 는 각각 수평 및 수직 방향의 경계선성분이며 템플릿을 사용해 계산한 값들이다.

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

(a) 수평 경계선 (b) 수직 경계선

그림 4. 소벨 변환 템플릿

3.3 이진화 (Thresholding)

디지털 영상 처리에서 이진영상 처리는 중요한 부분을 차지하고 있다. 특히, 실용적인 영상 처리 시스템은 이진 영상 처리를 중심으로 구성되어 있다. 실용적인 시스템에서는 처리의 고속성, 저비용이 요구되므로 처리해야 할 정보량이 많은 2bit 이상의 영상은 명암 영상 처리에 적합하지 않다. 문자, 도면은 실제 이진 영상으로 많이 존재하며 이와 같은 영상은 관측 시 많은 데이터가 입력되어도 적당한 이진화 처리에 의하여 본래의 흑백정보를 복원하는 것이 가능하다. 도면의 형태를 취급하는 이진영상은 기하학적으로 정의가 가능한데 명암 영상처리하고 비교하면 이론적으로 체계화가 되어있다. 우리들이 영상처리에서 사용하는 데이터는 칼라, 그레이, 이진으로 분류할 수 있다. 컬러 영상 데이터는 흔히 대중 매체에서 접하는 TV 장면을 연상하면 쉽게 이해가 갈 것이다. 그레이 영상 데이터는 작품사진을 찍는 사람들이 주로 사용하는 흑백 사진을 예로 들면 쉬울 것이다. 흑백사진은 원하는 장면을 농담으로서 나타내므로 색의 구분은 없지만, 명암으로서 임계값을 느낄 수 있다. 마지막으로 이진영상 데이터는 그레이 영상을 경계값을 이용하여 흑과 백의 두 가지 색만을 가지도록 변경한 데이터라고 이야기 할 수 있다. 그러므로 이진 영상 데이터는 처리에 있어서 단순하여 실용적인 시스템에 널리 이용되었다. 이러한 이진 영상 데이터의 이해를 돕고자 본 내용에서 주로 다루는 내용은 그레이 영상데이터의 경계값을 처리하는 과정이다. 경계값 처리라는 것은 입력 영상의 각 화소의 명도를 기준이 되는 값을 중심으로 해서 기준값 보다 크면1, 그 외의 값은 0으로 변경하는 것이다. 영상의 특징을 해석하기 위해서는 영상에서 대상을 추출하여 대상과 배경을 분리한 이진 영상(Binary Image)으로 취급하는 경우가 많다. $f(m,n)(B \in \{0,1\})$ 로 변환하는 조작을 영상의 이진화(Binalization, Thresholding)이라고 한다. 이것은 다음과 같은 수식으로 나타낼 수 있다.

$$B(m,n) \approx 1, X \in A \text{의 경우}$$

$$0, X \notin A \text{의 경우}$$

위의 식에서, X 는 픽셀(m,n)이 가진 특성 또는 성질을 나타낸 것으로 속성값(Attribute)이라고 한다. 속성값으로는 명도, 색상 등을 들 수 있다. A 는 속성값 집합의 부분 집합이다. 영상의 속성값을 명도값(Gray Level) f 로 하는 경우, 임계값 T 를 이용하여 이진화를 한다면 다음의 식에 의하여 이진화가 정해진다.

$$B(m,n) \approx 1, f(m,n) \leq T \text{ 인 경우}$$

$$0, f(m,n) > T \text{ 인 경우}$$

일반적으로 $B(m,n)=1$ 인 픽셀 집합을 대상물 (Object) 영역, $B(m,n)=0$ 인 픽셀의 집합을 배경(Background) 영역이라고 한다. 이진화를 이용한 영상 분할은 대상이 되는 영상의 명도값이나 색도값등을 임계값 처리(Thresholding)하여 수행된다. 예를 들면 문서 영상의 경우 문자의 부분(대상물)은 종이의 부분보다 검다. 이 관계를 전체 영상에 대하여 그림으로 나타낸 것이 명도 히스토그램(Gray-Level Histogram)이다. 명도 히스토그램에서는 수평축을 명도 f 로 하고, 수직축을 도수(Frequency or Occurrence) n_i 로 표시한다. 명도 히스토그램에는 대상물 및 배경의 부분에 많은 명도값이 있으므로 대개 2개의 산봉우리가 형성된다. 이와 같은 히스토그램을 쌍봉성(Bimodal)이라고 한다. 산과 산 사이에는 계곡(Valley Bottom)이 있다. 쌍봉선의 분포에서 대상물 및 배경을 분할하는 임계값은 2개의 산봉우리 사이의 계곡으로 설정하면 될 것이다. 이와 같이 화면 전체에 대하여 단일한 임계값을 설정하는 방법을 전체적 임계값법(Global Threshold Method)이라고 한다. 명도 히스토그램에서 산봉우리가 여러 개 있는 경우가 있다. 이와같이 히스토그램에서 산봉우리가 많이 있는 것을 다봉성(Multi-Modal)이라고 한다. 이런 경우에는 임계값도 여러 개가 된다. 본 연구를 위해서 조사된 기법을 다음에 소개한다.



그림 5. 경계값 100일때의 이진화 형상

소개를 간단히 하기 위해 물체는 밝은 색이라고 하고 배경은 어둡다고 가정하자. 이렇게 하면 임계값보다 큰 명도는 물체에 속하고 임계값보다 적은 명도는 배경에 속하게 된다. 경계값을 어떻게 설정하고, 경계값을 기준으로 어떻게 영상 데이터를 처리하는가에 따라서, 위와 살펴본 바와 같이 다양한 결과값을 얻을 수 있다. 이와 관련된 프로그램을 작성함에 있어서, 중요한 부분은 위에 설명한 수식을 어떻게 표현할 것인가 하는 문제이다. 위 두 가지 방법 중 두 번째 방법에 의하여 입력 영상 데이터의 경계값 처리를 한 출력을 살펴보면 다음의 그림 5와 6과 같다.



그림 6. 경계값 140일때의 이진화 영상

4. 패턴 매칭

4.1 결함검출 알고리즘

본 연구에서는 참조 비교방법의 일종이며 가장 명백한 알고리즘을 가진다고 할 수 있는 영상 비교 방법을 사용하였다. 영상 비교 방법은 표준 영상 한 프레임을 버퍼에 저장시켜 놓고, 결함이 있는 대상 영상을 입력받는다. 결함영상 입력 방법은 표준 영상을 입력받는 방법과 같은데 패턴의 매칭 방법은 다음과 같은 과정을 거친다.

1) 우선 기준 영상을 입력받아서 필터링 작업과 영상 분할 과정을 거쳐서 표준 이진영상을 얻는다. 그런 다음 검사할 영상을 입력받아서 기준영상이 거친 과정을 거쳐 대상의 이진영상을 얻는다.

2) 결함이 있는 영상과 표준 영상에 대해서 정렬을 수행한 다음에 기준영상과 결함 영상을 XOR 연산을 한다.

3) 결함을 추출한다.

4.2 연산방법(XOR연산)

이진 논리 연산 (Bit Operation) 을 보면 Exclusive OR 논리 연산은 두 입력값이 같으면 1 다르면 0을 출력한다. XOR 함수는 특정한 값을 가진 화소를 발견하는데 사용될 수 있다. 이것은 각 화소가 일정한 전처리 과정을 거쳐서 패턴 매칭 최적의 이미지로 전환된 이후

에 각각의 화소에 지정된 값으로 XOR 연산을 수행함으로써 행해진다. 즉, 지정된 값을 가진 모든 화소는 백색으로 설정되고 나머지 화소는 검정색으로 설정된다. 다시 말하면, 검사 시에 에러는 검은색으로 표시된다. 다음의 그림 7은 획득한 이진영상을 보여주고 있다.

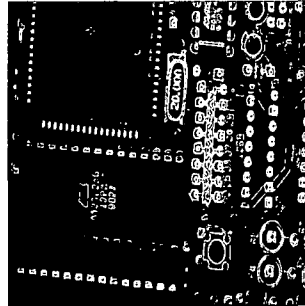


그림 7. 기준영상

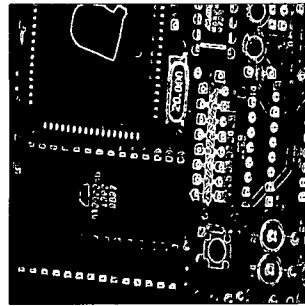


그림 8. 결함이 있는 검사 대상

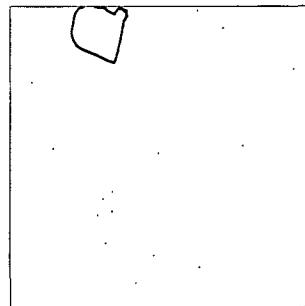


그림 9. 검출된 화상

5. 시스템 구현

전체의 프로그램은 Visual C++로 작성하였으며, 이미지의 영상 획득 부분에 한하여 MIL(Matrox Image Library)를 사용하였고, 여타의 부분에 대해서는 참조하지 않고 독자적인 프로그램을 작성하였다.

5.1 전체 시스템 구성

본 연구에서의 전체시스템은 영상 입력장치와 영상 처리 및 물체 인식 알고리즘을 수행하는 컴퓨터로 크게 나눌 수 있다. 시스템에 연결되어있는 카메라로부터 입력 받은 데이터를 이용하여 전처리 단계를 거친 후 패턴 매칭 단계를 수행하기 위하여 이진화 영상을 얻는다. 전체의 시스템구성은 표준영상의 한 프레임을 기준 버퍼에 저장하고 검사대상인 Target 이미지를 또 다른 버퍼에 저장하여 화소를 비교하는 방법인 영상 비교 방법을 사용하였다. 전체 시스템의 모습은 다음의 그림 10과 같다.

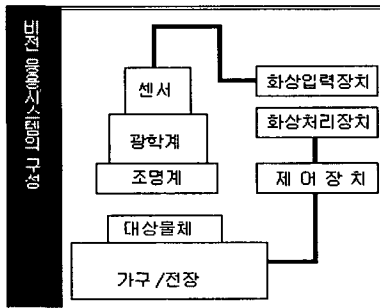


그림 10. 전체 시스템 구성도

영상을 획득하는 방법은 크게 라인 스캔 카메라(Line Scan Camera)를 쓸 것이나, 영역 스캔 카메라(Area Scan Camera)를 쓸 것인가로 나누어진다. 라인 스캔 카메라를 쓰는 방식은 스캐너가 영상을 획득하는 방식으로 라인 스캔 센서를 1차원적으로 이동하여 2차원 영상을 얻는 방식이다. 영역 스캔 카메라는 CCD 카메라를 이용하는 방식이 대표적으로 한번에 2차원 영상을 얻는 방식이다. 본 시스템에서 영상 획득부에서는 CCD 카메라를 이용하여 680×480영역에 대한 검사 수행을 기본으로 하였다. 영상처리 하드웨어로는 MIB(Matrox Image Board)를 사용하였고, 보드와 함께 주어지는 Library는 있지만, 기본적인 영상획득 단계에만 사용하고 최소한의 Library를 사용하여 다른 이미지 보드로도 쉽게 본 패턴 매칭 검사 시스템에 접근 가능하도록 하였다. 기구부와 조명은 기존의 제작 되어있는 것을 사용하였다. 본 논문의 목적은 영상처리를 이용한 패턴 매칭 알고리즘의 연구이기 때문에 다른 제어 및 기구부 설계는 논문의 영역에서 제외 시켰다. 다만, 기구부 및 제어부의 역할은 패턴 검사 시스템에서 빠질 수 없는 것이며 정밀성이 요구되기 때문에 학습용으로 보급된 장비를 이용하였다. 본 시스템의 경우 CCD 카메라를 이용하여 전체영상을 680×480영역에 대하여 Gray level 값을 얻어서 그 값에 대한 이미지를 Matrox 보드에서 처리하게 된다.

5.2 시스템 구현 및 실험

본 연구에서는 Visual C++로 모든 프로그램을 작성하였으며, 모터 및 조명에 관하여는 instance를 call 하는 방법으로 사용하였다. 메인 프레임은 Form Base 형태의 window로 구성하였으며, 각각의 기능 및 사용되는 함수에 대한 설명은 생략하겠다. 그림 13에서 보는 바와 같이 640×480 영상을 실시간 라이브 화면으로 보여 주면서 사용자의 정의에 의한 검사가 진행 될 수 있도록 하였다. 각각의 기능은 다음과 같다.

(1)전처리 부분

전처리 부분은 최적의 영상을 만들어 내기 위한 부분으로서 histogram equalization, histogram stretching, median filter, sharpening, 등의 이미지 전처리를 통하여 이진화 및 에지 검출 이전에 모든 이미지처리를 해봄으로서 최적의 이미지 획득을 유도하는 부분이라 말할 수 있다.

(2)히스토그램/임계값

그림 11에서 보는 바와 같이 검사 화면에 표시 되어있는 히스토그램을 보면서 사용자는 최적의 임계값을 선정하여 입력시킬 수 있으며, 검사에 대한 상관도를 0.0001%까지 조정할 수 있다. 본 검사는 화소단위의 이미지 비교 방법으로 두 이미지간의 상관성을 검사하는 방법이다.

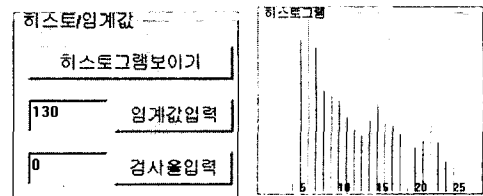


그림 11. 히스토그램 확인 및 임계값 입력부분

(3) 검사

그림 12는 실제 검사를 수행하는 부분으로서 임의의 버퍼에 기준영상을 한 프레임 저장하고 있으며, 검사 수행 시 패턴 매칭 알고리즘에 의하여 영상처리를 한 이후에 검사영상과 비교하여 그 영상에 대한 상관도를 조사하고 최종적으로 결과를 출력시키는 부분이다.

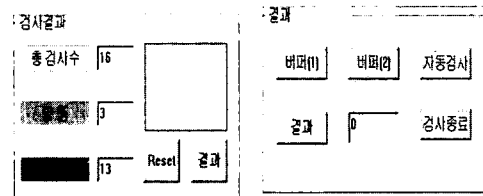


그림 12. 실제 패턴 매칭 수행 부분

검사결과 부분은 자동검사 수행 시 검사결과에 대한 데이터베이스를 작성하는 부분으로 검사한 부품에 대한

자료를 저장시키는 역할을 수행한다. 이때 사용자의 편의를 위하여 총 검사 수 중 양품 및 불량률의 비율을 알아낼 수 있도록 하였다.

과 틀린 부분만 검정색 pixel로 표시된다. 결과에서 알 수 있듯이 확실한 차이를 알 수 있으며 검사영역에 어떤 부분인지 알 수 있기 때문에 실제 산업현장에서 적용하더라도 검사의 어려 위치를 쉽게 찾을 수 있을 것이다.

6. 실험 결과

- 1) 기준영상을 한 프레임 저장한다.
- 2) 기준영상에 대해 filtering 및 영상에 대한 복원을 한 뒤에 임계값을 선정한다.

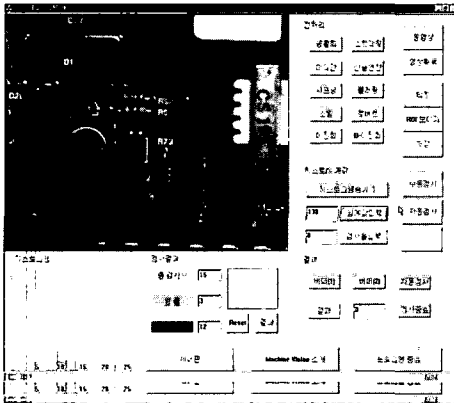


그림 13. 히스토그램에 의한 임계값 지정

- 3) 버퍼에 기준영상을 저장하고 이전에 지정된 임계값에 의하여 에지 추출 및 이진화를 시켜 저장시키고 화면에 표시한다.

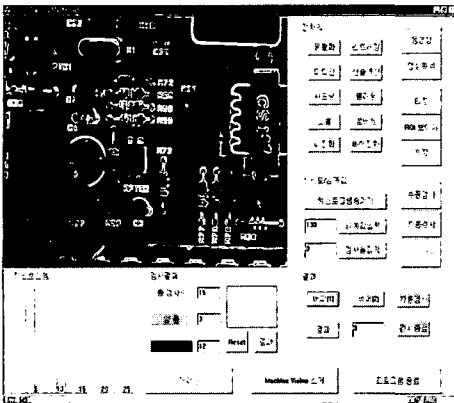


그림 14. 기준영상 전처리 및 이진화

- 4) 마찬가지로 버퍼2에 검사영상을 한 프레임 저장하고 이전에 결정된 임계값에 의하여 에지 추출 및 이진화를 시킨다.
- 5) 다음과 같이 두 영상에 대한 비교를 하면 기준영상

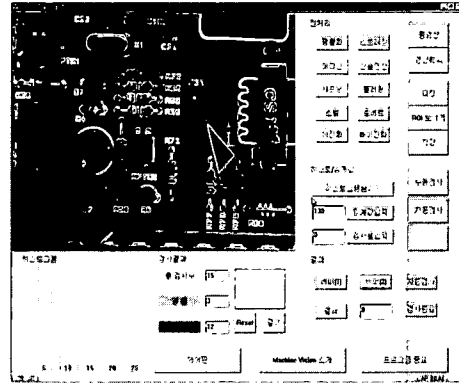


그림 15. 검사영상 전처리 및 이진화

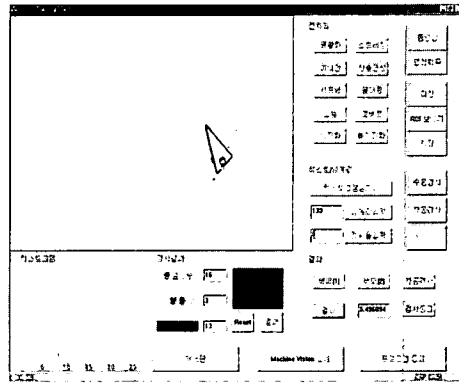


그림 16. 검사결과 화면

7. 결론

PCB 패턴의 검출을 위하여 입력장치로는 CCD 카메라를 사용하였고 표준영상과 검사대상 영상을 카메라로부터 얻어 패턴 매칭하는 기법을 사용하였다. 최근에 많이 사용되는 BGA(Ball Grid Array)가 포함된 기판의 경우, 상당히 미세한 선폭으로 인하여 결함이 발생할 가능성이 높아진다. 본 연구에서는 BGA가 포함된 PCB기판도 검사할 수 있도록 고해상도 영상에 대하여 연구를 하였다. 본 연구에서 개발된 PCB 패턴 검사기의 경우, 제작비가 비교적 저렴하고 미세한 패턴도 검사할 수 있으며 검사에 필수적인 시간 비용은 Matrox Image Library를 이용하여 낮출 수 있었다. 현재까지

진행된 연구의 결과들을 요약하면 다음과 같다.

- PCB 기판의 여러 가지 결함을 자동으로 검출하기 위해서 CCD 카메라로부터 받은 영상을 처리하여 결함 부위를 표시하는 소프트웨어를 제작하였다. 본 연구에서 작성한 영상 처리 소프트웨어는 현재 대부분 수입하여 사용하는 PCB 기판 검사 시스템과 비교하여 볼 때 패턴인식(Pattern Recognition)단계의 고급프로그램은 아니지만, PCB 기판 검사 시스템의 기반이 될 수 있는 영상처리를 수행할 수 있다.

- 임계값의 지정에 있어 히스토그램을 표시하여 적절한 값을 사용자가 쉽게 지정할 수 있게 하였다.

- 참조비교 방법의 한가지인 영상비교 방법을 사용하여 PCB 대상에 관계없는 유연한 알고리즘을 개발하였다.

이상과 같이 본 논문에서 제안한 PCB 외관검사 알고리즘을 PCB 패턴에 적용하여 PCB의 결함을 검출한 결과를 제시하였다. 초기 입력 PCB 패턴을 표준 샘플로 보고 비교 대상인 입력 PCB 패턴에 병진 이동(Translation)이나 회전(Rotation)이 일어난 경우에는 다음과 같은 문제점이 있었다. 2차원 디지털영상은 정수 좌표에서만 정의되므로 Scale Factor에 따라 일정하게 샘플링하는 경우 정보의 손실이 발생할 수 있다. 따라서 이러한 문제를 보완하기 위해서는 특징점을 탐색하여 샘플데이터와 검사데이터의 정확한 위치를 맞추는 과정이 먼저 수행되어야 한다. 이러한 과정은 매우 복잡한 알고리즘을 필요로 하기 때문에 본 프로그램에서는 좋은 결과를 얻지 못했다. 하지만 이미지 처리 과정에서 정렬은 매우 중요한 요소이기 때문에 계속 연구할 계획이다.

참 고 문 헌

- [1] 김태동, "PCB에 실장된 IC의 marking 문자의 인식에 관한 연구", 금호공과대학교 석사학위논문, 2001
- [2] 홍현석, "비전 시스템을 이용한 PCB 기준표 인식에 대한 연구", 서강대학교 기계공학과 대학원 석사학위논문, 1999
- [3] Paul A.Lynn,Wolfgang Fuerst, "Introductory Digital Signal Processing", 사이텍미디어, 2000
- [4] Gonzalez,Woods, "Digital Image processing", Addison-Wesley Publishing Company
- [5] Vinay K.Ingle,John G.Proakis, "Digital signal Processing", 시그마프레스, 1998
- [6] J.R.Parker,"Algorithms for Image Processing

and Computer Vision", Wiley computer publishing, 1997