

참조영상 기반의 COF 결함 검출 및 분류 시스템

김진수*

COF Defect Detection and Classification System Based on Reference Image

Jin-soo Kim*

Department of Information and Communication Engineering, Hanbat National University, Daejeon 305-719, Korea

요 약

본 논문에서는 초미세 패턴으로 구성된 칩-온-필름(Chip-on-Film, COF) 패키징 작업에서 발생하는 결함들을 참조영상에 기초하여 효율적으로 검출하고 분류하는 시스템을 제안한다. COF패키징 제작 과정에서 발생하는 치명적인 결함은 개방(open), 일부개방(mouse bite, near open), 단락(hard short) 및 돌기(protrusion, near short, soft short) 등을 포함한다. 이러한 결함을 검출하기 위해서는 기존에 직접 육안으로 식별하거나 또는 전기회로 설계를 이용하는 방법을 사용하였다. 그러나 이러한 방법은 매우 많은 시간과 고비용이 요구되는 단점이 있다. 본 논문에서는 참조영상을 사용하여 효과적으로 결함유무를 판단하고 결함이 발생하는 경우에 결함의 종류를 4 가지 형태로 분류하는 시스템을 제안한다. 제안방식은 검사영상의 전처리, 관심영역 추출, 지역이진분석에 의한 이물 특징 분석과 분류 등을 포함한다. 수많은 실험을 통해, 제안된 시스템은 초미세 패턴을 가진 COF의 결함 검사 및 분류에 대해 기존의 방식에 비해 시간과 경비를 줄이는데 효과적임을 보인다.

ABSTRACT

This paper presents an efficient defect detection and classification system based on reference image for COF (Chip-on-Film) which encounters fatal defects after ultra fine pattern fabrication. These defects include typical ones such as open, mouse bite (near open), hard short and soft short. In order to detect these defects, conventionally it needs visual examination or electric circuits. However, these methods requires huge amount of time and money. In this paper, based on reference image, the proposed system detects fatal defect and efficiently classifies it to one of 4 types. The proposed system includes the preprocessing of the test image, the extraction of ROI, the analysis of local binary pattern and classification. Through simulations with lots of sample images, it is shown that the proposed system is very efficient in reducing huge amount of time and money for detecting the defects of ultra fine pattern COF.

키워드 : 칩-온-필름, 결함검출, 참조영상

Key word : Chip-on-Film, Defect detection, Reference image

접수일자 : 2013. 05. 27 심사완료일자 : 2013. 06. 07 게재확정일자 : 2013. 06. 24

* **Corresponding Author** (E-mail: jskim67@hanbat.ac.kr Tel:+82-42-821-1147)

Department of Information and Communication Engineering, Hanbat National University, Daejeon 305-719, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2013.17.8.1899>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

정보통신 산업의 눈부신 발전과 더불어 각종 평판 디스플레이 산업의 성장에 따라 고정세가 높고 경박·단소화한 고해상도 디스플레이 장치에 대한 수요가 높아지고 있다. 이러한 수요에 대응하기 위해 개발된 새로운 형태의 패키지가 평판 디스플레이 구동 칩 패키지 부품인 COF (Chip-on-Film)로써 열팽창계수가 낮고, 유연성이 우수한 장점을 갖고 있다[1]. 고해상도 및 경박화에 따라 20 μ m의 선폭과 30 μ m 이하의 피치를 가진 COF 개발이 보편화되고 있으며, 초미세 패턴의 특성상 패키지 제작 과정에서 다양한 결함들이 발생되고 있다. 특히, 주로 나타나는 결함의 종류에는 단락(short), 돌기(protrusion, near short), 개방(open) 그리고 일부 개방(mouse bite, near open)과 같은 형태로 주로 초미세 선위에 나타난다[2]. 이러한 결함들은 회로 설계기준을 만족하지 못함으로써 치명적인 결함을 갖게 되는 경우와 단순한 이물에 의하여 발생하는 경우로서 실제 결함과 관계없는 경우로 나눌 수 있다. 치명적인 하자를 보이게 될 결함에 대해서는 미리 완전히 제거되어야 신뢰성이 확보된다[3].

한편, 현재 인쇄 회로 기판의 제조 과정에서 발생하는 오류를 검사하는 경우에 대부분 자동적인 불량 검출 시스템이 구축되어 있으나 COF 패키징의 경우에는 전기적 특성 검사 정도만 자동화로 이루어지고 있다. 기존에 전기적 특성 검사를 통하여 결함 검출하는 방식이 제시되었다[4][5]. [4]에서 전기 측정 시스템은 고주파 신호를 공급하는 고주파 전원부, 초미세 패턴내의 결함으로 인해 발생한 미세 저항(전압)변동을 특정 주파수대역에서 증폭시키기 위한 공진회로 부분, 전압변동을 측정하는 프로브 부분, COF결함이 발생한 경우에 그 값들을 비교하기 위해 결함이 없는 값들을 저장하고 있는 Look-up-Table(LUT)부분, COF의 결함 유무에 따른 차동 전압을 비교하는 비교회로 부분으로 구성된다. 또한, 결함 검출은 3단계 과정을 거친다. 미세 선폭의 결함유무에 따른 미세 저항(전압) 변화를 검출하는 과정, 미세 변화를 좀 자세히 관찰하기 위해 고주파 공진 특성을 이용한 미세 변화를 증폭하는 과정, 그리고 증폭된 미세 변화를 자동으로 처리하는 신호처리 과정 등으로 구성된다. 그러나 이 방법은 초미세 결함에 따른 저항 변화를 자동으로 검출하고 그 미세한 변화를 고주

파 공진기를 이용하여 증폭한 후 결함유무를 판별하였으나 실제 성능 향상에는 한계가 있다[6].

한편, 현재 산업현장에서 가장 많이 쓰고 있는 방법이 가장 신뢰성 높은 방법으로서 육안 검사를 많이 수행 중인데 이 방법은 단순 노동력을 이용하여 결함여부를 판별하는 방법이다. 특히 필름의 전도성 패턴의 불량 검출은 육안 검사를 실시하여 매우 많은 시간과 비용을 필요로 하고 있다. 따라서 육안 검사에 따라 경제성 및 생산성 저하에 대한 주요 원인이 될 뿐만 아니라 일부 육안 검사에 의한 장시간 단순 노동 작업에 의해 피로누적이 발생되고 결함 검출율이 매우 낮게 차지하고 결함 검출율이 변화하여 제품의 신뢰성이 확보되기 어렵다. 이러한 육안검사의 단점을 극복하기 위해 많은 업체들이 영상처리 기법에 의해 결함을 검출하는 방법을 개발하고 있다. 영상처리 기법에 의해 패키징 제조 공정에서 발생하는 다양한 형태의 이물현상을 검출하여 판정하는 기존의 방식으로서 크게 참조 영상을 이용하는 방법[1], 참조 영상을 이용하지 않는 설계 특징을 이용하는 방법[2], 그리고 이들을 혼합한 방법들을 개발하고 있다. 이 방법들 중에서 실제 참조 영상을 이용하는 방법은 신뢰성이 높고, 안정적인 결과를 얻을 수 있어 많은 관심의 대상이 되고 있다[6]-[12].

기존에 영상처리를 이용한 결함 검출에 대한 연구가 다수 수행되었다[6]-[12]. [3]에서는 반복되는 다수 패턴 영상에서 관심영역추출, 패치크기결정, 불량검출 단계로 각각 구현하였다. 이 방식은 두 개 이상의 패턴이 혼재하는 영역에 결함이 존재하는 경우에 패턴 추출이 용이하지 않은 단점이 존재한다. [10]에서는 베이지안 추론(graph-based Bayesian inference)을 사용하여 주어진 영상과 기존의 데이터베이스에 저장된 영상들과의 유사성을 측정하는 방법을 제시하였다. 주어진 영상을 임의의 영역 단위로 자른 다음, 각 영역간의 관계를 확률적으로 정의하고 현재 검증하려는 영역을 데이터베이스에 저장된 각각의 영상과 비교한다. 만약 이 영역이 데이터베이스 내의 한 영상에 존재할 확률이 매우 작다면 이 영역을 불규칙성을 갖는 부분으로 판단된다. 영역의 불규칙성을 불량이라고 생각한다면, 이 방법은 주어진 영상에서 임의의 영역을 다른 영역과의 확률 관계를 통한 불량 검출 방법으로 이용될 수 있다. 하지만 불규칙적인 부분이 주어진 스케일에 따라 판별이 크게 달라질 수 있다면 좋은 결과를 얻을 수 없는 특징이 있

다. [12]에서는 영상의 모양에 대한 정보가 완전하지 않고, 모양에 잡음이 포함된 경우에 대해 샘플링, 샘플의 매칭, 불량검출에 의한 세 단계로 하여 특징 점간의 모양변화를 검사하여 불량을 검출하는 방법을 제시하였다. 참조영상과 검사영상은 잡음의 정도가 다르기 때문에 샘플 개수가 다르게 나타나는 경우가 발생하며, 이로 인해, 최소거리를 이용한 샘플의 대응 검출방법은 잘못된 매칭 결과를 가져오는 문제점이 있다. 본 논문에서는 참조영상을 사용하여 검사영상에 관심영역을 추출하고, 이 관심영역을 참조영상과 비교하여 불량, 양품, 모호로 판정하고, 불량으로 판정된 결함에 대해서는 단락, 돌기, 개방 그리고 일부개방으로 분류하는 기법을 제안한다. 제안한 방식은 관심영역에 대해 결함 유무를 판단하고 결함이 발생되는 경우에는 결함의 종류를 4 가지 형태로 분류하는 방식으로 설계된다. 제안 방식은 검사영상의 전처리, 관심영역 추출, 지역이진분석에 의한 이물 특징 분석과 분류 등을 포함한다.

II. COF 제조공정과 결함

2.1. COF 모듈 조립 과정

COF 모듈 조립은 제어 PCB부, 소스 IC, 게이트 IC, SVGA TFT패널부를 포함한다. COF모듈은 구조상으로 폴리이미드 필름과 구리 호일의 2-계층으로 구성되며, LCD를 포함한 평판 디스플레이 장치에 많이 활용되고 있다. 또한, COF 모듈 공정과정에서는 금형, Photo resist작업, 노광, 현상 등의 단계를 수행하고, 이후에 2차 금형, Sn도금, 제품세정, SR인쇄, 슬리터링, OS체크 등의 단계를 통과한다. 그런 후에 외관검사, 편집, 출하 외관검사 등을 수행하면서, 육안검사에 의해 반복적인 패턴검사 등을 수행하여 결함제품을 제거하고, 세정, 출하치수검사, 포장으로 하여 제품 출하된다.

2.2. COF 결함의 종류와 특징

COF 공정 후에 주로 관찰되는 결함의 종류에는 단락(short), 돌기(protrusion, near short), 개방(open) 그리고 일부 개방(mouse bite, near open)과 같은 형태로 주로 초기세 선위에 나타난다. 단락은 이웃하는 두 개의 리드 선끼리 단락되어 전기적 단락을 초래되는 경우이고, 돌기는 단락은 아니지만 단락에 가깝게 일부의 리드선

에서 돌출되어 나와 있어 적절한 사양의 전기적 특성을 나타낼 수 없는 경우에 해당된다. 그림 1과 그림 2는 단락 샘플과 근사단락 샘플에 대한 결함과 양품의 전형적인 예를 나타내고 있다. 양품의 경우에 먼지와 같은 이물에 의해 단락 또는 근사단락으로 분류되지만 실제 결함이 아닌 경우에 해당된다. 그리고 양품은 단락과 근사단락의 구분이 모호한 경우가 대부분이며 특정한 패턴이 없이 발생된다. 단락 또는 근사단락이 양품과 달리 결함으로 나타나는 경우에는 크게 두 가지 형태의 독특한 특징을 보이는데, 첫째가 리드선에 접촉한 형태가 곡선을 보이고 있다는 점이고 둘째가 리드선의 밝기와 큰 차이가 없다는 측면이다. 이와 더불어 리드선이 자라난 영역에서의 밝기 값이 밝고 또한 분산 값이 낮게 나타난다는 특징이 있다.

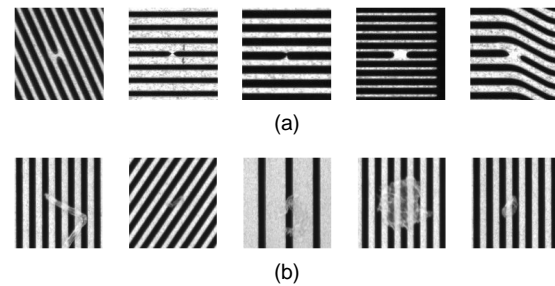


그림 1. 단락샘플의 결함과 양품의 예 (a) 결함, (b) 양품
Fig. 1 Example for defects and no-defects for Short-samples (a) defects, (b) no-defects

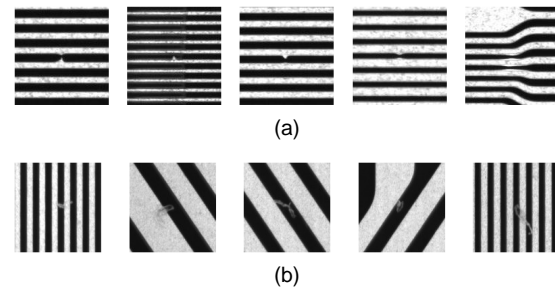


그림 2. 근사단락 샘플의 결함과 양품의 예 (a) 결함, (b) 양품
Fig. 2 Example for defects and no-defects for near short-samples (a) defects, (b) no-defects

그림 3과 그림 4는 개방과 근사개방에 대한 결함과 양품의 예를 나타내고 있다. 이 결함은 리드선에 함몰이 되어 전기적 특성을 제대로 나타낼 수 없을 만큼의

선풍이 되면 결함이 된다.

개방은 리드선이 완전히 끊김으로써 전기적 회로로서의 동작이 불완전하게 되지만, 근사개방은 육안으로 전기적 특성을 추측함에 있어 리드선을 1/3이상 함몰된 경우에 결함이라고 판정한다. 육안으로 양품으로 판정되는 경우는 대부분 이물이 리드선위에 놓이는 경우인데, 그 폭이 작은 경우에는 근사개방처럼 보이고, 넓게 분포하는 경우에는 개방으로 판정된다. 특히, 개방과 근사개방에 대한 이물에 의한 양품은 리드선에 위치하는 이물의 형태가 완전히 검은 색이 아니고 분산값이 크고 또한 밝기값이 밝은 경우에 위치됨을 알 수 있다. 따라서, 이상에서 관찰된 육안 구분에 의해 나타나는 이러한 특성을 효과적으로 이용하여 자동적으로 결함과 양품을 구분할 수 있는 효율적인 검출 기법이 필요하다.

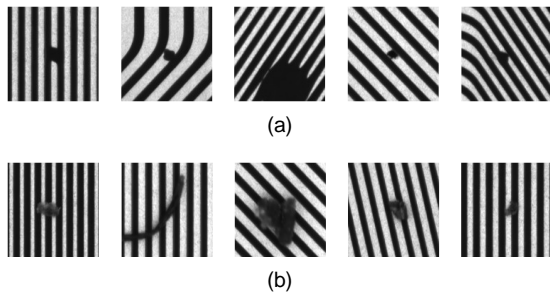


그림 3. 개방 샘플의 결함과 양품의 예 (a) 결함, (b) 양품
Fig. 3 Example for defects and no-defects for open-sample (a) defects, (b) no-defects

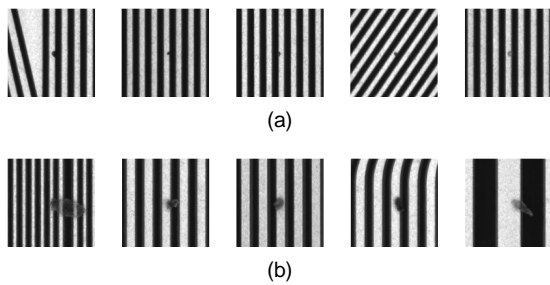


그림 4. 근사개방 샘플의 결함과 양품의 예 (a) 결함, (b) 양품
Fig. 4 Example for defects and no-defects for near open-samples (a) defects, (b) no-defects

III. 제안된 결함 검출 및 분류 시스템

3.1. 제안된 방식의 제어 흐름도

본 논문에서 제안한 제어방식의 흐름도는 그림 5와 같이 요약된다. 본 논문에서 제안한 방식은 참조영상에 기준을 둔 검사영상의 전처리 작업에 의한 검사영상의 보정단계, 보정된 검사영상을 참조영상에 비교하여 차영상을 얻는 단계, 차영상을 통하여 관심영역을 추출하는 단계, 관심영역에서 파라미터를 획득하는 단계, 추출한 파라미터를 DB에 저장된 파라미터와 비교하여 단락, 근사단락, 개방 그리고 근사개방으로 분류하고 동시에 결함, 양품, 보류로 판정하는 단계로 구성된다. 이때, 보류는 DB에 저장된 결함 데이터와 양품 데이터에 해당되지 않는 경우에 대해 판정을 보류하는 결정이다.

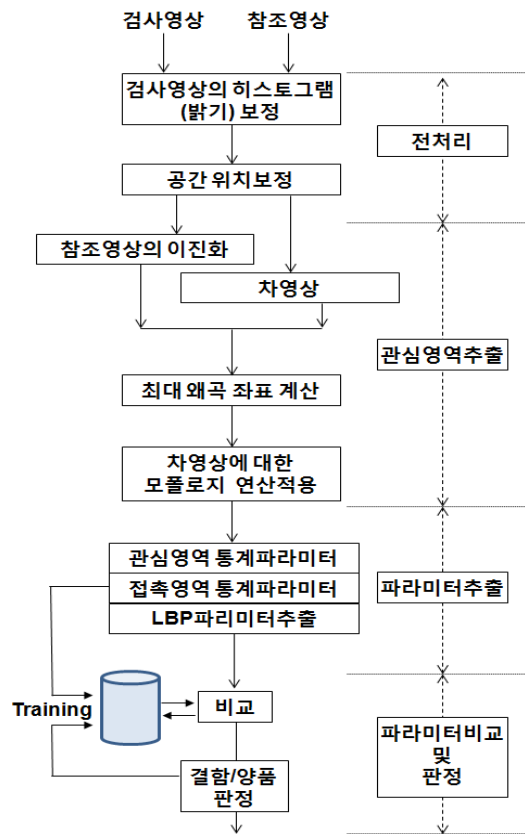


그림 5. 제안된 방식의 전체 제어 흐름도
Fig. 5 Overall control flow of the proposed method

3.2. 전처리 기술

검사영상이 참조영상에 대해 밝기 값 또는 공간위치가 정확히 일치하는 것은 아니므로 보정하는 것이 요구된다. 그림 6은 검사영상과 참조영상의 히스토그램을 일정한 기준치에 위치하도록 히스토그램 보정하는 과정을 개념적으로 나타내고 있다. PK_LOW2와 PK_HIGH2는 주어진 검사영상 또는 참조영상에서의 흰색과 검은색 영역에서 최대 분포를 갖는 밝기 값을 각각 나타내고, 기준이 되는 PK_LOW2와 PK_HIGH2는 흰색 영역과 검은색 영역을 맞추기 위한 최대 분포 값을 각각 나타낸다.

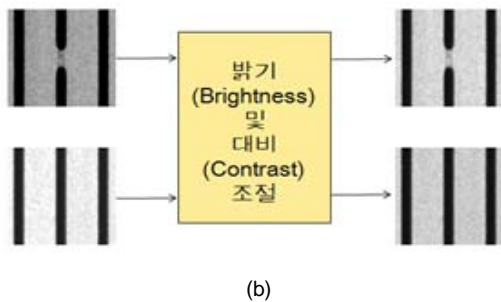
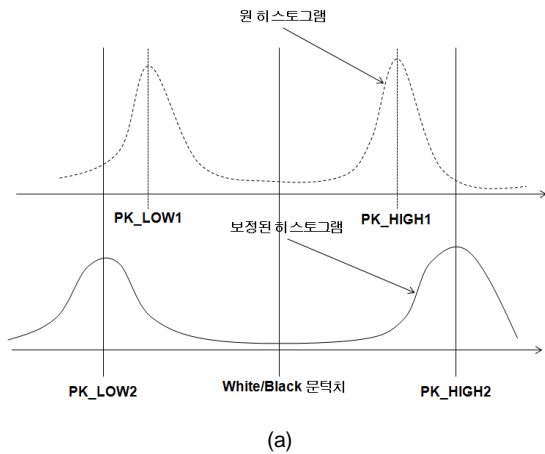


그림 6. 히스토그램 보정의 예 (a) 원 히스토그램과 보정 히스토그램 (b) 블록도
 Fig. 6 Example for histogram equalization (a) original histogram and equalized histogram (b) block diagram

검사영상과 참조영상을 각각 밝기 보정을 수행한 후에 두 영상에 대해 공간 위치가 동일하도록 공간위치 보정을 수행한다.

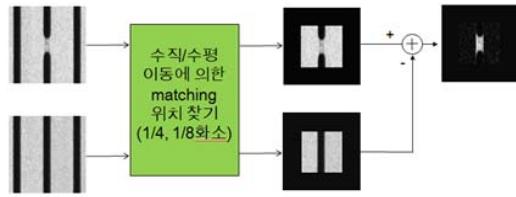


그림 7. 공간위치 정합 및 보정의 예
 Fig. 7 Example for space matching and correction

그림 7과 같이 검사영상 $C(x, y)$ 에 대해 참조영상 $R(x, y)$ 를 (i, j) 만큼 변이한 것으로 가정하고, 이를 $(M \times M)$ 블록 크기에 대해 다음과 같이 측정한다.

$$MAD(i, j) = \frac{1}{M^2} \sum_{k=0}^{M-1} \sum_{l=0}^{M-1} |C(x+k, y+l) - R(x+i+k, y+j+l)| \quad (1)$$

최소의 MAD(Mean Absolute Difference)값을 갖는 위치 (i, j) 를 (MV_x, MV_y) 라고 하면, 이 값을 통해 보정된 검사 영상을 획득할 수 있게 된다. 보정된 검사영상은

$$\hat{C}(x, y) = R(x + MV_x, y + MV_y) \quad (2)$$

와 같이 얻게 된다.

3.3. 관심영역 추출

전처리에 의해 밝기 값과 공간위치가 보정된 후에 그림 7에 나타난 것과 같이 검사영상과 참조영상 사이의 차영상을 얻게 된다. 또한 그림 8에 나타난 White/Black 문턱치 값을 이용하여 참조영상에 대해 이진화를 수행한다. 먼저, 얻어진 차영상에 대해 제공한 값이 최대가 되는 좌표 위치를 찾는다. 이 위치는 최대 왜곡 좌표 위치가 된다. 이 좌표 위치를 초기 시작점으로 하여 침식(erosion)과 팽창(dilation) 연산을 수행한다. 본 논문에서는 3×3 침식 연산을 적용하여 일정 문턱치 이하가 되는 블록들에 대해서는 제거를 수행한다. 제거되지 않고 남아 있는 흰색 및 검은색 영역의 차영상 성분들에 대해 팽창(dilation) 연산을 적용하여 안정된 관심영역 크기를 얻는다. 이렇게 하면, 이진화된 영상에 기초하여 흰색과 검은색 영역에 있는 이물에 대한 영역이 추출된다. 그림 8은 검은색과 흰색 영역에 대해 관심영역(ROI,

Region of Interest)을 추출한 예를 보여준다.

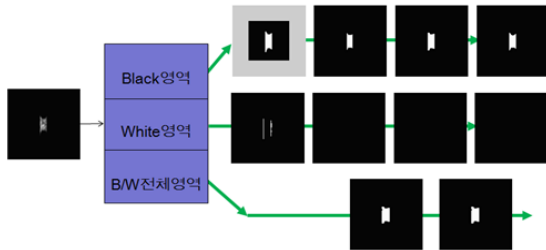


그림 8. 관심영역의 추출 예
Fig. 8 Example for ROI extraction

3.4. 파라미터 추출

관심영역이 추출되면 관심영역 내의 통계 파라미터 특성과 관심영역과 접한 리드선에 대한 통계 파라미터 특성을 추출한다. 이를 위해 먼저 본 논문에서는 지역 이진 패턴 분석(LBP, Local Binary Pattern)법을 사용한다[13][14].

3.4.1 지역 이진 패턴 분석법

LBP방식은 그림 9에 나타낸 것과 같은 예를 가지며, 일반적으로 현재 위치의 화소 밝기 값과 이웃하는 화소의 밝기 값의 차이를 0, 1의 이진 형태로 표현할 때, 다음과 같은 표현식이 된다.

$$LBP_{PR}(x_c, y_c) = \sum_{p=0}^{P-1} s(g_p - g_c) 2^p \quad (3)$$

$$s(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases}$$

여기서, P와 R은 각각 인접 화소의 수와 원의 반지름을 의미하고, g_c 와 g_p 는 각각 현재 화소의 밝기 값과 이웃 화소의 밝기 값을 의미한다. 본 논문에서는 g_c 는 관심영역내의 평균밝기 값을 나타내고, g_p 는 관심영역에 접한 리드선의 밝기 값을 나타낸다. 이때 P는 선형 보간(linear interpolation) 또는 소거(decimation) 기법에 의해 일정한 개수가 되도록 조정한다. 이는 파라미터비교에 의해 결함과 양품을 분류하기 위해 수행한다. 이렇게 해서 얻어진 LBP 히스토그램의 예는 그림 10과 같다.

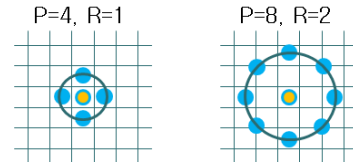


그림 9. 지역 이진 패턴의 예[13]
Fig. 9 Example of Local Binary Pattern[13]

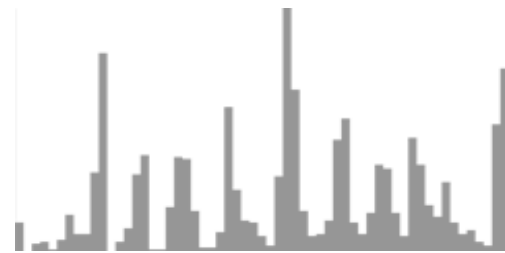


그림 10. LBP 히스토그램의 예[13]
Fig. 10 Example of LBP histogram[13]

3.4.2 각 영역별 파라미터 추출

단락과 근사단락은 리드선이 자란 형태가 곡선형태를 갖는다. 그림 11은 근사단락의 결합에서 리드선에서 접한 관심영역의 크기를 얻는 과정을 보여준다. 여기서, $sl(1), sl(2), \dots, sl(N)$ 은 리드선에서 접한 영역의 크기를 나타내는 것으로서 곡선(round)형태를 검출하는데 사용한다.

곡선의 판정을 위해 다음을 계산한다.

$$\begin{aligned} dl(1) &= sl(2) - sl(1) \\ dl(2) &= sl(3) - sl(2) \\ &\dots \\ dl(N/2-1) &= sl(N/2) - sl(N/2-1) \end{aligned} \quad (4)$$

을 계산하고, 또한, 대칭적으로

$$\begin{aligned} ul(1) &= sl(N-1) - sl(N) \\ ul(2) &= sl(N-2) - sl(N-1) \\ &\dots \\ ul(N/2-2) &= sl(2) - sl(3) \\ ul(N/2-1) &= sl(1) - sl(2) \end{aligned} \quad (5)$$

을 계산하여 $\{dl(1), \dots, dl(N/2-1)\}$ 과 $\{ul(1), \dots, ul(N/2-1)\}$ 중에서 각각 2개 이상이 양수가 존재하면 곡선 형태로

판단한다.

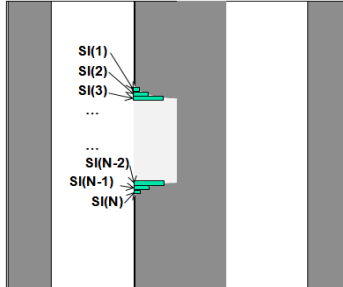


그림 11. 곡선 형태 검출
Fig. 11 Extraction of round-type

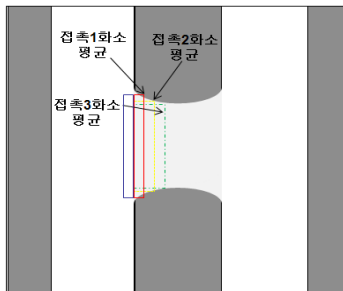


그림 12. 이웃하는 1, 2, 그리고 3화소의 평균 밝기 값
Fig. 12 Averaged brightness values for adjacent 1, 2 and 3 pixels

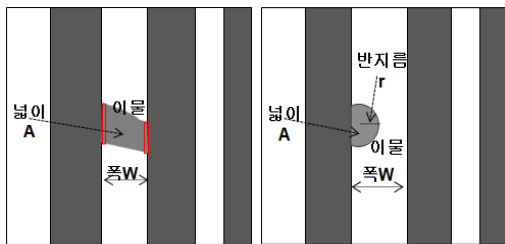


그림 13. 개방과 근사개방에 대한 파라미터
Fig. 13 Parameters for open and near-open data

그림 12는 단락 또는 근사단락으로 분류된 경우에 리드선에 접촉한 이웃 화소들의 1화소, 2화소, 그리고 3화소의 평균 밝기 값을 구하기 위한 화소 위치를 나타내고 있다. 또한 그림 13은 개방 또는 근사개방으로 분류되는 데이터들에 대해 리드선의 함몰된 영역에 대해 이물의 넓이, 리드선 폭, 근사반지름 등을 측정하기 위한 영역을 표시하고 있다. 이상에서 논한 각 결함에 따

라 추출되는 파라미터는 표1과 같이 요약된다.

표 1. 특징 파라미터의 요약
Table. 1 Summarization of feature parameters

분류	파라미터
단락/ 근사 단락	곡선(round) 여부
	접촉화소들의 LBP히스토그램
	리드선 양쪽 접촉여부
	1접촉화소 평균
	2접촉화소 평균
	3접촉화소 평균
	관심영역에서의 검사영상 평균밝기
	관심영역에서의 검사영상 분산
	리드선과 관심영역의 평균밝기 차이
개방/ 근사 개방	리드선의 분산값
	최대 왜곡 위치
	리드선 양쪽 접촉여부
	관심영역에서의 검사영상 평균밝기
	관심영역에서의 검사영상 분산
	관심영역에서의 최소밝기
	관심영역의 근사 반지름 크기
	접촉화소들의 LBP히스토그램
	최대 왜곡 위치

3.5. 파라미터 비교 및 판정

표 1에 나타낸 각 결함 종류에 따른 특징 파라미터가 추출되면 이를 기초하여 DB에 저장된 파라미터와 비교하여 결함, 양품, 보류 판정을 수행한다. 이때 관심영역의 위치와 최대 왜곡 위치 좌표에 따라 단락/근사단락 그리고 개방/근사개방으로 분류하고, 양쪽 리드선에 모두 접촉하느냐에 따라 단락과 근사단락 사이의 구분, 개방과 근사개방 사이의 구분까지 수행된다. LBP히스토그램에 대해서는 히스토그램 유사도를 측정하여 그 값을 저장한다. 이때 유사도는 다음과 같이 히스토그램의 교차(histogram intersection)를 사용한다.

$$\cap(\vec{a}, \vec{b}) = \sum_{n=0}^{N-1} \min(a_n, b_n) \quad (6)$$

이때, \vec{a} 와 \vec{b} 는 LBP 히스토그램을 의미하고, N은 보간과 소거에 의해 정해진 개수를 나타낸다. 현재 검출된 영역의 히스토그램과 결함 또는 양품 모델 히스토그램의 유사도를 비교하여 결함여부를 판정한다.

IV. 구현 결과 및 검토

제안한 결함 검출 및 분류 시스템을 실제 산업현장에 구축하여 성능 분석을 수행하였다. 산업 현장에 사용된 검사영상의 공간해상도 크기는 128 x 128이고 사용된 샘플의 개수는 84,635개를 사용하였고, 각 영역별로 참조영상이 준비되어 육안으로 검사를 환경에 대체 실험을 수행하였다. 비교를 위해 실제 산업현장에서 3인의 숙련된 노동자가 육안으로 수행한 분류 작업과 시간과 성능 측면에서 비교를 수행하였다. 3인의 노동자 중에 2인 이상의 판정 결과에 따라 결함과 양품으로 분류하였다. 표 2는 84,635개의 샘플 데이터에 대해 그 분류된 결과를 좌측에 결함과 양품으로 각각 나누어 내고 있다.

전체적으로 개방과 근사개방에 의한 데이터 분류가 많고 2,007개가 결함으로 분류되었고 이는 결함 데이터가 차지하는 비율이 2.3%에 해당된다. 제안된 시스템에서는 주어진 샘플에 대해 결함, 양품, 모호(판단보류)로 각각 나누어 판정을 수행하였다. 육안으로 결함으로 분류된 샘플에 대해 단순히 결함으로 분류되는 비율을 'Strong'으로 하였고, 양품에 포함되지 않을 비율을 'Weak'로 표시하였다. 또한 육안으로 양품으로 분류된 샘플이 단순히 양품으로 분류되는 비율은 'Strong'으로 하였고, 불량으로 분류되지 않은 비율을 'Weak'로 표시하였다. 즉 이와 같은 의미를 도입한 것은 Strong은 정확히 육안과 일치할 비율을 의미하며, Weak은 치명적인 결과를 초래하지 않는다는 의미에서 성공적인 판정 결과를 의미한다. 이 결과에서 알 수 있듯이 단락 결함 샘플에 대해서는 거의 양품으로 분류되지 않음으로써 약한 의미에서 완벽한 결과를 얻을 수 있음을 알 수 있다. 근사단락의 경우에는 212개의 샘플 중에 한 개의 샘플이 잘못 분류됨을 알 수 있다. 이와 같은 분류 특성은 근사개방에 대해서도 비슷한 비율의 성공률을 보여주고 있다. 그런데, 개방의 경우에는 647개의 결함 샘플 중 15개의 샘플이 양품으로 분류됨으로 인해 육안 분류에 비해 성공률이 현저히 낮게 나옴을 확인할 수 있다.

표 2에 따른 분류 결과를 보면 개방 특성을 갖는 샘플 데이터에 대해 모호로 분류된 결과가 적게 나온 것이 특징인데 이는 표 1에 나타난 특징 파라미터를 결함과 양품에 대해 매우 조건을 넓게 분포시킴으로써 초래된 결과로 볼 수 있다. 따라서 개방 특성을 갖는 샘플 데이터에 대해 다소 파라미터 설정을 다소 엄격히 설정하면 결

함 샘플이 양품 샘플로 판정될 비율은 낮출 수 있을 것으로 판단된다. 이러한 특성과 더불어 양품 샘플이 결함으로 분류된 비율이 높게 나온 것은 결함 제품을 배제하기 위한 요구조건에 의해 설계된 결과에 기인한다.

표 2. 육안 검사와의 성능 비교

Table. 2 Performance comparison of the proposed system to visual examination

종류	형태 (샘플개수)	결함	모호	양품	성공률(%)	
					Weak	Strong
단락	결함(315)	292	23	0	100	92.7
	양품 (15,444)	517	2,102	12,825	96.6	83.0
근사 단락	결함(212)	143	68	1	99.5	67.4
	양품 (16,964)	2,517	534	13,913	85.1	82
개방	결함(647)	627	5	15	97.7	96.9
	양품 (28,105)	7,020	12	21,073	75	74.9
근사 개방	결함(833)	629	203	1	99.8	75.5
	양품 (22,115)	352	3,519	18,244	98.4	82.4
전체	84,635	12,097	6,466	66,072		

V. 결론

본 논문에서는 초미세 패턴으로 구성되는 COF 패키징 작업에서 발생하는 결함에 대해 참조영상에 기초하여 결함을 검출하고, 그 결함을 적절히 분류하는 시스템을 제안하였다. 제안된 방식은 검사영상과 참조영상의 밝기 값 보정 및 공간 위치 보정과 같은 기능을 수행하는 전처리 단계, 보정된 검사영상과 참조영상 간의 차영상을 얻어서 관심영역을 추출하는 단계, 그리고 추출한 관심영역에 대해 검사영상에서 파라미터를 추출하는 단계, 파라미터에 기초하여 결함 여부 판정 및 결함의 분류 단계로 구성하였다. 제안된 방식은 결함 샘플에 대해 육안으로 분류한 방식과 거의 비슷한 성능을 발휘함을 실험을 통하여 확인하였다. 따라서 본 논문에서 제안한 방식은 실제 COF 패키징 제조 과정에서 육안으로 검사하는 단계를 효과적으로 대체할 수 있을 것으로 기대된다.

본 논문에서 제안한 방식은 여전히 양품 샘플에 대해서 모호로 분류하거나 여전히 결함으로 분류함으로써 시스템의 전체적인 성능 효율 개선이 필요하다. 이와 같은 특성은 양품 샘플에 대하여 더 효율적인 파라미터 추출 및 모델링 작업이 필요하여 추가적인 개선 작업이 요구된다.

감사의 글

본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2012년도 산학연공동기술개발사업(No.C0026918)의 연구 수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

REFERENCES

- [1] J.-Y. Ryu, "Development of Automatic System for Fault Detection of Fine Pitch Chip-on-Films", The Journal of Korean Institute of Information, vol.9, no.1, pp. 25-34, Jan. 2011.
- [2] D.-W. Choi, J.-Y. Ryu, "Defect Detection System for Ultra Fine Pattern Chip-on-Film", The Journal of Korean Institute of Information, vol. 9, no.5, pp. 1-8, May 2011.
- [3] J. Lee, S. Yoo, "Detection of Defects on Repeated Multi-Patterned Image," Journal of KIISE : Software and Applications, vol.37, no.5, May 2010.
- [4] Y.S. Kim et al, "Defects Detection of TCP/COF Using Real-Time Line Scanner", CICS'07, pp.153-154, Oct. 2007.
- [5] S. -M. Chang, J. -H. Jou, A. Hsieh, T. -H. Chen, C. -Y. Chang, Y. -H. Wang, and C. -M. Huang, "Characteristic Study of Anisotropic-conductive Film for Chip-on-film Packaging", Microelectronics Reliability, Vol. 41, No. 12, pp. 2001-2009, Dec. 2001.
- [6] Y. -T. Hsieh, "Reliability and Failure Mode of Chip-on-film with Non-conductive Adhesive", IEEE Proceedings of the 4th Int. Symposium on Electronic Materials and Packaging, pp. 157-160, Dec. 4-6, Taiwan, 2002.
- [7] D. M. Tsai and C. P. Lin, "Fast Defect Detection in Textured Surface Using 1D Gabor Filter," Int. Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 20, pp. 664-675, 2003
- [8] J. Chen and A. K. Jain, "A Structural Approach to Identify Defects on Textural Image," Proc. of IEEE Int. Con. on Systems, Man., and Cybernetics, pp. 29-32, 1998
- [9] I. S. Jeong and O. J. Kwon, "Real-time PCB Vision Inspection Using Pattern Matchings", Proc. of IEEE Summer Conference, Vol. 26, No. 1, pp. 2335-2338, 2003.
- [10] Moganti. M, Ercal. F, "Automatic PCB Inspection Systems," IEEE Potentials, Vol. 14, Issue:3, pp. 6-10, 1995.
- [11] Y.W. Cha, H.W. Kim, S.I.Yoo, "Reference Image-Based Defect Detection Using Shape Analysis", IPIU 2010, Jan. 2010
- [12] O. Boiman, M. Irani, "Detecting Irregularities in Images and Video," International Journal of Computer Vision, vol.74, no.1, pp.17-31, Jan., 2007.
- [13] G.Zhao, M.Pietikainen "Dynamic Texture Recognition Using Local Binary Patterns with an Application to Facial Expressions", IEEE Tr. on PAMI, 2007, pp1.-14.
- [14] K. Taniguchi, S. Tatsumi, "A Detection Method for Irregular Lightness Variation of Low Contrast", IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, vol. 7, pp. 6401-6406, 2004.



김진수(Jin-soo Kim)

1998년 : KAIST 전기 및 전자공학과 공학박사
 1995년 ~ 2000년 : 삼성전자 선임연구원
 2000년 ~ 현재 : 한밭대학교 정보통신공학과 교수
 2003년 ~ 2006년 : 한국전자통신연구원 초빙연구원
 2008년 ~ 2009년 : 텍사스 주립대학교(UTA) 교환교수
 ※ 관심분야 : Distributed Video Coding, 디지털방송, 영상부호화, 영상통신